

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Renata Janice Ackermann

PROCESSOS COGNITIVOS ENVOLVIDOS NA COMPREENSÃO
DO CONCEITO DE MICROBIOTA POR CRIANÇAS

Porto Alegre

2022

Renata Janice Ackermann

Processos cognitivos envolvidos na compreensão do conceito de microbiota por crianças

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial e obrigatório para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Ursula da Silveira Matte

Porto Alegre

2022

CIP - Catalogação na Publicação

Ackermann, Renata Janice
Processos cognitivos envolvidos na compreensão do
conceito de microbiota por crianças / Renata Janice
Ackermann. -- 2022.
35 f.
Orientadora: Ursula da Silveira Matte.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Biociências, Licenciatura em Ciências Biológicas,
Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Microbiologia. 2. Teorias da aprendizagem. 3.
Construtivismo. I. Matte, Ursula da Silveira, orient.
II. Título.

Renata Janice Ackermann

Processos cognitivos envolvidos na compreensão do conceito de microbiota por crianças

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito parcial e obrigatório para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Ursula da Silveira Matte

Porto Alegre, 14 de outubro de 2022

Banca Examinadora:

Prof^ª Dr^ª Ursula da Silveira Matte
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^ª Dr^ª Adriana Ambrosini da Silveira
Agrega Pesquisa e Desenvolvimento em Biotecnologia

Prof. Me. Fernando Bueno Ferreira Fonseca de Fraga
Instituto Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, por sempre me dar o melhor que podia, independente de qualquer coisa;

Ao meu irmão e esposa, pelo suporte constante mesmo de longe;

À minha psicóloga, que acompanhou os meus mais diversos processos;

Às minhas amigas, amigos e amigues, que preencheram com muito afeto a minha caminhada;

Ao PET Bio UFRGS e Agrega Biotecnologia, pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal que tive nestes espaços;

Ao Sci-Hub, por tornar acessível os materiais aqui utilizados;

Às professoras e professores que cruzaram meu caminho, me motivando a participar da construção de um mundo melhor e mais justo;

À minha orientadora, por topar entrar nessa comigo; e

Ao meu sobrinho, o amor da minha vida, cujo entusiasmo em descobrir o mundo me fascinou, inspirando este trabalho.

RESUMO

A definição de microbiota é “o conjunto de microrganismos presente em determinado ambiente”, isto é, a soma das diversas espécies de bactérias, fungos, protozoários e vírus que habitam um espaço definido. A microbiologia é indicada como objeto de conhecimento na área de Ciências da Natureza a partir do 4º ano do Ensino Fundamental pela Base Nacional Comum Curricular. O presente trabalho busca discutir como crianças entendem o conceito de microbiota, ou seja, de que forma ocorre a compreensão sobre a existência de organismos “invisíveis” e suas relações. A coleta de dados foi realizada por pesquisa de publicações em bancos como Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES e Scientific Electronic Library Online (SciELO) através de palavras-chave iniciais, seguido da leitura aprofundada dos principais resultados, tomada de apontamentos e investigação de materiais complementares e suplementares. A reflexão-resposta elaborada à questão de pesquisa foi a combinação entre equilíbrio (assimilação e acomodação) de Piaget, aprendizagem significativa de Ausubel e socialização de Vygotsky, cujo progresso entre modelos mentais ocorre por mobilização de conhecimentos prévios, interação social, abstração, abertura para a aprendizagem e reorganização dos esquemas na estrutura cognitiva.

Palavras-chave: revisão bibliográfica; teorias da aprendizagem; microbiologia.

ABSTRACT

The definition of microbiota is “the set of microorganisms present in a given environment”, that is, the sum of the different species of bacteria, fungi, protozoa and viruses that inhabit a defined space. Microbiology is indicated as an object of knowledge in the area of Natural Sciences from the 4th year of Elementary School onwards by the Base Nacional Comum Curricular. The present work seeks to discuss how children understand the concept of microbiota, that is, how they understand the existence of “invisible” organisms and their relationships. Data collection was carried out by searching publications in databases such as Google Scholar, Portal de Periódicos CAPES and Scientific Electronic Library Online (SciELO) through initial keywords, followed by in-depth reading of the main results, taking notes and investigation of materials complementary and supplementary. The reflection-response elaborated to the research question was the combination between Piaget's equilibration (assimilation and accommodation), Ausubel's significant learning and Vygotsky's socialization, whose progress between mental models occurs through the mobilization of previous knowledge, social interaction, abstraction, openness to the learning and reorganization of schemas in the cognitive structure.

Keywords: literature review; learning theories; microbiology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Habilidades que tangem a microbiologia no 4º ano do Ensino Fundamental	14
Figura 2 – Estágios de desenvolvimento e processos cognitivos de Piaget	20
Figura 3 – Concepções alternativas sobre os microrganismos	23
Figura 4 – Zonas de desenvolvimento de Vygotsky	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. ORIGEM DA MICROBIOLOGIA	10
1.2. CONCEITO DE MICROBIOTA	12
1.3. MICROBIOLOGIA E ESCOLA	14
1.4. JUSTIFICATIVA	15
1.5. OBJETIVOS GERAIS	16
1.5.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2. METODOLOGIA	16
3. REVISÃO DA LITERATURA E DISCUSSÃO	17
3.1. PROCESSOS COGNITIVOS E ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO	17
3.2. O OLHAR DOS PEQUENOS SOBRE OS MICROSCÓPICOS	22
4. CONCLUSÃO	30
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

1.1. ORIGEM DA MICROBIOLOGIA

A curiosidade é o que move a ciência. Prova disso foi a descoberta do mundo “invisível” dos microrganismos, no século XVII, quando Antony van Leeuwenhoek observou pela primeira vez algumas bactérias e protozoários em uma gota de água. Leeuwenhoek foi um comerciante holandês que trabalhava com tecidos, mas cujo passatempo era fazer lentes (NÓBREGA & BOSSOLAN, 2010). Em 1674 inventou o que seria o primeiro microscópio: uma única lente de vidro, fixada entre duas chapas de latão, com um alfinete onde se colocava a amostra e um conjunto de parafusos que regulavam a distância entre o alfinete e a lente, possibilitando o ajuste do foco (CARVALHO, 2010; CARBONI, 1996). Apesar de rudimentar, por ser composto de apenas uma lente que precisava ficar muito próxima dos olhos de quem observasse, e de exigir um sistema de iluminação eficiente, este microscópio permitia um aumento de até 300 vezes com nitidez suficiente para observar bactérias de 1 a 2 μm , ou seja, um décimo do tamanho de uma célula animal (CARBONI, 1996; J. BRAS. PATOL. MED. LAB., 2009; RIBATTI, 2018). Leeuwenhoek produziu centenas de microscópios ao longo da vida, primeiro com o objetivo de inspecionar as fibras dos tecidos que vendia, porém sua curiosidade o levou a explorar os mais diversos materiais. Sempre descrevendo o que observava, Leeuwenhoek chamou de animálculos (CARVALHO, 2010; NÓBREGA & BOSSOLAN, 2010; RIBATTI, 2018) os minúsculos seres que se movimentavam através de uma gota de água colocada na ponta do alfinete, descobrindo assim um novo mundo que até então era invisível. Outras contribuições suas incluem estudos detalhados sobre as células do sangue e espermatozóides, que ele chamou de homúnculos. Nessa mesma época, Robert Hooke, um cientista inglês, observava células vegetais utilizando lentes com aumento de 30 vezes. Analisando uma amostra da casca de um carvalho, Hooke viu pequenos poros retangulares que se pareciam com o padrão de um favo de mel, e desta associação surgiu “célula” como nome para a estrutura básica que compõe todos os seres vivos (RIBATTI, 2018).

Apesar da fermentação de alimentos ser uma tradição milenar, cujo primeiro documento escrito data de 6000 aC (BUCHHOLZ & COLLINS, 2013), foi somente com a invenção de Leeuwenhoek que os microrganismos puderam ser reconhecidos. Louis Pasteur,

químico francês que viveu no período pós-Revolução Francesa, desenvolveu estudos sobre fermentação etanólica, láctica, acética, butírica e tartárica (BORDENAVE, 2003; GAL, 2007), ligando estes processos à ação dos microrganismos. Como contado por Berche (2012), Pasteur foi chamado a uma cervejaria para investigar o que poderia estar dificultando a produção de álcool na fermentação da bebida e alterando seu sabor. Utilizando um microscópio, descobriu que entre as leveduras da cerveja havia uma contaminação por bactérias e publicou um trabalho, em 1857, concluindo que todos os tipos de fermentação são resultado da atividade de fungos e bactérias, que era possível ligar o tipo de fermentação com um organismo específico através dos seus produtos metabólicos, que o meio de cultura deve prover todos os nutrientes necessários para o organismo, que a deterioração de vinhos e cervejas se deve a contaminações e que o processo de inoculação é a forma mais confiável de iniciar uma cultura (BUCHHOLZ & COLLINS, 2013). Pasteur realizou diversos experimentos com culturas de microrganismos e esterilização, provando na década de 1860 que o ar continha microrganismos e era uma fonte de contaminação. Ao ferver um meio de cultura em um frasco com pescoço em forma de “S”, que permitia a passagem de ar, mas retinha os microrganismos nas curvas, mantendo o meio estéril, refutou de vez a ideia de geração espontânea (CARVALHO, 2010; BERCHE, 2012). A partir desses experimentos, criou o processo hoje denominado de pasteurização: o aquecimento de produtos como leite, cerveja e vinho seguido do resfriamento súbito, a fim de eliminar microrganismos patogênicos (NÓBREGA & BOSSOLAN, 2010). Pasteur também teve destaque no campo da imunologia por desenvolver uma vacina contra a cólera aviária, descobrindo que culturas antigas perdiam virulência e podiam ser inoculadas nas aves para induzir proteção contra novas infecções (BERCHE, 2012).

As descobertas em microbiologia no final do século XIX e início do século XX foram conduzidas pelos estudos em patologia, principalmente no desenvolvimento de tratamentos de doenças (BUCHHOLZ & COLLINS, 2013). Próximo de Pasteur, o médico alemão Robert Koch estudava sobre doenças contagiosas e provou que microrganismos poderiam ser os agentes causadores de algumas delas, como o antraz e a tuberculose (NÓBREGA & BOSSOLAN, 2010). A descoberta de Koch sobre a bactéria causadora da tuberculose lhe rendeu o Prêmio Nobel de Medicina em 1905, mas seu trabalho só foi possível devido ao *insight* de uma mulher muitos anos antes, que nunca foi devidamente creditada. Por volta de

1880, Fanny Hesse, esposa de Walther Hesse, técnico de laboratório de Koch, sugeriu ao marido que utilizasse ágar no lugar de gelatina como componente gelificante para meios de cultura, por ser um composto mais resistente ao calor e à digestão dos microrganismos. A nova receita funcionou tão bem que permitiu que Koch isolasse de forma eficaz a bactéria causadora da tuberculose, sendo o ágar utilizado até hoje (KASHANI, 2020). Em 1928, Alexander Fleming, médico escocês que seguiu carreira na pesquisa, acidentalmente descobriu o primeiro antibiótico. Ao observar uma placa de petri contaminada por mofo, que Fleming isolou e identificou como pertencente ao gênero *Penicillium*, percebeu que as bactérias mais próximas das colônias do fungo morriam devido a um “suco” produzido por ele. Outros experimentos levaram Fleming a descobrir que este composto, a penicilina, era efetivo contra bactérias causadoras de doenças como pneumonia e meningite, sendo largamente utilizado na Segunda Guerra Mundial para tratar infecções resultantes dos ferimentos (TAN & TATSUMURA, 2015). Este período da microbiologia focado na descoberta de doenças ligadas a microrganismos acabou perpetuando a percepção de que todos os fungos e bactérias estão sempre associados ao adoecimento (NÓBREGA & BOSSOLAN, 2010).

1.2. CONCEITO DE MICROBIOTA

Microbiota é um termo relativamente recente no vocabulário científico, mas seu conceito acompanha a área da microbiologia desde o século XIX. Apesar de frequentemente relacionado com Joshua Lederberg, um médico estadunidense que supostamente teria criado o termo em 2001, sua origem verdadeira vem de Sergei Winogradsky, cientista ucraniano que deu início à microbiologia ecológica (PRESCOTT, 2017; GOINS, 2019). As pesquisas de Winogradsky com a bactéria *Beggiatoa* e o metabolismo de H₂S criaram alicerce para a compreensão da quimiolitotrofia, a capacidade que alguns organismos têm de utilizar compostos inorgânicos como fonte de nutrição, e dos ciclos do nitrogênio e do enxofre (GOINS, 2019). Outro destaque nas pesquisas do cientista foi a descoberta de que bactérias anaeróbicas que fixam nitrogênio mantinham uma relação ecológica de dependência com bactérias aeróbicas responsáveis pela nitrificação, argumentando a favor da necessidade de estudar os microrganismos nos seus contextos naturais. A coluna de Winogradsky, é um

aparato que modela em pequena escala os ciclos biogeoquímicos, sistemas fechados em que os nutrientes não são perdidos nem criados, mas sim reutilizados de forma contínua e em rede pelos diferentes microrganismos presentes (SCIENTIFIC AMERICAN, 2013), demonstra de forma objetiva o conceito de comunidades microbianas, sua diversidade metabólica e a diferença no comportamento de microrganismos em laboratório e em seu habitat natural (GOINS, 2019).

A revolução ômica, nome dado ao surgimento e ascensão dos estudos em genômica e afins que seguiram após o Projeto Genoma Humano na virada do milênio, foi um marco na história das ciências biológicas, quebrando paradigmas e abrindo caminho para uma visão mais holística da vida. Marchesi e Ravel (2015) publicaram o que pode ser considerado um glossário da pesquisa em microbioma, buscando elaborar definições compreensíveis sobre microbiota, microbioma, metataxonômica, metagenômica, metabolômica, metabonômica¹, metatranscriptômica e metaproteômica. O conceito de microbiota mais abrangente é “o conjunto de microrganismos presente em determinado ambiente”, isto é, a soma das diversas espécies de bactérias, fungos, protozoários e vírus que habitam um espaço definido. Os autores também diferenciam microbiota de microbioma, sendo que este último:

(...) refere-se a todo o habitat, incluindo os microrganismos (bactérias, archaea, eucariotos inferiores e superiores e vírus), seus genomas (i.e, genes) e as condições ambientais circundantes. Essa definição é baseada na de “bioma”, os fatores bióticos e abióticos de determinados ambientes. Outros na área limitam a definição de microbioma à coleção de genes e genomas de membros de uma microbiota. Argumenta-se que esta é a definição de metagenoma, que combinado com o ambiente constitui o microbioma. O microbioma é caracterizado pela aplicação de uma ou mais combinações de metagenômica, metabonômica, metatranscriptômica e metaproteômica combinadas com metadados clínicos ou ambientais. (MARCHESI & RAVEL, 2015, p. 1. Tradução livre.)

¹ Os autores apresentam este termo como uma variante de metabolômica em que mais de uma cepa ou tecido foi utilizado para gerar o perfil de metabólitos em sistemas complexos, por exemplo o uso de plasma sanguíneo e urina em mamíferos, a fim de evitar o uso do termo “meta-metabolômica”.

Conforme Agra *et al.* (2018), um conceito é uma construção mental formulada sobre um fenômeno, ou seja, um atributo abstrato que representa mais do que imagens mentais ou palavras, para que se possa dar conta da natureza complexa, heterogênea e múltipla das ideias. Byrne (2011) explica que a partir de conceitos um indivíduo constrói modelos mentais, que são representações dinâmicas internas sobre conjuntos de conceitos, ideias e fenômenos, e que incluem seu conhecimento e suas crenças sobre estes conjuntos. Sendo assim, o conceito de microbiota referido neste trabalho diz respeito somente à composição de espécies de microrganismos em um dado ambiente ou nicho ecológico e demais relações ecológicas (MARCHESI & RAVEL, 2015), incluindo suas funções (BERG *et al.*, 2020). Neste sentido, é sinônimo ao conceito de comunidade utilizado no campo da ecologia, excluindo conceitos estritos ao campo da genética, como genes e genomas. A fim de preservar a fidelidade dos resultados descritos nas pesquisas citadas no presente trabalho, será utilizado “microrganismos” como análogo ao conceito de microbiota.

1.3. MICROBIOLOGIA E ESCOLA

A microbiologia é indicada como objeto de conhecimento na área de Ciências da Natureza a partir do 4º ano do Ensino Fundamental, conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), através das habilidades EF04CI06, EF04CI07 e EF04CI08 na unidade temática “Vida e evolução”.

Figura 1 – Habilidades que tangem a microbiologia no 4º ano do Ensino Fundamental

(EF04CI06) Relacionar a participação de fungos e bactérias no processo de decomposição, reconhecendo a importância ambiental desse processo.

(EF04CI07) Verificar a participação de microrganismos na produção de alimentos, combustíveis, medicamentos, entre outros.

(EF04CI08) Propor, a partir do conhecimento das formas de transmissão de alguns microrganismos (vírus, bactérias e protozoários), atitudes e medidas adequadas para prevenção de doenças a eles associadas.

Fonte: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. P. 339.

No 5º ano, o estudo dos microrganismos seguiria na unidade temática “Matéria e energia” sob o objeto de conhecimento “Reciclagem”, dando continuidade ao que foi trabalhado no ano anterior com a EF04CI06. Entretanto, quando são listadas as habilidades

previstas para esta unidade, o foco da reciclagem passa para os ciclos biogeoquímicos, em especial o ciclo hidrológico e consumo consciente de água. No 6º ano não há menção aos microrganismos, nem suas funções no ambiente ou tecnológicas, mas é indicada a investigação do conceito de célula como unidade básica da vida, o que essencialmente atravessa o estudo de microrganismos por sua característica unicelular. A última alusão à microbiologia na BNCC ocorre nas habilidades EF07CI09 e EF07CI10, do 7º ano, que citam saneamento básico e vacinação, respectivamente.

Apesar das prescrições feitas pela BNCC dos conteúdos a serem trabalhados anualmente, o cotidiano escolar ocorre de forma distinta. Por exemplo, a introdução da biologia celular indicada no 6º ano tradicionalmente ocorre apenas no 9º, de acordo com os sumários de livros didáticos de Ciências. Como destaca Sasseron (2018), as proposições da BNCC devem ser adequadas à realidade local, ou seja, este currículo nacional deve estar em equilíbrio com os currículos regionais, não deixando de respeitar a autonomia dos sistemas, redes e instituições de ensino.

Para que o letramento científico previsto na BNCC ocorra de forma significativa, isto é, a capacidade de compreender e interpretar o mundo a partir dos conhecimentos mobilizados em aula para atuar na sua transformação (BRASIL, 2018), é importante que o vocabulário empregado seja adequado e atualizado. Prescott (2017) alega o surgimento de “mitos científicos” a partir de citações e atribuições incorretas na literatura científica, um problema que atinge cerca de 15 a 20% das produções modernas, como os casos de Joshua Lederberg e a microbiota ou Fanny Hesse e o ágar, e que em circunstâncias extremas poderia levar a influências políticas na ciência. Neste sentido, o termo correto a ser utilizado nas aulas de Ciências é microbiota, em detrimento de microbioma e finalmente abandonando o antiquado “flora intestinal”, porque os conceitos de genética necessários para a compreensão de microbioma são previstos para o Ensino Médio.

1.4. JUSTIFICATIVA

A escolha do tema deve-se à relevância educacional em conhecer os processos

cognitivos que percorrem o processo de ensino-aprendizagem, principalmente para professoras e professores, considerada a dose de abstração necessária para o reconhecimento da dimensão microscópica da microbiota. Diversos trabalhos já investigaram as opiniões de crianças a respeito dos microrganismos, sobre como se parecem, se são “bons” ou “maus” e onde são encontrados, mas existe pouca literatura relacionada à ecologia microbiana, particularmente sobre microbiota. Além disso, a recente pandemia de Covid-19, causada pelo vírus SARS-CoV-2, pode ter alterado a forma como as crianças veem os microrganismos em função da mídia.

1.5. OBJETIVOS GERAIS

Partindo do ponto de vista construtivista e da aprendizagem significativa, o presente trabalho busca discutir como crianças entendem o conceito de microbiota, ou seja, de que forma ocorre a compreensão sobre a existência de organismos “invisíveis” e suas relações.

1.5.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer um levantamento sobre a aprendizagem em relação ao conceito de comunidade microbiana através de revisão bibliográfica em bancos de dados como Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES e Scientific Electronic Library Online (SciELO);
- Elaborar uma reflexão-resposta à pergunta de pesquisa: quais são os processos cognitivos que as crianças atravessam para aprender sobre microbiota?

2. METODOLOGIA

A estratégia de pesquisa escolhida é de revisão bibliográfica. A coleta de dados foi realizada a partir de pesquisa em bancos como Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES e SciELO, utilizando combinações entre as seguintes palavras-chave iniciais (em

português e inglês): microbiologia, microrganismos, bactérias, teorias da aprendizagem, crianças, ensino de ciências, ensino fundamental, aprendizagem significativa e Piaget. A partir da leitura dinâmica dos principais resultados das pesquisas, foram selecionados os materiais mais correlatos à questão de pesquisa (como as crianças aprendem o conceito de microbiota?), gerando uma análise de nove trabalhos. Com a leitura aprofundada destes materiais preliminares, seguiu-se o processo de tomada de apontamentos e a investigação de novos materiais complementares e suplementares, até ser construída uma reflexão-resposta à questão deste trabalho (MARTINS & THEÓPHILO, 2009) que conseguisse inferir quais processos cognitivos foram percorridos pelas crianças ao longo dos estágios de desenvolvimento descritos por Piaget, apresentados na seção seguinte.

3. REVISÃO DA LITERATURA E DISCUSSÃO

3.1. PROCESSOS COGNITIVOS E ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO

A teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget sugere que, com algumas variações, todas as pessoas passam pelos mesmos estágios de desenvolvimento: sensório-motor (0 a 1 ano e meio), pré-operatório (1 ano e meio a 7 anos), operatório concreto (7 a 11 anos) e operatório formal (11 a 16 anos) (OSTERMANN & CAVALCANTI, 2010; KESSELRING, 2008) (figura 2). Piaget descreveu o desenvolvimento intelectual baseado no mesmo princípio do desenvolvimento biológico, em que corpo e mente não se separam e organização e adaptação são partes complementares de um único processo. Para ele, a mente é constituída de inúmeras estruturas em constante adaptação denominadas esquemas, cujo objetivo é agregar e organizar as informações e estímulos do meio. Tafner (2001) explica que, em recém nascidos, os esquemas são praticamente só de natureza reflexa, mas seguem um processo de derivação e diferenciação ao longo da vida, aumentando quantitativa e qualitativamente e constituindo um arranjo complexo de “fichas em um arquivo”. O mesmo autor também reforça os esquemas como estruturas puramente mentais que servem para identificar e processar estímulos e cujo objetivo final é a generalização, ou seja, organizar as informações de acordo com propriedades comuns.

O estágio sensório-motor é caracterizado por ações reflexas, como sucção, deglutição, apreensão e movimentos simples como resposta a estímulos do ambiente (WADSWORTH, 1996). Ao longo deste estágio, a criança apresenta comportamentos chamados de reações circulares, descritos por Piaget como ações para prolongar e/ou repetir eventos interessantes (mágico-fenomênico), como a brincadeira de “cadê o bebê? achou!”. A partir disso, os diferentes níveis de complexidade das reações circulares que vão sendo atingidos servem também para a investigação programada das coisas, sua natureza e suas propriedades físicas, bem como as possibilidades de ação sobre elas, correlacionando meio e fim (KESSELRING, 2008). Assim é possível inferir que, na passagem do sensório-motor para o pré-operatório, jogar uma bola dentro de uma caixa não é mais só um experimento sobre o funcionamento da gravidade, mas passa a ser também um exercício sobre representação e reversão, em que a criança agora já sabe que a bola não desapareceu, apenas está escondida e pode ser resgatada, constituindo a noção da existência duradoura dos objetos.

Para Wadsworth (1996), a principal característica do estágio pré-operatório é a resolução de problemas com representações mentais. Para Kesselring (2008), este estágio é marcado pelo jogo simbólico e pela imitação, processos fundamentais na aprendizagem do uso de signos e que mais adiante acarretam na aquisição da linguagem, podendo ser definida como a imitação de sons ou sinais com significados que viabilizam a troca de pensamentos entre pessoas. Para Tafner (2001), é a “fase dos por quês”. Outra característica deste estágio é a incapacidade que a criança tem de diferenciar com precisão processos mentais e materiais (WADSWORTH, 1996), por exemplo quando trata de ideias e sentimentos como objetos pertencentes ao mundo físico. A transição para o terceiro estágio do desenvolvimento (operatório concreto) ocorre com a construção dos primeiros conceitos matemáticos, quando a criança se torna capaz de contar objetos e põe em prática a noção de números naturais (os números inteiros e positivos), seguida da noção de sucessão aditiva dentro desta sequência numérica (KESSELRING, 2008).

Por volta dos sete anos, operações lógicas fundamentais como soma e subtração aparecem, mas ainda são dependentes do mundo físico, ou seja, é preciso estímulo visual, sonoro ou tátil para que as operações possam ser realizadas. No operatório concreto surge também a noção de conservação de quantidades, que Piaget demonstrou com o famoso

experimento dos copos com água: a quantidade de água de um copo alto e fino, quando colocada em um copo baixo e largo, não muda apesar da deformação e pode ser refeita no sentido inverso, anulando a transformação (TAFNER, 2001). Para esta operação, são considerados três argumentos: da reversibilidade, em que o volume de água pode ser devolvido integralmente ao copo alto e fino, da identidade, em que não houve soma ou subtração durante a deformação, e da compensação, em que o volume de água ficou mais baixo, mas também mais largo (KESSELRING, 2008). Ao final do terceiro estágio, a criança consegue fazer medições, integrando sistematicamente conceitos como partição (reversibilidade entre o todo e suas partes), deslocamento e transformação.

No quarto e último estágio, as operações lógicas já não precisam mais de apoio material para serem realizadas e o pensamento abstrato se consolida, evidente pela capacidade da criança de formular conclusões dedutivas através de hipóteses e pressuposições. É o caso da compreensão do conceito de microbiota, que neste estágio do desenvolvimento já teriam as ferramentas cognitivas fundamentais para realizar a abstração total necessária e reconhecer a existência de organismos “invisíveis” e suas relações.

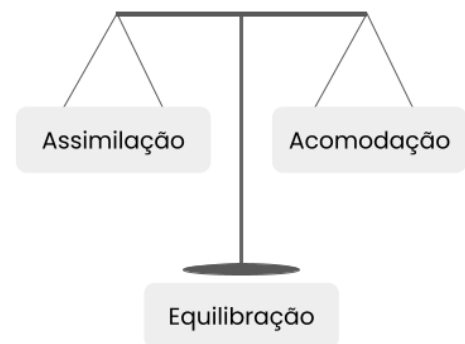
Cada um dos quatro estágios de desenvolvimento pode ser decomposto em três fases: forte egocentrismo, fraco egocentrismo e descentração total, em que no primeiro são processadas as coisas e suas relações internas, no segundo a relação entre as coisas (fase de projeção cognitiva) e no terceiro a relação entre sistemas (KESSELRING, 2008). O autor também exemplifica de forma bem pragmática esta divisão com a pergunta “por que a madeira boia?” e três opções de resposta, sendo “porque é leve” respectiva à primeira fase, “porque é mais leve do que a água” à segunda fase e “por causa da relação entre peso e volume” à terceira, pressupondo a integração entre vários sistemas e, portanto, a completa descentração.

A partir dos esquemas, Piaget conceitua três processos cognitivos: assimilação, acomodação e equilíbrio. Assimilação é o processo no qual o sujeito tenta organizar novas informações em um esquema já existente, como uma criança que vê um cavalo pela primeira vez e o coloca no esquema “cachorro”. Segundo Tafner (2001), a criança busca características comuns aos dois animais, por exemplo ser quadrúpede, a presença de cauda e o nariz molhado, de forma a generalizar e ocupar o esquema que já existe, por falta de diferenciação.

Quando os esquemas existentes não conseguem comportar uma informação nova, a mente desiste ou se modifica (OSTERMANN & CAVALCANTI, 2010). Na oportunidade de modificá-los ou criar novos esquemas ocorre a acomodação, processo que descreve mudanças qualitativas em vez de quantitativas (como é a assimilação). A adaptação da mente é constituída por estas duas operações (TAFNER, 2001). O último processo cognitivo no construtivismo de Piaget é a equilibração, em que os processos de assimilação e acomodação buscam o balanço na mente de modo que existam esquemas suficientes (figura 2). Quando a pessoa está em estado de desequilíbrio cognitivo, surge a oportunidade de reorganizar as informações e estímulos para que se chegue à estabilidade (WADSWORTH, 1996). Para Ostermann e Cavalcanti (2010), ensinar é promover um desequilíbrio controlado para a acomodação, ou seja, provocar rupturas que não ultrapassem o limite de equilibração do indivíduo, no mesmo sentido de uma “transformação termodinâmica reversível”.

Figura 2 – Estágios de desenvolvimento e processos cognitivos de Piaget

Estágio de desenvolvimento	Idade aproximada	Principais características
Sensório-motor	0 a 1 ano e meio	Ações reflexas; Reações circulares
Pré-operatório	1 ano e meio a 7 anos	Jogo simbólico; Imitações
Operatório concreto	7 a 11 anos	Operações lógicas dependentes do mundo físico
Operatório formal	11 a 16 anos	Abstração total; Deduções



Fonte: autoria própria, 2022

David Ausubel, psicólogo estadunidense autor da teoria da aprendizagem significativa, coloca as percepções e conhecimentos prévios como ponto de partida para a aprendizagem, de tal modo que sirvam como ancoragem entre esquemas nos processos de assimilação e acomodação. Para Agra *et al.* (2018), aprender é:

“um processo - contínuo (porque é progressivo), pessoal (por sua natureza idiossincrática), intencional (cabendo ao aluno relacionar

de forma substantiva a nova informação com as ideias relevantes existentes em sua estrutura cognitiva), ativo (porque requer atividade mental), dinâmico, recursivo (não linear), de interação (entre a informação e conhecimentos prévios) e interativo (porque estabelece relações entre sujeitos) – que gera um produto sempre provisório caracterizado por um conhecimento particular produzido em um determinado momento e contexto.” (AGRA et al., 2018, p. 2)

Na aprendizagem significativa, o foco sai do conteúdo propriamente dito e passa para o significado que é atribuído à informação. O que ocorre é a mobilização dos conhecimentos prévios, chamados de subsunçores ou âncoras, que, à medida em que são trabalhados e recebem novos significados, se modificam e resultam em esquemas mais ricos e diferenciados. A aquisição de significados amplia a estrutura cognitiva do sujeito, definida por Ausubel como o conteúdo total e organizado das ideias de um indivíduo, incorporando as novas informações através de equilíbrio, sobretudo acomodação. A aprendizagem significativa é, portanto, um processo de conquista de conhecimento que tem o significado como seu produto fenomenológico, isto é, na ação de aprender, o significado potencial é um fenômeno que passa a ser convertido em conteúdo cognitivo singular e especial ao sujeito (Agra *et al.*, 2018). De certo modo, aprender significativamente é dar sentido às informações para que se tornem conhecimento.

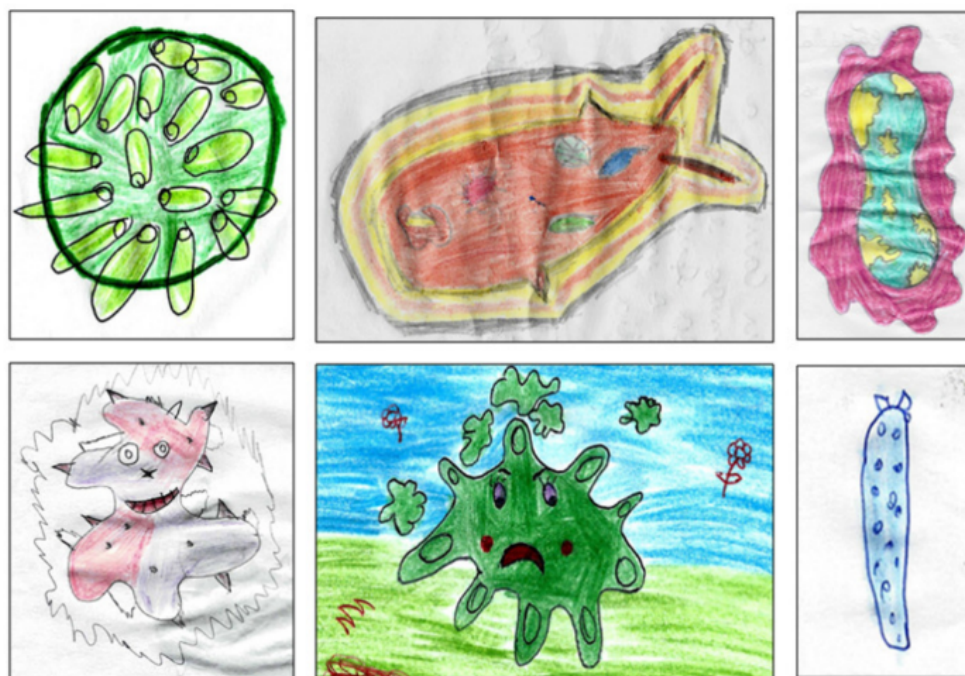
Dentro da teoria de Ausubel, Vasconcelos, Praia e Almeida (2003) descrevem quatro modos com que as informações chegam ao sujeito: por recepção mecânica, recepção significativa, descoberta mecânica e descoberta significativa. As duas formas de recepção dizem respeito a uma conduta mais behaviorista de ensino-aprendizagem, em que as informações são apenas reproduzidas de um sujeito para o outro e são admitidas de maneira passiva, enquanto as formas de descoberta se apresentam como a conduta construtivista. Recepção e descoberta mecânicas se referem à simples memorização das informações, já recepção e descoberta significativas ocorrem com a tentativa de integração entre subsunçores. Existem duas condições fundamentais para que ocorra a aprendizagem predominantemente significativa, relativa à variação contínua entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa de fato, sendo a primeira condição o confronto do sujeito que aprende com o conteúdo a ser aprendido, que indispensavelmente precisa ter lógica e subsunçores

congruentes, e a segunda condição que o sujeito tenha predisposição para uma aprendizagem significativa (VALADARES, 2011), ou como Agra *et al.* (2018) atestam, a vontade de relacionar os novos conhecimentos.

3.2. O OLHAR DOS PEQUENOS SOBRE OS MICROSCÓPICOS

Diversos estudos já se empenharam em descrever quais são as percepções prévias das crianças sobre os microrganismos. Dias-da-Silva *et al.* (2020) e Bernardi *et al.* (2019) relacionam os conhecimentos prévios das crianças como ferramenta para professoras e professores no processo de ensino-aprendizagem e sua importância para a aprendizagem significativa. Dias-da-Silva *et al.* (2020) aplicaram um questionário com 30 estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental de uma escola da rede privada de ensino em Natal, Rio Grande do Norte. Neste questionário, os pesquisadores solicitaram um desenho representativo das bactérias, duas perguntas contextualizadas em uma pequena história sobre cáries e higiene bucal, e uma pergunta sobre o tipo de doença que o participante causaria se fosse uma bactéria patogênica. A partir da metodologia de análise de conteúdo, os autores constataram que a maioria das representações em desenhos eram do tipo parciais (55%), isto é, apresentavam elementos aceitáveis em relação ao que se observa ao microscópio, seguido de 31% apresentando erros conceituais e concepções alternativas, como a atribuição de características humanas (olhos, boca, nariz, *etc.*) (figura 3). Nas questões abertas, os autores destacam um forte conhecimento prévio das crianças sobre a relação entre doenças e microrganismos, apesar da dificuldade de diferenciar patologia, sintomas e agentes causadores. Em conclusão, Dias-da-Silva *et al.* (2020) sugerem a estruturação de sequências didáticas baseadas no levantamento das percepções prévias e utilizando abordagens diversificadas ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

Figura 3 – Concepções alternativas sobre os microrganismos



Fonte: DIAS-DA-SILVA, Clécio D. *et al.* Bactérias e saúde: o que os estudantes da educação básica entendem sobre essa relação? *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 13, n. 3, p. 140-153, 2020. ISSN: 1983-7011

Bernardi *et al.* (2019) também aplicaram um questionário com o objetivo de identificar os saberes prévios de crianças sobre os microrganismos, envolvendo 87 estudantes do 2º ao 5º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública em Palmeira das Missões, Rio Grande do Sul. As questões de Bernardi *et al.* (2019) permearam três eixos: onde são encontrados os microrganismos, suas relações com os seres humanos e a diversidade e morfologia do grupo, que, como Dias-da-Silva *et al.* (2020), foi analisada a partir de desenhos das crianças. As respostas do primeiro eixo destacaram a associação entre microrganismos e locais considerados sujos, por exemplo vaso sanitário (17,22%) e chão (15,28%). No segundo eixo, a percepção dos microrganismos como vilões (33,01%), heróis (10,68%), vilões e heróis (25,24%) e “não são nada” (31,07%) evidencia a dificuldade que as crianças têm de relacionar microrganismos com saúde, apesar de um quarto delas indicar a coexistência de microrganismos “bons” e “maus”. Por último, mais uma vez os desenhos revelaram noções concretas da morfologia dos microrganismos, sendo 34,09% representações de estruturas

circulares ou ovóides, com ou sem cílios ou flagelos, e 19,32% de estruturas amebóides, destes 4,55% com rosto “ruim” e 2,27% com rosto “bom”. Bernardi *et al.* (2019) sinalizam a influência do convívio social e da mídia na formação das concepções prévias que as crianças demonstraram através do questionário e concluem que a dificuldade que elas têm de relacionar os microrganismos com o cotidiano pode ser trabalhada a partir da discussão dos outros papéis que bactérias e fungos desempenham no planeta.

A percepção dos microrganismos pelas crianças como isolados, ligados à sujeira ou doenças e raramente vistos como benéficos também é descrita por Leporo (2009), Nicoletti e Sepel (2013) e Silveira, Oliveros e Araújo (2011). Nicoletti e Sepel (2013) realizaram um levantamento muito similar aos descritos anteriormente, em que 90 estudantes de 6º e 7º ano do Ensino Fundamental de escolas públicas em Santa Maria, Rio Grande do Sul, foram questionados sobre o que são, se fazem mal à saúde e exemplos de microrganismos. Quase metade dos participantes (40%) respondeu que microrganismos são bactérias, vírus e/ou fungos e 17% que são doenças, apesar de nenhum deles ter citado um nome específico. Cinquenta e oito participantes (64%) acreditavam que todos os microrganismos são exclusivamente nocivos à saúde, mencionando bactérias (89%), vírus (48%), fungos (40%) e lombrigas (30%) como exemplos de microrganismos. As pesquisadoras apontam o desconhecimento dos protozoários como integrantes do grupo dos microrganismos e a inclusão errônea de animais invertebrados na classificação feita pelos participantes, além da falta de reconhecimento das funções dos microrganismos no ecossistema.

Silveira, Oliveros e Araújo (2011), assim como Dias-da-Silva *et al.* (2020) e Bernardi *et al.* (2019), aplicaram um questionário e solicitaram um desenho, mas com o objetivo explícito de comparar um grupo que ainda não havia estudado microbiologia (45 estudantes de 6º e 7º ano do Ensino Fundamental) e outro grupo que já havia estudado (27 estudantes de 8º e 9º ano do Ensino Fundamental) de uma escola privada em Parnamirim, Rio Grande do Norte. Também utilizando a metodologia de análise de conteúdo, Silveira, Oliveros e Araújo (2011) dividiram as respostas recebidas em oito eixos: relação entre bactérias e doenças, transmissão de bactérias, associação com a sujeira, associação com locais em que são encontradas, relações com outros seres vivos, aspectos microscópicos gerais, mecanismos de combate e outros aspectos. Segundo as pesquisadoras, foi possível verificar a forte relação

que ambos os grupos fizeram entre microrganismos e doenças, seja na definição do que são os microrganismos, na transmissão (contágio), nos locais em que são encontrados (hospitais) e nos mecanismos de combate (antibióticos). Além disso, a noção ecológica de que os microrganismos podem ser encontrados em todos os lugares prevaleceu nos dois grupos, apesar da maior associação com locais sujos. O caráter microscópico foi representado em 24,4% dos desenhos do grupo de 6º e 7º ano e 55,6% do grupo de 8º e 9º. Por fim, as autoras também propõem uma reflexão sobre a influência da mídia nas concepções prévias das crianças mais novas e na fixação dos conteúdos de microbiologia nas crianças mais velhas.

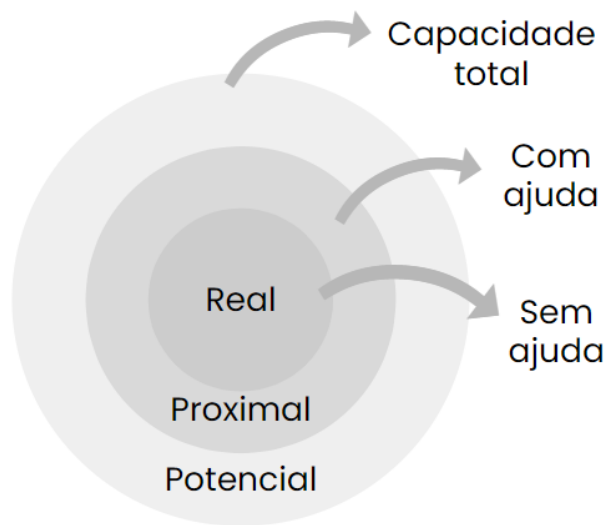
Na pesquisa de Leporo (2009), que realizou múltiplas atividades ao longo de dois meses com crianças de cinco anos de uma creche em São Paulo, São Paulo, palavras como micróbio e bactéria surgiram espontaneamente durante as atividades e as crianças frequentemente relacionaram microrganismos e sujeira. Um apontamento interessante da autora foi que “durante a produção dos desenhos era muito comum as crianças perguntarem umas pras outras o que iriam desenhar”, processo valioso sob a visão construtivista do ensino-aprendizagem. Lev Vygotsky, psicólogo russo que trabalhou com a perspectiva social no construtivismo (sócio-construtivismo), principalmente no que tange à atividade de brincar como forma de aprendizagem, discute a importância da troca de informações entre os sujeitos na construção do conhecimento. De acordo com Rolim, Guerra e Tassigny (2008), para Vygotsky o ser é sócio-histórico e a aprendizagem e o desenvolvimento dependem da interação social entre os indivíduos no processo, ou seja, é a troca de saberes que faz a criança aprender. Leporo (2009) completa o estudo com o reconhecimento de que mesmo na Educação Infantil as crianças já são capazes de refletir e elaborar explicações coerentes a respeito das ações dos microrganismos na saúde humana, ainda que incompletas ou preliminares.

Ruiz-Gallardo e Paños (2017) apresentam diferenças e similaridades na aprendizagem de crianças que trabalharam a temática a partir de intervenções apenas teóricas e intervenções teórico-práticas. Os pesquisadores aplicaram um questionário pré e pós intervenção em 199 crianças de 7 e 8 anos e de 11 e 12 anos de duas escolas públicas em Albacete, Espanha. Os resultados do questionário pré intervenção foram semelhantes aos demais descritos no presente trabalho, evidenciando a falta de conhecimento e alguns equívocos que as crianças

têm sobre os microrganismos. Além disso, não foi observada diferença significativa entre os grupos que receberam intervenções teóricas e os que receberam teórico-práticas nas respostas de perguntas fechadas, entretanto houve aperfeiçoamento da linguagem científica nas respostas de perguntas abertas dos grupos que receberam intervenções teórico-práticas. Na conclusão, Ruiz-Gallardo e Paños (2017) citam Ausubel, referindo-se sobre como é essencial considerar as concepções prévias das crianças e sua importância na forma com que professoras e professores organizam o ensino.

Iszlaji *et al.* (2015), utilizando uma variedade de procedimentos, indicam como ocorreu a construção do conhecimento sobre microrganismos por 25 crianças de 4 a 10 anos através de uma atividade lúdica no Museu de Microbiologia do Instituto Butantan em São Paulo, São Paulo. A partir de uma intervenção inicial de contação de história com fantoches, seguida de uma roda de conversa e finalizada com um desenho, as pesquisadoras-participantes descreveram o processo de aprendizagem atravessado pelas crianças ao longo da atividade, que teve duração de 1h30. Inicialmente levantando os saberes prévios, a contação de história avançou apresentando alguns grupos de microrganismos, sua morfologia, escala, habitat e nicho ecológico, mantendo apoio visual em fantoches de bactérias, fungos, protozoários e objetos como pão, queijo e caixa de vacina. Na sequência, a roda de conversa proporcionou a troca de conhecimentos entre as crianças, momento caracterizado como zona de desenvolvimento proximal pelas autoras. Este é um conceito cunhado por Vygotsky como sendo a distância abstrata entre o nível de desenvolvimento atual do indivíduo e o de desenvolvimento potencial, considerando o auxílio direto ou indireto de parceiros mais experientes (figura 4), isto é, a comparação entre os problemas que o sujeito tem condição de solucionar sozinho no momento atual e os problemas que conseguiria solucionar com ajuda (ISZLAJI *et al.*, 2015; OSTERMANN & CAVALCANTI, 2010; ROLIM, GUERRA & TASSIGNY, 2008). Na roda de conversa, a interação social promoveu o desenvolvimento pessoal das crianças pela troca de informações, compartilhamento de vivências e discussões, produzindo significados e sofisticando os esquemas da estrutura cognitiva. Ao final, as crianças produziram desenhos sobre o que haviam aprendido durante a intervenção, deixando evidente para as autoras a construção do conhecimento sobre microrganismos ao incorporarem as novas informações aos seus saberes prévios, transpondo suas interpretações.

Figura 4 – Zonas de desenvolvimento de Vygotsky



Fonte: autoria própria, 2022.

Na Inglaterra, Byrne, Grace e Hanley (2009) investigaram 414 crianças de 7, 11 e 14 anos em escolas de educação básica utilizando um método misto de coleta de dados que envolvia desenho, escrita, *brainstorming* e entrevista para descrever ideias antropocêntricas e antropomórficas que as crianças têm sobre microrganismos. Os pesquisadores conceituam e diferenciam antropomorfismo e antropocentrismo, sendo o primeiro a atribuição de características humanas físicas (como olhos, boca, expressões, *etc.*) ou mentais (como emoções, moralidade, intenções, *etc.*) e o segundo a visão dos seres humanos como peça central do universo e cuja perspectiva prevalece sobre todas as outras. Ambos os conceitos podem ser úteis no ensino-aprendizagem porque humanizam os conteúdos curriculares e os tornam mais acessíveis, por outro lado também podem levar a equívocos no letramento científico. As ideias descritas pelas crianças sobre os microrganismos foram organizadas em sete temas: aparência, tamanho, estado de vida, localização, doença, decomposição e ciclagem da matéria e aplicações microbianas. O uso de características e perspectivas humanas nas respostas foi comum a todos os grupos etários, prevalecendo em crianças mais novas e diminuindo no decorrer do desenvolvimento.

De acordo com Byrne, Grace e Hanley (2009), o emprego de antropomorfismos é uma forma natural que crianças utilizam para expressar suas ideias, tendo as crianças mais velhas a

noção de que estas são apenas maneiras de ilustrar sua compreensão, não representando a realidade literal, entendimento que as crianças mais novas não possuem tão nitidamente. Como observado por Dias-da-Silva *et al.* (2020), Bernardi *et al.* (2019), Silveira, Oliveros e Araújo (2011) e Leporo (2009), boa parcela das crianças desenharam rostos nas suas representações de microrganismos, sugerindo inclusive emoções boas ou más e expressões de moralidade. O antropocentrismo foi evidente em todos os estudos referidos nesta seção no que diz respeito à relação feita pelas crianças entre microrganismos e doenças, estando implícito também na falta de associação entre microrganismos e ecossistemas. Uma possível explicação pode ser encontrada na BNCC, que deixa nítido o viés antropocêntrico na listagem de conhecimentos a serem trabalhados em aula, com foco intenso na preparação para o mercado de trabalho ou o desenvolvimento de produtos e serviços, ligeiramente abdicando da ciência com fim em si própria.

Modelos expressos, designados como a representação externa de modelos mentais (o conjunto de ideias de um indivíduo sobre um conceito), foram elaborados sobre os conhecimentos de 458 crianças de 7, 11 e 14 anos por Byrne (2011) em escolas públicas na Inglaterra. Neste estudo, a autora verificou os modelos expressos em questão de classificação, morfologia, tamanho e escala, vida e “não-vida”, doença e saúde, ecologia e aplicações tecnológicas de microrganismos utilizando desenho, escrita, *brainstorming*, mapas conceituais e entrevistas semi estruturadas, de maneira que as crianças pudessem se expressar em vários formatos e linguagens. Como resultado, foi observado que aos 7 anos as crianças entendem os microrganismos como sendo animais ou elementos abstratos, por exemplo “a sujeira que fica embaixo das unhas”, enquanto aos 11 e 14 o conceito de espécie biológica já é mais compreendido e se torna possível diferenciar alguns grandes grupos de seres vivos. Em questão de morfologia, os achados vão ao encontro dos trabalhos já relatados anteriormente, tendo destaque o desenho de estruturas circulares e alguns equívocos como minhocas e insetos. Sobre tamanho e escala, foi consenso em todos os grupos etários o caráter microscópico dos microrganismos e a necessidade de equipamentos para a sua visualização. Uma das ideias mais comuns sobre os microrganismos foi novamente a relação com doenças e menos frequentemente a relação com saúde, ecologia (onde são encontrados e sua função como decompositores) e aplicações tecnológicas.

Com base nestes resultados, Byrne (2011) organiza três níveis de modelos expressos: emergente, tradicional e estendido. No modelo emergente, os conhecimentos sobre os microrganismos são generalizados, difusos, imprecisos e equivocados, por exemplo a classificação como animais e a associação obrigatória com doenças. No modelo tradicional, algumas informações incorretas são substituídas através da sofisticação dos esquemas na estrutura cognitiva, como a possibilidade de nem todos os microrganismos serem patogênicos. O nível mais elevado de modelo é o estendido, em que as crianças são capazes de expressar conhecimentos científicos corretos e mais específicos, como o uso de microrganismos na produção de alimentos e vacinas. De modo geral, a progressão entre os três modelos expressos foi correspondente aos grupos etários, sendo o modelo estendido observado com mais frequência nos grupos de 11 e 14 anos, mas também ocorrendo nos grupos de 7. O maior salto entre modelos ocorre entre 7 e 11 anos e um dos motivos para a similaridade entre os resultados dos grupos de 11 e 14 anos pode ser a dificuldade que as crianças apresentam em reestruturar ideias, como maneira de evitar a dissonância cognitiva causada pela acomodação. Dessa forma, a pesquisadora relata que mesmo que as concepções prévias mudem conforme o tempo e experiências, as visões antropocêntricas sobre os microrganismos permanecem em 18% das crianças ao longo do desenvolvimento, indicando que a progressão entre modelos não é um simples resultado de idade, maturidade ou educação escolar.

Tabela 1 – Síntese dos trabalhos analisados

Referência	Amostragem	Resultados destacados
Dias-da-Silva <i>et al.</i> (2020)	30 estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental	Desenhos com representações parciais (55%) e concepções alternativas (31%)
Bernardi <i>et al.</i> (2019)	87 estudantes do 2º ao 5º ano do Ensino Fundamental	Percepção dos microrganismos como vilões (33,01%), heróis (10,68%), vilões e heróis (25,24%) e “não são nada” (31,07%)
Nicoletti e Sepel (2013)	90 estudantes de 6º e 7º ano do Ensino Fundamental	Bactérias (89%), vírus (48%), fungos (40%) e lombrigas (30%) como exemplos de microrganismos
Silveira, Oliveros e Araújo (2011)	45 estudantes de 6º e 7º ano e 27 estudantes de 8º e 9º ano do Ensino Fundamental	Influência da mídia nas concepções prévias e na fixação dos conteúdos

Leporo (2009)	Crianças de cinco anos	Imitação e interação social
Ruiz-Gallardo e Paños (2017)	199 crianças de 7 e 8 anos e de 11 e 12 anos	Aperfeiçoamento da linguagem científica
Iszlaji <i>et al.</i> (2015)	25 crianças de 4 a 10 anos	Interação social e apoio visual durante o processo de aprendizagem
Byrne, Grace e Hanley (2009)	414 crianças de 7, 11 e 14 anos	Antropomorfismo e antropocentrismo
Byrne (2011)	458 crianças de 7, 11 e 14 anos	Modelos expressos: emergente, tradicional e estendido

Fonte: autoria própria, 2022.

4. CONCLUSÃO

A microbiologia surgiu como a descoberta de um mundo “invisível”, motivada pela curiosidade e movida principalmente pela relação entre microbiota e saúde humana. Apesar da sua inclusão no currículo escolar nacional ser prevista para o 4º ano do Ensino Fundamental, em realidade este conteúdo só entra em contato formal com as crianças a partir do 6º ano. As crianças por sua vez, carregam concepções prévias parcialmente corretas conquistadas por experiências pessoais, educação informal ou influência midiática. Muitas destas concepções apresentam antropomorfizações como ferramenta de expressão (DIAS-DA-SILVA *et al.*, 2020; BERNARDI *et al.*, 2019; SILVEIRA, OLIVEROS & ARAÚJO, 2011; LEPORO, 2009; BYRNE, GRACE & HANLEY, 2009; BYRNE, 2011), isto é, a inclusão de características físicas ou mentais humanas nos microrganismos para externalizar pensamentos e ideias. Além disso, a antropocentrização é unânime nos estudos, legitimada pela BNCC, de certo modo, e evidenciada pela forte relação que as crianças fazem entre microrganismos e doenças e a ausência ou indiferença no reconhecimento de suas funções ecossistêmicas, como ressaltado por Nicoletti e Sepel (2013). Isto pode ser explicado pelo fenômeno da “*microbe-mania*” (BYRNE, GRACE & HANLEY, 2009; BYRNE, 2011), isto é, a dominância da visão patológica sobre os microrganismos, perpetuando a percepção negativa sobre eles (NÓBREGA & BOSSOLAN, 2010).

Aspectos teóricos da psicologia da educação ficaram explícitos, por exemplo em Leporo (2009), cujo estágio pré-operatório do desenvolvimento cognitivo de Piaget é percebido na tentativa de imitação (KESSELRING, 2008) entre as crianças durante a atividade, além de demonstrar a socialização do conhecimento conforme o sócio-construtivismo de Vygotsky (ROLIM, GUERRA & TASSIGNY, 2008). A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel também foi notória ao longo dos estudos, como em Silveira, Oliveros e Araújo (2011), Ruiz-Gallardo e Paños (2017), Iszlaji *et al.* (2015), Byrne, Grace e Hanley (2009) e Byrne (2011), em que o uso de subsunçores foi imprescindível na construção de novos conhecimentos e atribuição de significados.

Portanto, a reflexão-resposta à pergunta de pesquisa “quais são os processos cognitivos que as crianças atravessam para aprender sobre microbiota?” é, objetivamente, a combinação entre equilíbrio (assimilação e acomodação) de Piaget, aprendizagem significativa de Ausubel e socialização de Vygotsky. Para que uma criança progrida entre modelos mentais da forma que foram descritos por Byrne (2011), é necessário:

- Mobilização dos conhecimentos prévios (subsunçores);
- Interação social e troca de informações a fim de desequilibrar esquemas na estrutura cognitiva;
- Abstração, que no estágio de desenvolvimento pré-operatório ocorre pelas representações mentais e pelo jogo simbólico com signos, no operatório concreto pela maior capacidade de ruptura entre o que é material e o que é mental e no operatório formal pela total descentração na resolução de problemas;
- Abertura para relacionar os novos conhecimentos; e
- Reorganização da estrutura cognitiva através da atribuição de novos significados, enriquecendo e diferenciando esquemas.

Em conclusão, o entendimento sobre os processos cognitivos envolvidos na compreensão do conceito de microbiota por crianças serve de alicerce para o desenvolvimento de aulas, sequências didáticas e currículos no âmbito da microbiologia, com fim em proporcionar a construção de autonomia dos sujeitos em suas decisões cotidianas e na sua atuação no mundo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRA, Glenda *et al.* Análise do conceito de aprendizagem significativa à luz da teoria de Ausubel. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 72, n. 1, p. 248–255, 2019. DOI: 10.1590/0034-7167-2017-0691
- BERCHE, Patrick. Louis Pasteur, from crystals of life to vaccination. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 18, p. 1–6, 2012. DOI: 10.1111/j.1469-0691.2012.03945.x
- BERG, Gabriele *et al.* Microbiome definition re-visited: old concepts and new challenges. **Microbiome**, v. 8, n. 1, p. 103, 2020. DOI: 10.1186/s40168-020-00875-0
- BERNARDI, Geovane *et al.* Concepções prévias dos alunos dos anos iniciais sobre microrganismos. **Revista Ciências & Ideias**, v. 10, n. 1, p. 55, 2019. DOI: 10.22407/2019.v10i1.974
- BORDENAVE, Guy. Louis Pasteur (1822–1895). **Microbes and Infection**, v. 5, n. 6, p. 553–560, 2003. DOI: 10.1016/S1286-4579(03)00075-3
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BUCHHOLZ, Klaus; COLLINS, John. The roots – a short history of industrial microbiology and biotechnology. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 97, n. 9, p. 3747–3762, 2013. DOI: 10.1007/s00253-013-4768-2
- BYRNE, Jenny. Models of micro-organisms: children’s knowledge and understanding of micro-organisms from 7 to 14 years old. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 14, p. 1927–1961, 2011. DOI: 10.1080/09500693.2010.536999
- BYRNE, Jenny; GRACE, Marcus; HANLEY, Pam. Children’s anthropomorphic and anthropocentric ideas about micro-organisms: educational research. **Journal of Biological Education**, v. 44, n. 1, p. 37–43, 2009. DOI: 10.1080/00219266.2009.9656190
- CARBONI, Giorgio *et al.* A glass-sphere microscope. **Fun Science Gallery**, from Italian popular science magazine *Scienza & Vita*, 1996. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20100611200259/http://www.funsci.com/fun3_en/usph/usph.htm> Acesso em: 18 jun. 2022

- CARVALHO, Irineide T. de. **Microbiologia básica**. Recife: EDUFRPE, 2010. 108 p. ISBN: 978-85-7946-020-3 Disponível em: <<https://biblioteca.unisced.edu.mz/handle/123456789/1696>> Acesso em: 10 jun. 2022
- DIAS-DA-SILVA, Clécio D. *et al.* Bactérias e saúde: o que os estudantes da educação básica entendem sobre essa relação? **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 13, n. 3, p. 140-153, 2020. ISSN: 1983-7011
- GAL, Joseph. The discovery of biological enantioselectivity: Louis Pasteur and the fermentation of tartaric acid, 1857 – A review and analysis 150 yr later. **Chirality**, v. 20, p. 5–19, 2007. DOI: 10.1002/chir.20494
- GOINS, Janet. Microbiomes: an origin story. **American Society for Microbiology**, 2019. Disponível em: <<https://asm.org/Articles/2019/March/Microbiomes-An-Origin-Story>> Acesso em: 28 set. 2021
- ISZLAJI, Cynthia. *et al.* A criança pequena e a relação com o mundo microbiano. **Anais do III Simpósio Internacional de Educação Infantil**, v. 10, n. 2, p. 174–194, 2014. DOI: 10.47692/cadhistcienc.2014.v10.33922
- JORNAL BRASILEIRO DE PATOLOGIA E MEDICINA LABORATORIAL. Antony Van Leeuwenhoek – inventor do microscópio. **Capa do volume 45**, n. 2, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1676-24442009000200001> Acesso em: 30 set. 2022
- KASHANI, Mitra. 10 women microbiologists you don't know about, but should. **International Microorganism Day**, 2020. Disponível em: <<https://www.internationalmicroorganismday.org/blog/10-women-microbiologists-you-dont-know-about-but-should>> Acesso em: 10 jun. 2022
- KESSELRING, Thomas. **Jean Piaget**. 3a. ed. Caxias do Sul: Editora EDUCS, 2008. 337 p. ISBN-13: 978-8570614759
- LEPORO, Natalia. Micróbios na educação infantil: o que as crianças pequenas pensam sobre os microorganismos? **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2009. ISSN: 21766940
- MARCHESI, Julian R.; RAVEL, Jacques. The vocabulary of microbiome research: a proposal. **Microbiome**, v. 3, n. 1, p. 31, 2015. DOI: 10.1186/s40168-015-0094-5

- MARTINS, Gilberto de A.; THEÓPHILO, Carlos. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 2a. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- NICOLETTI, Elenize R.; SEPEL, Lenira N. Microorganismos: algumas percepções de estudantes do ensino fundamental de Santa Maria, RS. **Anais do VI Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia**. XVI Semana Acadêmica de Ciências Biológicas: A docência em biologia: Da formação continuada tecendo CTSA, FuRI. 2013.
- NÓBREGA, Francisco G. da; BOSSOLAN, Nelma R. S. Invisíveis, hóspedes e bem-vindos: os microrganismos. *In*: Antonio Carlos Pavão (Org.). **Ciências**, Coleção Explorando o Ensino, v. 18, p. 115–128. Ministério da Educação e Cultura, 2010.
- OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Cláudio J. de H. **Teorias de aprendizagem**: texto introdutório. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.
- PRESCOTT, Susan L. History of medicine: origin of the term microbiome and why it matters. **Human Microbiome Journal**, v. 4, p. 24–25, 2017. DOI: 10.1016/j.humic.2017.05.004
- RIBATTI, Domenico. An historical note on the cell theory. **Experimental Cell Research**, v. 364, n. 1, p. 1–4, 2018. DOI: 10.1016/j.yexcr.2018.01.038
- ROLIM, Amanda A. M.; GUERRA, Siena S. F.; TASSIGNY, Mônica M. Uma leitura de Vygotsky sobre o brincar na aprendizagem e no desenvolvimento infantil. **Revista Humanidades**, Fortaleza, v. 23, n. 2, p. 176–180, 2008.
- RUIZ-GALLARDO, José-Reyes; PAÑOS, Esther. Primary school students' conceptions about microorganisms – influence of theoretical and practical methodologies on learning. **Research in Science & Technological Education**, v. 36, n. 2, p. 165–184, 2018. DOI: 10.1080/02635143.2017.1386646
- SASSERON, Lucia H. Ensino de Ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1061–1085, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec20181831061
- SCIENTIFIC AMERICAN. **Soil Science**: Make a Winogradsky Column. 2013. Disponível em: <<https://www.scientificamerican.com/article/bring-science-home-soil-column/>>
Acesso em: 10 set. 2022.

- SILVEIRA, Mariana L. da; OLIVEROS, Paula B.; ARAÚJO, Magnólia F. F. de. Concepções espontâneas sobre bactérias de alunos do 6º ao 9º ano. Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas, 2011. ISBN: 978-85-99681-02-2
- TAFNER, Malcon. A construção do conhecimento segundo Piaget. **Revista Cérebro & Mente**, n. 8, 2001. Disponível em: <<https://cerebromente.org.br/n08/mente/construtivismo/construtivismo.htm>> Acesso em: 29 ago. 2022
- TAN, Siang Y.; TATSUMURA, Yvonne. Alexander Fleming (1881–1955): discoverer of penicillin. **Singapore Medical Journal**, v. 56, n. 7, p. 366–367, 2015. DOI: 10.11622/smedj.2015105
- VALADARES, Jorge. A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, p. 36–57, 2011.
- VASCONCELOS, Clara; PRAIA, João F.; ALMEIDA, Leandro S. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 7, n. 1, p. 11–19, 2003. DOI: 10.1590/S1413-85572003000100002
- WADSWORTH, Barry. **Inteligência e afetividade da criança na teoria de Piaget**. Editora Pioneira. São Paulo, 1996.