



Universidade Federal da Bahia

Universidade Estadual de Feira de Santana



Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências

LÍDIA CABRAL MOREIRA

**INVESTIGANDO CARACTERÍSTICA DE UMA INTERVENÇÃO
EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE FISIOLOGIA HUMANA A
PARTIR DE UMA ABORDAGEM RELACIONAL**

Salvador – Bahia
2021

LÍDIA CABRAL MOREIRA

**INVESTIGANDO CARACTERÍSTICA DE UMA INTERVENÇÃO
EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE FISIOLOGIA HUMANA A
PARTIR DE UMA ABORDAGEM RELACIONAL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Amanda Amantes

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Miranda Guimarães

Salvador – Bahia
2021

Moreira, Lídia Cabral.

Investigando característica de uma intervenção educacional para o ensino de fisiologia humana a partir de uma abordagem relacional / Lídia Cabral Moreira. - 2021.

206 f. : il.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Amanda Amantes Neiva.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Miranda Guimarães.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Salvador, 2021.

Programa de Pós-Graduação em convênio com a Universidade Estadual de Feira de Santana.

1. Biologia (Ensino médio). 2. Corpo humano. 3. Fisiologia humana. 4. Contextualização do conteúdo. 5. Validação. I. Neiva, Amanda Amantes. II. Guimarães, Ana Paula Miranda. III. Universidade Federal da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências. IV. Universidade Estadual de Feira de Santana. V. Título.

LÍDIA CABRAL MOREIRA

**INVESTIGANDO CARACTERÍSTICA DE UMA INTERVENÇÃO
EDUCACIONAL PARA O ENSINO DE FISIOLOGIA HUMANA A
PARTIR DE UMA ABORDAGEM RELACIONAL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Aprovada em 20 de outubro de 2021.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a **Amanda Amantes**
Doutora em Educação - UFMG
Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Brasil

Prof.^a Dr.^a **Ana Paula Miranda Guimarães**
Doutora em Genética e Biologia Molecular - UFRS
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) - Brasil

Prof. Dr. **Charbel El-Hani**
Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Brasil

Prof.^a Dr.^a **Jordelina Lage Martins Wykrota**
Doutora em Educação - UFMG
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Brasil

Prof.^a Dr.^a **Ayane de Souza Paiva**
Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências – UFBA/UEFS
Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) – Brasil

Prof. Dr. **Gabriel Ribeiro**
Doutor em Ciências da Educação - Universidade do Minho, PT
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – Brasil

Prof. Dr. **Wanderley Paulo Gonçalves Junior**
Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências – UFBA/UEFS
Colégio de Aplicação - UFRJ

À minha mãe, Maria das graças, minha inspiração...

A quem devo minha existência.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer imensamente a todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para realização deste trabalho. Pessoas que contribuíram compartilhando conhecimento acadêmico e outras oferecendo apoio emocional, igualmente relevante para a conclusão do trabalho com êxito.

Agradeço às minhas orientadoras, Amanda e Ana Paula, pelo conhecimento compartilhado, pelas cobranças e pela paciência comigo na condução da pesquisa. Por estarem sempre dispostas a ajudar. Vocês duas formaram uma dupla perfeita nesse trabalho. Obrigada, mesmo!

Ao meu esposo, Antônio, que me apoiou incondicionalmente. Por acreditar em mim e suportar meu *stress*, principalmente na reta final quando tudo parecia ter saído do controle. Seu companheirismo, puxões de orelha e cobranças foram fundamentais para que eu chegasse até aqui!

À minha mãe, que mesmo distante cuida de mim. Que sempre entende a minha ausência. Esse trabalho só faz sentido porque ela existe. Ela é a razão da minha luta, meu fôlego, minha inspiração. É tudo por/para ela. Sempre. Obrigada, mãe, por esse amor que chega doer no peito.

Agradeço ao grupo de pesquisa LAMPMEC e todos os integrantes deste grupo riquíssimo e acolhedor por todos esses anos de ensinamentos e compartilhamento de aprendizado, de lanchinhos delícia nas reuniões, de apoio e incentivos.

Agradeço aos meus queridos alunos do Colégio Estadual Albérico Gomes Santana, que participaram desta pesquisa, à coordenação, direção e corpo docente pelo apoio.

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro concedido para realização do curso de doutorado.

Agradeço à Deus, por ter colocado essas pessoas no meu caminho e ter me dado forças nas horas mais difíceis.

RESUMO

Esta tese parte de uma crítica ao ensino conceitualista, memorístico e fragmentado, que histórica e tradicionalmente é praticado na abordagem de conteúdos de fisiologia humana no Ensino Médio. Essa abordagem se restringe ao conhecimento dos componentes dos sistemas e suas funções, sem estabelecer relações entre eles ou relacioná-los a processos fisiológicos mais amplos. Isso acarreta uma série de problemas para compreensão dos estudantes sobre a complexidade do corpo humano. O objetivo geral desta tese é investigar princípios de design de uma intervenção educacional para promover entendimento de fisiologia humana numa perspectiva relacional. Primeiramente, apresentamos e discutimos um levantamento bibliográfico sobre o ensino de fisiologia humana na literatura brasileira. Em seguida, construímos uma estrutura conceitual para abordagem relacional da fisiologia humana – estrutura CMF e argumentamos sobre os critérios dessa estruturação e forma de aplicação. Posteriormente, elaboramos e validamos uma intervenção educacional com abordagem relacional para ensinar fisiologia humana no Ensino Médio e utilizamos o referencial teórico da Pesquisa de Design Educacional para elaborar três princípios de design para a intervenção. No terceiro momento aplicamos essa intervenção no contexto real da sala de aula do 3º ano, abordando os conteúdos de sistema digestório, respiratório e circulatório, para validar os princípios de design e analisamos os resultados dessa validação. Para coletar os dados que compõem essa tese utilizamos diversos instrumentos de coleta de dados, como, livros e artigos disponíveis na Web, questionário de validação pelos pares, testes de validação e os instrumentos para coletar os dados de aprendizagem dos estudantes (Testes de conhecimento e Resolução de questões da QSC). Os resultados dão uma série de indicativos que apontam que os princípios de design foram validados a partir do alcance das nossas expectativas de ensino para cada um dele, como o princípio de uso didático de uma QSC e abordagem relacional da fisiologia humana. O princípio de trabalho cooperativo foi razoavelmente validado e fazemos apontamentos de melhoria para aplicação em estudos futuros. Esperamos que este estudo contribua para outras pesquisas que pretendem investigar características de intervenções educacionais no âmbito do ensino de Ciências, sendo seus resultados parâmetros para gerar *insights* sobre a utilização da QSC e da abordagem relacional no ensino de fisiologia humana.

Palavras-chaves: corpo humano, sistemas fisiológicos, design educacional, ensino relacional, validação, fisiologia humana.

ABSTRACT

This thesis starts from a critique of content, conceptualist and fragmented teaching, which is historically and traditionally practiced in the approach to human physiology contents in high school. This approach is restricted to knowledge of the components of systems and their functions, without establishing relationships between them or relating them to broader physiological processes. This poses a series of problems for students' understanding of the complexity of the human body. The general objective of this thesis is to investigate design principles of an educational intervention on human physiology to promote relational understanding of physiological processes by high school students. First, we present and discuss a bibliographical survey on the teaching of human physiology in Brazilian literature. Then, we build a conceptual framework for a relational approach to human physiology – CMF framework and argue about the criteria for this structuring and application form. Subsequently, we developed and validated an educational intervention with a relational approach to teach human physiology in high school and used the theoretical framework of Educational Design Research to elaborate three design principles for the intervention. In the third moment, we apply this intervention in the real context of the 3rd year classroom, addressing the contents of the digestive, respiratory and circulatory systems, to validate the design principles and analyze the results of this validation. To collect the data that make up this thesis, we use several data collection instruments, such as books and articles available on the Web, peer validation questionnaire, validation tests and instruments to collect student learning data (knowledge tests and Resolution of QSC issues). The results give a series of indications that indicate that the design principles were validated based on the achievement of our teaching expectations for each one of them, such as the principle of didactic use of a QSC and relational approach to human physiology. The cooperative work principle has been reasonably validated and we make suggestions for improvement for application in future studies. We hope that this study will contribute to other research that intends to investigate characteristics of educational interventions in the field of Science teaching, and its results are parameters to generate insights about the use of QSC and the relational approach in the teaching of human physiology.

Keywords: human body, physiological systems, educational design, relational teaching, validation, human physiology.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO DA TESE.....	8
Motivação pessoal.....	8
Objeto de estudo	9
A PESQUISA	10
<i>Pesquisa de Design Educacional</i>	11
<i>Questão sociocientífica no ensino de Ciências</i>	13
<i>Objetivos da pesquisa</i>	15
ORGANIZAÇÃO DA TESE.....	18
REFERÊNCIAS.....	22
ARTIGO 1: A ABORDAGEM RELACIONAL NO ENSINO DE FISILOGIA HUMANA NO ENSINO MÉDIO.....	24
INTRODUÇÃO	25
PROPOSTAS DE ENSINO DE FISILOGIA HUMANA NA EDUCAÇÃO BÁSICA ..	28
ABORAGEM RELACIONAL DA FISILOGIA HUMANA: DO QUE ESTAMOS FALANDO?	34
Características da abordagem relacional.....	35
<i>Categoria componentes</i>	40
<i>Categoria mecanismos</i>	41
<i>Categoria fenômenos</i>	43
CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS.....	47
ARTIGO 2: PRINCÍPIOS DE DESIGN DE UMA INTERVENÇÃO DIDÁTICA COM ABORDAGEM RELACIONAL DA FISILOGIA HUMANA.....	49
INTRODUÇÃO	50
PRINCÍPIOS DE DESIGN DA INTERVENÇÃO	51

PROCESSO QUALITATIVO DE VALIDAÇÃO DA INTERVENÇÃO	57
Instrumento de validação da intervenção	58
Método de análise da validação	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
<i>Aulas 1, 2 e 3</i>	62
<i>Aulas 4, 5 e 6</i>	64
<i>Aulas 7, 8 e 9</i>	66
<i>Análise das estratégias metodológicas da intervenção</i>	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
REFERÊNCIAS	74
ARTIGO 3: VALIDAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE DESING: AVALIANDO O USO DE UMA QSC PARA APRENDIZAGEM FORMAL SOBRE FISIOLOGIA HUMANA E PARA O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CRÍTICO	76
INTRODUÇÃO	77
CONTEXTO DA PESQUISA	78
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	80
Instrumentos e procedimentos de produção dos dados.....	80
ANÁLISE E DISCUSSÃO.....	81
Princípio 1 – Uso didático de uma QSC	82
<i>Expectativa de ensino 1 - Promover entendimento de QSC associada ao conteúdo formal de fisiologia humana.</i>	83
<i>Expectativa de ensino 2 - Promover pensamento crítico sobre QSC</i>	96
Princípio 2 – Trabalho cooperativo	101
<i>Expectativa de ensino - Criar situações em que os estudantes interajam para se ajudarem mutuamente na realização das tarefas</i>	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
REFERÊNCIAS.....	108

ARTIGO 4: APRENDIZAGEM DE FISIOLOGIA HUMANA POR ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM RELACIONAL	110
INTRODUÇÃO	111
CONTEXTO DA PESQUISA	113
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	115
Aspectos gerais	115
Elaboração dos instrumentos de coleta de dados	117
ANÁLISES E DISCUSSÕES	121
Aprendizagem geral	122
Aprendizagem em relação à estrutura CMF	127
Aprendizagem em relação ao conteúdo dos sistemas fisiológicos	130
CONSIDERAÇÕES FINAIS	137
REFERÊNCIAS	138
CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS	141
Os Resultados	142
Limitações e implicações	143
APÊNDICE A – INTERVENÇÃO DIDÁTICA COMPLETA SOBRE FISIOLOGIA DOS SISTEMAS DIGESTÓRIO, RESPIRATÓRIO E CIRCULATÓRIO	145
APÊNDICE B: INSTRUMENTO DE VALIDAÇÃO DA INTERVENÇÃO	154
APÊNDICE C: ROTEIRO DE AULA ENTREGUE AOS GRUPOS DE ALUNOS	160
APÊNDICE D: CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA FEIRA DE SAÚDE E CORPO HUMANO	164
APÊNDICE E – BANCO DE ITENS CONFORME ESTRUTURA CONCEITUAL CMF	166
APÊNDICE F: DADOS DE SAÍDA DO SPSS	170

APRESENTAÇÃO DA TESE

Motivação pessoal

Este trabalho de tese deriva de duas inquietações a partir da minha vivência enquanto professora da Educação Básica em escola pública. A primeira delas é a forma como o corpo humano é apresentado no currículo escolar e nos livros didáticos, sempre um corpo como objeto de estudo, distante dos sujeitos que o estudam, fragmentado, descontextualizado do ambiente que o cerca. Dividimos o estudo do corpo humano em sistemas fisiológicos isolados, cada aula é um sistema! Cada sistema comporta uma variedade de estruturas e funções que queremos que os estudantes decorem para realizar a prova. Ou seja, esquartejamos o corpo para conhecer as suas especificidades e nos esquecemos do mais importante: *como e por que* os processos fisiológicos ocorrem e quais as implicações desses processos na nossa vida diária.

Pensando nessas questões foi que no mestrado busquei, a partir de um problema social relevante - o uso de drogas, abordar de forma ampla conteúdos do sistema nervoso, por meio de uma abordagem de ensino que julguei inovadora – a Metodologia da Problematização com o Arco de Charles Maguerez (MOREIRA, 2016). Os resultados dessa intervenção não foram positivos do ponto de vista educacional na perspectiva docente, por uma série de razões, as quais buscamos justificar no texto da dissertação. Uma dessas razões foi a escolha do tema para contextualizar o ensino – “uso de drogas”, que não gerou engajamento dos estudantes nas discussões em sala, uma vez que esse assunto não era relevante no contexto de aplicação da intervenção, por isso a importância de contextualizar os conteúdos com a realidade dos estudantes. No entanto, esse resultado culminou na segunda inquietação que me trouxe a este trabalho: o abismo entre propostas de ensino elaboradas no âmbito acadêmico e sua viabilidade nos contextos reais de sala de aula, sobretudo, considerando o perfil dos estudantes das escolas públicas.

Por muitas vezes tive/tenho a impressão de que muitas pesquisas acadêmicas na área de ensino de Ciências parecem não ter viabilidade prática na realidade do ensino público brasileiro. Embora muitas dessas pesquisas sejam estudos de aplicação de intervenções, se considerarmos o professor ou a professora que trabalha 40h, ministrando um total de 26 aulas por semana, em escolas totalmente precárias e tendo um calendário para cumprir, diversas propostas acabam não tendo aplicabilidade pelos professores no seu cotidiano. Esta Tese é a materialização dessa minha preocupação e da minha busca por uma abordagem de ensino realmente aplicável no dia a dia do ensino público. Eu queria/quero superar isso no meu

próprio trabalho. Ao mesmo tempo em que escrevo esta Tese me divido entre planejar, ministrar 27 aulas por semana em 17 turmas, corrigir atividades de cerca de 500 estudantes. A reta final desta escrita ainda foi marcada por uma pandemia global de COVID-19, tornando o contexto ainda mais desafiador, com o trabalho triplicado no remoto, tendo que fazer planejamento e atividades para três perfis diferentes de estudantes. Este trabalho representa uma forma de me desafiar enquanto professora pesquisadora da minha própria prática, na dureza da realidade do ensino público brasileiro e trazer uma contribuição prática, do ponto de vista do trabalho pedagógico e acadêmico, no sentido de contribuir com as pesquisas na área de ensino de biologia.

Objeto de estudo

Na história da humanidade, o ser humano sempre demonstrou interesse em entender como seu corpo funciona e compreendê-lo em suas diversas dimensões. A partir da Idade Média, com o surgimento das disciplinas científicas, o estudo do corpo humano passou a ser incorporado aos currículos, a partir da racionalidade cartesiana (TALAMONI, 2007), que foi responsável pela fragmentação do estudo do corpo para se conhecer até a sua unidade mais básica (MORAES; GUIZZETTI, 2016). Consequentemente, o currículo de Biologia e Ciências seguiu o mesmo padrão de segmentação. O grande problema dessa fragmentação é a falta de significado e a perda de sentido do corpo, que antes de ser didático é humano, e por isso, biocultural.

A problemática central da tese é a forma fragmentada, reducionista e memorística com a qual o ensino do corpo humano tradicionalmente é conduzido nas salas de aula de Biologia. O foco do ensino recai no estudo das estruturas do corpo humano – os órgãos e suas funções e pouca atenção é dada à compreensão de mecanismos e fenômenos relacionados à fisiologia humana. Outra questão é a lacuna existente sobre estudos empíricos que investigam o ensino de fisiologia e, de modo mais específico, na perspectiva de uma abordagem relacional, conforme mostraremos nesse estudo.

Partindo desses pressupostos, o nosso objeto de estudo é a investigação das características de uma intervenção didática para promover entendimento dos sistemas fisiológicos a partir de uma abordagem relacional, buscando propor uma alternativa ao ensino para lidar com os seguintes problemas: i) a fragmentação no ensino de fisiologia humana no Ensino Médio, por isso, adotamos uma abordagem relacional entre os componentes essenciais da fisiologia – componentes, mecanismos e fenômenos; ii) a biologização do corpo, que significa o foco apenas em aspectos biológicos e funcionais e falta de

contextualização, para tanto, utilizamos uma QSC para promover o entendimento relacional das questões do corpo humano, bem como o pensamento crítico frente a questões de relevância social.

Inicialmente buscamos delimitar o que consideramos ser “uma abordagem de fisiologia humana numa perspectiva relacional” e com base em duas principais referências foi elaborado um conjunto de características gerais para uma abordagem de ensino nessa perspectiva. Essas características compreendem uma organização em três categorias – Componentes, Mecanismos e Fenômenos – estrutura CMF, inspiradas no trabalho de Snarpir *et al.*, (2017); e, Conteúdos-chaves da fisiologia humana, propostos por Silverthorn (2010).

Defendemos que uma abordagem de ensino com perspectiva relacional deve dar conta de trabalhar com aspectos relacionados às estruturas, mecanismos e fenômenos do corpo humano e que para isso existem alguns conteúdos que são essenciais. Partimos do pressuposto de que o corpo humano não é isolado do ambiente que o cerca e que os sistemas fisiológicos não trabalham sozinhos, apesar de tradicional e historicamente serem apresentados dessa forma na Educação Básica. Apresentamos uma maneira de materializar esse ensino mais completo e também mais contextualizado, através do uso de uma questão sociocientífica – QSC sobre sobrepeso e a influência da mídia na relação com o corpo, que possibilita abordar além de conteúdos formais do currículo escolar, questões sociais relevantes, que permitam aos estudantes mobilizar e aprender sobre determinados conteúdos, de modo refletido (CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

A PESQUISA

Este trabalho de Tese se insere no contexto das pesquisas em ensino de Ciências, especificamente, nos estudos dedicados à construção e investigação de intervenções educacionais no contexto da Educação Básica, e que utilizam QSC como ferramenta para abordagem de ensino, perspectiva de pesquisa já adotada em outros estudos da área, tais como o estudo de Martins (2016); Conrado (2017); Dionor (2018); Paiva (2019), que são trabalhos que analisam o processo de ensino e aprendizagem a partir do uso de QSC.

O embasamento teórico-metodológico da Tese respalda-se em duas premissas: a) pesquisa de Design Educacional; b) QSC como ferramenta de ensino. Realizamos o estudo sob dois aspectos: do ensino e da aprendizagem. A perspectiva do ensino é caracterizada pela construção, aplicação e investigação de uma intervenção didática e seus princípios de design. Já o aspecto da aprendizagem é caracterizado pela investigação do desempenho dos estudantes nos testes e das tarefas dos estudantes ao longo da intervenção elaborada.

Pesquisa de Design Educacional

A Pesquisa de Design Educacional se destina à elaboração de inovações educacionais¹ e ao estudo sistemático de seu planejamento, manutenção e avaliação, visando aumentar o conhecimento sobre as características destas inovações, por meio da validação dos denominados princípios de design (princípios de planejamento) (PLOMP, 2009). Os princípios de design são produtos teóricos dessa abordagem de pesquisa e apresentam o potencial de compor uma teoria de ensino específica para um dado domínio (como por exemplo, para o ensino de fisiologia humana) (PLOMP, 2009), são declarações enunciativas que configuram apostas teóricas e educacionais (VAN DEN AKKER, 1999). Esses princípios refletem particularidades essenciais da proposta de intervenção e possuem uma formulação que abarca duas ênfases: (i) ênfase substantiva, que tem a ver com as características essenciais da intervenção, como por exemplo, a abordagem de ensino; (ii) ênfase procedimental, que está relacionada aos procedimentos utilizados para implementar tais características, como por exemplo, um conjunto de atividades e ações a serem desenvolvidas durante a intervenção. Portanto, os princípios de design norteiam todo o processo de planejamento e elaboração da intervenção e estão relacionados com os objetivos a serem alcançados com sua aplicação.

Segundo Sarmiento (2016), a estrutura de elaboração dos princípios além de abarcar essas duas ênfases descritas no parágrafo anterior, também são sempre seguidas dos propósitos e justificativas teóricas ou experiências para sua adoção. Para estruturar o enunciado dos princípios utilizamos uma formulação de Van den Akker (1999), adaptada pelo Grupo de Colaboração em Pesquisa e Prática em Educação Científica (CoPPEC), do GCPEC²:

Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, é aconselhável:

1. Adotar a característica A, para o propósito/função y1, realizando o procedimento K, em razão do argumento P.
2. Adotar a característica B, para o propósito/função y2, realizando o procedimento L, em razão do argumento Q.

¹ Adotamos a concepção de inovações educacional discutida por Sepúlveda *et al* (2012) que se constitui como intervenções educacionais desenvolvidas para propor soluções a problemas da prática pedagógica e/ou da aprendizagem e que apresentem um caráter emancipatório.

² O CoPPEC é um grupo colaborativo que desenvolve uma prática social de pesquisa colaborativa por meio da investigação de inovações educacionais, construídas como SD implementadas no contexto real de ensino (ALMEIDA, 2013; SARMENTO, 2016). Coordenado pela Profa. Claudia Sepúlveda, do Departamento de Educação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

3. Adotar a característica C, para o propósito/função y3, realizando o procedimento M, em razão do argumento R.(...) . (SARMENTO, 2016, p. 23)³.

O processo de Pesquisa de Design Educacional envolve três fases: *pesquisa preliminar*, que busca a partir do saber docente (ênfase dada por um grupo colaborativo de Pesquisa em Ensino de Ciências (CoPPEC) e de uma revisão de literatura, identificar necessidades situadas num contexto de ensino e aprendizagem para desenvolver princípios de design; fase de *prototipagem*, que compreende ciclos de pequenas investigações, em que a intervenção é testada, analisada e refinada; e, fase de *avaliação somativa* em que se analisa a trajetória de ensino e de aprendizagem dos estudantes para concluir se as expectativas planejadas foram alcançadas (MCKENNEY, 2001; PLOMP, 2009). Nesse tipo de desenho de pesquisa, é durante a fase de prototipagem que ocorre a validação dos princípios de design, a qual é realizada no contexto da prática educacional. Esse tipo de validação busca verificar se os princípios de elaborados estão adequados para promover determinadas expectativas de ensino e aprendizagem esperadas, a partir das características da intervenção aplicada. Na figura 1 apresentamos uma representação visual do processo cíclico da pesquisa de design educacional, adaptada do esquema proposto por McKenney (2001).

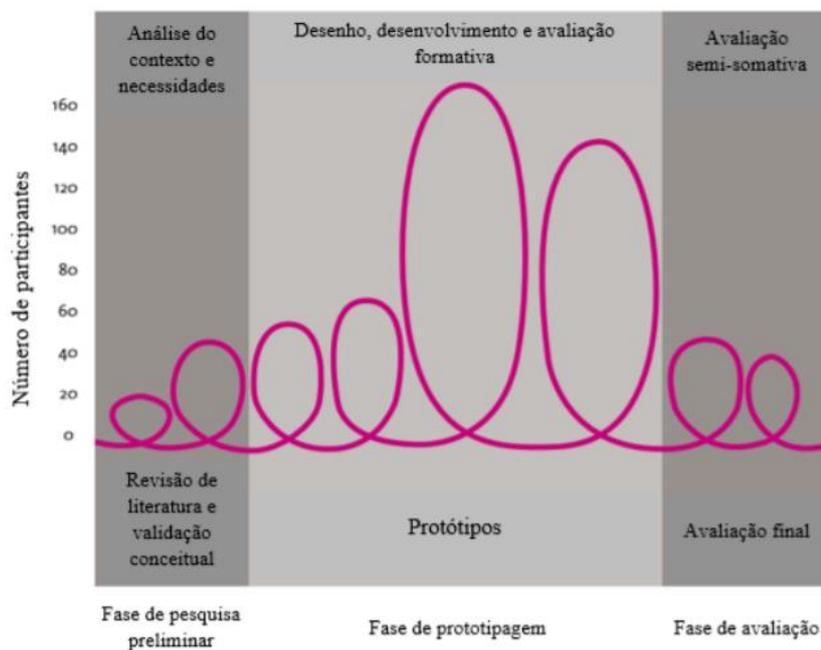


Figura 1. Esquema de Pesquisa de Design Educacional em seus ciclos. Fonte: Adaptado de Sepulveda *et al.* (2016), a partir de McKenney (2001).

³ Nessa adaptação, no lugar de apresentar apenas um propósito geral, que norteia todo o princípio, apresenta-se um propósito para cada princípio, separadamente. Dessa forma, a partir de cada princípio específico pode-se alcançar o propósito geral

Nesta tese contemplamos estas fases da pesquisa de design da seguinte forma. A pesquisa preliminar decorreu de um levantamento de artigos em base de dados nacional, análise sobre as principais problemáticas no ensino de fisiologia e da experiência docente em contexto do Ensino Médio. Realizamos um ciclo de prototipagem nesta pesquisa, em que aplicamos a intervenção em contexto real da sala de aula para validar seus princípios de design e fazer uma avaliação para verificar o alcance dos princípios, os limites, as potencialidades e propor adaptações e melhorias para os próximos ciclos de prototipagem.

A fase de avaliação somativa não foi contemplada neste trabalho, pois se trata do primeiro protótipo da intervenção, e nesta fase o objetivo é chegar a uma conclusão em relação aos objetivos de ensino propostos após vários ciclos de investigação. Nesse sentido, a avaliação que fizemos foi de caráter formativo, ou seja, avaliamos os princípios de design para seu refinamento em novos protótipos da intervenção, para posteriormente gerar uma avaliação somativa.

Questão sociocientífica no ensino de Ciências

As questões sociocientíficas (QSC) surgiram no contexto de discussão sobre a aplicabilidade da Educação CTSA – relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e Ambiente e grande parte dos estudos sobre QSC derivaram de desdobramentos dos estudos nessa área (MARTÍNEZ PÉREZ, 2012). Segundo Perez (2013), as QSC surgiram como uma abordagem que faz parte da ampliação e re-contextualização da CTSA, isto porque vários objetivos da QSC estão relacionados com características da própria perspectiva CTSA, como formação cidadã, compreensão da natureza da ciência e da tecnologia, a alfabetização científica e posicionamento crítico.

As QSC são problemas ou situações controversas que podem ser transpostos para o ensino de Ciências, pois permitem a abordagem contextualizada de conteúdos interdisciplinares. Como estratégia de ensino contribui para mobilizar valores, habilidades e atitudes, além de aspectos políticos e econômicos sendo interessantes para contextualizar o ensino com temáticas relevantes da vivência social, que podem ajudar os estudantes na tomada de decisões (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). As QSC são transpostas para o ensino, no âmbito de uma estratégia didática ou um contexto de ensino a partir de uma intervenção educacional, que permita aos estudantes mobilizar e aprender sobre determinados conteúdos, de modo refletido, ou seja, de modo a incentivar os estudantes para discussão e proposição de

solução a problemas do cotidiano (CONRADO; NUNES-NETO, 2018; CONRADO *et al.*, 2016; MARTÍNEZ PÉREZ; PARGA LOZANO, 2013).

Propostas de ensino baseadas em QSC apresentam as seguintes características: i) estimulam discussões sobre um determinado tema, geralmente, veiculado nos meios de comunicação de massa e de relevância social (HODSON, 2013); ii) incorporam considerações éticas e posicionamento crítico (SADLER; ZEIDLER, 2004); iii) facilitam a compreensão de conteúdos científicos e a tomada de decisões (HODSON, 2011).

Do ponto de vista metodológico, as formas de aplicação de uma QSC podem variar a depender do contexto de ensino. Contudo, Conrado; Nunes-Neto (2018) chamam atenção para o risco de as propostas de ensino incorporar o uso de QSC e continuarem na perspectiva tradicional-tecnicista. Para evitar que isso ocorra, é preciso sistematizar os caminhos metodológicos tomados para se planejar o ensino a partir dessa estratégia, por meio de três elementos principais de uma proposta de QSC, conforme Conrado; Nunes-Neto (2018).

(I) As QSC podem ser abordadas na forma de casos, construídos como breve história real ou fictícia, contendo, preferencialmente, diálogos e personagens que se aproximam do(s) contexto(s) sociocultural (is) dos estudantes, e que tenha uma questão controversa que guia todo o estudo e incentiva o estudante a posicionar-se criticamente frente a ela.

A elaboração da narrativa do caso é uma forma de explicitar diferentes pontos de vistas, explicações e justificativas, e isso favorece o engajamento do estudante com o tema do estudo. Nesse caso, a questão sociocientífica propriamente dita é um tema de relevância social, disseminados de forma ampla pelos meios de comunicação ou negligenciados nos discursos hegemônicos. Geralmente são temas de interesse dos estudantes, utilizados para contextualizar ensino e gerar engajamento na aula. No nosso caso, a QSC é emagrecimento e a pressão estética e o caso gira em torno do dilema de uma jovem com sobrepeso que busca emagrecer e é muito influenciada pelas mídias sociais.

(II) Após a elaboração do caso, é preciso definir os objetivos de aprendizagem que se pretende alcançar com a intervenção educacional, sequência didática, ou contexto de ensino em que a QSC será utilizada. Os objetivos de aprendizagem são a materialização das intenções educativas e dos valores atribuídos à educação e correspondem ao que se pretende que o estudante aprenda/desenvolva.

(III) O terceiro elemento de uma proposta de QSC é a elaboração de um conjunto de questões direcionadoras do estudo, como forma de evitar o mau uso das QSC para mobilizar determinados aspectos dos problemas sociocientíficos presentes no caso. Essas questões são perguntas sobre aspectos gerais do caso e sobre os conteúdos científicos que se pretende

desenvolver, que demandam dos estudantes tarefas condizentes com os objetivos de aprendizagem. As questões devem incluir perguntas claras e específicas sobre o conteúdo do ensino, que mobilizem o estudante para a pesquisa, investigação, exposição oral, discussões, posicionamento crítico e proposição de soluções e/ou tomada de decisões sobre o caso em estudo.

Assim, incluímos essa perspectiva porque a QSC é uma ferramenta de ensino em potencial para promover maior contextualização dos conteúdos científicos, desenvolvimento de habilidades, pensamento crítico e tomada de decisões. Além disso, como a nossa perspectiva de abordagem relacional da fisiologia abrange um ensino mais amplo sobre o funcionamento do corpo, a QSC contribui trazendo a possibilidade de discutir assuntos que vão além do conteúdo formal escolar e pode ajudar no processo de aprendizagem.

Objetivos da pesquisa

A questão principal de pesquisa da tese é: Quais características de uma intervenção educacional sobre fisiologia humana, que utiliza QSC, têm potencial de promover entendimento dos processos fisiológicos numa perspectiva relacional por estudantes do Ensino Médio? Tendo em vista essa questão central, o objetivo geral da tese é investigar princípios de design de uma intervenção educacional para promover entendimento de fisiologia humana numa perspectiva relacional. Os objetivos específicos são:

- Analisar, a partir de referenciais teóricos, características da abordagem relacional da fisiologia humana e propor uma forma sistemática de promover esse tipo de abordagem no contexto do Ensino Médio;
- Desenvolver princípios de design para construir uma intervenção didática sobre sistemas digestório, respiratório e circulatório e investigar a sua validade para promover entendimento de fisiologia humana numa perspectiva relacional;
- Validar princípios de design para o ensino de fisiologia humana, que visam promover o entendimento das relações entre o conteúdo formal escolar e questões sociocientíficas e a capacidade de pensamento crítico;
- Investigar o entendimento dos estudantes sobre o sistema digestório, respiratório e circulatório, para validar o princípio de design de abordagem relacional da fisiologia humana.

O estudo conduzido nesta Tese traz uma reflexão importante sobre como o ensino de fisiologia tem sido conduzido no contexto da Educação Básica e como poderíamos organizá-

lo, considerando que o objetivo seja que nossos estudantes alcancem melhores níveis de entendimento sobre o funcionamento do corpo humano. Nesse sentido, podemos justificar a relevância desse trabalho de três formas: (i) para o campo das investigações no ensino de Biologia, especificamente, o ensino de fisiologia humana no Ensino Médio: este trabalho traz uma contribuição inovadora para a área do conhecimento para abordagem desse conteúdo, na medida em que apresenta esse caráter relacional dos sistemas; (ii) para o campo pedagógico: este trabalho traz de forma sistematizada orientações pedagógicas sobre como professoras e professores podem elaborar seus planejamentos de ensino nesta perspectiva e assim contribuir para uma visão mais realista e contextualizada sobre as funções orgânicas do corpo; (iii) no campo social: a relevância do estudo se justifica no argumento de que uma compreensão ampla sobre o corpo humano é importante para o autoconhecimento e autocuidado, tomada de decisões em relação a saúde individual e coletiva, atitudes de respeito e tolerância pelos estudantes, além de problematizar a questão da padronização dos corpos promovida e enfatizada por diversas indústrias e pelas mídias.

A tese é um estudo empírico, desenhado e desenvolvido com 120 estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública na região do Recôncavo da Bahia, entre os meses de maio a novembro de 2019. A figura 1 apresenta o desenho da pesquisa, mostrando as etapas de desenvolvimento do estudo, com todos os passos necessários para responder à questão e alcançar os objetivos específicos delineados.

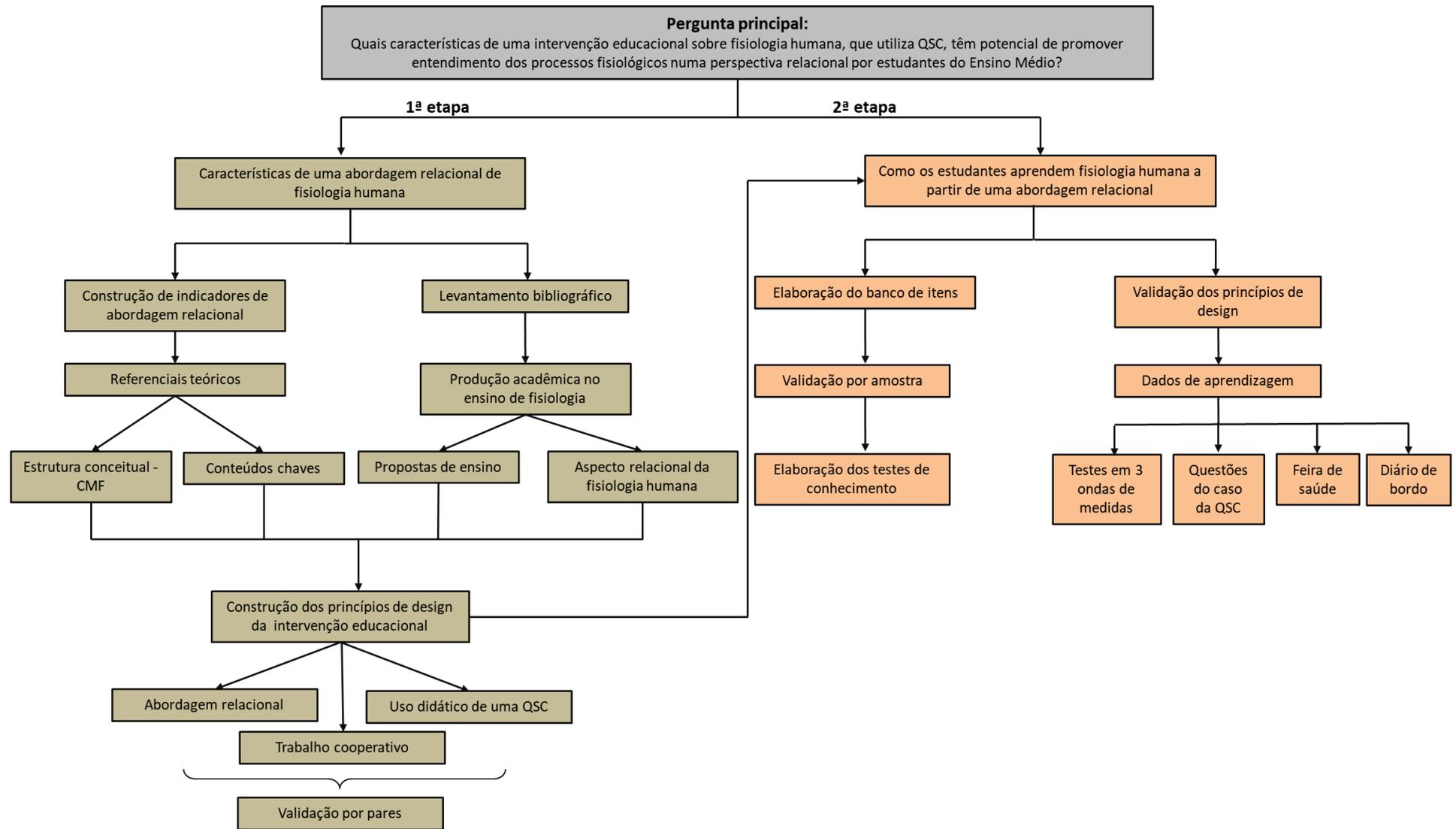


Figura 1. Delineamento geral dos procedimentos de pesquisa. Fonte: Elaborado pelas autoras.

ORGANIZAÇÃO DA TESE

A Tese apresenta o formato de coleção de artigos, ou formato *multipaper* (BARBOSA, 2015), ou seja, é formada por um conjunto de artigos publicáveis, no nosso caso, quatro. Esse formato alternativo é uma forma legítima para apresentar teses e dissertações em diversas áreas do conhecimento (DUKE; BEKE, 1999). Alguns trabalhos desenvolvidos no Programa de Pós- Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da UFBA/UEFS, são exemplos de trabalho nesse formato de organização dos resultados de pesquisa, por exemplo, as dissertações e teses defendidas por Sarmiento (2016), Martins (2017), Conrado (2017), Dionor (2018), Paiva (2019), Melo (2020), Sousa (2021).

Embora esses artigos sejam desdobramentos de uma pesquisa mais ampla, cada um deles deve conter todas as características necessárias para viabilizar suas publicações separadamente, se referindo ao relato de um estudo dentro do escopo mais geral. Por isso, cada artigo deve ter seu próprio resumo, introdução, delineamento teórico e metodológico, discussão dos resultados, considerações finais e referências (DUKE; BECK, 1999). Além disso, é importante incluir um capítulo introdutório (como esse que ora apresentamos) e considerações finais gerais, escritos para o leitor da tese, dando-lhes uma visão geral do projeto que originou os artigos e das implicações para a área do conhecimento.

Esse formato alternativo ao formato monográfico vem sendo empregado com a finalidade de aumentar a acessibilidade dos trabalhos de conclusão de cursos de pós-graduação. Adotamos esse formato para organizar o relato de pesquisa desta tese com o intuito de socializar os seus resultados de forma mais sistemática e para que a visibilidade e disponibilidade para outros pesquisadores sejam ampliadas, uma vez que, particularmente os periódicos, aderem cada vez mais a plataformas online para disponibilização de artigos. Além disso, a publicação separada dos artigos facilita o acesso pelo (a) professor (a) ao conteúdo do seu interesse no estudo, sem, necessariamente, ter que ler o relato de tese por completo.

Apesar de o formato *multipaper* permitir uma comunicação mais dinâmica entre pesquisadores e professores, ele também apresenta limitações, como por exemplo, a repetição de informações e referências, a fim de manter a independência dos artigos, já que são construídos em torno de uma única temática. Outra limitação é a síntese de informações, considerando os limites de espaço dos artigos para periódicos, o que traz como consequência a diminuição do espaço para detalhamento de algumas informações que acabam ficando implícitas. Por esse motivo, ficamos atentas a esses riscos, procurando diminuir sempre que possível as repetições e aprofundar o argumento quando necessário. No entanto, em alguns

momentos a repetição é inevitável. Os quatro artigos desta tese representam os desdobramentos dos objetivos específicos da pesquisa em artigos escritos para periódicos da área de Ensino de Ciências. Como forma de visualização melhor da estrutura organizacional da tese, a Figura 2, apresentada a seguir, pode ajudar o (a) leitor (a) a compreender melhor o formato e como os artigos se entrelaçam em torno da questão de investigação. Posteriormente, é apresentada uma rápida descrição de cada artigo que compõe a tese.

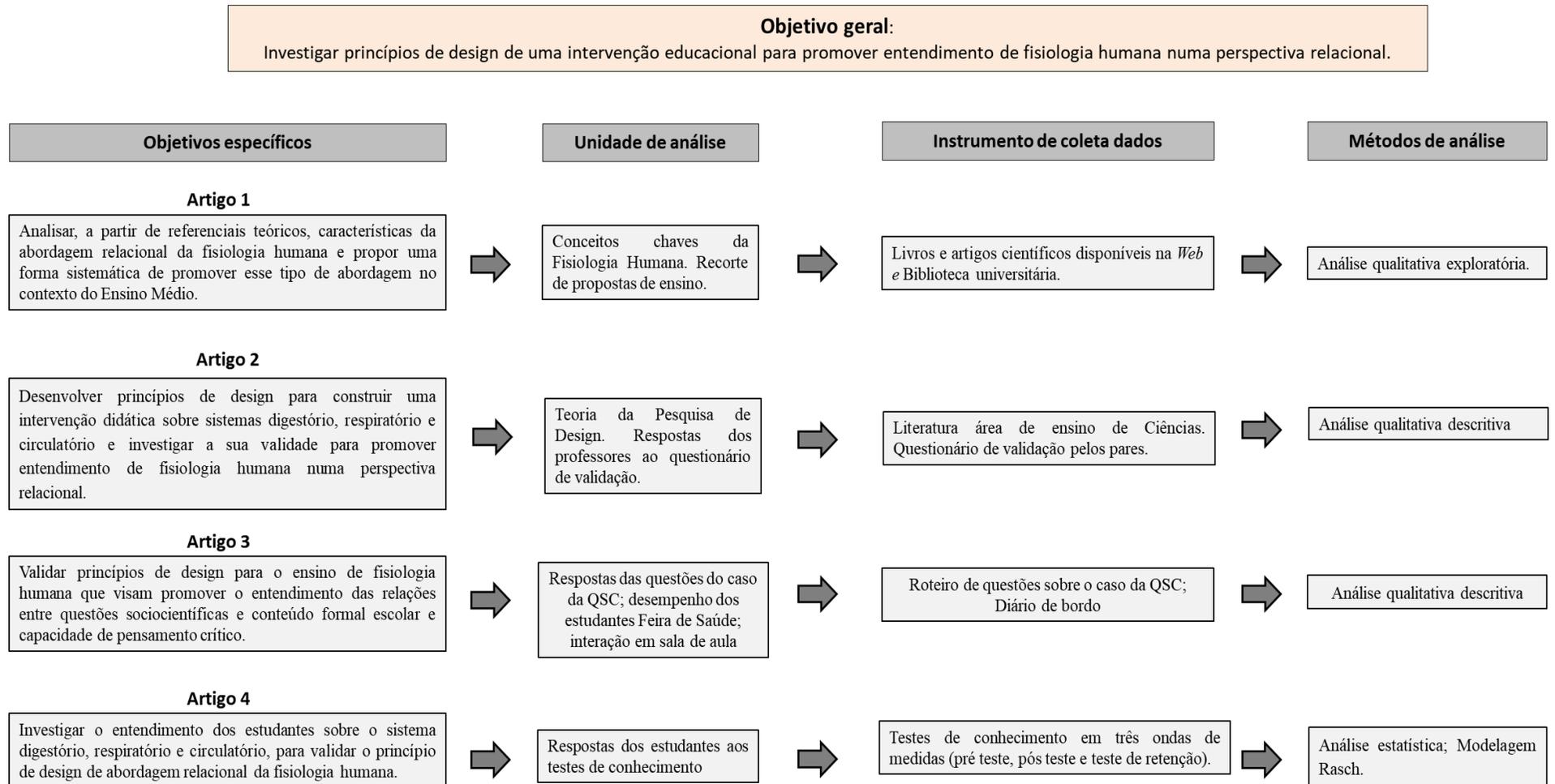


Figura 2. Delineamento geral da pesquisa e organização da tese. Fonte: Elaborado pelas autoras. Fonte: Elaborado pelas autoras.

No primeiro artigo buscamos responder às seguintes questões: O que significa um ensino de fisiologia humana com uma perspectiva relacional no contexto do Ensino Médio? Quais são as características desse tipo de abordagem? Como podemos incluí-la para o ensino do conteúdo formal de fisiologia humana no Ensino Médio? Nesse artigo realizamos uma discussão teórica sobre as características de um ensino relacional das funções fisiológicas, apresentando os critérios que nos levaram a propor categorias e conteúdos-chaves para o ensino dessa matéria no contexto do Ensino Médio. Nesse estudo também buscamos investigar a produção acadêmica da área de ensino de Ciências, por meio de uma revisão sistemática da literatura publicada em periódicos nacionais, com o intuito de avaliar como a fisiologia humana tem sido abordada pelos pesquisadores da área e qual a perspectiva de abordagem tem sido adotada nas propostas de ensino.

No artigo dois, com base no entendimento sobre o que significa ensinar fisiologia humana numa perspectiva relacional, nossa pergunta de pesquisa foi: Quais os princípios de design (planejamento) têm potencial para promover um ensino numa perspectiva relacional da fisiologia humana? Apresentamos uma discussão sobre o processo de elaboração da intervenção e construímos uma proposta com três princípios de design para abordar os conteúdos dos sistemas digestório, circulatório e respiratório. São discutidos os aportes teóricos e metodológicos dessa intervenção, bem como o seu processo de validação por pares (professores de Biologia) com o intuito de avaliarem se a dinâmica das aulas e as tarefas dos estudantes tinham, de fato, potencial para alcançar os objetivos pretendidos, conforme a nossa expectativa de ensino.

Com a intervenção construída e validada, partimos para aplicação e coleta dos dados, que começam a ser discutidos no artigo 3, cujo objetivo foi validar princípios de design para o ensino de fisiologia humana, que visam promover o entendimento das relações entre questões sociocientíficas e conteúdo formal escolar e capacidade de pensamento crítico. Neste artigo nós investigamos dois princípios de design: a) o uso didático de uma QSC; b) trabalho cooperativo.

No artigo 4 o objetivo foi investigar a trajetória do entendimento dos estudantes sobre a fisiologia humana dos sistemas digestório, respiratório e circulatório numa perspectiva de relação entre os sistemas. Para tanto construímos e validamos um banco de itens, o qual nos permitiu ter critérios mais objetivos para organizar os testes de coleta de dados em três ondas de coleta. Aplicamos um teste antes do início da intervenção (pré teste), o segundo foi imediatamente o término da intervenção (pós testes) e o terceiro foi aplicado no final do ano

de 2019, seis meses após a intervenção (teste de retenção). Nesse artigo nós discutimos o processo de aprendizagem dos estudantes, dimensionados pelo desempenho nos testes.

Além disso, esta Tese conta com mais dois capítulos que não se constituem em artigos e que são escritos para esclarecer o processo de pesquisa. Uma introdução, que apresenta o delineamento geral da pesquisa, que ora vos ler e considerações finais gerais, que sistematiza o resultado global da pesquisa, apresenta as limitações no processo e as perspectivas futuras de estudo.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. C. Formatos insubordinados de dissertações e teses na educação matemática. In: D'Ambrósio, B. S.; LOPES, C. E. (Org.) **Vertentes da subversão na produção científica em educação matemática**. Campinas, São Paulo: Mercado de Letras (Coleção Insubordinação criativa). p. 347-367, 2015.

CONRADO, D. M. **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico**. 2017. 237 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Instituto de Física, Salvador, BA.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Orgs). **Questões sociocientíficas, fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018, p. 570.

DIONOR, G. A. **Propostas de ensino baseado em questões sociocientíficas: uma análise sistemática da literatura acerca do ensino de ciências na educação básica**. 2018. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Instituto de Física, Salvador, BA.

DUKE, N. K.; BECK, S. W. Education should consider alternative formats for the dissertatio. **Educational Researcher**, v. 28, n. 3, p. 31-36, 1999.

HODSON, Derek. Don't be nervous, don't be flustered, don't be scared. Be prepared. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 13, n. 4, p. 313-331, 2013.

MARTINS, L. **Abordagens de saúde em livros didáticos de Biologia: análise crítica e proposta de mudança**. 2016. 156f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2016.

MCKENNEY, Susan. **Computer-based support for science education materials developers in Africa: exploring potentials**. Tese (Doutorado). Enschede: University of Twente, 2001.

MELO, V. F. **Investigando o entendimento sobre densidade à luz da noção de Perfil Epistemológico e do Autoconceito em Química**. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA. 2020.

MORAES, V. R. A.; GUIZZETTI, R. A. Percepções de alunos do terceiro ano do Ensino Médio sobre o corpo humano. **Ciênc. Educ., Bauru**, v. 22, n. 1, p. 253-270, 2016.

- MOREIRA, L. C. **A construção e validação de uma intervenção educacional para o Ensino Médio apoiada na metodologia da problematização**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Salvador, 2016.
- NIEVEEN, N.; MCKENNEY, S.; VAN DEN AKKER, J. Educational design research: the value of variety. In: VAN DEN AKKER, J. et al. (Ed.). **Educational design research**. London: Routledge, 2006. p. 151-158.
- PAIVA, A. S. **Princípios de design para o ensino de biologia celular: pensamento crítico e açõesociopolítica inspirados no caso de Henrietta Lacks**. 2019. 391 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Instituto de Física, Salvador, BA.
- PÉREZ, Leonardo Fabio Martínez; LOZANO, Diana Lineth Parga. La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. **Góndola enseñ. aprendiz. cienc.**, v. 8, n. 1, p 23-35, 2013.
- PLOMP, T. Educational Design Research: an Introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. **An introduction to educational Design Research**. Enschede: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development. pp. 9-35. 2009.
- SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. The morality of socioscientific issues: construal and resolution of genetic engineering dilemmas. **Science Education**, New York, v. 88, n. 1, p. 4-27, 2004.
- SARMENTO, A. C. H. **Como ensinar citologia e promover uma visão informada da ciência no nível médio de escolaridade**. 2016. 242 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Instituto de Física, Salvador, BA.
- SEPULVEDA, C. A. S.; *et al.* C. N. Inovando o ensino de biologia através do trabalho colaborativo de pesquisadores educacionais e professores investigadores. **Revista Eletrônica Estudos IAT**, v. 2, n. 1, p. 119-137. 2012.
- VAN DEN AKKER, J. Principles and Methods of Development Research. In: VAN DEN AKKER, J.; BRANCH, R.M.; GUSTAFSON, K.; NIEVEEN, N.; PLOMP, T. (Eds). **Design approaches and tools in education and training**. Boston: Kluwer Academic, p.1-14. 1999.

ARTIGO 1: A ABORDAGEM RELACIONAL NO ENSINO DE FISIOLOGIA HUMANA NO ENSINO MÉDIO

RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma discussão sobre a tradição do enfoque no ensino de fisiologia humana em aspectos estruturais dos sistemas fisiológicos, dando pouca ênfase ao estudo de seus mecanismos e fenômenos. Discutimos essa forma de conceber o ensino, suas consequências para a formação dos estudantes e apresentamos uma alternativa ao ensino de fisiologia humana que valoriza a abordagem de todos os elementos dos sistemas – componentes, mecanismos e fenômenos. Assim, o objetivo do estudo foi mapear, a partir de referenciais teóricos, o ensino de fisiologia humana a partir de uma abordagem relacional e propor uma forma sistemática de organizar o ensino dos conteúdos nessa perspectiva no Ensino Médio. Inicialmente realizamos uma pesquisa bibliográfica em base de dados, anais de eventos e periódicos brasileiros, da área de ensino de Ciências, com o propósito de identificar como o ensino de fisiologia humana tem sido concebido pela área de ensino de Ciências. Identificamos que há lacunas nas propostas que vem sendo apresentada nos trabalhos da área e criamos e apresentamos os critérios para organizar uma proposta de ensino com abordagem relacional da fisiologia humana no contexto do Ensino Médio. Argumentamos no sentido de oferecer uma alternativa ao ensino de fisiologia humana, que busca superar a fragmentação e memorização de conteúdos para contribuir com uma compreensão sistêmica sobre o funcionamento do corpo humano.

Palavras-chaves: fisiologia humana, sistemas fisiológicos, integração, abordagem relacional, revisão bibliográfica.

ABSTRACT

In this paper we present a discussion on the tradition of focusing on teaching human physiology on structural aspects of physiological systems, giving little emphasis to the study of their mechanisms and phenomena. We discuss this way of conceiving teaching, its consequences for the formation of students and present an alternative to the teaching of human physiology that values the approach to all elements of systems – components, mechanisms and phenomena. Thus, the objective of the study was to investigate, from theoretical references, the teaching of human physiology from a relational approach and to propose a systematic way to organize the teaching of contents in this perspective in High School. Initially, we carried out a bibliographical research in databases, annals of events and Brazilian journals, in the area of science education, with the purpose of identifying how the teaching of human physiology has been conceived by the area of science education. We identified that there are gaps in the proposals that have been presented in the work in the area and we created and presented the criteria to organize a teaching proposal with a relational approach to human physiology in the context of High School. We argue in order to offer an alternative to the teaching of human physiology, which seeks to overcome the fragmentation and memorization of content to contribute to a systemic understanding of the functioning of the human body.

Keywords: human body, physiological systems, integration, relational approach, physiological functions.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, no ensino de Biologia, o estudo do corpo humano diz respeito ao conhecimento de fisiologia humana. “A fisiologia é o estudo normal de um organismo vivo e de suas partes componentes, incluindo todos os seus processos físicos e químicos” (SILVERTHORN, 2010, p.2). Em outras palavras, fisiologia humana está relacionada ao estudo das funções vitais do organismo humano, embora o termo fisiologia também seja usado para tratar as funções dos demais animais e das plantas. A abordagem de fisiologia humana no Ensino Médio, por vezes, se restringe ao conhecimento dos componentes dos sistemas e suas funções, sem estabelecer relações entre eles ou relacioná-los a processos fisiológicos mais amplos. Segundo Macedo (2005) esse enfoque faz parte do processo analítico característico das Ciências da Natureza, mas trouxe problemáticas importantes para a abordagem do corpo humano na Educação Básica, destacamos neste artigo a fragmentação do corpo, que consiste em abordar os sistemas fisiológicos de forma isolada e com foco em estruturas e funções, como uma das principais problemáticas decorrente deste enfoque de ensino.

Essa problemática respalda-se e reforça-se nos livros didáticos de Biologia, que usualmente apresentam o corpo humano fragmentado e retirado dos espaços culturais que ocupa. Nesses materiais, o corpo humano aparece como simples objeto de manipulação e estudo, como se fosse exterior aos sujeitos que o manipulam (MACEDO, 2005) e impessoal (MORAES; GUIZZETTI, 2016). Essa objetificação, de acordo com Macedo (2005); Moraes; Guizzetti (2016), pode ser vista quando se compara o corpo com máquinas ou objetos inanimados. Apresentar conceitos por meio de analogias diversas pode simplificar demais o ensino, dificultar a apropriação da linguagem científica e uma visão integrada sobre o organismo. Além de o corpo ser retirado do âmbito cultural, o biológico é também reduzido ao mecânico.

No livro didático além da fragmentação também tem a questão do excesso de conceitos e a forma como são apresentados. Em um estudo sobre critérios para selecionar conteúdos de Biologia no Ensino Médio, Carvalho; Nunes-Neto; El-Hani (2011), criticaram a quantidade excessiva de conceitos que os estudantes do Ensino Médio precisam dominar ao longo da escolarização e defendem a adoção de conceitos estruturantes para organizar o currículo de Biologia. Nesse estudo, os autores analisaram 28 livros didáticos aprovados pelo PNLEM/2007 e identificaram que a área de fisiologia humana contribui com o maior número de conceitos (612 conceitos) a serem aprendidos pelos estudantes durante o Ensino Médio.

Esse é um resultado que demanda um olhar mais criterioso para como a fisiologia humana tem sido abordada nos livros didáticos de Biologia, visto que o livro didático ainda é um dos recursos mais utilizados pelos professores em sala de aula (MARCIEL ELIO; DELLA JUSTINA; MEGLHIORATTI, 2011) e assume um papel central na elaboração das propostas de ensino. Isso sugere que, além de tirarmos o foco do estudo isolado dos sistemas humanos e da memorização de conceitos, é necessário criarmos alternativas ao ensino, de modo que ideias centrais no conhecimento fisiológico tenham um papel estruturante no ensino e na aprendizagem, possibilitando assim uma compreensão mais ampla do corpo pelos estudantes.

Nessa abordagem fragmentada, o foco do ensino recai nas estruturas dos sistemas e na função dos órgãos, com pouca compreensão sobre como tais estruturas interagem dentro do sistema e no organismo como um todo (ASSARAF, DODICK, TRIPTO, 2013). É um dos impactos do ensino conduzido desta forma é um resultado de aprendizagem focado em conhecimento fragmentado. Em um estudo realizado por Moraes; Guizzetti (2016) com estudantes do Ensino Médio, elas identificaram percepções reducionistas e fragmentadas sobre o corpo humano quando analisaram respostas discursivas sobre fisiologia humana, em que os estudantes não reconheceram conexões entre os órgãos, funções e sistemas, tratando o corpo como algo impessoal, como se fosse distante deles. Ou seja, um afastamento entre o corpo didático e o seu próprio corpo, como se descrevesse o outro de um lugar ao qual não pertencia.

Um dos obstáculos para a aprendizagem de conteúdos nessa perspectiva da fragmentação é a pouca compreensão de processos fisiológicos mais complexos que envolvam os sistemas humanos. Por exemplo, o estudante pode saber verbalizar sobre os componentes do sistema respiratório, elucidar a função dos pulmões, mas não saber explicar, em termos fisiológicos, porque o oxigênio é vital, ou como os gases respiratórios interagem com o sangue. É comum os estudantes estudarem sistema circulatório e a regulação da pressão sanguínea e depois estudarem os rins e o controle do volume do corpo, separadamente. Contudo, na realidade funcional do corpo o sistema circulatório e renal relaciona-se um com o outro, de modo que uma mudança em um provavelmente causa reação no outro. A pressão sanguínea, por exemplo, é influenciada pelo volume do corpo e mudanças na pressão sanguínea podem ter efeito significativo na função renal (SILVERTHORN, 2010). Ao estudarem os sistemas de forma isolada, os estudantes não desenvolvem a noção de integralidade do corpo, o que pode influenciar as decisões sobre cuidados com a saúde e com o próprio corpo.

Outro obstáculo diz respeito à biologização do corpo, com pouca contextualização do corpo com questões sociais, políticas, afetivas, é uma forma de fixar identidades, que dificulta politizar questões sociais importantes, tais como, a questão da diferença, a relação com o corpo e influências da mídia, saúde e bem-estar, entre outras. Ou seja, a biologização diz respeito a um foco unicamente nas questões biológicas e funcionais do corpo humano.

Tomando por base as problemáticas enfrentadas na abordagem da fisiologia humana no Ensino Médio, sendo elas, a fragmentação e conseqüente objetificação do corpo, defendemos que uma das formas de diferenciá-la seria por meio de uma abordagem explícita sobre a natureza relacional das funções fisiológicas, reconhecendo a complexidade biológica do corpo e ao mesmo tempo contextualizando esse corpo biológico ao ambiente em que ele está inserido, através de questões sociocientíficas. Essa perspectiva visa proporcionar aos estudantes uma compreensão ampla sobre função e processos fisiológicos e suas inter-relações.

O entendimento relacional entre os sistemas é um enfoque especial da fisiologia humana e significa unir elementos variados para criar um todo uniforme/coeso (SILVERTHORN, 2017). Essa perspectiva de ensino proporciona os estudantes compreenderem diferentes aspectos ligados ao funcionamento do corpo, como os seus componentes e função, seus mecanismos e fenômenos e como esses aspectos estão interligados entre os diferentes sistemas do corpo humano. Assim, uma abordagem relacional, contribuiria mais para uma compreensão ampla da fisiologia humana. Consideramos que, para além de proporcionar o conhecimento específico sobre fisiologia humana, a abordagem relacional pode contribuir para que os estudantes desenvolvam uma identificação pessoal enquanto corpo biocultural, que também sofre influências do seu entorno. Essa identificação pode colaborar para pensar e agir criticamente diante de questões do cotidiano e favorecer relações interpessoais mais saudáveis (MORAES; GUIZZETTI, 2016).

A partir dessa discussão, cabe questionar: Como tem sido as propostas de ensino de fisiologia humana na Educação Básica? Quais são as características da abordagem relacional da fisiologia humana no Ensino Médio? A fim de atender a esses questionamentos, o objetivo deste estudo foi mapear, a partir de um levantamento documental, o ensino de fisiologia humana a partir de uma abordagem relacional e propor uma forma sistemática de organizar o ensino dos conteúdos nessa perspectiva no Ensino Médio. A clareza sobre como incluir a perspectiva relacional no ensino pode auxiliar na elaboração de intervenções de ensino de fisiologia humana que sejam menos reducionistas e mais contextualizadas em relação ao conhecimento amplo sobre o corpo humano.

PROPOSTAS DE ENSINO DE FISIOLOGIA HUMANA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Nesta seção buscamos analisar estudos que descrevem sobre propostas de fisiologia humana na Educação Básica, com o intuito de identificar como o ensino de fisiologia tem sido proposto a partir de uma perspectiva acadêmica. Para tanto, fizemos uma revisão de literatura, realizando uma busca na *Web*, que foi realizada no período de novembro de 2018 e janeiro de 2019 em âmbito nacional⁴, nas bases de dados SciELO (*Scientific Electronic Library Online*, <http://www.scielo.org/php/index.php>) e em periódicos brasileiros não indexados pelo SciELO: *Investigação em Ensino de Ciências*; *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*; *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*; *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*; *Ciência & Ensino*; *Experiências em Ensino de Ciências*; *Revista Ciências e Ideias*; *Revista Práxis*; *Revista da SBenBio*; *Revista de Educação, Ciência e Cultura*; *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*; *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*. Esses periódicos já foram fonte de pesquisa em outros estudos da área de Ensino de Ciências, como no trabalho de tese de Paiva (2019), em um estudo de revisão sistemática no campo da Biologia celular. Além dessas bases, também consultamos os Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)⁵, de todas as edições (1997 a 2019).

A base de dados SciELO foi escolhida por indexar uma quantidade considerável de periódicos. As atas do ENPEC foram incluídas em nossa pesquisa por armazenar trabalhos de diversos pesquisadores em ensino de Ciências e pela relevância que tem para esse campo de pesquisa. A decisão de centralizar nossa análise a artigos publicados em periódicos decorreu do nosso entendimento de que, tipicamente, esses artigos são submetidos a uma análise rigorosa pela comunidade científica, além de serem disponibilizados em plataformas online, o que facilita a visibilidade e o acesso aos seus resultados pelos docentes.

A pré-seleção dos trabalhos foi feita utilizando um conjunto de palavras-chaves, sem filtro temporal a fim de levantar o maior número de trabalhos, empregando os seguintes termos: “corpo humano”, “fisiologia humana”, “ensino corpo humano”, “ensino de fisiologia humana”, “sistemas fisiológicos”, “práticas de ensino sobre corpo”. No critério de redução retiramos os artigos que foram realizados no ensino superior e os que eram teóricos e não abordavam explicitamente sobre proposta de ensino. Por esse procedimento chegamos a um

⁴ A decisão metodológica de abranger apenas periódicos nacionais de seu pelo fato de se obter um panorama dessas propostas de ensino no Brasil e pensar em possíveis soluções para as questões do ensino de fisiologia no contexto da realidade das escolas brasileiras.

⁵ Os textos das edições do ENPEC foram obtidos em seus anais, disponíveis no *site* do evento: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/anais.html>.

total de 28 artigos pertinentes à nossa análise, apresentadas no Quadro 1, detalhando título do artigo, autores e ano em ordem cronológica, e meio de divulgação.

Quadro1. Relação dos artigos selecionados para análise, organizados por ordem cronológica do ano de publicação.

Código da publicação	Título do trabalho	Autores / Ano	Local de publicação
A1	Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación	Núñez; Banet (1996)	Investigación y experiencias didácticas
A2	Aplicación y evaluación de una Unidad didáctica sobre el sistema respiratório	Toledo; Camero (2005)	Revista de Investigación
A3	O ensino da digestão-nutrição na era das refeições rápidas e do culto ao corpo	Gonzalez; Paleari (2006)	Ciência e Educação
A4	Representações sociais dos professores deciências naturais sobre corpo humano	Shimamoto; Lima (2006)	Olhares e Trilhas
A5	Obstáculos y alternativas para que los estudiantes de educación secundaria comprendan los procesos de nutrición humana	Banet (2008)	Revista Alambique
A6	Práticas de ensino epistemologicamente diferenciadas sobre a aprendizagem do corpo humano	Aragão; Figueiredo; Araújo (2011)	AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas
A7	Ferramenta didática alternativa para a aprendizagem de anatomia e fisiologia humana: “jogo na trilha da anatomia e fisiologia humana”.	SILVA <i>et al.</i> , (2011)	IV ENEBIO
A8	Corpo e representação	Talamoni; Bertolli Filho (2011)	VIII ENPEC
A9	Educação Ambiental e Fisiologia Humana: compreensões e práticas de professores de biologia	Rezende; Coutinho; Araújo (2013)	ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia
A10	Modelização: uma possibilidade didática no ensino de biologia	Dusu <i>et al.</i> , (2013)	Revista Ensaio
A11	Integrando a fisiologia a partir de uma sequência didática baseada no estudo do sistema nervoso	Gurgel <i>et al.</i> , (2014)	Revista SBEnBio
A12	Nossa alimentação: análise de uma sequência didática estruturada segundo referenciais do Movimento CTS.	Santana; Bastos; Teixeira (2015)	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
A13	Concepções sobre anatomia humana de alunos do ensino médio da cidade de Cuité-PB: funções e relações com cotidiano	Baptista <i>et al.</i> , (2015)	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
A14	Fisio card game: um jogo didático para o ensino da fisiologia na educação básica	Alves <i>et al.</i> , (2016)	Revista de ensino de Bioquímica
A15	Percepções de alunos do terceiro ano do Ensino Médio sobre o corpo humano	Moraes; Guizzetti (2016)	Ciência e Educação (Bauru)
A16	Unidade de ensino potencialmente significativa para a abordagem do sistema respiratório: estudo de caso	Rosa; Cavalcanti; Perez (2016)	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
A17	Uso de jogo educacional no ensino de Ciências: uma proposta para estimular a visão integrada dos sistemas fisiológicos humanos	Nicácio; Almeida; Correia (2017)	XI ENPEC

A18	Proposta didática no ensino integrado da morfologia: células e tecido ósseo	Kunz <i>et al.</i> , (2017)	Experiências em Ensino de Ciências
A19	Discutindo evolução biológica no ensino fundamental: uma estratégia didática sobre corpo humano	Araújo; Paesi (2017)	Experiências em Ensino de Ciências
A20	O filme “tempos modernos” como recurso pedagógico no ensino dos conceitos de homeostase e estresse	Andrade <i>et al.</i> , (2017)	Ciências em Foco
A21	O jogo didático no ensino de ciências: Uma análise do jogo “descobrimo o corpo humano”	Garcia; Nascimento (2017)	XI ENPEC
A22	Construção de modelo didático para o ensino de ciências: sistema urinário	Alexandre <i>et al.</i> , (2017)	Experiências em Ensino de Ciências
A23	Representations as mediation between purposes as junior secondary science students learn about the human body	Olander <i>et al.</i> , (2017)	International Journal of Science Education
A24	Robótica educacional no nível médio de ensino: o conceito de sistema nervoso central	Garcia; Soares (2018)	Experiências em Ensino de Ciências
A25	O estudo do corpo humano numa perspectiva multimodal em uma turma do 8º ano do Ensino Fundamental	Queiroz; Tavares (2019)	XII ENPEC
A26	Uso do portfólio como metodologia alternativa no ensino e aprendizagem sobre o sistema digestório: um estudo com alunos do 3º ano do ensino médio	Costa <i>et al.</i> , (2019)	Experiências em Ensino de Ciências
A27	O ensino dos sistemas fisiológicos por meio de uma abordagem integradora: um enfoque na interdisciplinaridade	Seixas <i>et al.</i> , (2019)	Brazilian Journal of Development
A28	Análise de conteúdo das questões de Fisiologia Humana da Prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Exame Nacional do Ensino Médio (1998-2016)	Miranda; Ferreira; Dias (2019)	Ciência e Educação (Bauru)

Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de pesquisa bibliográfica.

A análise dos artigos incluídos no nosso *corpus* nos dá indícios de que os estudos sobre ensino de fisiologia humana ainda não apresentam grande contingente em comparação com outros temas, como, por exemplo, concepção de saúde (SOUSA, 2021). Classificamos os trabalhos por temas, conforme a proposta de ensino apresentada e fazemos uma análise geral do que esses trabalhos abordam, para assim termos um panorama de como o ensino de fisiologia humana tem sido reportado pela área de ensino de ciências. Pelos principais veículos de divulgação de pesquisa acadêmica:

Tema 1: Trabalhos sobre representação de corpo ou concepções sobre o corpo de professores ou estudantes representam a maior parte dos artigos analisados, por exemplos os artigos A1, A3, A4, A5, A8, A9, A13, A15, A23, A28, que representam 35% de todos os trabalhos analisados.

No artigo A28, os autores fazem uma discussão sobre como o conteúdo de fisiologia humana é concebido no ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio (1998-2016). Nesse período, os autores encontraram um total de 38 questões que exigiam conhecimento sobre algum sistema fisiológico. Esse é um resultado importante, uma vez que pode gerar *insights*

sobre como poderíamos abordar determinados temas no ensino de fisiologia humana. Os autores relatam que as questões contêm bastante contextualização e apresentaram riqueza de gráficos, tabelas e diagramas. Em relação ao foco da abordagem dos conteúdos nas provas, o funcionamento do organismo humano é apresentado a partir de diferentes níveis de organização – molecular, celular, tecidual, orgânico e sistêmico – e a partir de diferentes perspectivas – aspectos sociais da biologia, noções de primeiros socorros, exercícios físicos e vida saudável. Essa é uma tendência no ensino de Ciências, de que as abordagens se aproximem mais de temas sociocientíficos (CONRADO; NUNES-NETO, 2018) que possibilite contextualização com o cotidiano dos estudantes e cada vez menos aprendizagem mecânica.

As consequências de um ensino focado somente na memorização de aspectos estruturais do organismo humano foram discutidas nos artigos A1, A3 e A5. Em geral, os autores destacam como as estruturas dos sistemas aparecem dissociadas das suas respectivas funções e desordenadas com relação à sequência normal do processo fisiológico, demonstrando visão reducionista sobre o funcionamento do corpo. No A5, por exemplo, os autores relatam baixa compreensão sobre as funções reguladoras, as relações entre o coração e os vasos sanguíneos e entre alvéolos e sangue.

Quando analisamos o artigo A4, percebemos que grande parte do problema do reducionismo na fisiologia humana também aparece nas concepções dos professores, em que identificaram que há uma predominância de elementos da dimensão biológica de corpo humano na estrutura central dessas representações. Essa ênfase aos elementos anatômico-fisiológicos do corpo humano em detrimento a outras dimensões configura, de maneira geral, para os professores, uma concepção de corpo-biológico que impõe limitações a uma visão mais ampla do corpo humano. Essa constatação pode ser percebida na seguinte fala de um professor que participou do estudo: *Não há outra maneira de estudar o corpo humano. Você tem que dividi-lo para conhecer suas partes e suas funções. Eu sei que não é muito certo, mas esta é a melhor maneira de estudar o todo* (p.8). Os autores analisam a predominância de aspectos de uma abordagem que fragmenta o estudo do corpo humano, cujas partes cumprem funções específicas, desprovido de sensibilidade, apenas reagindo a estímulos exteriores.

Em contrapartida, o A23 mostra como uma atuação intencional do professor na sala de aula pode melhorar a representação dos estudantes sobre o corpo humano, o que demanda também uma preocupação com a formação dos professores, uma vez que essas representações sociais se materializam na elaboração dos planos de ensino e os estudantes acabam reproduzindo-as. Os artigos A8, A13 e A15 discutem isso, ao explicitarem representações dos estudantes sobre o corpo humano.

De modo geral, esses artigos sistematizam as percepções reducionistas dos estudantes, desconexas e fragmentada sobre o funcionamento do corpo, não estabelecendo, muitas vezes, relações entre os órgãos, funções e sistemas, nem relacionando esse estudo com seu próprio corpo ou o meio ambiente que o cerca. Essa concepção está relacionada à abordagem realizada em um ensino estritamente conceitualista fundamentado em uma perspectiva de que instruções sobre as partes leva a uma compreensão do todo. Por isso, acreditamos que uma das formas de romper com essa estrutura é por meio de uma abordagem sistêmica e humanizada, na qual se discuta a fisiologia humana a partir de corpos reais, com nome, feição, histórias, cultura, dilemas. Nesse caso, o uso de questões sociocientíficas é uma alternativa em potencial, uma vez que possibilita abordar conteúdos científicos de forma ampla e refletida, a partir de casos reais ou criados, que se aproximam dos contextos e do interesse dos estudantes.

Tema 2: Propostas com Abordagem CTS, relação Ciência-Tecnologia-Sociedade constituem outras formas de promover um ensino mais contextualizado e menos fragmentado, como discutidas nos artigos A2 e A12, em que os autores utilizaram temas cotidianos, como saúde pública, para discutir os conteúdos do ensino, além de desenvolverem conteúdos atitudinais, com foco na tomada de decisões pelos estudantes.

A educação CTS ou CTSA⁶ tem sido uma perspectiva de ensino bastante investigada nos estudos da área de ensino de Ciências (AULER *et al.*, 2005; FIRMA; AMARAL, 2011; ROSA; LANDIM, 2018;), porém, ainda pouco explorada nos trabalhos que analisamos para os temas em questão. O campo da fisiologia humana tem grande potencial de suscitar diversos debates sobre questões éticas e atitudes que envolvem as relações entre os domínios CTSA. Essas questões poderiam ser contempladas, por exemplo, a partir de temas relacionados à obesidade, sobrepeso, autoimagem, influência da mídia na relação com o corpo e temas sobre saúde, os quais contribuem para o aumento do interesse dos estudantes, criticidade e reconhecimento da importância desses conteúdos para solução de problemas do seu próprio cotidiano.

Tema 3: uso didático de jogos. O uso de jogos aparece nos artigos A7, A14, A17 e A21. Na análise das propostas desses artigos percebemos que os jogos abordavam, predominante, aspectos relacionados ao conhecimento sobre as estruturas dos sistemas e suas respectivas funções, sem espaço para discussão sobre processos ou fenômenos fisiológicos. Os autores do A14, por exemplo, citam que o foco do jogo foi “a revisão e a associação dos

⁶A inclusão de “A” na sigla, posteriormente nos trabalhos, ressalta a importância de se discutir a dimensão ambiental (SANTOS, 2007).

conceitos relativos aos sistemas fisiológicos, pois trabalha diretamente com os componentes do corpo humano e suas respectivas funções”, e ainda acrescentam que os resultados de aplicação “indicam que o jogo auxiliou na compreensão e **fixação** dos conteúdos de fisiologia” (p.107, grifo nosso).

Essa ideia de fixação dos conteúdos subentende a perspectiva de uma aprendizagem essencialmente mecânica, acrítica e descontextualizada, típicos de um ensino tradicional tecnicista. A tendência atual no ensino de Ciências é que as propostas de ensino cada vez mais se preocupem com uma aprendizagem mais geral, de modo que o estudante desenvolva habilidades que lhes permitam pensar criticamente, exercer sua cidadania e tomar decisões socialmente responsáveis (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Nesse sentido, destaca-se apenas o trabalho feito em A17, que utilizou um jogo didático para promover um ensino de forma integrada, buscando relacionar órgãos, funções e processos. Outros artigos, como o A10, A11, A18, A27 também trazem essa discussão sobre abordagem de ensino integrada da fisiologia humana, que promove uma compreensão mais ampla e realista sobre o funcionamento do corpo.

Tema 4: utilização de recursos didáticos. Com relação aos recursos didáticos e abordagens de ensino utilizadas nas pesquisas conduzidas nos artigos analisados, os artigos A6, A16, A19, A20, A22, A24, A25, A26, trazem experiências de ensino distintas, com abordagens diversificadas. O A6, A18, A22 e A24 utilizaram modelos didáticos para explorar conteúdos sobre os sistemas do corpo humano. Em A22 os pesquisadores trabalharam com modelo do sistema urinário, com foco nas funções dos órgãos desse sistema. Já o A24 utilizou a robótica educacional para abordar o funcionamento do sistema nervoso com foco no mecanismo desse sistema. O trabalho do artigo A25 propôs uma sequência de aulas com diferentes recursos didáticos e estratégias de abordagem, o qual denominou de multimodalidade - valorização da comunicação e dos modos de apresentar um conteúdo e A26 apresenta uma proposta com uso de portfólio durante aulas sobre sistema digestório.

Uma proposta inovadora foi apresentada no A19, em que abordaram evolutivamente as estruturas e funcionamento do corpo humano, utilizando a história evolutiva para trabalharem o porquê de uma estrutura ser do jeito que é e como ela funciona. Exploraram exemplos de “imperfeições” do corpo humano, como a epiglote e o nervo laríngeo, para que os estudantes compreendessem um dos aspectos mais importantes da evolução: que ela é histórica e não leva a uma perfeição do corpo (ARAÚJO; PAESI, 2017, p. 38).

Identificamos que os trabalhos analisados trazem uma discussão na introdução ou na seção de referencial teórico sobre a importância de ensino numa perspectiva ampla do

entendimento da fisiologia humana, porém, a proposta de ensino apresentada essa perspectiva não é adotada, pois a maior parte dos trabalhos ainda foca em estruturas e funções, com pouco espaço para questões mais complexas sobre o funcionamento do corpo, como comportamento e fenômenos gerais. Concordando com Moraes e Guizzetti (2016) que é preciso romper com o reducionismo e a tradição de privilegiar a abordagem de aspectos estruturais e abordar o corpo não apenas com o aspecto biológico., propomos uma perspectiva relacional para guiar uma intervenção didática sobre o tema.

ABORAGEM RELACIONAL DA FISIOLOGIA HUMANA: DO QUE ESTAMOS FALANDO?

O conhecimento do corpo humano consiste em uma ampla variedade de fatos e princípios. Se considerarmos os sistemas fisiológicos, essa multiplicidade pode ser centrada em três características: (a) hierarquia, (b) homeostase e (c) dinamismo (TRIPTO, ASSARAF, AMIT, 2018; TRIPTO *et al.*, 2016). A hierarquia diz respeito aos níveis de organização dos sistemas, organizados de forma hierárquica, que podem ser tanto em nível macro e/ou micro. No nível micro de hierarquia estão as moléculas e as células que constituem o corpo, por exemplo, nitrogênio, oxigênio, eritrócitos. No nível macro têm-se as estruturas do corpo, por exemplo, os órgãos, que são constituídos de células que desempenham funções específicas.

Já a homeostase é considerada como um conceito-chave em Biologia e é bem documentada em vários níveis de organização biológica, como aponta Reimann (1996), sendo reconhecida como um princípio fundamental da fisiologia humana (SILVERTHON, 2010). A maioria das células do nosso corpo não é muito tolerante a mudanças ao seu redor. A homeostase, então, significa a regulação do meio interno, um estado de manutenção de uma condição. Isto quer dizer que o corpo controla seu estado interno e cria mecanismos para corrigir alterações que ameacem seu funcionamento normal (SILVERTHON, 2010). A compreensão da homeostase permite um entendimento mais profundo da complexidade do corpo humano, porque a homeostase explica tanto as interações entre o corpo e seu ambiente quanto os processos que ocorrem em seus diferentes níveis organizacionais (TRIPTO; BEN-ZVI ASSARAF; AMIT, 2013).

A terceira característica da fisiologia é o dinamismo, Hmelo-Silver *et al.*, (2000) apresentam a ideia de dinamismo como um todo coerente, compreendendo componentes que interagem entre si dentro dos sistemas e/ou fora deles. Compreender a dinâmica de um sistema permite identificar a interação entre eventos e prever as consequências das mudanças, isto é, fenômenos gerais.

O sistema cardiovascular, por exemplo, é composto de muitos tipos diferentes de células (representa o nível micro do sistema), que formam os tecidos dos órgãos (no nível macro) que trabalham em conjunto. O sangue é composto de vários tipos diferentes de células suspensas no plasma. As funções do sistema cardiovascular incluem células e plasma transportando oxigênio, dióxido de carbono, nutrientes e combatendo infecções, todos representando transporte de matéria de um sistema para outros sistemas do corpo (isto é, dinamismo). O sangue circula no corpo através de diferentes vasos sanguíneos - artérias, veias e capilares (cada qual tem uma estrutura diferente que serve à sua função), e o coração bombeia o sangue criando diferenciais de pressão que impulsionam o movimento através dos vasos (SNAPIR *et al.*, 2017). Somando-se à complexidade intrínseca da própria dinâmica do sistema cardiovascular, está o fato de estar em constante interação com os demais sistemas do corpo. Essas interações são o que permite ao corpo manter a homeostase. O que acontece no corpo durante o exercício físico, por exemplo, destaca a interação entre os sistemas cardiovascular e respiratório, que é integrado pelo sistema nervoso. Essa integração gera um padrão de comportamento no sistema, que podemos interpretar como um fenômeno.

Dado os diversos processos que envolvem a fisiologia humana, promover a compreensão da natureza sistêmica do corpo requer uma abordagem sobre a sua complexidade, abordando aspectos funcionais e comportamentais, não restringindo seu estudo aos aspectos estruturais, mas promover a compreensão sobre como as estruturas estão relacionadas umas às outras através do comportamento e da função, das suas interações dentro do sistema e dos resultados dessas interações. Dessa forma, pode ser possível superar a visão fragmentada do corpo, tradicionalmente incorporada no ensino de Ciências e Biologia. A seguir, discutiremos os fundamentos para uma proposta de ensino a partir de uma perspectiva relacional e explícita de fisiologia humana no Ensino Médio.

Características da abordagem relacional

Os sistemas do corpo humano não trabalham de forma isolada, apesar de serem usualmente estudados individualmente. Partindo desse pressuposto, sugerimos a organização do ensino de fisiologia humana no Ensino Médio com um foco explícito na natureza relacional das funções fisiológicas. Assim, neste estudo propomos um conjunto de categorias e conteúdos-chaves que podem contribuir para um ensino de fisiologia que capacite o estudante para aprender mais e de modo sistêmico, para subsidiar o trabalho pedagógico de professores e elaboradores de currículos de Biologia no planejamento de ensino.

Essa perspectiva relacional respalda-se em duas ideias centrais. A primeira refere-se a uma estruturação conceitual por categorias, adaptada dos trabalhos de um grupo de pesquisadores norte americanos e israelenses (Zohar Snapir, Catherine Eberbach, Orit Ben-Zvi-Assaraf, Cindy Hmelo-Silver, Jaklin Tripto) em trabalhos realizados entre 2015 e 2017, em que buscaram mapear o entendimento dos estudantes sobre a fisiologia o corpo humano. A estrutura conceitual valoriza uma visão sistêmica⁷ sobre processos fisiológicos do corpo que envolvem a abordagem de seus componentes (C), mecanismos (M) e fenômenos (F) - estrutura CMF (SNAPIR *et al.*, 2017; TRIPTO *et al.*, 2016), que neste trabalho consideramos como categorias gerais. A segunda, inspirada nos conteúdos-chaves de fisiologia humana, propostos por Siverthorn (2010), no seu livro “Fisiologia Humana: uma abordagem integrada”, muito utilizado nos cursos de graduação em Biologia. São eles: i) relação estrutura-função; ii) comunicação; iii) uso da energia biológica e iv) homeostase.

No Quadro 2 apresentamos uma sistematização sobre a estrutura conceitual da abordagem relacional que construímos. As categorias representam características gerais que estruturam o conhecimento da fisiologia humana, que relaciona componentes, processos e interações, culminando em uma visão do comportamento geral do corpo humano – conforme a estrutura conceitual CMF (SNAPIR *et al.*, 2017). Cada categoria abarca conteúdos-chaves e os descritores são exemplos que se referem a um detalhamento sobre a abordagem desses conteúdos, que podem ser aplicados a todos os sistemas fisiológicos. É importante ressaltar que a construção dos descritores não é arbitrária e não tem o intuito de ser um conjunto rígido de conteúdos para o ensino. O objetivo é de caracterizar os desdobramentos dos conteúdos-chave, ficando a critério do professor selecioná-los, tendo em vista a sua realidade escolar e o tempo didático disponível no currículo.

Quadro 2. Relação das categorias, conteúdos-chaves e descritores, como características de uma abordagem relacional da fisiologia humana.

Categorias	Conteúdos-chaves	Descritores
Componentes (C)	Relação estrutura-função	C1: A interação biomoléculas-sistemas, sua composição química e função; C2: A função de moléculas e íons em diferentes sistemas; C3: Anatomia e função dos órgãos dos sistemas.
Mecanismos (M)	Comunicação	M1: Sinalizadores químicos e elétricos regulam o fluxo da informação entre as células; M2: Moléculas sinalizadoras desencadeiam processos.
		M3: Fontes externas de matéria e energia para o corpo humano; M4: Produção e armazenamento da energia biológica;

⁷ Sistêmico aqui é empregado para se referir a uma visão ampla e completa dos processos fisiológicos, compreendendo o todo e não partes isoladas.

	Uso da energia biológica	M5: Metabolismo.
Fenômenos (F)	Homeostase	F1: Condições de normalidade bioquímica do corpo humano apesar de perturbações externas; F2: Manutenção da homeostase por meio de mecanismos autorregulatórios, como as alças de retroalimentação; F3: Condições necessárias para a manutenção do corpo humano, por meio da interação entre fatores bióticos e abióticos.

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em referenciais teóricos (SNAPIR et al., 2017; SILVERTHORN, 2010).

No Quadro 2 compilamos os conteúdos que, com base nos referenciais teóricos apresentados, são considerados essenciais para uma melhor compreensão da fisiologia humana. Os conteúdos-chave são aqueles elencados por Silverthorn (2010) como os quatro conceitos básicos em fisiologia humana, que aparecem nos diferentes sistemas de órgãos, com algumas variações, e contribuem para uma visão global do funcionamento do corpo humano. Portanto, aplicam-se às categorias da estrutura conceitual CMF, que também incorpora essa perspectiva de uma compreensão mais ampla da fisiologia.

As categorias mostradas no quadro 2 foram construídas com base na estrutura CMF⁸, que constituem características dos sistemas fisiológicos, elementos para a compreensão geral do funcionamento do corpo. Ou seja, cada um dos sistemas do corpo abarca uma relação entre seus componentes, mecanismos e fenômenos e desses elementos com outros sistemas fisiológicos. Isso significa que uma abordagem relacional da fisiologia humana deve valorizar a compreensão dessa tríade, ou seja, é impossível compreender um sistema fisiológico como um todo e como ele está relacionado a outros sistemas sem reconhecer as estruturas envolvidas, de que forma os mecanismos operam e como esses processos geram fenômenos. A Figura 1 mostra como a relação entre esses elementos é organizada.

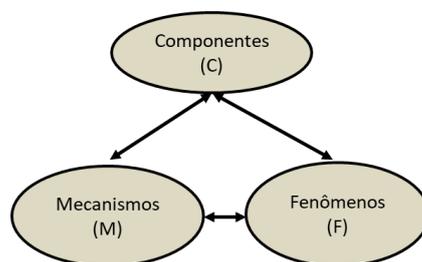


Figura 1. Esquema que representa a relação entre os elementos essenciais para uma abordagem ampla e relacional da fisiologia humana. Fonte: Elaborado pelas autoras.

⁸Essa estrutura é um refinamento da representação conceitual Estrutura-Comportamento-Função (SBF) descrita por Goel, et al., 1996 e Hmelo-Silver et al. (2007, 2014, 2015).

Esse tipo de abordagem se diferencia do que frequentemente ocorre nas aulas de Biologia por duas características principais: i) os sistemas fisiológicos não são estudados de forma isolada, mas sim buscando relacionar suas funções. Por exemplo, ao iniciar um estudo do sistema digestório, no lugar do (a) professor (a) introduzir o assunto apresentando as estruturas do sistema e suas funções, iniciaria com um tópico sobre “De onde vem a energia para as nossas atividades vitais?”. A partir dessa problematização seria possível abordar a relação existente entre os diversos sistemas, como o digestório, cardiovascular, respiratório e endócrino. Isso significa que em uma aula não é trabalhado um sistema de forma isolada, mas sim, mostrando como o sistema contribui para compreensão de um fenômeno mais geral – que no exemplo citado seria o uso de fontes externas de energia para a manutenção das atividades vitais das células; ii) o foco não está na descrição das partes que compõem o sistema (os componentes), mas está além disso, nos seus mecanismos e resultados. Isso pressupõe ensinar menos termos técnicos, que por vezes não contribuem para uma ampla compreensão do funcionamento do corpo.

Na Figura 2 é possível observar como podemos aplicar os elementos da estrutura CMF para abordagem relacional de conteúdos para o ensino de fisiologia humana no Ensino Médio.

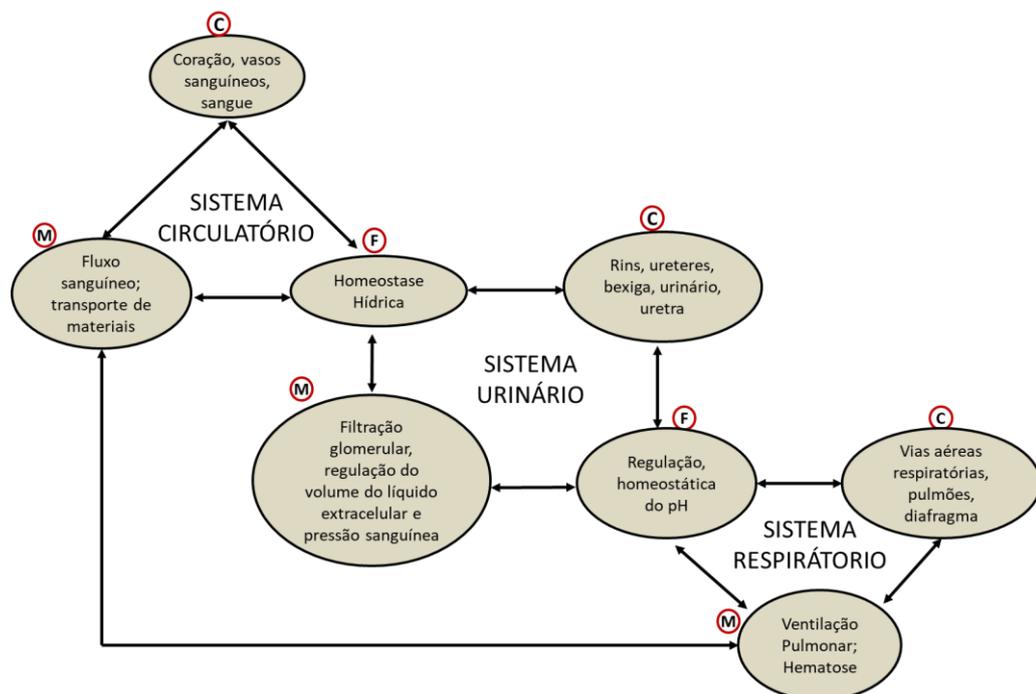


Figura 2. Representação esquemática da natureza relacional das funções fisiológicas. Fonte: Elaborado pelas autoras.

A Figura 2 mostra como cada um dos três sistemas – sistema circulatório, urinário e respiratório - contribuem para um comportamento geral do corpo – os fenômenos. É possível perceber que existe uma relação entre componentes, mecanismos e fenômenos dentro de cada

sistema. No esquema, o coração, vasos sanguíneos e sangue, são componentes do sistema circulatório, que juntos executam o mecanismo de transporte de materiais e o fluxo sanguíneo, que contribui para a homeostase hídrica. Embora o volume de sangue na circulação seja relativamente constante, alterações no volume do sangue podem ter efeitos sobre a pressão sanguínea arterial. Se o volume de sangue aumenta, a pressão sanguínea também aumenta, se o volume sanguíneo diminuir, a pressão também diminui. Ajustes do volume sanguíneo são de responsabilidade dos rins e do sistema circulatório (SILVERTHORN, 2010). Por meio da filtração glomerular que ocorre nos rins o plasma sanguíneo é filtrado e nesse processo substâncias úteis são reabsorvidas, por exemplo, a água e sais, e ocorre a produção de urina.

Os fenômenos da homeostase hídrica e eletrolítica são explicitamente de natureza relacional, uma vez que envolvem o sistema respiratório, circulatório, sistema urinário e respostas comportamentais. Na homeostase hídrica, “ajustes realizados pelos pulmões e pelo sistema circulatório estão principalmente sob o controle de neurônios, e podem ser executados de forma bastante rápida. A compensação homeostática pelos rins é mais lenta porque os rins estão principalmente sob o controle endócrino” (SILVERTORN, 2010, p. 652). Nesse caso, uma pequena mudança na pressão arterial, que provoca um aumento ou uma redução do volume sanguíneo, é rapidamente corrigida pelo centro de controle cardiovascular no encéfalo. Se as mudanças de volume são persistentes ou de grande magnitude, os rins agem para ajudar a manter a homeostasia. Além da autorregulação, os mecanismos comportamentais também desempenham papel crucial, por exemplo, a sede, na homeostase hídrica, uma vez que beber é o único meio normal de repor a água perdida (pela urina, fezes e suor). Além disso, há uma relação direta entre os mecanismos do sistema circulatório e respiratório, uma vez que, os gases respiratórios são transportados às células através do sangue, pelos vasos sanguíneos (relação C – M).

O sistema urinário também participa da regulação homeostática do pH do plasma sanguíneo. Se o líquido extracelular se torna muito ácido, os rins removem íons H^+ e conservam íons bicarbonato (HCO_3^-), que funcionam como uma substância tampão (molécula que modera a mudança de pH), a primeira linha de defesa para impedir grandes oscilações do pH. Inversamente, se o líquido extracelular se torna muito alcalino, os rins removem HCO_3^- e conservam H^+ . Apesar de os rins desempenharem um papel significativo na homeostase do pH, são os pulmões, através do mecanismo de ventilação, que corrigem mais rapidamente as alterações de pH. O mecanismo de ventilação é controlado principalmente pelo diafragma. A ventilação e o estado ácido-base são intimamente relacionados, pois mudanças da pressão parcial do CO_2 afetam a concentração de H^+ e, conseqüentemente, o pH do plasma. Se os níveis

de H^+ aumentam, os quimiorreceptores estimulam o aumento da ventilação, que por sua vez, permitem que os pulmões excretem mais CO_2 e convertam H^+ em ácido carbônico.

Ainda poderíamos ampliar o esquema da Figura 2, a partir do sistema respiratório e relacioná-lo ao sistema digestório, por exemplo. Se pensarmos na função do diafragma, que é criar uma diferença de pressão de ar dentro da cavidade torácica para que os gases respiratórios possam entrar e sair (TRIPTO *et al.*, 2016). O mecanismo de contração e relaxamento é um exemplo de como o diafragma realiza a sua função, que gera um resultado - oxigenar as células para produção de energia na forma de ATP e expelir o gás carbônico como resíduo do metabolismo celular. A fonte de energia para as atividades celulares humanas vem de fontes externas ao corpo – por meio da nossa alimentação, que, necessariamente, passa pelo processo de digestão. Assim, além de existir uma relação dos elementos da estrutura CMF dentro de cada sistema, a forma como cada sistema contribui para o funcionamento geral do corpo também é um exemplo dessas relações. A seguir vamos explicar as características de cada uma das categorias da relação CMF e como os conteúdos-chave, propostos por Silverthorn (2010) estão associados a elas.

Categoria componentes

A categoria “componentes” engloba o estudo dos aspectos básicos de cada sistema do corpo, que envolve abordar sua estrutura - os órgãos, sua localização, propriedades e função (SNAPIR *et al.*, 2017). Em outras palavras significa uma compreensão inicial sobre “o quê” dos sistemas. De acordo com Carvalho, Nunes-Neto, El-Hani (2011), um componente possui propriedades relevantes, ou seja, uma função dentro do mecanismo, para a realização de um determinado fenômeno. Podemos citar como exemplos, o coração – descrito como um órgão muscular, composto por quatro cavidades, localizado entre os pulmões, que tem a função de bombear sangue para todas as regiões do corpo. O conhecimento da estrutura fornece um entendimento da dimensão espacial dos componentes dos sistemas, que podem ser microscópicos (como células, moléculas e íons), quanto macroscópicas (como os órgãos). Conhecer sobre os componentes é importante para compreender o todo, que envolve os mecanismos e fenômenos fisiológicos.

Nessa categoria o conteúdo-chave associado é “relação estrutura-função”, com foco tanto no nível molecular, quanto no nível de organização dos sistemas. A função biológica depende, essencialmente, da capacidade que moléculas isoladas possuem para se ligarem a outras moléculas – por exemplo, a capacidade de o oxigênio se ligar a hemoglobina no sangue. A função de uma molécula depende de sua estrutura e forma, de modo que uma pequena

mudança na estrutura ou na forma pode ter consequências significativas sobre a função. Um exemplo desse processo é a modificação de um aminoácido da proteína hemoglobina. Essa mudança na proteína transforma a hemoglobina normal em uma forma associada à doença conhecida como doença falciforme (SILVERTORN, 2017).

Outras questões estão associadas à abordagem das biomoléculas e suas funções, como a composição dos carboidratos e sua utilização no processo de respiração celular aeróbica. Também se pode abordar como íons e outras moléculas participam de mecanismos, de fenômenos importantes para o corpo e como os sistemas se relacionam a partir dessas moléculas. Quando se aborda os íons sódio e potássio, por exemplo, evidencia-se sua diferente participação na transmissão do impulso nervoso e na realização de movimentos através da contração muscular. Essa é uma abordagem no nível molecular, pois enfatiza o papel dos íons, mas, ao mesmo tempo, também é possível perceber como o sistema nervoso se relaciona com os tecidos musculares – nível de organização do sistema. Outro exemplo são os gases oxigênio e gás carbônico, em que é possível relacionar suas funções aos sistemas respiratório, cardiovascular e digestório. Em nível de sistema, evidencia-se a função dos órgãos e sua localização anatômica, com o intuito de subsidiar a compreensão dos processos que ocorrem nesses órgãos.

Categoria mecanismos

Compreender o corpo humano requer a capacidade de reconhecer os processos que ocorrem dentro dele, os quais lhe permitem funcionar. A categoria “mecanismos” corresponde aos processos fisiológicos e busca responder à pergunta de “como” os componentes atingem sua finalidade e descrever as interações entre os componentes e os processos (SNAPIR, *et al.*, 2017). Exemplos desses mecanismos são: trocas gasosas, absorção e transporte de substâncias, transmissão do impulso nervoso, entre outros. Os mecanismos são formas de explicar analiticamente o funcionamento de diversas estruturas, processos e fenômenos, ao mesmo tempo em que fornecem meios de relacionar a produção de fenômenos às estruturas e processos (CARVALHO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011). Um entendimento mais completo da fisiologia demanda uma compreensão sobre como os mecanismos utilizam as estruturas dos sistemas ou a sequência de ocorrência de eventos em um processo. Portanto, os mecanismos servem como mediadores entre componentes e fenômenos, na relação CMF (HMELO, *et al.*, 2016) e sua compreensão é essencial para entender o porquê certos fenômenos ocorrem.

Os conteúdos-chave dentro da categoria “mecanismos” são “comunicação” e “uso da energia biológica”. O estudo do sistema nervoso e sistema endócrino é o foco para a

compreensão da “comunicação” biológica, uma vez que a maior parte da comunicação entre as células é realizada por esses dois sistemas. Por meio de sinalizadores elétricos (impulso nervoso) e sinalizadores químicos (hormônios), as células têm capacidade de fazer com que o fluxo de informação circule por todo o corpo. Existem outras moléculas que funcionam como sinalizadores, os peptídeos como as citocinas, por exemplo. As citocinas estão associadas principalmente a respostas imunes, como a inflamação, mas elas também controlam outras funções, como o desenvolvimento e a diferenciação celular (SILVERTHORN, 2017). Nessa abordagem é importante evidenciar como a comunicação está relacionada a diferentes funções dos sistemas fisiológicos. A figura 3 é mais um exemplo que ilustra essas relações.

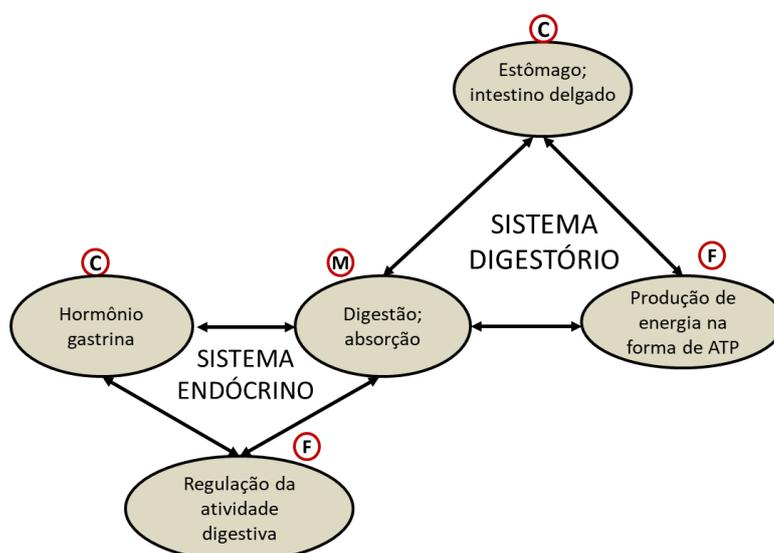


Figura 3. Esquema da relação entre as funções dos sistemas digestório e endócrino. Fonte: Elaborado pelas autoras.

Pelo esquema da Figura 3, observamos as relações entre o sistema digestório e endócrino. Para ocorrer o processo de digestão dos alimentos no estômago, o sistema endócrino sinaliza as certas células ‘G’ no estômago para produzirem e secretarem o hormônio gastrina, que por sua vez estimulará a secreção da pepsina e ácido clorídrico que irão atuar na digestão. Uma vez digeridas as moléculas são absorvidas para o sangue, que por meio dos vasos sanguíneos comunica-se com todas as células do corpo, de modo que a energia contida nos alimentos seja aproveitada para realização de trabalho celular. Nesse exemplo é possível perceber como um único processo – a digestão – relaciona diferentes estruturas e funções por meio da comunicação.

Outro conteúdo-chave dentro da categoria “comunicação” é o “uso da energia biológica”, essencial para compreensão sobre processos metabólicos. A intenção é criar condições para que os estudantes compreendam como a energia adquirida por meio dos compostos químicos presentes nas moléculas dos alimentos, é utilizada para realizar o trabalho

das células (REECE, *et al.*, 2015). Todas as células animais precisam de energia do seu ambiente para crescer, realizar sínteses e se reproduzir. Essa energia é extraída de biomoléculas através do processo de respiração celular, que consome oxigênio e produz dióxido de carbono e água. Quando se ingere mais energia do que o necessário para uso imediato, o excesso é armazenado na forma de glicogênio no fígado e posteriormente como reserva de energia na forma de gordura no tecido adiposo. Aqui é possível perceber a função de diversos sistemas relacionados: digestório, respiratório, circulatório.

Vale ressaltar que as questões mais específicas sobre metabolismo energético não são tópicos de estudo dentro do conteúdo de fisiologia humana, sendo abordados em outro momento escolar, tradicionalmente, quando do estudo de Citologia. Esse conteúdo no estudo de fisiologia humana busca resgatar esses conhecimentos e aprofundar a compreensão sobre o processo de metabolismo humano, produção e uso do ATP na realização das funções celulares.

Categoria fenômenos

A terceira categoria corresponde aos “fenômenos” fisiológicos e busca abordar o resultado dos mecanismos. Os fenômenos se referem aos resultados dos processos e/ou resultados das interações entre os sistemas, que leva a um comportamento geral e padrão. Segundo Snapir *et al.*, (2017) isso envolve o reconhecimento dos padrões que caracterizam o comportamento do sistema, relacionando e integrando componentes e mecanismos. Uma abordagem relacional de fisiologia humana também requer desenvolver a capacidade de reconhecer que os fenômenos não são alcançados por uma única interação dentro do sistema, mas devido a uma rede de interações, e interagir significa reunir elementos diversos para compreender o todo unificado (SILVERTORN, 2017). O exemplo mais claro do funcionamento dessa rede de interações que geram um comportamento é a “homeostase”, por isso ela é considerada um conteúdo-chave dentro dessa categoria.

Os fisiologistas consideram a homeostase como sendo o conceito central para a compreensão da fisiologia humana (REECE, *et al.*, 2015; SILVERTORN, 2017). Esse conceito se refere à ideia de um meio interno relativamente estável. Diversas funções biológicas mantêm certa estabilidade, como frequência respiratória, temperatura corporal, índice de glicemia no sangue. Nesse ponto é recomendável enfatizar que homeostase não significa, necessariamente, equilíbrio, mas sim um estágio em que o meio interno é mantido em uma faixa ou intervalo de valores e não em um valor fixo, exato. O corpo monitora seu estado interno e toma medidas para corrigir perturbações que ameacem a função normal (SILVERTORN, 2017). A manutenção de certa estabilidade do meio interno é a finalidade de diversos processos

fisiológicos e para isso os componentes dos sistemas agem em conjunto de maneira a regular o ambiente interno e permitindo a continuidade dos processos que ali ocorrem (CARVALHO, NUNES-NETO, EL-HANI, 2011).

Nessa abordagem é importante deixar claro para os estudantes que as células não são muito tolerantes às mudanças em seu meio, por isso, a homeostase é um processo dinâmico e gera no organismo certa resiliência, isto é, uma capacidade limitada de retornar às condições ideais de funcionamento após uma perturbação externa. A capacidade de manter a estabilidade segue um padrão de autorregulação – as alças de retroalimentação. A resposta pode aumentar o estímulo (retroalimentação positiva) ou reduzir o estímulo (retroalimentação negativa). A homeostase do corpo humano depende principalmente de retroalimentação negativa (REECE *et al.*, 2015). Tomando como exemplo uma pessoa praticando atividade física intensamente, o calor produzido com a atividade aumenta a temperatura do corpo. O sistema nervoso detecta por meio de neurônios termorreceptores presentes na pele, no hipotálamo e em outras regiões do corpo e desencadeia o suor. À medida que o corpo transpira, a evaporação da umidade da pele esfria o corpo, ajudando a temperatura corporal a retornar ao valor ideal e eliminar o estímulo (REECE, *et al.*, 2015).

A relação entre os componentes é responsável por desencadear um mecanismo e gerar um fenômeno. Se essa relação não ocorrer, o mecanismo não atuará e, conseqüentemente, não ocorrerá o fenômeno. No exemplo da homeostase térmica, o componente hipotálamo é responsável por diversas funções que desencadeiam processos. Primeiro, perceber a temperatura sanguínea e processar os estímulos recebidos de neurônios termorreceptores; segundo, sinalizar os vasos sanguíneos da pele, cuja função é irradiar calor à superfície e as glândulas sudoríparas, que tem função de secretar o suor, que dissipará o calor por meio de evaporação. O que deve ser levado em conta ao se analisar um mecanismo é se há relações causais relevantes (para a produção do fenômeno a ser explicado) entre as partes. Nesse caso, “as glândulas sudoríparas começam a secretar suor *porque* receberam um estímulo do hipotálamo, que disparou esse estímulo *porque* recebeu sinais de células nervosas espalhadas pelo corpo” (CARVALHO, NUNES-NETO, EL-HANI, 2011, p. 91, grifo dos autores).

Partindo do pressuposto de que a categoria “fenômenos” se refere a um comportamento geral do funcionamento do corpo, e que o corpo humano abrange além dos aspectos biológicos, os aspectos culturais, uma forma interessante de promover essa discussão em sala de aula seria a abordagem das perturbações que geram um estado de patologia no corpo. Nesse contexto, poderia se utilizar de questões sociocientíficas - QSC como meio de contextualizar como os processos fisiológicos também podem ser influenciados pelo ambiente, além de mostrar que o

corpo humano é biocultural. Nesse contexto, a abordagem por QSC busca valorizar aspectos mais amplos da compreensão do corpo, além de aspectos biológicos, aspectos sociais, éticos, políticos e econômicos.

As QSCs caracterizam-se por se tratar de um tema de relevância social, de natureza controversa, introduzida no ensino, no âmbito de uma estratégia didática ou um contexto de ensino a partir de uma intervenção educacional, que permita aos estudantes mobilizar e aprender sobre determinados conteúdos, de modo contextualizado e refletido. No aspecto metodológico, as QSCs podem ser abordadas na forma de casos, construídos como breve história, contendo, preferencialmente, diálogos e personagens que se aproximam do(s) contexto(s) sociocultural (is) dos estudantes (CONRADO; NUNES-NETO, 2018; CONRADO *et al.*, 2016; MARTÍNEZ PÉREZ; PARGA LOZANO, 2013). A obesidade, por exemplo, é um tema que poderia ser usado como QSC. Dentro desse tema, é possível discutir sobre os sistemas fisiológicos, sobre metabolismo, atividade física, nutrição, concepção ampla de saúde. Além disso, também é possível discutir questões sociais, por exemplo, autoimagem, *bullying*, influência das redes sociais na relação com o corpo, entre outros. Dessa forma, também seria possível estimular nos estudantes atitudes mais positivas e posturas éticas em relação às questões que envolvem o corpo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho buscamos mapear, a partir de referenciais teóricos, como é a abordagem reportada nas pesquisas sobre o ensino de fisiologia humana, propondo uma perspectiva metodológica de abordagem relacional para sistematizar e organizar o ensino dos conteúdos desse tema no Ensino Médio.

Partimos de uma revisão de literatura sobre propostas de ensino de fisiologia humana na educação básica nacional e constatamos que há poucas propostas de ensino voltadas para uma abordagem sobre um entendimento amplo da fisiologia humana. Esse é um indicativo da necessidade em inserir discussões sobre a importância de intensificar metodologias de ensino que tratem do tema de uma maneira mais eficaz no sentido de entendimento do corpo como um todo. Apostamos em abordagem relacional, pautada na estrutura CFM, para atender a esse propósito.

A estrutura conceitual CMF reúne características da abordagem relacional na medida que engloba o estudo sobre componentes, mecanismos e fenômenos do corpo humano, em conjunto com conteúdos-chave que correspondem a conteúdos essenciais para uma compreensão sistêmica da fisiologia humana. A sistematização das características de abordagem

relacional pode auxiliar na proposição de um ensino que seja menos reducionista, e mais contextualizado em relação ao conhecimento sobre o corpo humano e seu entorno. Essa é uma necessidade que apontamos, sobretudo, em virtude do levantamento de artigos científicos que realizamos nesse estudo, sobre abordagens no ensino de fisiologia humana.

Os resultados obtidos partir da análise desses artigos nos dá indícios sobre duas questões importantes. A primeira se refere a pouca atenção que é dada a essa área do conhecimento dentro do ensino de Ciências. Algumas hipóteses explicativas podem estar relacionadas ao não reconhecimento da necessidade de tratamento dos sistemas humanos como um todo e a dificuldade inerente à formação de professores, que tendem a reproduzir um modelo de ensino fragmentado.

A segunda constatação se refere ao foco das abordagens. No escopo dos artigos encontrados, a maioria das propostas há ênfase cientificista e uma valorização apenas de aspectos estruturais dos sistemas, em detrimento de abordar aspectos mais amplos e complexos do funcionamento do corpo. Isso em certa medida indica uma tendência que ainda persiste de tratar o conteúdo com base na memorização e no acúmulo de conceitos, tornando a compreensão cada vez mais fragmentada.

Consideramos que, se um dos objetivos do ensino de biologia está em promover um entendimento mais amplo do seu conteúdo, fornecendo parâmetros para relacionar e compreender a complexidade dos fenômenos estudados, é preciso avançar em termos de metodologias didáticas. Nesse sentido, o conteúdo relacionado a fisiologia humana pode ser repensado em termos de uma abordagem relacional em detrimento da usual abordagem fragmentada, que dificulta compreender aspectos relevantes sobre seu funcionamento como um todo.

Essa discussão não se esgota neste artigo, portanto, as reflexões iniciadas neste trabalho sobre as características de uma abordagem relacional da fisiologia humana pode ser uma proposta relevante quando o objetivo for promover um ensino amplo e relacional sobre o funcionamento do corpo humano. Recomendamos que as discussões apresentadas aqui devem ser ampliadas e a proposta de organização da abordagem relacional aplicada em outros contextos da Educação Básica, para que avaliemos sua eficácia para o ensino e para a aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- AULER, D; MUENCHEN, C; SOARES FORGIARINI, M; TORMÖHLEN GEHLEN, S; GRIEBELER, A; SANTINI, E. L; VEDOOTTO SCHENEIDER, C. Transporte particular x coletivo: Intervenção curricular pautada por interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade. **Enseñanza de las ciencias**, extra, 1-5. 2005.
- Ben-ZviAssarafO,DodickJ,TriptoJ.High school students' understanding of the human body system. **ResSciEduc** (2013) **43**:33–56.doi:10.1007/s11165- 011-9245-2
- CARVALHO, Ítalo Nascimento; NUNES-NETO, Nei Freitas; EL-HANI, Charbel Niño. Como selecionar conteúdos de biologia para o ensino médio? **Revista de Educação, Ciências e Matemática**. Duque de Caxias, v. 1, n. 1, p. 67-100, 2011.
- CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N.(Orgs). **Questões sociocientíficas, fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA,2018,p. 570.
- FIRME, R. do N., e do AMARAL, E. M. R. Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. **Ciência e Educação**, *17*(2), 383-399. 2011
- HMELO, C. E., HOLTON, D., & KOLODNER, J. L. Designing to learn about complex systems. **Journal of the Learning Sciences**, *9*, 247–298. 2000
- HMELO-SILVER, C. E.; AZEVEDO, R. Understanding complex systems: Some core challenges. **Journal of the Learning Sciences**, *15*, 53–61. 2006 doi:10.1207/s15327809jls1501_7
- JACOBSON, M. J. Problem solving, cognition, and complex systems: Differences between experts and novices. **Complexity**, *6*(2), 1–9. 2001
- LECOMPTE, M.; GOETZ, J. Problems of reliability and validity in ethnographic research. **Review of Educational Research**, v. 52, n. 1, p. 31-60, 1982.
- PAIVA, A. S. **Princípios de design para o ensino de biologia celular: pensamento crítico e ação sociopolítica inspirados no caso de Henrietta Lacks**. 2019. 391 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Instituto de Física, Salvador, BA.
- REECE, J. B. et al. **Biologia de Campbell**. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- Rodrigues, Marciel Elio, Della Justina, Lourdes Aparecida, Meghioratti, Fernanda Aparecida O Conteúdo de sistemática e filogenética em livros didáticos do ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. 2011, *13*(2), 65-84. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129519166005> Acesso em 31 jan de 2020.
- RODRIGUES, Marciel Elio; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. O CONTEÚDO DE SISTEMÁTICA E FILOGENÉTICA EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte , v. 13, n. 2, p. 65-84, Aug. 2011
- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, p. 1-12, 2007.
- SILVERTHORN, Dee Unglaub. **Fisiologia humana: uma abordagem integrada**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- _____. Dee Unglaub. **Fisiologia humana: uma abordagem integrada**. 7 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SNAPIR, Z.; EBERBACH C.; BEN-ZVI-ASSARAF, O.; HMELO-SILVER, C.; TRIPTO, J. Characterising the development of the understanding of human body systems in high-school biology students – a longitudinal study, **International Journal of Science Education**, 2017. DOI: 10.1080/09500693.2017.1364445

ARTIGO 2: PRINCÍPIOS DE DESIGN DE UMA INTERVENÇÃO DIDÁTICA COM ABORDAGEM RELACIONAL DA FISIOLOGIA HUMANA

RESUMO

Este trabalho traz uma discussão sobre o processo de construção de princípios de design educacional e validação de intervenções educacionais nas pesquisas em ensino de Ciências, como um dos critérios para conferir maior rigor às pesquisas nessa área do conhecimento. Argumentamos também sobre a importância do processo de validação para conferir maior confiabilidade dos resultados de pesquisa, assim como subsidiar interpretações mais consistentes sobre o objeto de estudo. O objetivo foi desenvolver princípios de design para construir uma intervenção didática sobre sistemas digestório, respiratório e circulatório e investigar a sua viabilidade para promover entendimento de fisiologia humana numa perspectiva relacional para o Ensino Médio. Elaboramos três princípios de design com respaldo no referencial teórico-metodológico da Pesquisa de Design Educacional, que orientou todo o desenho da intervenção, assim como as suas características essenciais. Submetemos essa intervenção a uma avaliação por pares, professores de Biologia de oito estados brasileiros, com o intuito de analisar se o desenho da intervenção está adequado ao que nos propomos desenvolver. Para isso realizamos uma análise qualitativa a partir das respostas dos avaliadores. Com esses resultados fizemos modificações nas estratégias de ensino e atividades dos estudantes, no sentido de aperfeiçoar a proposta inicial antes de sua aplicação no contexto real da sala de aula. Consideramos que o presente estudo contribui para a área de ensino de Ciências com um produto educacional, a própria intervenção, e com um produto metodológico, o protocolo de desenvolvimento e validação de uma intervenção de caráter inovador.

Palavras-chaves: sistemas fisiológicos, princípios de design, pesquisa de design, abordagem relacional.

ABSTRACT

This work presents a discussion about the process of constructing educational design principles and validating educational interventions in science teaching research, as one of the criteria to give greater rigor to research in this area of knowledge. We also argue about the importance of the validation process to provide greater reliability of research results, as well as to support more consistent interpretations about the object of study. The aim was to develop design principles to build a didactic intervention on digestive, respiratory and circulatory systems and investigate its feasibility to promote understanding of human physiology in a relational perspective for high school. We elaborated three design principles based on the theoretical-methodological framework of Educational Design Research, which guided the entire design of the intervention, as well as its essential characteristics. We submitted this intervention to a peer review by Biology professors from eight Brazilian states, in order to analyze whether the design of the intervention is adequate to what we propose to develop. For this, we performed a qualitative analysis based on the evaluators' responses. With these results, we made changes in the teaching strategies and activities of the students, in order to improve the initial proposal before its application in the real context of the classroom. We believe that the present study contributes to the area of science education with an educational product, the intervention itself, and with a methodological product, the development and validation protocol of an innovative intervention.

Keywords: physiological systems, design principles, design research, relational approach.

INTRODUÇÃO

O entendimento relacional entre os sistemas é um enfoque especial da fisiologia humana e significa unir elementos variados para criar um todo uniforme/coeso (SILVERTHORN, 2017). Essa visão do funcionamento do corpo como um todo e não como partes isoladas, ou como se os sistemas fisiológicos trabalhassem individualmente, ainda é uma problemática que área de ensino de biologia precisa superar no contexto do Ensino Médio (VANZELA, BALBO, JUSTINA, 2007). Dado os diversos processos que envolvem a fisiologia humana, promover a compreensão da natureza sistêmica do corpo requer uma abordagem sobre a sua complexidade, abordando tanto aspectos funcionais quanto comportamentais, não restringindo seu estudo aos aspectos estruturais.

Situamos nosso trabalho como uma alternativa ao ensino fragmentado da fisiologia humana e como uma possibilidade de preencher a lacuna existente nas pesquisas da área sobre aplicação de propostas de ensino com uma abordagem relacional em contextos reais de sala de aula. Este estudo tem aporte teórico-metodológico na Pesquisa de Design Educacional, que corresponde a um estudo de desenvolvimento que elabora princípios de design para desenvolver intervenções que sejam relevantes para a prática docente. De acordo com Barbosa; Oliveira (2015), trata-se de uma pesquisa de desenvolvimento pois envolvem delineamento, desenvolvimento e avaliação de artefatos para serem utilizados na abordagem de uma determinada questão e busca também compreender suas características, seus usos e implicações.

Os princípios de design são produtos teóricos dessa abordagem de pesquisa e apresentam o potencial de compor uma teoria de ensino específica para um dado domínio (PLOMP, 2009), como por exemplo, para o ensino de fisiologia humana. Esses princípios refletem particularidades essenciais da proposta e norteiam todo o processo de planejamento e elaboração da intervenção, estando relacionados com os objetivos a serem alcançados com sua aplicação. Por ser um processo rigoroso de construção de um artefato para ser usado com o intuito de melhorar o ensino em determinado domínio do conhecimento, defendemos que para obter maior confiabilidade com os resultados obtidos as intervenções construídas por meio da Pesquisa de Design Educacional passem por um processo de validação por pares antes de sua aplicação em sala de aula.

Esse entendimento é especialmente relevante nas pesquisas em ensino de Ciências que propõem intervenções educacionais, uma vez que ainda é incipiente o estudo sistemático sobre

seus efeitos, em termos de aprendizagem dos estudantes e em termos do alcance do seu objetivo enquanto instrumento didático. Isso é importante se queremos alcançar um ensino mais efetivo ou fornecer ao professor dados fundamentados para que ele possa escolher as melhores ferramentas atender a objetivos (de ensino e curricular) e a seu contexto. A importância da validação pode ser considerada como forma de superar as críticas sobre o baixo impacto de pesquisas acadêmicas para atenderem às demandas reais do contexto escolar (CAMPOS, 2009).

Nos últimos anos, as discussões sobre o rigor nas pesquisas educacionais têm se intensificado (ANDRÉ, 2001; SANTOS; GRECA, 2013; PATIAS; HOHENDORFF, 2019), e o debate central incide na questão da coerência interna. Esse aspecto vem sendo apontado como uma fragilidade na área, principalmente, em se tratando do aspecto metodológico. Há um movimento crescente, sobretudo no âmbito internacional, no sentido de conceder maior validade aos instrumentos que são utilizados para coleta de dados (CHO; TRENT, 2006; GOLAFSHANI, 2003; GORARD, 2002; MORSE *et al.*, 2002; RYAN, 2005; OLLAIK; ZILLER, 2012), uma vez que a adequação de tais instrumentos, em relação ao referencial teórico adotado e aos objetivos da pesquisa, é essencial para garantir inferências e interpretações mais confiáveis sobre o nosso objeto de estudo.

No contexto das pesquisas em ensino de Ciências, a validação pode ser realizada com o objetivo de avaliar se a intervenção educacional construída tem potencial para desenvolver determinada abordagem de ensino e atingir os seus objetivos, além desse processo poder ser utilizado para validar testes, ferramentas, instrumentos do ensino em geral. Esse processo de avaliação, que culmina com uma reformulação da intervenção, deve ocorrer *a priori*. Nesse sentido o objetivo deste trabalho é desenvolver princípios de design para construir uma intervenção didática sobre sistemas digestório, respiratório e circulatório e investigar a sua viabilidade para promover entendimento de fisiologia humana numa perspectiva relacional no Ensino Médio.

PRINCÍPIOS DE DESIGN DA INTERVENÇÃO

A construção da intervenção se baseou na perspectiva teórico-metodológica da Pesquisa de Design Educacional. A Pesquisa de Design tem por objetivo o estudo sistemático do planejamento, implementação, avaliação e a manutenção de intervenções didáticas, que visam solucionar problemas complexos da prática educativa através da construção e validação de princípios de design (PLOMP, 2009). Esses estudos caracterizam-se pelo desenvolvimento iterativo de propostas de ensino através da aplicação de testes com diferentes protótipos em contextos variados. Neste estudo, os princípios de design que propomos e que serão testados

em um contexto de sala de aula corresponde ao primeiro protótipo, que se configura como um resultado parcial passível de refinamento para estudos futuros.

Nesse sentido, construímos três princípios de design para orientar a intervenção, cujo objetivo de ensino e aprendizagem foi promover um entendimento relacional da fisiologia humana e o desenvolvimento da capacidade de pensamento crítico. Os princípios de design são declarações enunciativas que caracterizam as apostas teóricas e educacionais, sendo que no campo investigativo, correspondem aos produtos teóricos da pesquisa em design (VAN DEN AKKER, 1999). Esses princípios refletem particularidades essenciais da proposta de intervenção e possuem uma formulação que abarca duas ênfases: (i) ênfase substantiva, que está relacionada com as características gerais da intervenção, e (ii) uma ênfase procedimental, que diz respeito ao método utilizado para implementar tais características. Segundo Sarmiento (2016) a declaração desses princípios pode ser composta pelos dois elementos e são sempre seguidos de seus propósitos e suas razões, as quais podem ser teóricas e/ou experienciais.

Para o planejamento da intervenção, elaboramos três princípios de design que são descritos a seguir. Segundo Van den Akker (1999) a elaboração dos princípios de design pode ser apresentada a partir da seguinte fórmula:

Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, então é aconselhável prover esta intervenção das características A, B e C [ênfase substantiva], e a fazer isso por meio dos procedimentos K, L e M [ênfase procedimental], em razão dos argumentos P, Q e R (VAN DEN AKKER, 1999, p. 9).

Nesse estudo, elaboramos os princípios de *design* a partir de uma adaptação⁹ da fórmula apresentada por Van den Akker, proposta pelo GCPEC (SARMENTO, 2016):

Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, é aconselhável:

1. Adotar a característica A, para o propósito/função y1, realizando o procedimento K, em razão do argumento P.
 2. Adotar a característica B, para o propósito/função y2, realizando o procedimento L, em razão do argumento Q.
 3. Adotar a característica C, para o propósito/função y3, realizando o procedimento M, em razão do argumento R.
- (...) (SARMENTO, 2016, p. 23).

Portanto, temos a seguinte formulação de princípio de planejamento da intervenção didática:

⁹Nessa adaptação, no lugar de apresentar apenas um propósito geral, que norteia todo o princípio, apresenta-se um propósito para cada princípio, separadamente. Dessa forma, a partir de cada princípio específico pode-se alcançar o propósito geral.

Ao construir uma intervenção didática baseada na abordagem relacional da fisiologia humana para o ensino dos sistemas digestório, respiratório e circulatório, para promover entendimento amplo da fisiologia e desenvolvimento de pensamento crítico no contexto do terceiro ano do Ensino Médio, acreditamos ser importante incluir na intervenção:

(1) Ensino baseado na abordagem relacional da fisiologia humana, que direciona toda a estratégia de abordagem da intervenção e os instrumentos de avaliação, contrapondo a perspectiva de ensino reducionista e fragmentada dos sistemas humanos e promover um entendimento amplo sobre o funcionamento do corpo e a natureza relacional dos processos fisiológicos. A implementação será a partir de uma abordagem explícita sobre as relações existentes dentro de um mesmo sistema fisiológico, como entre sistemas diferentes. Essa abordagem é possível contemplando não apenas componentes e funções dos sistemas fisiológicos, mas além destes, seus mecanismos e fenômenos, compondo o que denominamos de estrutura CMF, valorizando assim uma visão ampla sobre processos fisiológicos do corpo (TRIPTO *et al.*, 2016; SNAPIR *et al.*, 2017).

A abordagem relacional consiste em abordar a fisiologia humana a partir de uma concepção mais ampla, que compreende três categorias (componentes, mecanismos e fenômenos), que denominados estrutura CMF. Desse modo essas três categorias devem ser valorizadas em abordagens dessa natureza, uma vez que é impossível compreender um sistema fisiológico ou o funcionamento do corpo humano sem entender sobre as estruturas e suas funções, sobre como ocorrem os mecanismos e como os fenômenos são gerados.

A nossa aposta com este princípio é apresentar uma alternativa ao modelo de ensino fragmentado da fisiologia humana, em que o foco recai nas estruturas dos sistemas e suas funções, ou contribui para uma visão reducionista e impessoal sobre o corpo, como apontam Moares; Guizzetti (2016). Ao estudarem os sistemas de forma isolada, os estudantes não desenvolvem a noção de integralidade do corpo, o que pode influenciar as decisões sobre cuidados com a saúde e com o próprio corpo.

(2) Uso didático de uma QSC, baseada em um caso sobre sobrepeso e influência da mídia em relação ao corpo, para a abordagem dos conteúdos formais de ensino de forma contextualizada com questões cotidianas e de relevância social, visando promover desenvolvimento de pensamento crítico e posicionamento moral dos estudantes, bem como a capacidade de relacionar o conteúdo formal escolar sobre sistema digestório, sistema respiratório e sistema circulatório ao caso da QSC. Os estudantes analisarão e responderão, em grupos, uma QSC durante todo período da intervenção didática, envolvendo conceitos de fisiologia dos sistemas digestório, respiratório e circulatório. Nesse sentido, questões como

dilemas sobre corpo e emagrecimento, influência das mídias sociais, nutrição e atividade física, a partir do caso estarão elencadas à QSC. O argumento que sustenta o uso deste princípio se justifica pelas características da QSC: i) estimula discussões sobre um determinado tema, geralmente, veiculado nos meios de comunicação de massa e de relevância social (HODSON, 2013); ii) incorpora considerações e discussões éticas sobre um tema (SADLER; ZEIDLER, 2004); iii) facilita a compreensão de conteúdos científicos, tomada de decisões e posicionamento crítico (HODSON, 2011).

Com o uso de QSC como estratégia de ensino buscamos por uma abordagem mais ampla dos conteúdos científicos e uma forma de promover o desenvolvimento de habilidades e capacidade para entender conceitos mais complexos da fisiologia humana e discutir temas de relevância social. A QSC deve ter potencial para promover aprendizagem a partir nas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais – Conteúdos CPA, tais como são apresentados por Zabala (1998), essa é nossa perspectiva sobre o significado didático-pedagógico de conteúdo escolar.

É importante ressaltar que, tradicionalmente, nos currículos escolares, a maior parte do conteúdo explícito é composta pela dimensão conceitual, deixando as outras dimensões do conteúdo em segundo plano. Especificamente no ensino de fisiologia humana essa dimensão é representada pelo uso excessivo de nomes e funções de órgãos do corpo humano, e uma quantidade excessiva de conceitos que devem ser apreendidos pelos estudantes (CARVALHO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011), com pouco ou nenhum espaço para discussão de fenômenos fisiológicos complexos. Isso traz para as pesquisas e as propostas de ensino de Ciências o desafio em se propor abordagens que atendam a formação integral dos estudantes, no sentido de desenvolver habilidades diversificadas, o que não se alcança valorizando apenas os fatos, conceitos e princípios. A utilização da QSC pode ser considerada como uma forma de abordar, explicitamente e de maneira ampla, conteúdos negligenciados no currículo escolar ou inclusos de forma implícita no que Zabala (1998) chama de “currículo oculto”.

As QSC são problemas ou situações controversas, que podem ser transpostos para o ensino de Ciências, pois permitem a abordagem contextualizada de conteúdos interdisciplinares. Como estratégia de ensino contribui para mobilizar valores, habilidades e atitudes, além de aspectos políticos e econômicos sendo interessantes para contextualizar a ciência e a tecnologia, quando ensinados a partir dessa perspectiva (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Do ponto de vista metodológico, as formas de aplicação de uma QSC podem variar a depender do contexto de ensino. Contudo, Conrado; Nunes-Neto (2018) chamam atenção para o risco de as propostas de ensino incorporar o uso de QSC e continuarem na

perspectiva tradicional-tecnicista. Para evitar que isso ocorra, é preciso sistematizar os caminhos metodológicos tomados para planejar o ensino a partir dessa estratégia, por meio de três elementos principais de uma proposta de QSC, conforme Conrado; Nunes-Neto (2018): o caso da QSC, os objetivos de aprendizagem e as questões direcionadoras.

As QSC podem ser abordadas na forma de casos, construídos como breve história real ou fictícia, contendo, preferencialmente, diálogos e personagens que se aproximam do(s) contexto(s) sociocultural (is) dos estudantes, e que tenha uma questão controversa que guia todo o estudo e incentiva o estudante a posicionar-se criticamente frente a ela. A elaboração da narrativa do caso é uma forma de explicitar diferentes pontos de vistas, explicações e julgamento de valor, e isso favorece o engajamento do estudante com o tema do estudo. Além do caso, Conrado; Nunes-Neto (2018), também orientam a elaboração de questões direcionadoras, como forma de evitar o mau uso das QSC para mobilizar determinados aspectos dos problemas sociocientíficos presentes no caso. Essas questões são perguntas sobre aspectos gerais do caso e sobre os conteúdos que se pretende desenvolver, que demandam dos estudantes tarefas condizentes com os objetivos de aprendizagem.

A QSC que elaboramos para este princípio versa sobre sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo. Seguindo a estrutura proposta por Conrado; Nunes-Neto (2018), criamos um caso com uma estória que conta sobre uma jovem chamada Raquel que sempre sofreu *bullying* por estar acima do peso e agora diante de tanta exposição das redes sociais e mídias sociais em geral se vê num dilema sobre seu processo de emagrecimento, pressão estética, aceitação do corpo e mudança de hábitos de vida. A jovem está insatisfeita com seu corpo e tenta de todos os meios emagrecer, buscando referências em mulheres *fitness* nas redes sociais. Com isso, este tema da oportunidade de discussão sobre padrões de corpo na sociedade, sobrepeso, obesidade, emagrecimento, mídias sociais, autoaceitação, transtornos alimentares, depressão, dentre outros. Ao final do caso da QSC elaboramos questões direcionadoras, relacionadas tanto aos conteúdos dos sistemas trabalhados que tem a ver com o caso, como questões sobre temas que exigem posicionamento crítico dos estudantes. Em suma, a nossa aposta neste princípio visa uma abordagem de ensino mais íntegra e crítica dos estudantes.

Este princípio já foi validado no estudo realizado por Paiva (2019), em que foi utilizado caso real de Henrietta Lacks, uma mulher negra nascida nos Estados Unidos, que teve suas células do colo de útero extraídas sem consentimento para pesquisas sobre câncer, na década de 1950, para abordar conteúdo científico de biologia celular com uma perspectiva da CTSA e mobilização de posicionamento moral e ético e pensamento crítico.

(3) Trabalho cooperativo, visando criar situações para que os estudantes interajam para se ajudarem mutuamente na realização das tarefas, através do trabalho em equipe, compartilhamento de diferentes pontos de vista, discussão sobre os conteúdos, com respeito e tolerância a partir das atividades em grupo propostas em todas as aulas. Incluímos este princípio pois tem sido descrito na literatura que estudantes que trabalham na perspectiva da cooperação, compartilhando ideias e discutindo situações diversas, tem maior probabilidade de estruturar melhor seus processos de aprendizagem, conforme apontam estudos de Fernandes (1997); Felder; Brent (2007); Damiani (2008). De acordo com Paiva (2019) utilizar esse princípio é uma forma de oposição ao modelo hegemônico de educação, cuja o professor é o centro do processo e os estudantes são coadjuvantes que trabalham para obter notas em trabalhos individuais.

Ademais, o motivo para adotar esse princípio é por acreditar, assim como afirmam Julio e Vaz (2007), que o trabalho cooperativo em grupos favorece a criatividade, o engajamento e a motivação dos alunos para o estudo de conteúdos científicos e com isso contribui para o desempenho individual. Além disso, segundo Silva; Villani (2009), o trabalho em grupo permite aos alunos a elaboração de argumentos e promove a apropriação da linguagem científica. Um ambiente dinâmico onde todos participam, não tendo o professor e alguns alunos como protagonistas das discussões, pode se tornar favorável para que todos sejam ativos no seu processo de aprendizagem.

O ensino focado em trabalho cooperativo busca desenvolver autonomia dos estudantes, motivá-los a não desistirem de determinadas tarefas. Estudantes que trabalham sozinhos podem ter mais propensão a atrasarem tarefas ou ignorá-las, mas o trabalho em equipe pode motivá-los a terem mais compromisso com a entrega das tarefas (FELDER; BRENT, 2007). A cooperação no contexto desta pesquisa se manifesta no comportamento dos estudantes em sala de aula, de modo a cooperarem para um ambiente mais favorável a aprendizagem e na construção em equipe das tarefas da intervenção.

Este princípio de design já validado em outros estudos (SARMENTO *et al.*, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2013, SÁ *et al.*, 2015; SARMENTO, 2016; MOREIRA, 2016; PAIVA, 2019), portanto, tem potencial para estimular o trabalho mútuo, empatia, tolerância e escuta sensível, uma vez que no trabalho cooperativo a responsabilidade é de todos (PAIVA, 2019). Nesses estudos o contexto de aplicação também foi com estudantes do Ensino Médio, por isso, apostamos nele para ser válido também em nosso estudo.

No quadro 1 é apresentado uma sistematização desses princípios com base na formulação que utilizamos.

Quadro 1: Síntese dos princípios de design que orientam a intervenção didática.

Princípios	Expectativa de ensino	Questões para investigação
Abordagem relacional da fisiologia humana	Promover entendimento amplo sobre componentes, mecanismos e fenômenos dos sistemas digestório, respiratório e circulatório por parte dos estudantes.	Como os estudantes aprendem conteúdos de fisiologia humana a partir de uma abordagem relacional? Alguma categoria da estrutura CMF é mais favorecida com a abordagem? Algum conteúdo dos sistemas fisiológicos trabalhados é mais favorecido com a intervenção?
Uso didático de uma QSC	Promover entendimento de conteúdo formal de fisiologia humana associado à QSC	Como os estudantes articulam entendimento conteúdo formal sobre processos fisiológicos com QSC?
	Promover pensamento crítico sobre QSC	De que forma a QSC possibilita o pensamento crítico dos estudantes?
Trabalho cooperativo	Criar situações em que os estudantes interajam para se ajudarem mutuamente na realização das tarefas.	Como as turmas interagem durante as aulas? Como os grupos se desempenharam na apresentação da Feira de Saúde na avaliação docente?

Fonte: Elaborado pelas autoras.

PROCESSO QUALITATIVO DE VALIDAÇÃO DA INTERVENÇÃO

Historicamente, o conceito de validade está ligado a métodos quantitativos, nos quais a validade é interpretada como um indicador de que uma medida representa corretamente o conceito do estudo, ou seja, o grau em que a medida está livre de qualquer erro, representando precisamente o objetivo esperado (OLLAIK; ZILLER, 2012). Em outras palavras, a validade constitui critério de adequação e está associada com a precisão de determinada medida, o grau em que um instrumento de coleta de dados realmente mede a variável que se propõe mensurar.

Nas pesquisas qualitativas, o conceito de validade vem sendo adaptado (CHO; TRENT, 2006) e assume distinta interpretação, pois a discussão sobre escalas de medição não se aplica a métodos qualitativos; portanto, é necessária a compreensão da validade a partir de outra perspectiva (OLLAIK; ZILLER, 2012). Podemos interpretar a validade na pesquisa qualitativa de diversas formas em termos do acesso ao atributo que se deseja avaliar, através da validade de instrumentos de coleta de dados (um questionário ou um teste, por exemplo). Nesse caso, a

validade diz respeito à adequação dos instrumentos de coleta em relação aos objetivos aos quais se propõe (BORSBSOOM; MELLENBERGH; HEERDEN, 2004; GOLAFSHANI, 2003; MARTINS, 2006; OLLAIK; ZILLER, 2012; ULLRICH *et al.*, 2012). Também podemos interpretar a validade de uma teoria de ensino ou de aprendizagem, a partir de estudos de intervenções educacionais, como discutido por Plomp (2009) e interpretar a validade dessas intervenções.

Assim como no trabalho realizado por Paiva (2019) neste trabalho realizamos uma validação pareada. A validação que buscamos neste estudo visa aperfeiçoar a intervenção antes de sua aplicação em sala de aula. Consideramos que os procedimentos de validação apresentados nesse estudo são importantes para conferir maior adequação e coerência à investigação, podendo contribuir para se discutir com mais propriedade a eficácia das nossas intervenções no contexto escolar.

Instrumento de validação da intervenção

A intervenção foi elaborada para ser aplicada 12 aulas em turmas do 3º ano do Ensino Médio. A QSC foi o recurso didático para todas as aulas e a cada aula havia questões direcionadoras sobre o caso da QSC, que estimulavam discussões sobre questões variadas relacionadas ao conteúdo do ensino. A abordagem relacional da fisiologia humana aparece em todo o delineamento das aulas. Todas as aulas foram organizadas para abordar componentes, mecanismos e fenômenos dos sistemas fisiológicos.

Após o planejamento e construção do desenho da intervenção, elaboramos um protocolo de validação para submeter a proposta à análise por pares, professores de Biologia, com o objetivo de validar se os objetivos propostos para cada aula poderiam ser alcançados a partir da dinâmica das aulas, das questões sobre o caso da QSC e das tarefas dos estudantes. O questionário possuía dois quadros que avaliavam diferentes aspectos da intervenção proposta. O primeiro refere-se ao conteúdo de Fisiologia Humana envolvido na intervenção, em que o professor avaliador deveria analisar cada aula; o segundo correspondia à perspectiva metodológica da intervenção. No Quadro 2 é apresentado um exemplo da estrutura do instrumento de validação.

Quadro 2. Exemplo do questionário de validação da intervenção submetido aos professores avaliadores.

Descrição das aulas	Atividade dos estudantes	Com essa instrução espera-se mobilizar o entendimento sobre:	Observações/Sugestões
<p>Aula 1</p> <ul style="list-style-type: none"> Levantamento de conhecimentos prévios sobre o corpo humano biocultural e fisiologia dos sistemas, com foco nos sistemas digestório, cardiovascular e respiratório. Apresentação e leitura do caso da QSC (em anexo). Contextualizar a QSC com o conteúdo da unidade (sistemas humanos e suas relações). Discutir sobre a concepção do que é sistemas, evidenciando sua relação com o todo do organismo e o meio. Discussão sobre a construção social de um “padrão de corpo”, influências da mídia, transtornos alimentares, discriminação e depressão. 	<ul style="list-style-type: none"> Desenhar em folha de papel metro os contornos do corpo humano e a localização anatômica dos sistemas. Expor ideias sobre o corpo humano como um todo e conhecimentos sobre a fisiologia dos sistemas e suas relações. <p>Questões para discussão (em grupos):</p> <p>1) “[...] ter “corpo de revista” não é impossível, mas os especialistas ressaltam que é preciso ter muita disciplina”. O que significa corpo de revista em termos culturais?</p> <p>2) Vocês consideram que a mídia e as redes sociais exercem influência no comportamento das pessoas em relação ao corpo? Se sim, quais são essas influências e suas consequências? Justifiquem.</p> <p>3) Com relação ao trecho de que Raquel “sempre ouviu brincadeiras e apelidos por causa do seu corpo”, quais as possíveis implicações sociais decorrentes da representação de corpo na sociedade atual? É certo culpabilizar ou ironizar as pessoas por causa de alguma característica física delas?</p>	<p>() a influência da mídia no comportamento das pessoas em relação ao corpo, e suas consequências.</p> <p>() o corpo humano associado ao ambiente.</p> <p>() a concepção ampla de saúde.</p> <p>() qual é a relação existente entre os diferentes sistemas do corpo humano.</p> <p>() posicionamento crítico relacionado ao “padrão de corpo” na sociedade.</p>	
<p>Aula 2 e 3</p> <ul style="list-style-type: none"> Levantamento de conhecimentos sobre o que é saúde. Apresentar o conceito amplo de saúde, discutindo os modelos 	<ul style="list-style-type: none"> Leitura e discussão de textos de divulgação científica (em grupo). <p>Questões para discussão (durante a aula):</p> <p>4) O que significa ser saudável? Justifiquem.</p>	<p>() o conceito de homeostase.</p> <p>() o conceito amplo e refletido de saúde.</p> <p>() a função dos nutrientes e como os alimentos são digeridos e absorvidos no corpo.</p>	

<p>socioecológico e biomédico, com exemplos cotidianos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mediar a discussão, por meio de textos de divulgação científica, sobre a relação entre alimentação, saúde e aspectos socioculturais. • Exposição dialogada sobre a função dos nutrientes, função e como ocorre a digestão e absorção, evidenciando a relação com a circulação sanguínea. 	<p>5) Quais são os tipos de alimentos que podem contribuir para uma vida saudável? Discuta a questão dos nutrientes e as dietas veiculadas pelos meios de comunicação.</p> <p>6) “A mãe de Raquel reclama da vida sedentária que a filha tem levado e de sua alimentação, que é muito rica em alimentos processados”. A mãe de Raquel tem realmente motivos para estar preocupada com a filha? Justifiquem.</p>	<p>() a anatomia dos sistemas digestório, cardiovascular e respiratório. () a relação existente entre o sistema digestório e cardiovascular. () a fisiologia da digestão.</p>	
<p>Aula 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exposição dialogada sobre metabolismo, obtenção e uso da energia biológica e sua relação com o sistema respiratório. 	<p>Questão para discussão (após a aula):</p> <p>7) Como os carboidratos são aproveitados pelo organismo e qual a sua função para o corpo? É possível relacionar esse processo ao sistema respiratório? De que forma? Justifiquem.</p> <p>Atividade para casa (individual):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesquisar possíveis causas do sobrepeso e obesidade, buscando argumentar sobre quais fatores pode estar envolvido na dificuldade de emagrecer de Raquel. Quais seriam as alternativas e os riscos e benefícios da cirurgia bariátrica. 	<p>() a função do sistema respiratório. () o conceito de metabolismo. () a relação entre obtenção de energia dos alimentos e aproveitamento do oxigênio da respiração. () os risco e consequências do consumo excessivo de carboidratos. () localização anatômica dos órgão do sistema respiratório.</p>	

Fonte: Elaborado pelas autoras.

O instrumento de validação continha a seguinte estrutura:

(1) Uma breve apresentação da pesquisa e de seu objetivo, abordando brevemente a concepção de abordagem de ensino adotada na intervenção.

(2) Instruções para o preenchimento do instrumento avaliativo: Na primeira parte da avaliação os professores deveriam analisar a descrição da aula, a tarefa dos estudantes e as questões sobre o caso da QSC e marcar a partir de uma escala de adequação qual opção dentre os objetivos propostos eram mais ou menos adequados naquele contexto descrito. A escala de adequação variava de 0 (zero) – não adequado a 2 (dois) – adequado; se o (a) professor (a) julgasse os objetivos ‘não adequado’, deveriam marcar 0 (zero) no local indicado, se julgassem ‘pouco adequado’, deveria marcar 1 (hum) e 2 (dois) se avaliasse como ‘adequado’. Das alternativas de objetivos apresentadas, era possível que os valores da escala se repetissem, ou seja, o avaliador poderia marcar mais de uma alternativa com a mesma indicação de valor. Dessa forma, poderíamos ter uma sequência de números como, por exemplo: 0, 1, 2, 2, 1, 0, considerando que foi dado 6 opções de marcações, sendo que apenas algumas dessas alternativas eram de fato o objetivo que consideramos mais adequado e que pretendíamos desenvolver na aula.

A segunda parte do questionário o avaliador deveria analisar a adequação em relação ao aspecto metodológico da intervenção, assinalando o grau de adequação sobre que tipo de entendimento a intervenção mais favorecia, utilizando a mesma escala descrita no parágrafo anterior. Em todo o questionário havia espaço para o avaliador inserir comentários e sugestões.

(3) Perfil do respondente, em que o avaliador deveria informar sua formação, instituição que leciona, tempo de docência e engajamento com a pesquisa na área de ensino.

(4) Um apêndice contendo o caso da QSC, para facilitar o julgamento do (a) professor (a).

Método de análise da validação

O instrumento de validação foi enviado via endereço de *e-mail* para 193 professores (as) de Biologia de oito Estados do Brasil, 6 desses e-mails retornaram; portanto, a lista de transmissão foi composta por 187 professores. Tivemos acesso a esses *e-mails* através de lista de doutorandos de dois programas de pós-graduação na Bahia, por meio de buscas a artigos e trabalhos publicados em eventos da área de ensino de Ciências, além de contatos pessoais e de parceiros de grupo de pesquisa. O e-mail foi enviado duas vezes em intervalo de 20 dias, porém, só obtivemos retorno de 27 questionários respondidos, que compôs a amostra deste estudo.

Como forma de determinar a validade da intervenção a partir da análise dos avaliadores, os dados coletados através dos questionários foram tratados a partir de análise exploratória de frequência nas categorias 0, 1 e 2, utilizando a Microsoft Excel® e análise qualitativa dos comentários. Criamos gráficos para melhor explicitar os resultados. Existem vários enfoques que podem ser utilizados para se determinar a concordância dos avaliadores, e a escolha do método depende da natureza dos dados (PERROCA; GAIDZINSKI, 2003). Não empregamos métodos estatísticos inferenciais para validação. Isso porque os avaliadores julgaram como adequado grande parte dos objetivos propostos, e esse dado, em termos de validação, não nos fornece muita informação sobre a adequação da intervenção. Isso pode ter sido em decorrência de um problema de construção da escala para as alternativas de objetivos propostos, o que torna uma análise estatística com testes de hipóteses inadequada.

Sendo assim, a validação se deu em termos dos comentários dos avaliadores, de maneira qualitativa, fizemos uma análise descritiva das respostas e das sugestões dos professores, para inferir sobre a adequação dos objetivos da intervenção e decidir sobre modificações na dinâmica das aulas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentaremos os resultados da validação da intervenção em blocos de três aulas, através de gráficos e descrição dos comentários dos avaliadores. Inicialmente, procedeu-se a análise descritiva a fim de identificar como ocorria a concordância dos avaliadores na marcação das alternativas com os nossos objetivos pretendidos. Isso foi feito pela análise de frequências de marcações do número 0, 1 e 2, para os objetivos de cada aula, que indicam objetivo não adequado, pouco adequado e adequado, respectivamente. Também analisamos criticamente os comentários e sugestões para decidir sobre modificações na intervenção.

Aulas 1, 2 e 3

O Gráfico 1 mostra os resultados da análise das três primeiras aulas. As letras representam objetivos das aulas, em que o avaliador deveria marcar o grau de adequação (0, 1 ou 2) em relação a dinâmica da aula descrita. Os números representam a quantidade de professores que assinalaram cada número da escala. As letras circuladas representam o nosso gabarito, ou seja, os objetivos que consideramos mais adequados para cada aula.

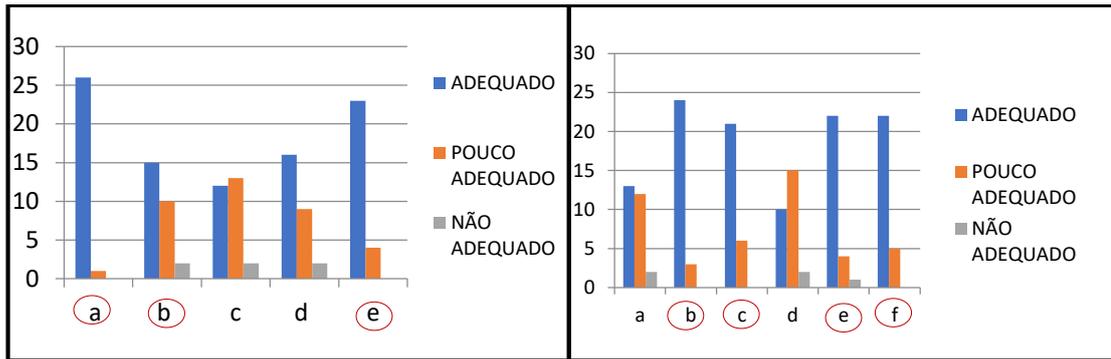


Gráfico 1. Resultado da análise das aulas 3 primeiras aulas da intervenção. As letras circuladas representam o nosso gabarito, ou seja, o objetivo que consideramos mais adequado desenvolver na aula. Fonte: Elaborado pelas autoras, a partir de dados da pesquisa, 2019.

Na primeira aula nossa expectativa de ensino era mobilizar o entendimento sobre a influência da mídia no comportamento das pessoas em relação ao corpo, e suas consequências; o entendimento do corpo humano associado ao ambiente e de valores éticos relacionados ao “padrão de corpo” na sociedade (que correspondia às letras a, b, e, no questionário de validação). Pela análise do Gráfico 1a observa-se que, de modo geral, os professores concordaram que os três objetivos são válidos (marcando o número 2 da escala de adequação). Porém, consideramos o objetivo escrito na letra d como pouco adequado, que era promover o entendimento da relação existente entre os diferentes sistemas do corpo humano, pois pela descrição da aula percebe-se que não se alcançaria esse objetivo na primeira aula, já que era o primeiro contato com os estudantes. Na marcação da letra c observa-se que os avaliadores não concordaram sobre a adequação do objetivo em relação à aula. O objetivo descrito era promover entendimento sobre a concepção ampla de saúde, que julgamos não adequado para a primeira aula. Esse é um entendimento que esperamos desenvolver depois de algumas aulas, quando teremos tempo de ter discutido os sistemas do corpo humano e os modelos de saúde biomédico e socioecológico, conforme discutidos por Martins (2017).

Algumas questões foram reportadas pelos avaliadores nos comentários da aula 1 e fizemos uma análise crítica das sugestões para fazer modificações na aula. A primeira modificação foi reelaborar os objetivos, pois concordamos com os comentários dos professores a seguir: *Não acredito que apenas estas duas atividades auxiliarão na compreensão de corpo e ambiente associados – P2¹⁰. Acerca do entendimento sobre a relação existente entre os diferentes sistemas do corpo humano, não vi questão que levasse a essa discussão – P5. Com*

¹⁰As abreviações P1, P2, P3... P27 referem-se ao (a) professor (a) que avaliou a aula. Utilizamos essa abreviação como forma de conservar o anonimato dos participantes da pesquisa e facilitar a leitura do texto.

essa primeira atividade considero que o trabalho de associar o corpo humano ao ambiente não ficou muito claro – P19. Concordamos que esse é um entendimento que o estudante pode desenvolver após algumas aulas e não no primeiro encontro. Portanto, no desenho final da intervenção deixamos esse objetivo mais claro: “Identificar a relação do corpo humano à questão sociocientífica Sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo”. Assim, consideramos que o material se tornou mais apropriado em se tratando do conteúdo da primeira aula, em que será apresentado o caso da QSC, numa discussão mais introdutória do tema de estudo da unidade.

Nas aulas 2 e 3 observa-se, pelo Gráfico 1b uma alta concordância dos avaliadores com o objetivo proposto. Não houve muita concordância dos avaliadores em relação ao objetivo descrito na alternativa a – entendimento do conceito de homeostase, que consideramos pouco adequado desenvolver nessa aula. O mesmo ocorreu na alternativa d – mobilizar o entendimento da anatomia dos sistemas digestório, cardiovascular e respiratório, que julgamos como “não adequado” e a maioria dos avaliadores assinalaram como “pouco adequado”. Não era nosso objetivo trabalhar a parte anatômica do sistema respiratório e cardiovascular, o foco dessa aula era o processo de digestão, porém, abordando como esse processo está integrado a outras funções do corpo. O conceito de homeostase, tratado de forma transversal na intervenção, seria introduzido nessa aula, mas esperava-se desenvolver o entendimento amplo desse conceito em momento posterior na intervenção. De modo geral, os avaliadores não deixaram sugestões de modificações na dinâmica dessas aulas, também não fizeram comentários relevantes para que pudéssemos aperfeiçoá-las.

Com a análise dos dados relativos às aulas 1, 2 e 3 da intervenção educacional proposta, modificações foram realizadas no instrumento e isso é o que se espera de um processo de validação. A análise dos resultados nos fornece indícios de que essas aulas e as questões do caso da QSC podem ter potencial para mobilizar o entendimento que pretendemos promover a partir dessas aulas.

Aulas 4, 5 e 6

No Gráfico 2 apresentamos os resultados da análise das aulas 4, 5 e 6. Nessas aulas nosso principal objetivo foi trabalhar o conceito de metabolismo e homeostase; a relação entre obtenção de energia dos alimentos e aproveitamento do oxigênio da respiração; a fisiologia dos sistemas respiratório e circulatório e suas relações e a natureza multifatorial do sobrepeso.

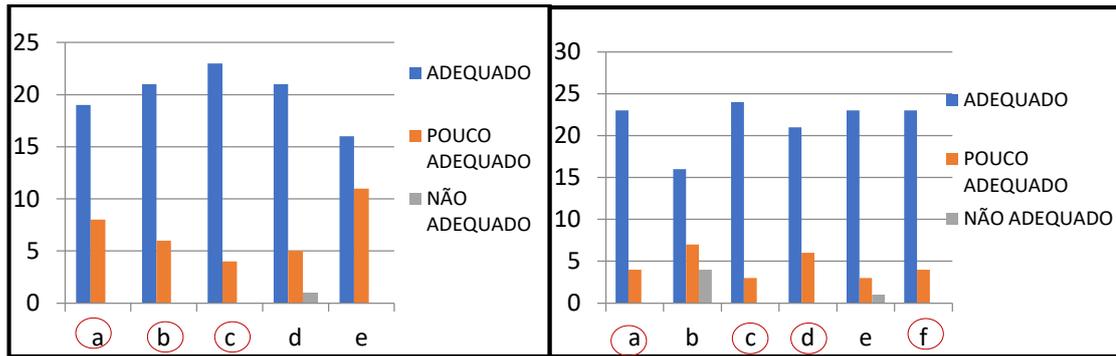


Gráfico 2. Resultado da análise das aulas 4, 5 e 6 da intervenção. Fonte: Elaborado pelas autoras, a partir de dados da pesquisa, 2019.

Observa-se a partir do Gráfico 2 que os avaliadores concordaram com todos os objetivos descritos, marcando todos os objetivos como adequados. Porém, na aula 4, por exemplo, não tínhamos a intenção de levantar discussões sobre os riscos do consumo excessivo de carboidratos – alternativa d, pois acreditamos que esse tipo de abordagem poderia criar uma imagem distorcida em relação a função dos carboidratos no corpo, que é muito importante para manutenção do metabolismo. Por outro lado, a localização anatômica dos órgãos do sistema respiratório – alternativa e, também não era o objetivo central desta aula.

Na análise dos dois comentários feitos na aula 4, o avaliador P11 fez a seguinte sugestão: *Deixo como sugestão dois filmes que tratam da questão do peso e a autoimagem em contextos de adolescência: “Sierra Burgess is a loser” e “Eight grade”*. Porém, avaliamos que pelo tempo didático disponível no calendário escolar não seria viável incluir esses filmes na intervenção, pois além de assistir ao filme teríamos que reservar tempo para discussão em sala, o que poderia durar cerca de 4h aulas. Decidimos incluir os filmes como sugestão para os estudantes assistirem em casa. O avaliador P23 sugeriu aumentar o tempo de aula e assim fizemos a modificação na intervenção, incluindo mais 1 aula para a discussão dos conteúdos. Consideramos que o conteúdo da aula é extenso e demanda bastante abstração, o que demanda um tempo maior para melhor compreensão.

Nas aulas 5 e 6, pela descrição da aula e das questões do caso que os estudantes deveriam discutir, o nosso objetivo não era mobilizar o entendimento de respiração celular aeróbica nessa aula. Entendemos que para compreender bem sobre o metabolismo e a relação entre sistema respiratório e cardiovascular os estudantes devem dominar os conceitos e processos relacionados à respiração celular, mas não era esse o objetivo principal da aula, por duas razões: a) os estudantes já teriam estudado esse conteúdo de forma ampla e específica; b) a abordagem foi planejada para ser discutida de forma transversal à medida que os conteúdos de fisiologia do sistema respiratório fossem sendo discutidos.

Embora os professores avaliadores tenham avaliado todos os objetivos como adequados, buscamos considerar os comentários para modificar as estratégias didáticas dessas aulas. Nas aulas 5 e 6, por exemplo, a mudança que fizemos na dinâmica foi incluir espaço para discutir o SUS (Sistema Único de Saúde) como direito social, tal como sugeriu o avaliador P11: *como o sobrepeso e a obesidade são tratados na atenção básica/SUS, trazendo, assim, discussões de cunho político, como as políticas públicas em saúde*. Consideramos essa discussão de extrema relevância no contexto da nossa intervenção, porque favorece a mobilização de conteúdos atitudinais e criticidade dos estudantes.

Aulas 7, 8 e 9

O Gráfico 3 apresenta os resultados das análises da validação para as aulas 7, 8 e 9 da intervenção. É possível observar o mesmo padrão nas respostas dos avaliadores, como discutidos anteriormente, de marcação generalizada de todos os objetivos como sendo adequados.

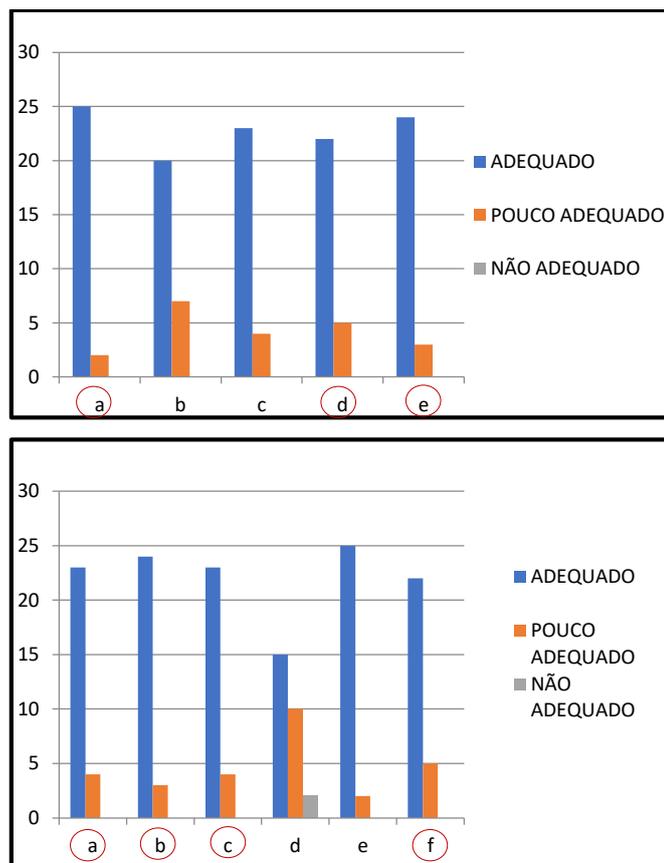


Gráfico 3. Resultado da análise das três últimas aulas da intervenção proposta no instrumento de validação. Fonte: Elaborado pelas autoras, a partir de dados da pesquisa, 2019.

Pela análise do gráfico 3a, observa-se que nenhum dos avaliadores considerou algum objetivo não adequado para a aula 7. Em relação ao nosso objetivo pretendido tivemos alto grau de concordância, no entanto, os objetivos descritos nas alternativas b – mobilizar entendimento sobre a anatomia dos sistemas cardiovascular e respiratório; c – entendimento da relação entre alimentação e gasto calórico, não foram considerados adequados por nós, tendo em vista que o foco de discussão dessa aula foi abordar o mecanismo de fluxo sanguíneo, mecânica da respiração e a integração entre esses dois sistemas humanos, além de discutir o armazenamento e uso da energia biológica.

A partir da análise dos comentários modificamos a questão 9 da QSC, levando em consideração a sugestão de reescrita proposta por P11: *Por que atividade física pode ajudar no emagrecimento? Nem toda atividade física visa a queima de gordura/perda de peso.* Com a nova redação o foco de discussão recai na importância da atividade física de maneira ampla e não restrita a perda de peso. Também incluímos mais uma aula para a discussão dos conteúdos, conforme sugeriu P21: *Acho uma aula pouco tempo, pois é um assunto que os alunos se interessam muito, perguntam, relatam suas experiências...* Concordamos com o avaliador de que apenas uma aula é insuficiente para desenvolver os objetivos propostos, pois além de ser um conteúdo que pode gerar alto engajamento dos estudantes na aula, também aborda conteúdos densos, como a relação de integração entre os sistemas respiratório e cardiovascular. Também tivemos uma avaliação positiva em relação à atividade proposta aos estudantes nessa aula: *Ótima proposta de construção de um mapa conceitual* - comentou o avaliador P24.

O uso de mapas conceituais como ferramenta de avaliação da aprendizagem tem sido investigado em diversos estudos (HILGER; GRIEBELER, 2013; MARTINS; LINHARES; REIS, 2009; SOUZA; BORUCHOVITCH, 2010; YOSHIMOTO *et al.*, 2016). Incluímos essa perspectiva em nossa intervenção como forma de conhecimento declarativo, autorregulação e avaliação da aprendizagem.

As aulas 8 e 9, as últimas da intervenção, foram destinadas à finalização dos estudos da unidade. A proposta foi que os estudantes socializassem os mapas conceituais, demonstrando o entendimento construído em relação à fisiologia dos sistemas digestório, respiratório, cardiovascular e sua integração. Nessa aula também pretendíamos que os estudantes se posicionassem em relação ao caso da QSC, discutindo a problemática central ao assumir diferentes papéis sociais. Essa estratégia tinha como objetivo compreender os processos fisiológicos do emagrecimento de forma mais ampla e refletida.

Não era nosso objetivo nessa aula mobilizar entendimento sobre o tratamento de doenças crônicas ligadas à obesidade, pois esse conteúdo já teria sido abordado em momento

anterior, também não era nosso foco abordar a função de diferentes especialistas no tratamento de emagrecimento, como havia nas descrições das alternativas “d” e “e” no Gráfico 3b, e que os avaliadores julgaram como adequados. Pela análise do gráfico 3b observa-se que a alternativa d, que julgamos pouco adequada, foi a que teve maior quantidade de marcações na escala ‘adequado’. Acreditamos que esse resultado tenha sido reflexo de uma formulação inadequada do objetivo, pois da forma como foi redigido e levando em consideração a questão 10 da QSC, que solicitava que os estudantes assumissem diferentes papéis de especialistas para lidar com as questões do caso, consideramos que possa ter havido uma indução a marcar a opção como adequada pelo avaliador.

No entanto, com a questão 10 da QSC o nosso objetivo era que os estudantes, ao assumir diferentes papéis sociais, pudessem se posicionar sobre questões complexas. Por exemplo, para todas as situações simuladas seria necessário conhecer mais profundamente as condições individuais e sociais envolvidas com a personagem do caso. Espera-se que os estudantes elaborem hipóteses explicativas para o caso em questão. Algumas informações sobre o caso ajudam na elaboração dessas hipóteses: o sedentarismo e alimentação inadequada de Raquel, a ansiedade, o deslumbre com os corpos dos perfis *fitness* nas redes sociais, as tentativas mal sucedidas de emagrecimento e a frustração. A questão central é a discussão da saúde e de aceitação do corpo. Outras questões envolvem o apoio da família e amigos, mudanças de hábitos de vida; condição socioeconômica e convívio social.

Na análise dos comentários apenas o avaliador P11 sugeriu acrescentar outro viés na discussão da questão 10: *[...] a função de diferentes especialistas na manutenção de padrões estéticos socialmente impostos, visto que, a partir de um discurso cientificista e biomédico, vemos cada vez mais a utilização de profissionais da área da saúde como validadores de coisas que são saudáveis ou não. E colocar um profissional da saúde como “aquele que diz o que é saudável” é completamente algo da abordagem biomédica de saúde [...]*. Decidimos acrescentar essa perspectiva de discussão em nossa intervenção; primeiro, porque não enviesa o discurso do professor em sala de aula na abordagem de temas sociocientíficos. Segundo, porque na intervenção já teríamos discutido as diferentes abordagens de saúde, o que possibilita ao estudante compreender a natureza complexa e multifatorial do problema da QSC.

Na elaboração dos objetivos no instrumento de validação, a distância entre o que consideramos ‘adequado’ e ‘pouco adequado’ pode ter sido um problema no momento da avaliação dos professores. Alguns deles marcaram como “pouco adequadas” as opções que consideramos como “não adequadas” e justificaram informando que a aula não tinha potencial para desenvolver aquele determinado entendimento. Apenas 1 avaliador, P23, parece ter usado

a escala de adequação conforme orientações no instrumento de validação, quando comentou: *os itens que eu atribuí o valor 1 são aqueles que ao meu ver não foram contemplados apenas neste encontro, mas ao longo da intervenção de modo geral.*

Apresentamos duas hipóteses que podem justificar esse resultado de concordância de maneira generalizada com as alternativas do questionário. Uma delas seria a pouca familiaridade com esse tipo de ferramenta de análise, sobretudo, porque a validação de intervenções educacionais é um campo de estudo ainda em desenvolvimento na área da pesquisa em ensino de Ciências no Brasil. A segunda é um problema do próprio instrumento e do tipo da escala, que pode ter sido inadequada para validar a intervenção de maneira mais sistemática. Um desses problemas pode ter sido falta de clareza ou ambiguidade na redação dos objetivos no questionário e pouca descrição das aulas no quadro, o que pode ter dificultado o julgamento dos professores sobre o detalhamento das ações didáticas em cada aula. Por isso, fizemos uma revisão criteriosa dos objetivos e das estratégias didáticas das aulas na intervenção, de modo a ficarem mais claros para os estudantes no momento da sua aplicação em sala de aula.

No entanto, consideramos que esse processo de análise foi importante para avaliarmos a intervenção mais criticamente, as estratégias didáticas e as atividades para tomar decisões sobre mudanças e alterações nessas ações didáticas, de modo a aperfeiçoar o material e garantir o alcance de seus objetivos.

Análise das estratégias metodológicas da intervenção

Na segunda parte do instrumento de validação os professores deveriam avaliar a intervenção de maneira geral, considerando as ações didáticas descritas nas aulas, e marcar a escala de adequação sobre o que o material mais favorece, do ponto de vista metodológico. No Gráfico 4 são apresentados os resultados dessa análise. A legenda “não opinaram” representam os avaliadores que marcaram um ‘x’ na alternativa, no lugar de usarem a escala de numeração (0, 1 ou 2), apresentada nas orientações. Esses avaliadores marcaram apenas as alternativas que julgaram serem mais favorecidas com a intervenção, nesses casos, contabilizamos essas respostas considerando-as como ‘adequadas’ para esses avaliadores.

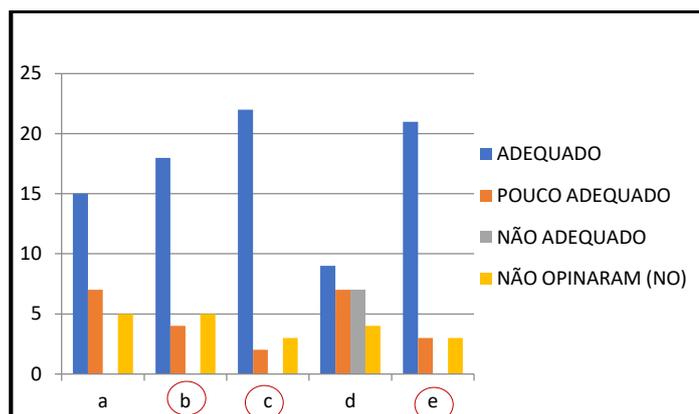


Gráfico 4. Resultados da análise sobre a abordagem metodológica da intervenção. Fonte: Elaborado pelas autoras, com base em dados de pesquisa, 2019.

Consideramos, após avaliação dos resultados da análise, que a intervenção elaborada favorecesse explicitamente: i) a compreensão sobre funções e processos fisiológicos; ii) o entendimento relacional da fisiologia humana; iii) a compreensão de conteúdos de fisiologia humana associados à questões sociocientíficas, que correspondem às alternativas ‘b, c, e’ destacadas no Gráfico 4. Observa-se que essa perspectiva metodológica foi endossada pelos professores avaliadores, o que nos dá indicativos de adequação das estratégias didáticas. Houve pouca concordância entre os avaliadores para a alternativa d - compreensão de questões sociocientíficas em detrimento de conceitos científicos da fisiologia humana. Ainda assim, 9 avaliadores marcaram essa opção como adequada, assim como marcaram também a opção ‘e’, o que revela uma inconsistência na avaliação, já que as duas opções são antagônicas.

Um aspecto importante apontado pelo avaliador P11 e levado em consideração na intervenção foi a inclusão de outra questão na finalização do caso da QSC. O professor argumentou que *ao ler a QSC, penso que, para torná-la mais controversa, seria interessante incluir uma questão do tipo “A Raquel precisa mesmo emagrecer?”*, pois esta é uma questão muito discutida principalmente em grupos de militância; e, a meu ver, tanto pelo posicionamento dos médicos quanto dos papéis envolvidos, todos podem acabar encaminhando Raquel para que ela precise emagrecer [...]. Concordamos plenamente com o argumento do professor e incluímos essa questão como sendo a controversa central do caso, no qual após os estudos os estudantes deveriam expressar seus argumentos levando em consideração os conteúdos trabalhados nas aulas.

Analisamos os comentários gerais da intervenção. O professor P2 argumentou que a descrição das aulas estava pouco detalhada, o que dificultou a sua avaliação. E complementou: *Entretanto, gostei muito da QSC proposta e acho que ela é sim, desencadeadora de uma grande discussão em sala que se for bem conduzida, renderá bons frutos – P2.*

É possível que muitas das respostas tenham sido em virtude do formato do instrumento de avaliação. Quanto à descrição das aulas, na construção do instrumento de validação tivemos dois desafios. O primeiro era construir um instrumento claro e objetivo, que não demandasse muito tempo de avaliação, considerando a carga horária de trabalho dos professores. Por outro lado, corríamos o risco de ter resumido demais a descrição das ações didáticas e dificultar o julgamento dos avaliadores. Assumimos o risco e optamos por resumir a descrição e ter um questionário mais conciso; com isso, nossa intenção era atingir maior número de professores para participarem da validação, mesmo com os seus compromissos de trabalho e/ou acadêmicos.

A professora P18, também argumentou dizendo que: *A maior parte das aulas é expositiva dialogada, o que pode ser completamente tradicional, não tenho como verificar se os mapas conceituais e as pesquisas estão sendo bem utilizados.* Nesse ponto, é importante ressaltar que aula expositiva por si só não é elemento suficiente para caracterizar uma proposta como tradicional, sendo necessário analisar outros aspectos das atividades propostas. Nesse caso também a pouca descrição das ações didática pode ter sido um fator decisivo para esse comentário.

A partir desse comentário decidimos incluir na intervenção uma atividade mais pragmática, em que os estudantes pudessem expor o conhecimento construído ao longo das aulas. Essa atividade seria a elaboração e exposição de stands, com modelos didáticos, cartazes, dinâmicas, entre outros, que pudesse ser aberta para visitaçãõ a toda comunidade escolar e externa. Essa atividade final da intervenção denominou-se de “Feira de Saúde e Corpo Humano”, em que os estudantes iriam abordar temas ligados à saúde humana e fisiologia, como discutidos durante a intervenção.

Sobre a intervenção de modo geral, tivemos muitos destaques de aspectos positivos apontados pelos professores, como demonstra os seguintes comentários: *Devido a complexidade do tema e sua importância, considerado a proposta de intervenção adequada e o trabalho relevante – P9. [...] Acho que a proporção entre conteúdo conceitual da biologia e de outros conteúdos conceituais está acertada – P13.* Outro professor argumentou dizendo: *[...]é notório o maior investimento na compreensão relacional entre os sistemas. Os/as estudantes, possivelmente, irão esquecer alguns conceitos e nomenclatura, mas manterão a ideia de que o corpo é um sistema integrado – P14. [...] “Fica claro que a compreensão de conteúdos científicos está associada a questões sociocientíficas. Foi importante estabelecer um equilíbrio entre o conteúdo científico e as questões socioculturais”. “Uniu de forma balizadora os diferentes conceitos, permitindo uma abordagem crítica mediante as práticas relacionadas*

a saúde humana”, comentou os professores P23 e P24, respectivamente. Outro aspecto importante foi comentado pelo professor P26, ao argumentar que a intervenção, ao trazer as discussões para sala, cria um ambiente de ampliação do universo cultural, possibilitando o estudo do tema, envolvendo diversas variantes necessárias para o estudo do caso. Cada variante apresentada promove uma nova atividade cognitiva, onde outros elementos são explorados, permitindo cada vez mais ampliar para uma visão sistêmica no processo de internalização de conceitos estudados na Biologia.

De modo geral, elencamos alguns aspectos importantes que foram sugeridos pelos avaliadores e aceitos, sendo reformulados em nossa intervenção. São eles: 1) reorganização das ações docente, de modo a tornar a sequência das aulas mais didáticas e visando também economia de tempo em sala de aula. Por exemplo, na aula 3 substituímos os textos de divulgação científica sobre alimentação, por discussões críticas a partir de imagens de alimentos, objetivando maior engajamento da turma na introdução do assunto relacionado ao sistema digestório; 2) aumento do número de aulas, passando de 9h aula para 12h aulas; assim incluímos de forma mais explícita o conceito de homeostase, dedicando 2h aulas para discutir sobre mecanismos de controle homeostático (*feedback* negativo, controle homeostático da insulina e do pH). Também incluímos mais uma aula para abordar questões relacionadas ao sistema cardiovascular, como: uma exibição e discussão de um vídeo sobre diabetes e circulação sanguínea e evidenciar como o sistema cardiovascular integra diversas outras funções e os demais sistemas do corpo; 3) reformulação de algumas questões do caso da QSC e inclusão de outras 3 questões, mais relacionadas ao objetivo das aulas. Por exemplo, reformulamos a questão 4 do caso, para que o estudante discutisse o que significa ser saudável segundo diferentes modelos de saúde.

Incluímos uma questão mais específica sobre o conteúdo da aula, por exemplo, “quais fatores estão envolvidos no desenvolvimento do diabete? Existe relação com o sistema cardiovascular? Justifiquem”. 4) inclusão de uma pergunta mais central no caso da QSC, de modo a torná-la mais controversa, que foi a problemática sobre a necessidade ou não de emagrecer da personagem do caso; 5) inserção de uma discussão mais explícita sobre valores éticos e morais, que incentive o posicionamento dos estudantes sobre questões relacionadas a padrões de corpo na sociedade; 6) inclusão de uma atividade prática para os estudantes, na forma de exposição didática dos conhecimentos construídos ao longo da intervenção, com intuito de socializar e difundir os conteúdos para toda comunidade escolar e extraescolar.

Destacamos nessa seção os aspectos que nos levaram a considerar a intervenção educacional como plausível para o alcance dos objetivos propostos. Ressaltamos as falas e as

sugestões relevantes dos professores avaliadores e indicamos os pontos que foram aperfeiçoados da proposta inicial. Sendo assim, podemos ter mais elementos para gerar maior consistência dos nossos resultados de pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo desenvolver princípios de design para construir uma intervenção didática sobre sistemas digestório, respiratório e circulatório e investigar a sua validade para promover entendimento de fisiologia humana numa perspectiva relacional no Ensino Médio. Partimos do referencial teórico metodológico da Pesquisa de Design Educacional e desenvolvemos três princípios de design para a intervenção didática proposta. Os princípios constituem as características essenciais da instrução e apostas teóricas para o processo de ensino.

Submetemos a intervenção construída a um processo de validação por pares, a fim de avaliar a viabilidade de sua aplicação para alcançar os objetivos. Fizemos isso por meio de uma análise sistemática das respostas de 27 professores de Biologia ao instrumento de validação. Consideramos que, a partir da análise das respostas dos avaliadores, tivemos indícios de adequação da intervenção educacional quanto ao alcance de seus objetivos. Esse processo foi fundamental para aperfeiçoamento da intervenção antes de sua aplicação no contexto real da sala de aula, pois nos forneceu dados para fazer modificações e para rever algumas estratégias didáticas.

Ressaltamos neste trabalho a importância do processo de análise e validação de intervenções educacionais, como sendo um aspecto fundamental para o rigor nas pesquisas em ensino. As modificações realizadas no instrumento em análise – em nosso caso, a intervenção – contribuem para o aumento da coerência interna da pesquisa, além de cumprir com o aspecto pedagógico de ensino. Isso nos sugere que é preciso investir nesse tipo de estudo, em pesquisas cuja natureza seja os contextos reais da sala de aula, pois o processo de validação é uma ferramenta que nos proporciona aperfeiçoar as intervenções educacionais antes de sua aplicação em sala de aula, e que pode possibilitar maior chance de alcançar os objetivos pretendidos. Além disso, no processo de validação participam professores e/ou especialistas em uma determinada área do conhecimento e esse movimento de colaboração na pesquisa é altamente legítimo e relevante para a pesquisa em ensino de Ciências, pois o saber docente, a experiência didática e os diferentes contextos socioculturais lançam outra visão sobre nosso objeto de estudo e nos ajuda a pensar em estratégias de melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

Acreditamos que se não elaborarmos intervenções com potencial para atingir os objetivos propostos, também não garantimos uma aprendizagem profunda dos estudantes. O desafio do ensino é sempre refletir sobre como alcançar os objetivos que são colocados, principalmente, diante de situações extra sala de aula que afetam o trabalho docente, além de criar estratégias para superá-las. O professor desempenha papel fundamental na elaboração de atividades de ensino, pois é por meio delas que o estudante poderá construir conhecimento sobre os processos científicos, desenvolver autonomia e habilidades que lhe permitam, sobretudo, refletir e atuar na sociedade de forma ativa. Para tal, defendemos que a utilização de QSC no ensino tem potencial para desenvolver as habilidades de pensamento crítico e ação social. Do mesmo modo, adotar a perspectiva do ensino relacional das funções fisiológicas pode possibilitar uma visão mais ampla sobre o corpo humano.

Diante dos resultados obtidos com as análises apresentadas, esta pesquisa se insere numa área de estudos ainda pouco explorada nas pesquisas em ensino de fisiologia humana e pretende contribuir com os debates sobre rigor e qualidade na elaboração de intervenções educacionais, assim como nas discussões sobre a validação dessas intervenções antes de sua aplicação nos contextos reais de sala de aula. Esperamos que os critérios que foram empregados neste estudo para construção e validação da intervenção possam ser utilizados em outras pesquisas de mesma natureza. Também esperamos que os professores da Educação Básica reconheçam a importância da avaliação criteriosa de propostas de ensino e se engajem mais em processos de validação. Por fim, almejamos com esta pesquisa contribuir para diminuir a lacuna existente entre a construção de intervenções educacionais e o estudo da sua validade e eficiência para o ensino.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, M. Pesquisa em Educação: Buscando Rigor e Qualidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 113, p. 51-64, julho, 2001.
- CHO, J.; TRENT, A. Validity in qualitative research revisited. **Qualitative Research**, v. 6, n. 3, p. 319-340, Aug. 2006.
- COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, 20, 37-46. 1960.
- GOLAFSHANI, N. Understanding reliability and validity in qualitative research. **The Qualitative Report**, Canadá, v. 8, n. 4, p. 597-607, 2003.
- GUIMARÃES, A. P. M.; SARMENTO, A. D. M.; MUNIZ, C. R. R.; SILVA, N. R.; SÁ, T. S.; EL-HANI, C. N. O aquecimento global como conteúdo norteador para ensinar sobre visão

sistêmica do planeta Terra no ensino médio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 9, 2013, Águas de Lindóia. **Anais do 9º Encontro de pesquisa em educação em Ciências**. Águas de Lindóia: ABRAPEC, p. 1-9 ISBN: 978-85-99681-03-9.

LEGENDRE, P., Species associations: the Kendall coefficient of concordance revisited. **Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics**, 10(2):226-245, 2005.

OLLAIK, L. G.; ZILLER, H.M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.38, n.1, 229-241, 2012.

PLOMP, T. Educational Design Research: an Introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. **An introduction to educational Design Research**. Enschede: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development. pp. 9-35. 2009.

SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. L. The morality of socioscientific issues: construal and resolution of genetic engineering dilemmas. **Science Education**, New York, v. 88, n. 1, p. 4-27, 2004.

SARMENTO, A. C. H. Como ensinar citologia e promover uma visão informada da ciência no nível médio de escolaridade. 2016. **Dissertação de Mestrado** (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Salvador, BA.

SARMENTO, A. C. H. *et al.* Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 19, n. 3, p. 573-598, 2013.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

Vanzela E. C, Balbo SL, Justina LAD. A INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS FISIOLÓGICOS E SUA COMPREENSÃO POR ALUNOS DO NÍVEL MÉDIO. arqmudi [Internet]. 3º de março de 2013.

ARTIGO 3: VALIDAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE DESIGN: AVALIANDO O USO DE UMA QSC PARA APRENDIZAGEM FORMAL SOBRE FISIOLOGIA HUMANA E PARA O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO CRÍTICO

RESUMO

Este estudo se insere no campo das pesquisas em ensino de fisiologia humana no Ensino Médio, em que relatamos uma investigação de características de uma intervenção didática desenhada a partir da Pesquisa de Design Educacional. O objetivo foi validar princípios de design que visam promover o entendimento das relações entre questões sociocientíficas - QSC, conteúdo formal escolar e capacidade de pensamento crítico. Utilizamos como unidade de análise as respostas dos estudantes nas questões de QSC, interação com o material instrucional e desempenho na feira de saúde e corpo humano, evento realizado pelos estudantes como culminância da intervenção. A partir desses procedimentos validamos dois princípios de design, com base no alcance das expectativas de ensino planejadas para a instrução: i) o princípio de uso didático de uma QSC, os resultados apontam para o entendimento dos estudantes sobre a relação do conteúdo escolar com QSC, analisado através das respostas às tarefas e também pela avaliação das apresentações da feira de saúde; ii) o princípio de trabalho cooperativo, avaliado a partir dos resultados que apontam para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes, pela análise qualitativa de mapas de episódios. Apesar de obter indicativos favoráveis à validação, ressalvas são apontadas em virtude do não alcance de algumas das expectativas levantadas; apontamos também algumas mudanças visando melhorias na intervenção, procedimento importante em uma pesquisa dessa natureza.

Palavras-chaves: pesquisa de design educacional, questões sociocientíficas, validação, sistemas fisiológicos.

ABSTRACT

This study is part of the field of research in teaching human physiology in high school, in which we report an investigation of the characteristics of a didactic intervention drawn from Educational Design Research. The objective was to validate design principles that aim to promote an understanding of the relationships between socio-scientific issues - QSC, formal school content and critical thinking skills. As a unit of analysis, we used the students' answers to the QSC questions, interaction with the instructional material and performance in the health and human body fair, an event held by students as the culmination of the intervention. From these procedures, we validated two design principles, based on the achievement of teaching expectations planned for instruction: i) the didactic use principle of a QSC, the results point to the students' understanding of the relationship between school content and QSC, analyzed through the answers to the tasks and also through the evaluation of the health fair presentations; ii) the principle of cooperative work, evaluated from the results that point to the development of students' critical thinking, through the qualitative analysis of episode maps. Despite obtaining favorable indications for validation, reservations are pointed out due to the non-achievement of some of the raised expectations; we also point out some changes aiming at improving the intervention, an important procedure in a research of this nature.

Keywords: educational design research, socio-scientific issues, validation, physiological systems.

INTRODUÇÃO

A abordagem de fisiologia humana no Ensino Médio, por vezes, se restringe ao conhecimento dos componentes dos sistemas e suas funções, sem estabelecer relações entre eles ou relacioná-los a processos fisiológicos mais amplos. Segundo Macedo (2005) esse enfoque faz parte do processo analítico característico das Ciências da Natureza, mas trouxe problemáticas importantes para a abordagem do corpo humano na Educação Básica.

A primeira delas é que o corpo humano do ensino escolar acaba fragmentado e retirado dos espaços culturais que ocupa. Nos livros didáticos, por exemplo, o corpo humano aparece como simples objeto de manipulação e estudo, como se fosse exterior aos sujeitos que o manipulam (MORAES; GUIZZETTI, 2016). Essa objetificação, de acordo com Macedo (2005), pode ser vista quando se compara o corpo com máquinas ou objetos inanimados. Além de o corpo ser retirado do âmbito cultural, o biológico é também reduzido ao mecânico e isso pode refletir em uma visão limitada e simplificada dos processos fisiológicos por parte dos estudantes. A segunda problemática diz respeito a biologização do corpo, pois é uma forma de fixar identidades, que dificulta politizar questões sociais importantes, tais como, a questão da diferença, individualidades, a relação com o corpo e influências da mídia, saúde e bem-estar, entre outras. O foco do ensino recai nas estruturas dos sistemas e na função dos órgãos, com pouca oportunidade de compreensão da natureza relacional do corpo humano (ASSARAF, DODICK, TRIPTO, 2013) ou capacidades de pensar criticamente sobre questões cotidianas.

Como oposição a este modelo de ensino da fisiologia humana partimos de dois pressupostos teóricos-metodológicos para a nossa proposta. A primeira é que consideramos a abordagem através de questões sociocientíficas – QSC como meio em potencial para permitir aos estudantes mobilizar e aprender sobre determinados conteúdos, de modo contextualizado e refletido (CONRADO; NUNES-NETO, 2018; MARTÍNEZ PÉREZ; PARGA LOZANO, 2013). As QSC são problemas ou situações controversas, que podem ser transpostos para o ensino de Ciências, pois permitem a abordagem contextualizada de conteúdos interdisciplinares. Como estratégia de ensino contribui para mobilizar habilidades e atitudes, além de aspectos políticos e econômicos, sendo interessantes para contextualizar a ciência e a tecnologia, quando ensinadas a partir dessa perspectiva (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Com isso, buscamos uma forma de lidar com o problema da fragmentação e falta de

contextualização do corpo humano apresentado, buscando uma abordagem que consideramos profícua para promoção de um entendimento mais amplo dos conteúdos científicos.

O segundo respaldo teórico-metodológico deste estudo visa lidar com o problema da biologização do corpo, através do uso de uma abordagem relacional da fisiologia humana, que se constitui de uma estratégia que abarca o estudo amplo sobre componentes, mecanismos e fenômenos da fisiologia humana com o intuito de promover entendimento mais completo sobre processos fisiológicos. Para investigar a eficácia desta abordagem através de uma intervenção no contexto da sala de aula, nos respaldamos na Pesquisa de Design Educacional - *Educational Design Research*, que tem por objetivo gerar aprendizados sobre as intervenções construídas, para melhorá-la enquanto produto educacional em contexto (BARBOSA; OLIVEIRA, 2015). Constitui no estudo detalhado do planejamento e aplicação de intervenções educacionais com a finalidade de superar problemas da prática educativa (PLOMP, 2009). Uma proposta de intervenção orientada por este referencial deve produzir princípios de planejamento (princípios de *design*), elaborados durante o seu planejamento. Os princípios de *design* se constituem de elementos importantes para caracterizar a proposta de ensino por meio da abordagem relacional.

Os princípios de design são produtos teóricos dessa abordagem de pesquisa e apresentam o potencial de compor uma teoria de ensino específica para um dado domínio (como por exemplo, para o ensino de fisiologia humana) (PLOMP, 2009). Esses princípios refletem particularidades essenciais da proposta de intervenção e possuem uma formulação que abarca duas ênfases: (i) ênfase substantiva, que tem a ver com as características essenciais da intervenção, como por exemplo, a abordagem de ensino; (ii) ênfase procedimental, que está relacionada aos procedimentos utilizados para implementar tais características, como por exemplo, um conjunto de atividades e ações a serem desenvolvidas durante a intervenção. Portanto, os princípios de *design* norteiam todo o processo de planejamento e elaboração da intervenção e estão relacionados com as expectativas de ensino a serem alcançados com sua aplicação. Sendo assim, procurando atender às problemáticas apontadas relativas à abordagem de ensino sobre fisiologia humana, esse trabalho visa investigar princípios de design de uma intervenção de modo que possam fornecer direcionamentos para avançarmos nas melhorias do ensino deste conteúdo no Ensino Médio.

CONTEXTO DA PESQUISA

O objetivo deste estudo foi investigar princípios de design de uma intervenção educacional para o ensino de fisiologia humana dos sistemas digestório, respiratório e cardiovascular a partir do uso de uma QSC sobre sobrepeso e influência da mídia na relação

com o corpo. Investigamos os princípios de design e inferimos sobre a sua validação através da análise sobre o alcance das expectativas de ensino propostas com a intervenção.

A intervenção foi desenvolvida para abordar o conteúdo dos sistemas digestório, respiratório e circulatório, por meio de uma QSC. O seu caráter inovador da abordagem pode ser considerado na proposta de rompimento com o reducionismo do corpo, presente nos currículos do ensino de Biologia, em que são priorizados conteúdos de natureza conceitual e memorística. As QSC podem ser abordadas na forma de casos, construídos como breve história real ou fictícia, contendo, preferencialmente, diálogos e personagens que se aproximam do(s) contexto(s) sociocultural (is) dos estudantes, e que tenha uma questão controversa que guia todo o estudo, incentivando o estudante a posicionar-se criticamente. Por isso, elaboramos uma proposta de QSC com uma estória que tivesse o potencial de promover na sala de aula discussões sobre o conteúdo da fisiologia humana e também questões sociais relevantes como: padrão de corpo, saúde, nutrição, atividade física, emagrecimento, sobrepeso e saúde.

Os resultados deste estudo provêm da aplicação de uma intervenção educacional em contexto real da sala de aula do Ensino Médio, aplicada para 108 estudantes de quatro turmas do 3º ano de uma escola pública estadual na Bahia entre maio e novembro do ano de 2019. A escola é localizada no interior da Bahia, em Cabaceiras do Paraguaçu, município com cerca de 18 mil habitantes. A escola é de grande porte e conta com mais dois anexos na região rural da cidade, e a maioria dos alunos são de localidades próximas. No ano da pesquisa a escola estava em processo de implantação do currículo do Novo Ensino Médio, que foi efetivado no ano seguinte, em 2020.

Todas as atividades foram incluídas no cronograma do currículo escolar das atividades da Unidade, inclusive a semana destinada as provas, que são obrigatórias na instituição. Para elaborar a intervenção utilizamos três princípios de *design*, que orientam toda o delineamento metodológico da instrução. Neste estudo focaremos em responder questões relativas à validação de dois deles, cuja os enunciados são: (1) uso didático de uma QSC, cuja expectativa de ensino foi promover entendimento do conteúdo formal de fisiologia humana associado a QSC e pensamento crítico; (2) trabalho cooperativo, cuja expectativa de ensino foi criar situações em que os estudantes interajam para se ajudarem mutuamente na realização das tarefas.

Todos os estudantes foram informados dos objetivos da pesquisa e aceitaram participar do estudo, por meio de assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), autorizando a utilização dos dados e imagens para fins de pesquisa. Os estudantes menores de idade tiveram o termo assinado pelos pais ou responsáveis. Além disso, o Diretor de ensino da unidade escolar também assinou um termo de consentimento autorizando a execução da

pesquisa nas turmas do 3º ano do Colégio. Este é um procedimento que garante os princípios éticos da pesquisa com seres humanos, conforme regulamentam a Resolução nº 466/2012 (BRASIL, 2013) e Resolução nº 510/2016 (BRASIL, 2016).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Instrumentos e procedimentos de produção dos dados

Este é um estudo de natureza qualitativa, de caráter exploratório, que de acordo com Gil (2002), tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com um determinado assunto ou problema, visando torná-lo mais explícito. No caso deste estudo, o caráter exploratório se traduz na validação dos princípios de design para o ensino de fisiologia humana, com uma abordagem relacional. Outro objetivo de estudos desta natureza diz respeito a aprimorar ideias ou a descobrir novas compreensões. O caráter qualitativo do estudo se faz presente pelo trabalho de campo para produção de dados de natureza descritiva, em que há contato direto com o contexto investigado (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Essa investigação, portanto, trata-se de um estudo de desenvolvimento (NIEVEEN; MCKENNEY; AKKER, 2006; PLOMP, 2009) e visa a validação de princípios de design de uma intervenção educacional aplicada no contexto da Educação Básica.

Para produzir os dados analisados neste estudo utilizamos dois instrumentos de coleta: a) roteiro de questões sobre o caso da QSC; b) diário de bordo da professora/pesquisadora. O roteiro de questões sobre o caso da QSC continha quatorze questões que foram respondidas ao longo da intervenção. Dessas questões quatro delas exigiam posicionamento dos grupos de estudantes e pensamento crítico frente a QSC, outras quatro questões eram sobre o entendimento do conteúdo formal da fisiologia humana associado a QSC e sete eram específicas sobre o sistema digestório, respiratório e circulatório. Neste estudo, o foco é analisar a capacidade de pensamento crítico e como os estudantes relacionam conteúdo formal com QSC e realizam trabalho cooperativo. Portanto, a análise centrou-se em oito questões sobre o caso.

A unidade de análise para validar o primeiro princípio de uso didático de uma QSC foi as respostas dos estudantes às questões do caso. Todas as questões foram discursivas, realizadas em grupos e discutidas em sala de aula. Para analisar qualitativamente as respostas dos estudantes partimos do gabarito do que era esperado para cada questão e analisamos se os grupos se posicionaram criticamente ou não se posicionaram frente à situação exposta na questão.

Fizemos uma leitura flutuante inicial (BARDIN, 2011), para um primeiro contato com o material que seria analisado, selecionando em seguida as questões que seriam analisadas, já que 14 questões exigiam diferentes tipos de habilidades dos estudantes. Selecionamos aquelas que solicitavam entendimento sobre a relação do caso da QSC e o conteúdo formal e as que exigiam posicionamento dos estudantes frente à essas questões. Após a primeira leitura das respostas partimos para uma análise mais minuciosa buscando encontrar padrões nas respostas de acordo com o que era esperado para cada questão, analisando cada questão individualmente em cada grupo. Com isso, elaboramos *a posteriori* critérios analíticos para as respostas.

A unidade de análise para validar o princípio de trabalho cooperativo foi a análise do contexto de ensino e de trabalho dos grupos coletados a partir do diário de bordo da professora/pesquisadora. Nesse contexto avaliamos a interação da turma com o material instrucional e o produto final da intervenção elaborado pelos grupos, que foi a realização de uma Feira de Saúde aberta à comunidade.

ANÁLISE E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentadas as análises e discutidos os resultados das tarefas realizadas pelos estudantes durante a intervenção, com o intuito de validar o princípio de uso didático de QSC e trabalho cooperativo em sala de aula. Todos os estudantes que participaram da intervenção realizaram as tarefas, portanto, os resultados discutidos são dos 108 participantes do estudo. Analisamos o desempenho por grupos de estudantes em cada turma, uma vez que todas as tarefas foram realizadas em equipes e com dinâmica específica em que todos dos grupos deveriam participar e se comprometer com as atividades.

Para validar os dois princípios de design que nos propomos, a análise dos dados foi conduzida de modo a responder as seguintes questões: (I) Como os estudantes relacionam conteúdos formais sobre sistemas fisiológicos à QSC? (II) De que forma a QSC possibilitou o pensamento crítico dos estudantes? (III) Como as turmas interagiram durante as aulas e na realização das tarefas? No quadro 1 sistematizamos as expectativas de ensino em relação aos princípios de design, às questões de pesquisas e os instrumentos e métodos de análise.

Quadro 1: Síntese dos procedimentos de análise dos dados para cada princípio de design.

Princípios	Expectativa de ensino	Questões	Instrumento de coleta	Unidade de análise	Método de análise
	Promover entendimento de QSC associada ao	Como os estudantes articulam entendimento de QSC com	Roteiro de questões sobre o caso da QSC;	Respostas dos grupos às perguntas do caso da QSC;	Análise qualitativa descritiva da forma como as questões sobre o

Uso didático de uma QSC	conteúdo formal de fisiologia humana.	conteúdo formal sobre processos fisiológicos?	Diário de bordo;	Desempenho dos grupos na apresentação da feira.	caso da QSC foram abordadas pelos grupos e desempenho na Feira de Saúde.
	Promover pensamento crítico sobre QSC	De que forma a QSC possibilitou o pensamento crítico dos estudantes?	Roteiro de questões sobre o caso da QSC	Respostas às perguntas do caso da QSC	Análise qualitativa descritiva da forma como as questões sobre o caso da QSC foram abordadas pelos grupos.
Trabalho cooperativo	Criar situações em que os estudantes interajam para se ajudarem mutuamente na realização das tarefas	Como as turmas interagiram durante as aulas e na realização das tarefas?	Diário de bordo	Características das turmas e perfil de interação nas aulas; Engajamento na realização da Feira de Saúde e Corpo Humano	Análise qualitativa descritiva do contexto de ensino;

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Inferimos sobre a validação dos princípios de design analisando o alcance ou não das expectativas de ensino, que diz respeito às tarefas e capacidades que os estudantes precisariam desenvolver no seu processo de aprendizagem ao longo da intervenção. Ao todo foram 18 grupos analisados, das quatro turmas que participaram do estudo.

Princípio 1 – Uso didático de uma QSC

Para validar o princípio de design de uso didático de uma QSC partiu-se da análise de duas expectativas de ensino, que foram avaliadas a partir das categorias de respostas elaboradas para analisar oito questões sobre o caso da QSC e as anotações em diário de bordo sobre o desempenho dos grupos na Feira de Saúde e Corpo Humano elaborada pelos estudantes.

Expectativa de ensino 1 - Promover entendimento de QSC associada ao conteúdo formal de fisiologia humana.

Com esta expectativa buscamos responder à seguinte questão de pesquisa: Como os estudantes articulam entendimento de QSC com conteúdo formal sobre processos fisiológicos? Para responder a essa pergunta fizemos uma análise qualitativa descritiva, a partir de duas perspectivas: i) análise das respostas de quatro questões sobre o caso da QSC que versavam sobre a relação entre conteúdo formal de fisiologia humana em um contexto de QSC; ii) desempenho dos grupos na realização da Feira de Saúde, a partir da análise do diário de bordo da professora/pesquisadora.

Análise 1

Para analisar as respostas das questões, elaboramos três categorias de respostas, sistematizadas no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2. Exemplo dos critérios usados para classificar as respostas dos estudantes.

Questão	Respostas	Descrição do critério de análise
O que significa ser saudável segundo diferentes modelos de saúde? Justifiquem	“Ausência de doenças”	Não relacionaram ou não responderam – NR: Não é possível identificar a relação estabelecida entre conteúdo e QSC, a resposta indica claramente uma concepção de saúde reducionista e biomédica, e sem justificativas
	“Ter saúde em dia, estar bem consigo mesmo, além de prática diária de exercício físico e boa alimentação”.	Relacionaram parcialmente – RP: A resposta não demonstra claramente a relação entre conteúdo e QSC. Quando os estudantes colocam “estar bem consigo mesmo”, corresponde a uma dimensão psicológica do estado saudável, que se relaciona com o modelo socioecológico de saúde. “prática diária de atividade físico e boa alimentação” relaciona-se com uma dimensão da saúde relacionada à dimensão física. Ou seja, há indícios de que o grupo tenha algum entendimento sobre a concepção ampla de saúde e a resposta apresenta um tipo de relação parcial, sem aprofundar em justificativas.
	“Segundo o modelo biomédico de saúde, uma pessoa saudável é aquela que está ausente de doenças. Este	Estabeleceram relações - ER: O entendimento é expresso de forma clara e argumentada,

	modelo é hegemônico, ou seja, ele se sobressai sobre os outros modelos, justamente pelo fato de as pessoas usarem esta definição restrita [...] Já o modelo socioecológico de saúde tem uma definição mais ampla, que diz que para uma pessoa ser considerada saudável ela tem que estar com bem-estar físico, mental e social e não somente ausência de doenças, engloba vários fatores, como condição de moradia, alimentação, relações afetivas, entre outros”.	possibilitando ao leitor identificar a maneira pela qual o estudante concebe o tema da questão e apresenta elementos de relação entre conteúdo-QSC. Nessa resposta o grupo coloca os dois modelos principais de saúde e concebem o socioecológico como uma definição mais ampla do estado de saúde.
--	--	---

Fonte: Dados da pesquisa.

Estas categorias de respostas foram elaboradas *à posteriori*, depois de ter feito a leitura flutuante das questões respondidas entregue pelos grupos e uma leitura mais detalhada. Na análise avaliamos se os grupos conseguiram estabelecer relações entre QSC e conteúdo de fisiologia humana olhando as respostas de cada um deles para a mesma questão. Ao final desta análise e categorização, fizemos uma contagem de quantos grupos alcançaram a expectativa de ensino e quantos não alcançaram, ou alcançaram parcialmente, como pode ser consultado na Tabela 1. Esta visualização por números nos dar um parâmetro mais geral de como foi a distribuição dos resultados.

Tabela 1: Relação do quantitativo de grupos que alcançaram a expectativa de ensino.

Questões	Turmas	Estabeleceram relações - ER	Relacionaram parcialmente - RP	Não relacionaram ou não responderam - NR
1) “A mãe de Raquel reclama da vida sedentária que a filha tem levado e de sua alimentação, que é muito rica em alimentos processados”. A mãe de Raquel tem realmente motivos para estar preocupada com a filha? Justifiquem.	A	1	3	1
	B	3	1	0
	C	2	1	1
	D	0	2	3
Total		6	7	5
2) Quais fatores estão envolvidos no desenvolvimento do diabetes? Existe relação com o sistema circulatório? Justifiquem.	A	3	1	1
	B	3	1	0
	C	0	4	0
	D	2	1	2
Total		8	7	3
3) A mãe de Raquel sugeriu que a filha iniciasse uma atividade física com caminhadas. Como vocês explicam os benefícios da atividade física no corpo, em termos fisiológicos? Por que atividade física pode emagrecer?	A	2	1	2
	B	3	1	0
	C	2	0	2
	D	0	2	3

Total		7	4	7
4) Raquel precisa de fato emagrecer?	A	2	1	2
	B	4	0	0
	C	1	0	3
	D	3	0	2
Total		10	1	7
Total Geral		31 43%	19 26,4%	22 30,6%

Fonte: Dados da pesquisa, elaborado pelas autoras.

De modo geral, dos dezoito grupos que responderam a cada uma das quatro questões, a distribuição das respostas entre as categorias foi próxima, sem muita variação da distribuição, exceto para a questão 4, que dentre as três categorias de resposta foi a que teve o maior número de grupos que estabeleceram relações do conteúdo das aulas com QSC. Uma hipótese que explica esse número é o fato de essa ter sido a última questão sobre o caso; desse modo, os estudantes já estavam mais familiarizados com esse tipo de discussão que foi feita ao longo da intervenção. Dezoito grupos responderam a quatro questões, isso dá um total de (n=72 respostas), em porcentagem tem-se 43% dos grupos que responderam as questões fazendo algum tipo de relação do conteúdo de fisiologia com QSC (ER), 26,4% dos grupos relacionaram parcialmente (RP) e 30,6% foram os grupos que não estabeleceram nenhum tipo de relação ou não responderam a pergunta (NR). Com isso, podemos afirmar que a maioria dos grupos de estudantes demonstraram algum tipo de entendimento dessa relação em suas respostas, sejam elas de forma mais completa e explicada ou de forma parcial.

Centramos a análise em responder sobre como os estudantes articulam entendimento de QSC com conteúdo formal trabalhado em sala de aula, por isso, selecionamos as respostas dos grupos que demonstraram entendimento dessas relações para análise e recorreremos às respostas classificadas como RP, quando se fez necessário, para explicar o contexto das respostas da questão.

Na questão 1, por exemplo, o objetivo foi que os estudantes levantassem discussões sobre os riscos e consequências dos alimentos ultra processados, sedentarismo e consequências, bem como questões sobre metabolismo energético e nutrientes.

Quadro 3: Exemplo de respostas que atendem à expectativa de capacidade de relacionar conteúdo formal à QSC.

Questão 1:

G4A: “Sim, pois **alimentos processados são ricos em gordura, e como ela é sedentária esta gordura irá se acumular no organismo** fazendo com que tenha um peso elevado e

consequentemente doenças graves, fazendo atividade física ela pode **evitar essas doença¹¹ e queimar a gordura¹²**.

G3B: “Sim, pois **o bom funcionamento do organismo é afetado** pelo consumo excessivo de alimentos industrializados. Por causa da sua composição que inclui substâncias químicas como: corantes, aromatizantes, conservantes, antioxidantes, estabilizantes, **substâncias essas que não são nutrientes e trazem danos à saúde**”.

G1C¹³: “Sim, a preocupação é acertada, pois uma alimentação rica em industrializados prejudicam a saúde e não tem os nutrientes necessários para o corpo, **aumenta as chances de problemas no sistema circulatório como entupimento das artérias, alergias, obesidade e colesterol alto**”.

Nestas respostas são identificados elementos importantes que nos respondem como os estudantes entendem a relação entre sedentarismo, alimentação e processos fisiológicos, ligados à preocupação da mãe da personagem do caso da QSC. Quando o G4A afirma que o sedentarismo leva ao acúmulo de gordura no organismo e que atividade física queima essa gordura, eles estão estabelecendo uma relação com metabolismo energético, ao processo de obtenção e uso da energia biológica. Além disso, reconhecem que alimentos processados são ricos em gordura e que em excesso podem causar doenças. Doença é um estado em que o corpo se encontra em desequilíbrio, perturbando a homeostase do organismo. E essa ideia também aparece na resposta do G3B quando eles afirmam que *o bom funcionamento do organismo é afetado*. Além disso, o grupo também aborda sobre a composição de alimentos industrializados e o quanto possuem mais compostos químicos para conserva do que nutrientes para o corpo e como isso pode apresentar riscos à saúde.

O G1C foi um pouco além ao citar o sistema circulatório em sua resposta e o entupimento das artérias como possível consequência, demonstrando entendimento sobre o processo de fluxo sanguíneo, uma vez que o entupimento das artérias compromete a circulação do sangue. Aqui temos indícios de os estudantes entendem que o estilo de vida e os fatores externos podem influenciar processos fisiológicos. Este é um resultado que atende à expectativa de ensino prévia, bem como a perspectiva teórica, pois concebemos o corpo não apenas com o aspecto biológico, mas também cultural, não objetificado e mecânico, mas, integrado e influenciado pelo ambiente (MACEDO, 2005).

Identificamos que a maior preocupação dos estudantes foi em relação às questões como sedentarismo, nutrição e saúde, que apareceram também nas respostas que classificamos como

¹¹ As respostas dos estudantes foram transcritas de forma literal, por isso, pode haver erros gramaticais.

¹² Os trechos destacados são para demarcar elementos importantes nas respostas, que evidenciam o endossamento à expectativa de ensino elaborada.

¹³ G1C significa que a resposta foi do “grupo 1 da turma C”; G3B – grupo 3 da turma B, e assim sucessivamente.

RP, como nesses exemplos: *Sim, porque ela não está ingerindo os nutrientes corretos (G1A). Sim, porque Raquel além de não praticar nenhuma atividade física, só ingere alimentos que não são ricos em nutrientes, com isso, ela terá sérios problemas de saúde (G4B). Sim, pois o sedentarismo e o mal abito alimentícios podem levar a obesidade entre outras doenças (G1D).* Classificamos estas respostas como “relacionaram parcialmente”, porque embora haja elementos que indiquem um entendimento da relação entre sedentarismo, alimentação e processos fisiológicos, as informações não estão bem justificadas. Por exemplo, quando o grupo cita sobre os maus hábitos alimentares, não fica explícito se eles entendem sobre macronutrientes e metabolismo, mas, conseguimos inferir que eles entendem que de alguma forma esses hábitos podem desencadear desequilíbrios no funcionamento do corpo.

Estes resultados também evidenciam um olhar dos estudantes mais voltado para a questão das doenças, e de certo modo é compreensível, uma vez que no ensino de ciências doença é tratada apenas como um estado oposto da saúde (SOUSA, 2021). Por isso, durante a intervenção também levantamos uma discussão sobre uma concepção ampla de saúde, por exemplo, trabalhando a concepção da abordagem socioecológica (MARTINS, 2011).

Na questão 2 o objetivo era que os estudantes entendessem que fatores não biológicos também podem ter influência no desenvolvimento do diabetes, como os comportamentais, por exemplo, e conseguissem fazer relação com o sistema circulatório, conteúdo formal abordado na intervenção. Essa foi a questão mais respondida pelos estudantes, dos dezoito grupos participantes apenas três não responderam, o G2A, G3D e G4D. Consideramos que esse resultado se deve ao fato de que esse tema gerou identificação e teve significado para os estudantes, pois em todas as turmas alguém conhecia uma pessoa ou tinha familiar com diabetes. Inclusive, alguns estudantes, como das turmas A e B, relataram que têm diabetes e contaram suas experiências em sala, tornando a aula um momento de muitas perguntas sobre o tema.

É importante ressaltar que a primeira autora deste trabalho é a professora de Biologia de todas as quatro turmas que participaram do estudo. Houve um cuidado para garantir que as aulas fossem o mais semelhante possível para todas as turmas, mas, sabemos que há outras variáveis como a experiência do estudante, maturidade, contexto de ensino e perfil da turma que interferem na forma como a discussão é conduzida e reflete no nível de aprofundamento das respostas e reflexões. Por exemplo, na turma B, em que tinha estudantes diabéticos, a discussão deste tema foi mais aprofundada e rica em experiências do que na turma D, em que a turma tem o perfil de baixa interação nas aulas. Dos cinco grupos dessa turma apenas dois responderam à questão estabelecendo relações do tema com o sistema circulatório.

De modo geral observamos que os estudantes demonstram entendimento sobre a relação entre diabetes e sistema circulatório, como mostra o Quadro 4.

Quadro 4: Exemplo de respostas que atendem à expectativa de capacidade de relacionar conteúdo formal à QSC.

Questão 2:

G3A: “Sim, diabetes aumenta o risco de doenças circulatórias. **Quantidade excessiva de açúcar no sangue pode romper as artérias, por isso tem relação com doenças do sistema circulatório**”.

G1B: “A diabetes se desenvolve a partir de alguns fatores, não é só uma alimentação rica em açúcar, mas também por uma predisposição genética e **resistência à insulina que dificulta o transporte da glicose do sangue para dentro das células, permanecendo na corrente sanguínea**, e ainda maus hábitos de vida. Existe sim relação com o sistema circulatório pois pode gerar o entupimento das artérias **restringindo o fluxo sanguíneo**”.

G1D: “Obesidade, que é o acúmulo excessivo de gordura, sedentarismo, a idade pois a muita mudança no metabolismo. **Sim, existe relação entre diabetes e o sistema cardiovascular pois pode danificar a parede das artérias e acabar causando um infarto**”.

Observamos que em todas as respostas os estudantes citam questões biológicas e comportamentais como fatores que podem desencadear a diabetes, como: alta ingestão de açúcares, genética, metabolismo, obesidade, sedentarismo, hábitos alimentares e estilo de vida, inclusive nas respostas classificadas como RP, como por exemplo o G3C que escreveu: “São pressão sanguínea e colesterol, e alto índice de glicose. Sim, porque ela pode sofrer um infarto, derrame cerebral etc”¹⁴. Aqui há indícios de que os estudantes sabem que existe uma relação do diabetes com o sistema circulatório, mas não citam como se dá essa relação, nem em que nível, por isso a resposta é classificada como relação parcial. O que é diferente das respostas expostas no quadro 4, como exemplo, em que os grupos elaboraram uma resposta que demonstra entendimento sobre como se dá essa relação, a nível de mecanismo de circulação sanguínea, como nos trechos que destacamos.

Outro ponto a partir desse resultado é que os grupos demonstram entender sobre as três categorias da fisiologia humana: componentes, mecanismos e fenômenos, quando eles falam sobre sangue, artérias, células, estão falando a nível de componentes; “*quantidade excessiva de açúcar no sangue*”, “*resistência à insulina que dificulta o transporte da glicose do sangue*”,

¹⁴ Transcrição literal das respostas dadas na questão.

fala-se no nível de mecanismo, e quando eles abordam sobre metabolismo, infarto e doenças, está no campo dos fenômenos, ou seja, dos resultados das interações e processos fisiológicos.

Entender a fisiologia humana de forma relacional e não como um somatório de partes é um resultado importante do ponto de vista didático porque os estudantes desenvolvem uma visão mais ampla sobre o funcionamento do seu corpo, e isso gera mais identificação, significado e aplicabilidade do conteúdo escolar na vida cotidiana. O estudo da fisiologia do corpo humano é relevante para os estudantes e envolvê-los em sua complexidade pode promover, além de uma compreensão contextual do corpo, uma compreensão mais ampla dos processos biológicos em geral e um entendimento científico de como os fenômenos ocorrem (RAVED; YARDEN, 2014).

Nas questões 3 e 4 também observamos esse mesmo padrão nos grupos que elaboraram respostas mais completas. Vamos analisar as duas questões juntas para entender melhor como os grupos estabeleceram a relação do conteúdo com QSC, no Quadro 5. Na questão 3 o tema era os benefícios da atividade física e a questão 4 foi a última questão do caso da QSC trabalhada, que fechou a intervenção e o intuito era que os estudantes alcançassem o entendimento sobre o processo de emagrecimento da personagem do caso, relacionando com tudo que foi discutido em sala de aula, tanto os aspectos biológicos, como sociais e comportamentais.

Quadro 5: Exemplo de respostas que atendem à expectativa de capacidade de relacionar conteúdo formal à QSC.

Questão 3

G1A: “[...] **estimula sistema o sistema imunológico**, ajuda a prevenir doenças, a obesidade, **além de melhorar a saúde mental**. Ajuda no emagrecimento pois os exercícios aumentam a capacidade de fazer esforço, e **faz o corpo gastar calorias queime as gorduras prejudiciais**, mais a alimentação saudável também é fundamental para uma boa saúde física [...]”.

G3B: “A prática de exercício físico diversos benefícios para saúde tais como **reduz a pressão arterial, proporciona bem estar psicológico**, melhora postura, age contra a obesidade, contra estresse e os hormônios ruins desagradável a ela. **O exercício físico liberação de hormônio chamado endorfina** que fazem se sentir melhor, calmo e etc.

G4C: A prática regular de atividade física é capaz de **melhorar a circulação sanguínea, fortalecer o sistema imunológico** ajudar a emagrecer e também diminuir o risco de doença cardíacas”.

Questão 4

G2B: “Se Raquel está acima do peso e isso pode estar prejudicando a saúde dela, sim é preciso que **ela perca peso para que esteja saudável, não tentar ter esses corpos de revistas** impostos pela sociedade, pois estar **magro não significa estar saudável assim**”.

como estar acima do peso não significa estar doente e nós sabemos que infelizmente este caminho de alcançar os “padrões” é um caminho totalmente frustrante”.

G2C: “Sim. Mas, não para ter um corpo bonito que chamasse atenção, como ela via na internet e sim para **ser uma pessoa saudável** e não desenvolver nenhum tipo de doença por causa do seu sobrepeso, **como cardíacas e hormônios**”.

G3D: “Depende. Porque tem várias doenças que é causada por conta do sobrepeso então se não fosse isso e ela gostasse do corpo dela o jeito que está não precisaria emagrecer. E também as pessoas deveria saber que **emagrecer não é algo que simplesmente depende do esforço e desejo individuais, e sim um processo complexo** que envolve uma série de fatores que em sua maioria não podem ser controlados pelo indivíduo”.

Interpretamos, avaliando respostas como reportadas no quadro 5, que a preocupação dos estudantes continua sendo a saúde e a prevenção a doenças. Na questão 3 observamos que os grupos relacionaram os benefícios da atividade física com o sistema imunológico e endócrino. Embora esses dois sistemas não tenham sido objeto de estudo da intervenção, mas, como a perspectiva da abordagem relacional é entender como os sistemas estão interligados, durante as aulas conceitos sobre esses sistemas foram abordados, quando necessários para uma melhor compreensão do conteúdo da aula.

Este é um resultado importante, pois toda a abordagem da intervenção foi baseada em ensinar fisiologia humana de forma relacional e não por sistemas isolada. Por isso, sempre que necessário para compreender fenômenos, foram abordados outros sistemas fisiológicos, que não apenas o digestório, respiratório e circulatório, foco da intervenção.

A questão 4 representava o fechamento do caso da QSC e a resolução do dilema da personagem: ela realmente precisaria emagrecer? O intuito era que os estudantes discutissem essa questão fazendo conexões com os assuntos que foram abordados ao longo da intervenção. Onze grupos responderam; desses, quatro responderam que a personagem não precisaria emagrecer, justificando o aspecto socioemocional envolvido no dilema. *Não, Raquel não precisa emagrecer de fato, pois os acontecimentos atuais que andaram lhe incomodando e fazendo com que sua mente mudasse fazendo dela uma pessoa inferior que é sua inspiração* – respondeu o G3A. Já o G1D respondeu que *não, talvez ela precise é de mais atenção e se relacionar com algumas pessoas, essa é nossa opinião*.

A partir dessas respostas, podemos ter indicativos de que os estudantes entendem que as questões sobre emagrecimento vão além do aspecto biológico, como nesse trecho extraído da resposta do G3D: *as pessoas deveria saber que emagrecer não é algo que simplesmente depende do esforço e desejo individuais, e sim um processo complexo que envolve uma série*

de fatores que em sua maioria não podem ser controlados pelo indivíduo. Esse “processo complexo” que os estudantes citam inferimos que são uma série de mecanismos ligados ao metabolismo e também fatores externos ao indivíduo.

Em todas as respostas observamos uma preocupação com a saúde em primeiro lugar e com aspectos que extrapolam o plano biológico, como nesse exemplo do G2B: *estar magro não significa estar saudável assim como estar acima do peso não significa estar doente e nós sabemos que infelizmente este caminho de alcançar os “padrões” é um caminho totalmente frustrante.* Consideramos que temos indícios de que os estudantes entendem a relação da QSC com os conteúdos formais trabalhados, como processos fisiológicos, doenças, fatores de risco para obesidade, bem como a própria discussão contextualizada que o caso proporcionou, levantar discussões sobre padrões de corpo, pressão estética, influência da mídia, concepção de saúde.

Portanto, este é um resultado que atende a nossa expectativa de ensino de promover entendimento das relações que existem entre o conteúdo formal da sala de aula e as questões sociocientíficas, porque obtivemos um percentual de 69,4% dos grupos que alcançaram esse objetivo, entre os que grupos que o fizeram de forma mais completa, clara e justificada (43%) e os que fizeram de forma parcial (26,4%).

Análise II

Além de analisar as questões do caso da QSC para validar a expectativa de ensino de promover entendimento da relação conteúdo formal-QSC, também analisamos o desempenho dos grupos na realização da Feira de Saúde e Corpo humano, que foi uma oportunidade para os estudantes compartilharem os conhecimentos construídos com a comunidade externa à escola e com os colegas das outras turmas, além de demonstrarem articulação do entendimento entre o conteúdo formal e QSC. Coletamos esses dados através das anotações e registros fotográficos da professora/pesquisadora no seu diário de bordo. As observações foram direcionadas para registrar: a) a forma como os grupos apresentaram o conteúdo, capacidade criativa e domínio do conteúdo.

Cada grupo ficou responsável por abordar um tema de relevância social da sua escolha e relacioná-lo com os sistemas fisiológicos que foram estudados ao longo da intervenção. Fizemos uma análise de como os grupos estabeleceram essa relação na forma de abordar o conteúdo durante a feira para inferir se eles alcançaram o entendimento da natureza relacional dos conteúdos científicos. Sendo assim, tivemos 18 apresentações que aconteceram simultaneamente durante a manhã e à tarde aberta à visita externa. Alguns conteúdos se

repetiram entre os grupos, mas o tema que foi utilizado para contextualizar foi diferente; por exemplo, quatro grupos optaram por falar sobre sistema digestório, mas um deles abordou a questão das dietas veiculadas pela mídia, outro sobre saúde bucal; nutrição e doenças ligadas a esse sistema. Os temas abordados foram:

- Doenças do sistema respiratório
- Transtornos alimentares
- Atividade física
- Corpo e Saúde
- Doenças do sistema digestório
- Obesidade
- Nutrição
- Síndrome metabólica
- Saúde e emagrecimento
- Dietas
- Colesterol
- Doenças do sistema circulatório
- Saúde bucal

A atividade da Feira foi a tarefa da intervenção que os estudantes mais se engajaram. Foram quatro semanas de preparação para o evento, que foi o primeiro da escola na área de Ciências da Natureza. Todos os alunos de todas as turmas participaram e tiveram seus momentos de explicação do conteúdo ao longo do dia, à medida que os visitantes e os estudantes das outras turmas passavam pelos estandes montados por ele nos corredores e salas da escola. Na nossa análise inferimos que a expectativa de ensino de promover entendimento da relação conteúdo formal com QSC foi alcançada em todos os grupos; apresentamos a seguir alguns exemplos de como os grupos fizeram essa articulação. Na figura 2 pode-se observar algumas imagens registradas durante o evento.



Figura 2. Estudantes durante a feira de saúde e corpo humano.

Na foto 1 o estande sobre “corpo e saúde” trouxe uma discussão sobre hábitos alimentares. O grupo iniciava a abordagem fazendo uma dinâmica com os visitantes com dois cestos, um com alimentos saudáveis e outro com alimentos superprocessados. Os visitantes tinham que fazer escolhas e justificar. O grupo expôs alguns alimentos industrializados junto com uma representação da quantidade de açúcar e gordura contidos ali e foi o que mais chamou atenção dos visitantes. Foi um momento importante para eles ensinarem sobre como as pessoas precisam estar mais atentas a rótulos dos alimentos e como as propagandas podem manipular a percepção sobre o produto. O grupo também problematizou sobre os refrigerantes diet, argumentando que não opções leves e saudáveis como a mídia vende. Percebemos aqui como o grupo relacionou nutrição com uma questão sobre alimentos industrializados, mídia e propagandas.

Essa postura crítica e problematizadora é uma das habilidades potenciais de serem desenvolvidas com o uso de QSC na abordagem de ensino (CONRADO; CONRADO, 2016; SOLBES, 2013), uma vez que esse tipo de abordagem não visa apenas a construção de conhecimentos sobre os conteúdos formais do ensino (MARQUES; REIS, 2018).

Na foto 2, um dos grupos da turma B usou a sala para simular o interior pulmões, na porta da sala havia uma cortina desenhada em pulmão, indicando o que os visitantes encontrariam lá dentro. Os balões representavam os alvéolos pulmonares, o barbante vermelho

em volta representava os capilares sanguíneos e em cada parte do pulmão um membro da equipe explicava sobre os componentes, o funcionamento, a relação com o sistema circulatório, e no final eles construíram um modelo 3D para explicarem sobre algumas doenças desse sistema. Os estudantes demonstraram muito domínio do conteúdo e capacidade criativa e abrangência em abordar vários assuntos relevantes sobre o sistema respiratório, por isso, na nota avaliativa o grupo conquistou a nota máxima.

Na foto 3 uma aluna explica o caminho do alimento pelo tubo digestório, enquanto outros integrantes do grupo faziam experimentos para falar do processo de digestão dos alimentos, usando exemplos reais do dia a dia. Já na foto 4, os estudantes da turma D usaram cartolina para ilustrar o processo de arteriosclerose e os riscos de consumir excesso de gordura; na foto 5, integrantes da turma A explicam com maquetes sobre alguns esportes, gasto calórico e a relação da alimentação e atividade física. Esse grupo usou a sala como uma espécie de “consultório”. Os visitantes entravam, recebiam orientações e eram encaminhados primeiro para entender sobre nutrição e depois como associar isso com atividade física. Destacamos esses dois exemplos da turma A e D por serem turmas com o perfil de baixo engajamento e menor interação e envolvimento com as atividades de classe, principalmente a turma D, que é a única da tarde, com estudantes acima dos 18 anos, a maioria cursando a disciplina pela segunda vez (o que pode ser um indicativo de desmotivação). Durante a feira observou-se um comportamento diferente dos estudantes dessas turmas, com envolvimento na organização do evento, interação, criatividade e domínio do conteúdo mesmo superando o medo que eles relataram de falar em público, em um evento em que tivemos cerca de 500 visitantes.

Este resultado é um forte indicador de que o engajamento escolar dos estudantes é mais estimulado em tarefas desafiadoras e que exigem proatividade, como foi a Feira. O engajamento escolar tem sido objeto de estudo de diversas pesquisas (COELHO; AMANTES, 2014; BORGES, JULIO; COELHO, 2005; JULIO, VAZ; FARIA, 2011) e nos permite compreender o esforço, o envolvimento e o sentimento desenvolvido pelos estudantes em relação a uma determinada tarefa (SCHAUFELI, SALANOVA, *et al.*, 2002), além da relação estabelecida com as tarefas de ensino e o efeito sobre o desempenho. O engajamento escolar é multifacetado (COELHO, 2011) e uma dessas facetas é o engajamento cognitivo. Um indivíduo engajado cognitivamente demanda maior investimento intelectual com o objeto de ensino (COELHO; AMANTES, 2014). Não coletamos dados que nos dessem possibilidades de avaliar com precisão sobre nível de engajamento escolar dos estudantes nesta tarefa, mas é importante destacar que tal engajamento pôde ser observado e registrado em caderno de bordo, principalmente em relação ao nível de explicação dos estudantes sobre os fenômenos. O alto

engajamento comportamental também pôde ser avaliado pelas ações e organização da feira, pelo empenho em produzir materiais de diversas naturezas. E isso foi feito inclusive nas turmas em que há pouco envolvimento quando as atividades são as usualmente empregadas em sala de aula. Esse resultado leva a uma reflexão sobre a importância em se promover diversidade de abordagens que possam mobilizar estudantes a depender do contexto de ensino, indo ao encontro da discussão sobre o pluralismo metodológico (LABURÚ; ARRUDA; NARDI, 2003; GALVÃO; MONTEIRO; MONTEIRO, 2020). Como nosso dado sobre engajamento não compreende todas as facetas desse construto, consideramos que este é um resultado que abre margem para trabalhos futuros serem investigados a partir dessa perspectiva teórica.

Outros grupos levantaram discussões sensíveis, como foi o caso do grupo que abordou a questão dos transtornos alimentares, levando os visitantes a fazerem uma autorreflexão, como mostra a Figura 3a.



Figura 3. Estudantes durante a feira de saúde e corpo humano. (a) estande sobre transtornos alimentares, (b) estande sobre saúde bucal.

O grupo solicitava que alguém dentre os visitantes do estande se sentasse numa cadeira de frente para o espelho e descrevesse a imagem que via. As pessoas ficavam surpresas com o fato de terem que se descrever, e a partir daí o grupo iniciava uma discussão sobre autoimagem e transtornos alimentares como bulimia e anorexia, além disso também faziam uma relação com nutrição do corpo. Já o grupo mostrado na Figura 3b abordou sobre saúde bucal, relacionando com sistema digestório e alimentação. O grupo também mostrava, com modelos anatômicos, como fazer a higiene da boca, a forma correta de fazer escovação, usar o fio dental e como evitar cárie.

Considerando os temas que foram escolhidos pelos próprios estudantes, a forma com que foram abordados e os recursos que foram utilizados nas apresentações, estes são outros dois exemplos do resultado que a Feira gerou e de como os estudantes demonstraram domínio e

articulação entre o conteúdo formal e discussões de relevância social. Constituem elementos do processo de ensino que validam a expectativa de ensino 1 (promover entendimento da relação entre conteúdo formal e QSC), pois esta ferramenta possibilitou: i) problematização dos conteúdos; ii) consideração para além do aspecto biológico; iii) postura reflexiva e posicionamento crítico frente a questões importantes. Como os estudantes nunca tiveram tido contato com ensino baseado nessa perspectiva, ter conduzido a intervenção a partir de QSC pode ter contribuído para que eles tivessem mais repertório e segurança em apresentar uma Feira de Saúde e Corpo Humano baseada nessa visão da abordagem do conteúdo escolar.

Ressaltamos a relevância de realizar atividades dessa natureza para promover, além da capacidade de entender o conteúdo escolar aplicado à temas cotidianos, também: i) desenvolver capacidade criativa e de pensamento crítico; ii) enriquecer o processo de aprendizagem e promover a alfabetização científica; iii) possibilitar o intercâmbio entre as escolas e as comunidades, e iv) contribuir com a formação integral do aluno (HOERNIG, 2004).

Expectativa de ensino 2 - Promover pensamento crítico sobre QSC

Com esta expectativa de ensino em relação ao princípio de design de uso de uso didático de uma QSC buscamos responder à seguinte questão: De que forma a QSC possibilitou o pensamento crítico dos estudantes? Para tanto, analisamos qualitativamente as respostas de outras quatro questões sobre o caso da QSC que exigiam posicionamento dos estudantes frente a questão discutida. Analisamos as questões e identificamos os grupos que se posicionaram, ou seja, deram a sua opinião sobre a questão solicitada, justificaram suas respostas, o que pode ser indicativo de capacidade de pensamento crítico, e os grupos que não se posicionaram, não justificaram as respostas ou não responderam à questão.

Para fins de uma visualização geral do resultado fizemos uma contagem de quantos grupos alcançaram a expectativa de ensino e quantos não alcançaram, ou seja, quantos grupos se posicionaram ou não, que pode ser visualizada na Tabela 2.

Tabela 2. Relação dos grupos que atenderam ou não a expectativa de ensino de promover pensamento crítico sobre QSC

Questões	Turmas	Se posicionaram-SP	Não se posicionaram-NP
1) “[...] ter “corpo de revista” não é impossível, mas os especialistas ressaltam que é preciso ter muita disciplina”. O que significa corpo de revista em termos culturais?	A	0	5
	B	3	1
	C	2	2
	D	0	5
Total		5	13
	A	4	1
	B	4	0

2) Vocês consideram que os meios de comunicação e a mídia exercem influência no comportamento das pessoas em relação ao corpo? Se sim, quais são essas influências e suas consequências? Justifiquem.	C	2	2
	D	2	3
Total		12	6
3) Com relação ao trecho de que Raquel “sempre ouviu brincadeiras e apelidos por causa do seu corpo”, quais as possíveis implicações sociais decorrentes da representação de corpo na sociedade atual? Como você age diante de amigos/familiares/conhecidos que não estão dentro do padrão de corpo perfeito?	A	3	2
	B	3	1
	C	1	3
	D	3	2
Total		10	8
4) No caso abordado, que estratégias a equipe adotaria para lidar com as questões do caso se fosse: a) nutricionista, b) terapeuta, c) endocrinologista, d) a família e) um amigo (a) bem informado (a) sobre o assunto?	A	4	1
	B	4	0
	C	0	4
	D	1	4
Total		9	9
Total Geral		36 50%	36 50%

Fonte: Elaborado pelas autoras, a partir de dados da pesquisa.

A partir da Tabela 2 consideramos que houve uma distribuição equivalente entre as categorias de respostas, 50% dos grupos se posicionaram, dando respostas que demonstram capacidade de pensamento crítico frente a questão discutida e 50% não se posicionaram. A questão 1 foi a que menos os grupos se posicionaram (n=13), e visou discutir sobre padrão de corpo, suas consequências e influência da mídia; as respostas se limitaram a: *Ter corpo de revista é ter um padrão, ser magro acinturado, barriga chapada, curvas bem definidas - G1A; significa seguir um padrão que é imposto pela sociedade, para que seja seguido - G4B; significa que a pessoa deve ter um corpo bem definido e ser magro (a) e saudável - G1D*. Dos cinco grupos que demonstraram pensamento crítico, as respostas foram na linha de apontar consequências como o desenvolvimento de transtornos alimentares, como por exemplo a resposta do G2B: *Nós discutimos que infelizmente a mídia interfere no padrão de corpo e beleza e muitas pessoas tentam alcançar esse padrão e sofrem com doenças como: depressão, bulimia e anorexia [...]*.

Este resultado de baixa adesão para a questão 1 pode ser explicado a partir de duas hipóteses: i) essa foi a primeira questão do caso da QSC, e os estudantes nunca haviam tido contato com esse tipo de abordagem, por isso, as turmas ainda estavam se familiarizando com a proposta; ii) pelo motivo da hipótese 1 deveríamos ter oferecido aos estudantes mais suporte didático para o desenvolvimento das respostas, como por exemplo, textos de divulgação científica, leitura dirigida, vídeos explicativos. Pode ser que, com o uso de mais recursos

didáticos além da aula expositiva dialogada, os estudantes construíssem mais repertório para desenvolverem um pensamento crítico para essa questão. Mas essa hipótese só pode ser avaliada em um novo protótipo de intervenção.

Pensamento crítico neste estudo é definido a como a capacidade de pensamento racional, reflexivo e focado em decisões sobre o que acreditar ou fazer (ENNIS, 2013). Relaciona-se com a capacidade de estruturar uma maneira própria de pensar pelas pessoas, uma inclinação para agir de forma crítica, levantar questões, apresentar razões para uma posição, formular explicações e justificativas (TENREIRO-VIEIRA; VIEIRA, 2016; SOLBES; TORRES, 2012). Nesse sentido, iremos apresentar no Quadro 6 algumas respostas dos grupos que se posicionaram nas questões para analisar como esse pensamento crítico apareceu nas respostas.

Quadro 6: Exemplos de respostas que atendem à expectativa de ensino de promover pensamento crítico.

Questão 2

G1B: “É algo induzido pela mídia, causando uma série de **transtornos físicos e psicológicos** [...] que podem trazer **consequências para a saúde como as dietas milagrosas, remédios** [...] muitas vezes o individuo não consegue lidar com a situação que esse corpo de revista impõe”.

G3C: “Sim, as redes sociais exigem muita influência. A influência é que um corpo bonito é aquele que a mídia enxerga e isso pode ter como consequências como **doenças físicas e mentais**, por causa de dietas restritas que a pessoa fica sem nutrientes suficientes para o corpo”.

G1D: “Sim, pois as influências na ideologia de corpo, nesse sentido, causa as implicações com o corpo, as consequências são: **podem levar uma pessoa a ter distúrbios e transtornos alimentares como: anorexia e bulimia nervosa**”.

Questão 3

G5A: “Isolação do meio social, apelidos maldosos, **discriminação, bullying** etc. Como agir? De forma normal e igualitária, pois somos todos iguais e cada um é perfeito do seu jeito, **devemos aconselhar estas pessoas para que a cada dia elas se aceitem mais e vejam que o “padrão” é do seu jeito, da maneira como você se sente bem**”.

G3B: “[...] não devemos julgar quem quer que seja pelo seu corpo. Por isso eu nunca pensei nisso e não faço ideia de como poderia agir em relação a essas pessoas, senão **com respeito, independentemente de como sejam seus corpos e mostrando para ela que padrão só existe na mídia**”.

G3D: “Agimos naturalmente **sem julgamentos, pois temos vivido a era dos direitos humanos**, hoje em dia várias pessoas não tem o padrão de corpo perfeito e elas são independentes, e fora que tentar atingir esse corpo pode ser frustrante para algumas pessoas e elas acabarem **entrando em depressão** [...]”.

A questão 2 solicitava que os estudantes se posicionassem em relação a influência da mídia na relação com o corpo e quais as consequências dessa influência. Inferimos que as

respostas trazem a capacidade de pensamento crítico, na medida em que envolvem o reconhecimento das problemáticas que as mídias sociais causam através da sua influência em relação ao padrão de corpo, abordando explicitamente sobre transtornos físicos, psicológicos, alimentares e questões de convívio social. Esse é um dos benefícios do uso de QSC no ensino de Biologia: possibilitar análise sobre situações sociais que geram debates relevantes e contextualizados relacionados a conteúdos científicos (TORRES; SOLBES, 2018).

Já na questão 3, os estudantes deveriam discutir sobre as implicações dos padrões de corpo na sociedade e como eles agem diante de outras pessoas que não se encaixam em tais padrões. Observa-se que os estudantes discutem sobre as implicações citando: isolamento social, exclusão, *bullying*, depressão e se posicionando sobre como agir, reconhecendo a diversidade, sem julgamentos e incentivando a autoestima. O G3D ainda acrescentou que; *temos vivido a era dos direitos humanos*. Ou seja, não se deve ironizar ou discriminar as pessoas por causa de alguma característica física delas. São respostas que evidenciam o alcance do pensamento crítico por justificar as razões para o argumento.

Outra forma de avaliar a capacidade de pensamento crítico dos estudantes foi por meio de uma questão que exigia que eles se colocassem em diferentes papéis sociais, ao discutirem sobre o que fariam para direcionar a personagem do caso se fossem: nutricionista, terapeuta, endocrinologista, família ou um amigo (a) bem informado (a) sobre o caso. Para todas as situações seria necessário conhecer mais profundamente as condições individuais e sociais envolvidas com a personagem, mas ao responder, os grupos demonstram capacidade de elaborar hipóteses de respostas, que é uma das premissas do desenvolvimento de pensamento crítico, como no exemplo de resposta apresentado na Figura 4.

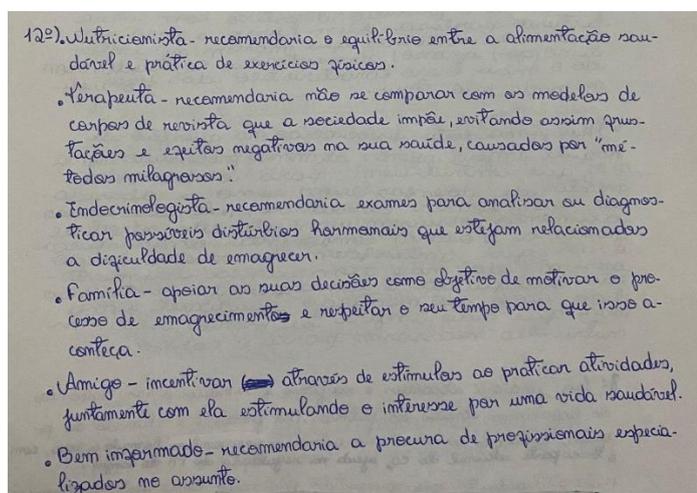


Figura 4. Resposta do G1B.

Inferimos que o grupo tem um entendimento geral de que lidar com as questões do caso - que é o dilema sobre o emagrecimento e a pressão estética que a personagem Raquel vive, exige pensar a partir de diferentes perspectivas. Para cada uma delas há um direcionamento diferente, que pode ser tanto termos biológicos, de investigar questões sobre nutrição, metabolismo, hormonais, quanto psicológicas, em trabalhar as questões da mente, ou ainda, no âmbito das relações sociais de convívio. A discussão em sala de aula foi conduzida de modo a levantar argumentos de que o processo de emagrecimento envolve muitas variáveis e exige uma postura ética para lidar com todas elas. Com isso, observamos que metade dos grupos responderam a essa questão se posicionando de forma a mostrar diferentes visões e estratégias para lidar com o caso.

Por estas análises nós consideramos que a expectativa de ensino de promover capacidade de pensamento crítico foi relativamente alcançada com a intervenção, pois encontramos indicativos dessa capacidade em 50% dos grupos. Contudo, fazemos algumas ressalvas em relação ao uso de recursos didáticos de suporte para os estudantes em sala de aula. Para alcançar resultados mais expressivos para esta expectativa seria necessário oferecer subsídios para discussão dos estudantes e assim conseguir um debate mais robusto, com mais embasamento e conseqüentemente, mais posicionamento dos estudantes. Outra questão é que tradicionalmente no ensino de Biologia os estudantes não são estimulados a desenvolverem pensamento crítico, porque o ensino por vezes é mais focado em aspectos biológicos e memorização de termos, por isso, abordagens desta natureza podem ser difícil dos estudantes responderem por não estarem familiarizados. Ademais, promover esse tipo de oportunidade de discussão pode ser o caminho para promover o desenvolvimento de diferentes habilidades dos estudantes.

A análise dos dados acerca das duas expectativas de ensino nos permite concluir que o princípio de design – Uso didático de uma QSC foi validado. Esse princípio já foi validado em outros estudos na área de ensino de Ciências, como por exemplo, Paiva (2019) e a relevância do uso de QSC para desenvolvimento de pensamento crítico, já é documentada na literatura (CONRADO et al., 2015; DIAS et al., 2015; ANDRADE et al., 2016; SOUZA; PAIVA; NUNES-NETO, 2016; CONRADO, et al., 2016). Sendo assim, consideramos que este estudo contribuiu para produzir indícios, a partir de pesquisa empírica, sobre a relevância desse princípio de design, o que nos permite continuar apostando nele para desenvolver futuras intervenções didáticas.

Princípio 2 – Trabalho cooperativo

Para validar o princípio do trabalho cooperativo fizemos uma validação da expectativa de ensino que tínhamos com o uso dele - criar situações em que os estudantes interagissem para se ajudarem mutuamente na realização das tarefas. Coletamos dados através das anotações em diário de bordo da professora pesquisadora.

Expectativa de ensino - Criar situações em que os estudantes interajam para se ajudarem mutuamente na realização das tarefas

Com esta expectativa de ensino buscamos responder à seguinte questão de pesquisa: 1) Como as turmas interagiram durante as aulas e na realização das tarefas? Para responder esta pergunta coletamos dados do contexto de ensino nas aulas e na elaboração e realização do produto da intervenção, que foi a Feira de saúde e corpo humano, através das observações da professora/pesquisadora em seu diário de bordo. Criamos um ambiente favorável à interação onde todas as tarefas da intervenção foram realizadas em grupos e com estímulo e dinâmica para participação de todos os integrantes dos grupos e com aulas expositivas dialogadas.

Contexto de ensino

Para desenvolver a análise exploratória do contexto de ensino, coletamos dados através do diário de bordo. As observações foram direcionadas para registrar o perfil de interação da turma com a instrução das aulas, engajamento comportamental e organização dos grupos. Com essas informações construímos mapas de episódios (AMANTES, 2009), para sistematizar os resultados. Como não tivemos nenhuma atividade individual, optamos por sistematizar esses dados por turma e por grupos, para entender como cada uma interagiu com o material da instrução.

A opção metodológica de utilizar o dado contextual sobre a interação das turmas com o material instrucional para validar a nossa expectativa de ensino com o princípio da cooperação, se deu pelo fato de esse ser um fator que pode interferir no desempenho dos estudantes, uma vez que interagem e cooperam para que haja um contexto favorável à aprendizagem de todos. A importância da análise do contexto em processos de ensino já vem sendo investigada em outros trabalhos da área de ensino de Ciências Outros estudos na área de ensino de Ciências já discutem sobre a importância do contexto para analisar processos de ensino (SANTOS; MORTIMER, 2008; BARBOSA, 2009; LIMA TAVARES *et al*, 2010; AGUIAR *et al*, 2010; VENEU; FERRAZ; REZENDE, 2015),

No Quadro 7 apresentamos um exemplo de um Mapa de episódio específico da turma A na segunda semana. A partir da análise desses registros percebemos algumas características gerais da turma e dos grupos que participaram da intervenção. Esses dados nos ajudam a entender o contexto de ensino, a partir do perfil das turmas e argumentar sobre como se deu a interação com o material a partir dessas características.

Quadro 7. Mapa de episódio da turma A na segunda semana da intervenção.

Aula/Semana – Descrição geral	Interações em relação ao conteúdo da aula	Organização e comportamento dos grupos	Realização das tarefas
<p>Semana 2: Interpretação e discussão dos desenhos do corpo humano e localização dos órgãos para introdução do assunto; Leitura coletiva do caso da QSC; Problematização de questões envolvidas no caso e discussão sobre padrão de corpo na sociedade e o papel das redes sociais. Introdução dos sistemas fisiológicos a partir de uma perspectiva relacional.</p>	<p>Cada grupo expõe seu desenho e seus conhecimentos prévios sobre o assunto; Dois estudantes comentam não perceber relação entre o sistema digestório e respiratório. Outros disseram existir relação, mas não saber explicar. Um estudante pontuou: “todos os sistemas trabalham em conjunto, se um ‘bugar’ os demais param”. Após a leitura do caso, a professora problematizou em quais pontos do caso poderia usar conhecimento dos sistemas para entender melhor. Os estudantes citaram: sistema digestório relacionado à alimentação e o sistema respiratório, explicando que pessoas com excesso de peso ficam ofegantes durante esforço físico.</p>	<p>Turma com 30 estudantes. Agitação inicial, demora para o início da aula; Conversas paralelas sendo preciso interromper a aula algumas vezes para estabelecer a ordem; Um estudante permaneceu dormindo no fundo da sala.</p>	<p>Os grupos se uniram para discussão das questões da aula sobre o caso da QSC. Dois líderes da semana de dois grupos não realizaram a tarefa de casa.</p>

Fonte: elaborado pelas autoras.

No primeiro dia de aula da intervenção os estudantes receberam um envelope que continha o roteiro completo das aulas, explicando a dinâmica e conteúdo de cada semana, os objetivos de aprendizagem esperados, o caso da QSC que seria abordado, bem como as questões que seriam discutidas a cada semana. Para incentivar a cooperação entre todos os integrantes da equipe, cada semana um membro era o líder da equipe, organizava o grupo, documentava as discussões na folha de resposta, levava o envelope para casa para levar na aula seguinte e registravam o nome no roteiro de atividades. Houve essa rotatividade de líderes em todas as turmas, o que é um indício de que os estudantes cooperaram nas tarefas. Mas, a forma como cada turma interagiu nas aulas foi diferente, por isso, reportamos uma discussão sobre o contexto de ensino.

Quatro turmas participaram do estudo, sendo três delas no turno da manhã e uma no turno da tarde, com uma média de 28 estudantes em cada sala. Entre as turmas da manhã, a turma B foi a mais engajada em todo o processo de aprendizagem, os estudantes eram mais comprometidos e interessados nas aulas. Com isso, o trabalho dos grupos fluiu de forma mais organizada, e era possível que todos participassem das discussões, o que nos fornece indícios de que houve um ambiente de cooperação entre eles.

O ensino focado em trabalho cooperativo busca desenvolver autonomia dos estudantes, motivá-los a não desistirem de determinadas tarefas. Estudantes que trabalham sozinhos podem ter mais propensão a atrasarem tarefas ou ignorá-las, mas o trabalho em equipe pode motivá-los a terem mais compromisso com a entrega das tarefas (FELDER; BRENT, 2007). No contexto desta pesquisa observamos cooperação observando o comprometimento dos com a realização das tarefas solicitadas.

A turma A tinha um perfil de baixa interação nas aulas, participavam pouco, uma turma com um perfil de baixo engajamento. Durante os trabalhos em equipes era comum alguns grupos ficarem dispersos, conversando sobre outros assuntos, sendo necessário sempre intervir para que o trabalho avançasse, o que indica que não houve muita interação entre eles em relação ao conteúdo da aula. A dispersão e barulho de alguns grupos também pode ter afetado a cooperação para um ambiente mais propício para as discussões. Contudo, todos os grupos entregaram as atividades no prazo.

Já a turma C era mais participativa e os estudantes eram muito agitados, por conta disso, todo assunto virava uma discussão calorosa e polarizada; por exemplo, depois da leitura coletiva do caso, a pergunta principal era se a personagem precisaria de fato emagrecer. Metade da turma disse que não, com discursos como: *não, ela não precisa emagrecer porque corpo padrão não existe o que importa é ter saúde*. O estudante é interrompido por uma colega que fala enfaticamente: *precisa sim, porque ela não está se sentindo bem com o corpo dela e nós temos o direito de fazer o que quiser com nossos corpos, se Raquel quer emagrecer e sentir bem, ela deve fazer!* - Nesse ponto todos os estudantes falam e debatem simultaneamente e é difícil retomar a concentração. Nesses momentos de discussão, observa-se como criou-se um ambiente propício para que os estudantes estivessem à vontade para expor a sua opinião sobre o tema, e se ajudassem com as discussões a chegarem uma conclusão.

Observou-se que o horário das aulas influenciou no desenvolvimento das atividades. Eram duas aulas geminadas por semana em cada turma. Na turma C as aulas começavam após o intervalo, isso explica a agitação dos estudantes até se acomodarem para o início da aula. Na turma D, da tarde também, além disso os estudantes tinham que sair mais cedo da aula, pois

todos eram de fora do município e dependiam do coletivo escolar cedido pela prefeitura da cidade para voltarem para casa e tinha um horário definido. Ou seja, nos dois últimos horários sempre perdíamos 20 minutos de aula.¹⁵ Dessa forma, a turma D sempre estava apressada para ir embora, a maioria dos estudantes eram maiores de 18 anos, alguns com filhos e trabalhavam durante o turno da manhã.

Toda essa análise de perfil de turma é importante para refletirmos sobre nossas propostas e ensino sobre a importância de considerar os diferentes contextos de ensino e o perfil de comportamento de turma, de modo a garantir que todos alcancem os objetivos pretendidos com o ensino. Por exemplo, sabendo dessas variáveis na turma C e D, a professora sempre solicitava uma pesquisa prévia do assunto em casa, de modo que quando fosse o momento da aula ficasse mais fácil de acompanhar as discussões, já que o tempo de aula era mais reduzido. Além da interação das turmas com o material de ensino, todos os grupos entregaram o envelope de atividades dentro do prazo, e entrega das tarefas é um indicativo de trabalho cooperativo.

De modo geral, dentro do perfil de cada turma percebeu-se que os estudantes se engajaram com a estória do caso da QSC, criando uma identificação com a personagem. E esse é um dos benefícios de usar histórias com personagem e diálogos para abordar uma QSC, pois aproxima os estudantes de contextos socioculturais próximo à realidade de vida deles (CONRADO e NUNES-NETO, 2018).

Feira de saúde e corpo humano

Para validar a expectativa de ensino de criar situações para que os estudantes interagissem e se ajudassem mutuamente na realização das tarefas analisamos como os grupos se desempenharam na apresentação da Feira de Saúde observando a organização das equipes e o engajamento na sua realização, pois o sucesso da atividade é o resultado de um trabalho coletivo em que todos se ajudam mutuamente.

A feira de saúde foi a tarefa da intervenção que demandou mais interação e trabalho cooperativo dos estudantes, pois sem o trabalho de todos não seria possível realizar um evento tão grande. Desde o primeiro dia da intervenção, quando os estudantes foram apresentados à proposta de ensino, a professora avisou que a produto da unidade seria a realização da feira. Imediatamente os estudantes ficaram muito animados com a ideia e começaram a fazer

¹⁵ Esse não era um comportamento somente desta turma e sim de todo o colégio. A maioria dos estudantes não moram na zona urbana, então, toda a escola era liberada 20 minutos antes do horário regular por causa do horário de saída do transporte público municipal.

suposições sobre como poderiam realizar esta tarefa, o que poderiam fazer nas apresentações. “Podemos fazer igual a semana de tecnologia do Castro Alves” – comentou um estudante do 3C, se referindo à escola de Ensino Fundamental do município. “A gente pode vim de jaleco, professora?” – disse um outro estudante já pensando no tema de saúde bucal que ele e sua equipe já haviam definido.

Assim, desde a definição dos temas de cada grupo foram quatro semanas de preparação, em que os estudantes sempre tiravam dúvidas com professora nos intervalos sobre detalhes da organização, definição da forma como abordariam os temas, os recursos que seriam utilizados, a localização de cada estande, visita e convite pessoalmente às outras unidades de ensino do município e todos os detalhes para fazer o evento acontecer. Inclusive, um dia antes os grupos estavam na escola no turno oposto e até a noite produzindo os materiais das apresentações, conforme mostra a Figura 4.



Figura 4. Estudantes em grupo cooperando nas tarefas referentes à feira.

Tiveram momentos de tensão e conflitos de ideias entre os integrantes de um mesmo grupo, como aconteceu com o G3B, em que quase desistiram de apresentar e uma das integrantes chegou a chorar relatando os desafios do grupo. Em outro grupo também da turma B, o G1B, houve conflito entre os estudantes de toda a turma pela escolha do local da apresentação. Esses momentos de conflito, desencontros e competição entre os estudantes também revelam como eles estavam engajados para que o evento acontecesse e é indicativo de

que de fato o trabalho estava sendo feito em equipe, discutindo e debatendo ideias, cooperando para a realização da tarefa.

Observamos que nenhum dos 18 grupos centralizou a responsabilidade da atividade em apenas um integrante. Todos os integrantes de cada grupo participaram da construção dos materiais, organização da apresentação, tirou dúvidas referente ao evento durante o processo. Quando um dos integrantes não podia ir em um turno, porque estava trabalhando, fazia o revezamento com outro. A Feira foi uma tarefa muito desafiadora para os estudantes, no dia do evento uma das alunas do 3C, que sofre de ansiedade, chegou a passar mal e desmaiar por pressão baixa e ser levada à emergência da cidade, tamanha a responsabilidade e medo que ela estava de não conseguir explicar tudo que ela estudou.

Consideramos que os marcadores de organização, engajamento na tarefa e domínio de conteúdo foram contemplados por todos os grupos. Importante ressaltar que para esta atividade não se observou baixo engajamento para nenhum dos grupos. Por isso, consideramos que alcançamos a nossa expectativa de ensino de criar situações de ensino para que os estudantes interagissem e se ajudassem no processo de construção do conhecimento, e com isso inferimos sobre a validação do princípio de trabalho cooperativo, pois o resultado da feira é um forte indicador de que houve cooperação entre os estudantes para realizarem a tarefa.

O princípio da cooperação já foi validado em outros trabalhos já publicados (GUIMARÃES *et al.*, 2103; MUNIZ *et al.*, 2012; PAIVA, 2019; SARMENTO, 2016) apontado com um princípio importante para planejar o ensino, por estimular a empatia, organização e tolerância, pois o trabalho cooperativo é um trabalho em conjunto e de responsabilidade de todos envolvidos no processo. Contudo, reconhecemos que poderíamos ter dados mais robustez sobre como ocorreu a cooperação dos estudantes em grupos, como por exemplo, fazendo entrevista com alguns deles ou solicitando relatório da atividade; assim teríamos os registros dos próprios estudantes e não somente a análise da professora/pesquisadora. Esse é um ponto para refinar em um protótipo futuro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi investigar princípios de design de uma intervenção educacional para o ensino de fisiologia humana dos sistemas digestório, respiratório e circulatório a partir do uso de uma QSC sobre sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo. Analisamos os dados para validar dois princípios: uso didático de uma QSC e trabalho cooperativo. Inferimos sobre a validação dos princípios através da análise sobre o alcance de três expectativas de ensino planejadas.

A primeira expectativa de promover entendimento do conteúdo formal de fisiologia humana associado à QSC para validar o princípio de uso didático de uma QSC, foi validada tendo em vista os indicativos produzidos através dos resultados das respostas dos estudantes no caso da QSC e como os grupos de estudantes demonstraram esse entendimento durante as apresentações da Feira de Saúde e corpo humano. Mais da metade dos grupos responderam às questões que exigiam entendimento desta natureza e todos os grupos alcançaram essa expectativa nas apresentações da Feira. O aspecto principal destes resultados foi o fato de tanto as respostas sobre o caso quanto às apresentações articularem o conteúdo da aula com algum aspecto de tema de relevância social, como saúde, atividade física, nutrição, emagrecimento, diabetes, transtornos alimentares, sobrepeso, obesidade, doenças. Podemos atribuir este resultado à própria natureza das QSC: i) questões direcionadoras que visam problematização do conteúdo científico; ii) abordagem explícita de questões sociais relevantes; iii) abordagem do conteúdo contextualizado com temas do cotidiano dos estudantes.

A segunda expectativa de ensino também valida o princípio de uso didático de QSC, que foi promover pensamento crítico sobre QSC. Fazemos esta inferência porque nossos resultados apontaram que 50% dos estudantes demonstram capacidade de pensamento crítico, através das respostas sobre o caso da QSC que exigiam reflexão e discussão crítica sobre o tema abordado. Fazemos uma ressalva, pois entendemos que este resultado isolado não é suficiente para uma postura crítica dos estudantes, principalmente porque coletamos estes dados em um momento pontual da resolução das questões através da escrita. Os resultados seriam mais robustos e possível de fazer inferências em relação a capacidade de pensamento crítico se tivéssemos coletado dados sobre as interações discursivas, por exemplo, pois geraria mais informações sobre a forma de pensar dos estudantes. Por isso, propomos aperfeiçoamento dos procedimentos de coleta de dados para uma próxima aplicação desta intervenção, incluindo instrumentos de coleta de dados como filmagens e gravações.

Tendo em vista que este foi o primeiro contato dos estudantes com este tipo de abordagem e que debates e discussões de temas para além do conteúdo formal não é uma rotina escolar, consideramos que este foi resultado satisfatório do ponto de vista da pesquisa acadêmica (e pedagógico). Mas, para um próximo protótipo, será preciso melhorar os recursos de ensino, fornecer subsídios para discussão dos estudantes, como textos de divulgação científica e vídeos. Assim, dadas as ressalvas, consideramos que o princípio de uso didático de uma QSC foi razoavelmente validado em nosso estudo pois alcançamos as expectativas de ensino planejadas.

A terceira expectativa de ensino analisada neste trabalho foi criar situações em que os estudantes interajam para se ajudarem mutuamente na realização das tarefas, para validar o princípio de trabalho coletivo. O alcance desta expectativa é evidenciado pelos indicativos que observamos que houve cooperação: a) realização das tarefas da intervenção em grupos; b) divisão do trabalho; c) discussões; d) engajamento escolar; e) disputa de ideias entre os integrantes dos grupos. Como forma de aperfeiçoamento propomos a inclusão de relatório das atividades, de modo que os próprios estudantes relatem como eles cooperaram na realização das tarefas. Também propomos coletar dados por meio de entrevista semiestruturada com alguns estudantes para que seja possível analisar a cooperação também do ponto de vista de como o próprio aluno avalia e relata.

Além das razões teóricas sobre a relevância dos princípios de design aqui apresentados, este estudo apresenta bons indicadores que permitem continuar apostando nesses princípios, a partir dos aperfeiçoamentos propostos para sua aplicação em pesquisas futuras. Esses princípios podem ser utilizados por outros professores em contextos de ensino semelhantes, ou com adaptações, visando melhorar o ensino de fisiologia humana, adotando uma nova forma de abordar os conteúdos desta matéria. Consideramos que pesquisa de design educacional que conduzimos neste estudo traz uma contribuição para a área de ensino de biologia, ao apresentar um modo inovador de abordar fisiologia, como para o campo das práticas pedagógicas, em termos de produto educacional.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, O. G.; MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Learning from and responding to students' questions: The authoritative and dialogic tension. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, p. 174-193, 2010.

AMANTES, A. Contextualização no ensino de Física: feito sobre a evolução do entendimento dos estudantes. 2009. 275p. **Tese (Doutorado)** - UFMG, Belo Horizonte.

BARBOSA, J. C. Modelagem e modelos matemáticos na Educação Científica. **Alexandria (UFSC)**, v. 2, p. 65-85, 2009

BARCELOS, N. N. S.; JACOBUCCI, G. B.; JACOBUCCI, D. F. C. Quando o cotidiano pede espaço na escola, o projeto da feira de ciências "Vida em Sociedade" se concretiza. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 16, p. 215-233, 2010.

BORGES, O.; JÚLIO, J. M.; COELHO, G. R. Efeitos de um ambiente de aprendizagem sobre o engajamento comportamental, o engajamento cognitivo e sobre a aprendizagem. **V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. [S.l.]: [s.n.]. 2005. p. 1-12.

COELHO, G. R. A Evolução do Entendimento dos Estudantes em Eletricidade: Um Estudo Longitudinal. **Tese de Doutorado em Educação pela Faculdade de Educação da UFMG**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011.

COELHO, G. R.; AMANTES, A. A influência do engajamento sobre a evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciências**, v. 13, n. 1, p. 48-72, 2014.

Ennis, R.H. **Critical thinking across the curriculum: The Wisdom CTAC Program**. *Inquiry: Critical Thinking across the Curriculum*, 28 (2), 25-45. 2013

FELDER, Richard M.; BRENT, Rebecca. Cooperative Learning. In: MABROUK, Patrícia Ann ed., **Active Learning: Models from the Analytical Sciences**. ACS Symposium Series 970. Washington, DC: American Chemical Society, 2007.

HOERNIG, B. A. Feira de Ciências: uma estratégia para promover a iniciação à educação científica. 2004. 114f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Luterana do Brasil, Porto Alegre, 2004.

LABURÚ, Carlos Eduardo; ARRUDA, Sérgio de Mello; NARDI, Roberto. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.

LIMA, T. M.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M-P.; MORTIMER, E. F. Articulation of conceptual knowledge and argumentation practices by High School students in evolution problems. **Science & Education**, v. 19, p. 573-598, 2010.

MARTINS GALVÃO, I. C. ; DE CASTRO MONTEIRO, I. C.; ALVARENGA MONTEIRO, M. A. O pluralismo metodológico e o desenvolvimento da argumentação científica no ensino de física. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 135–151, 2020. DOI:10.14483/23464712.14324. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/article/view/14324>. Acesso em: 19 sep. 2021.

NASCIMENTO, S. S.; PLANTIN, C.; VIEIRA, R. D. A validação de argumentos em sala de aula: um exemplo a partir da formação inicial de professores de Física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, p. 1-15, 2008.

SANTOS, W. P.; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, p. 214, 2009.

SCHAUFELI, W. B. et al. The measurement of engagement and burnout: a two sample confirmatory factor analytic approach. **Journal of Happiness Studies**, Netherlands, 2002. 71-92.

VENEU, Aroaldo; FERRAZ, Gleice; REZENDE, Flavia. Análise de discursos no ensino de ciências: considerações teóricas, implicações epistemológicas e metodológicas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, p. 126-149, 2015.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. Argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de Física no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 1-15, 2003.

ARTIGO 4: APRENDIZAGEM DE FISIOLOGIA HUMANA POR ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM RELACIONAL

RESUMO

Com base nos pressupostos de uma abordagem relacional da fisiologia humana, este trabalho se insere no contexto das pesquisas em ensino de biologia, especificamente nos estudos empíricos dedicados a investigar resultados de aplicação de intervenções inovadoras em contextos reais de sala de aula. O objetivo deste estudo foi investigar o entendimento dos estudantes sobre os sistemas digestório, respiratório e circulatório, numa perspectiva relacional da fisiologia humana, a partir de uma intervenção educacional. Para isto criamos um banco de itens e o validamos por amostra, coletamos os dados da pesquisa através de testes de conhecimento aplicados em três ondas de medidas em um desenho de pré-teste, pós-teste e teste de retenção. Usamos tratamentos estatísticos para analisar os dados e responder à três perguntas de investigação que nos dessem indícios do entendimento dos estudantes e com isso inferir sobre a aprendizagem deles. Os resultados apontam que houve evolução no entendimento ao longo da intervenção, por isso consideramos que a nossa expectativa de ensino foi alcançada com a instrução aplicada.

Palavras-chaves: sistemas fisiológicos, ensino de fisiologia humana, princípios de design, pesquisa de design educacional, aprendizagem de conteúdos científicos.

ABSTRACT

Based on the assumptions of the perspective of a relational approach to human physiology, this work is part of the context of research in teaching biology, specifically in empirical studies dedicated to investigating the results of applying innovative interventions in real classroom contexts. The aim of this study was to investigate the students' understanding of the digestive, respiratory and circulatory systems from a relational perspective of human physiology. For this, we created an item bank and validated it by sample, we collected the research data through knowledge tests applied in three measurement waves in a pre-test, post-test and retention test design. We used statistical treatments to analyze the data and answer three research questions that gave us clues about the students' understanding and thus inferred about their learning. The results show that there was an evolution in the students' understanding throughout the intervention, that's why our teaching expectation was reached with the applied instruction.

Keywords: physiological systems, teaching human physiology, design principles, educational design research, learning scientific content.

INTRODUÇÃO

No ensino de Biologia as dificuldades de aprendizagem dos estudantes se configuram como objeto de estudo há um tempo (ÇIMER, 2012; AGBOGHOROMA, OYOVWI, 2015). Conteúdos como a síntese de proteínas, biologia celular, fisiologia humana, genética, regulação hormonal e sistema nervoso têm sido apontados como conteúdos difíceis de aprender nessa disciplina por alunos do Ensino Médio (ÇIMER, 2012).

Podem ser levantados diversos fatores para explicar tal dificuldade dentre eles i) a natureza abstrata e interdisciplinar de muitos conceitos biológicos; ii) a inadequação dos métodos utilizados pelos professores para promover um entendimento mais consistente sobre os processos científicos; iii) currículos sobrecarregados (ALVARADO; RIVAS; OCHOA, 2012; GURGEL, *et. al.*, 2014). Outro fator que contribui para que os estudantes percebam conteúdos de Biologia como de difícil entendimento é a falta de contextualização em relação à vida cotidiana, uma vez que a formalização desses conteúdos os distancia dos significados rotineiros e demandam uma lógica de raciocínio díspar em relação ao que usualmente estão familiarizados. Isso acaba por contribuir para a falta de motivação pelo estudo da matéria e consequente dificuldade para aprendê-los (ÇIMER, 2012).

Especificamente no ensino de fisiologia humana, um problema comum nos currículos da Educação Básica é a fragmentação e consequente simplificação dos processos fisiológicos e percepções reducionistas sobre o corpo (MACEDO, 2005; ASSARAF, DODICK, TRIPTO, 2013; MORAES; GUIZZETTI, 2016; SEIXAS *et al.*, 2019). A fragmentação nesse sentido diz respeito à abordar os sistemas fisiológicos de forma isolada, com foco na memorização das estruturas e suas funções e mecanismo, com pouco espaço para discussões de fenômenos orgânicos gerais do corpo. A consequência disto é que, ao estudarem os sistemas de forma isolada, os estudantes não desenvolvem a noção de integralidade do corpo, o que pode influenciar nas decisões sobre cuidados com a saúde, com o próprio corpo e uma noção ampla e refletida sobre questões ligadas a ele (MORAES; GUIZZETTI, 2016).

Nesse sentido, defendemos que uma forma de lidar com essa fragmentação do ensino de fisiologia humana é por meio de uma abordagem explícita sobre a natureza relacional das funções fisiológicas, reconhecendo a complexidade biológica do corpo e ao mesmo tempo contextualizando esse corpo biológico no ambiente em que ele está inserido, através de questões sociocientíficas. Essa perspectiva visa proporcionar aos estudantes uma aprendizagem ampla

sobre os processos fisiológicos e visão sobre sua natureza relacional, e não apenas aprender sobre partes isoladas dos sistemas.

A aprendizagem nesse estudo é concebida em termos do progresso de atributos ou traços latentes (ou seja, não mensurados diretamente por observáveis), mas que podem ser acessados a partir de manifestações desses atributos na interação dos sujeitos com o ambiente de ensino (AMANTES, 2005). Sendo assim, é possível analisar a evolução de traços latentes, tais como entendimento, motivação, atitudes e habilidades, dentre outros relacionados à aprendizagem, desde que se tenha uma teoria substancial que os relacione a elementos observáveis, tais como o desempenho, a performance procedimental, a argumentação, o discurso e outros (AMANTES; COELHO; MARINHO, 2015).

Na literatura de Ensino de Ciências há diversos trabalhos cujo objeto de estudo é a investigação da aprendizagem de estudantes a partir de traços latentes. Um estudo feito por Castro (2017) em um curso técnico em informática investigou a evolução de habilidades matemática, como traço latente. Dawson (2008) estudou os padrões de desenvolvimento no entendimento do conceito de energia para investigar a aprendizagem de conteúdos científicos abstratos. Amantes (2005, 2009) investigou o entendimento sobre os conceitos físicos de referencial inercial e movimento relativo e sobre a aprendizagem de conteúdos científicos e tecnológicos a respeito do funcionamento da TV, por estudantes do Ensino Médio. Outros estudos realizados nesta perspectiva de pesquisa foram feitos por Parziale; Fischer (1998); Coelho, (2011). Assim, neste estudo buscamos investigar a evolução do entendimento dos estudantes em relação aos conteúdos de fisiologia humana.

Na investigação conduzida nessa pesquisa o traço latente que definimos para investigar a aprendizagem foi o entendimento dos estudantes a respeito de questões sobre sistemas fisiológicos, dimensionado pelo desempenho deles nos testes de conhecimento. Podemos inferir sobre o entendimento coletando dados em momentos diferentes e pontuais da intervenção, como em um desenho pré teste, pós teste e teste de retenção. Com isso, delimitamos a mudança ou progresso nesse entendimento a partir da avaliação de como o desempenho ocorre e interpretamos essa trajetória como a aprendizagem dos estudantes sobre o conteúdo estudado. Assim, o objetivo desse estudo foi investigar o entendimento dos estudantes sobre os sistemas digestório, respiratório e circulatório, numa perspectiva relacional da fisiologia humana.

CONTEXTO DA PESQUISA

Para investigar a aprendizagem de conteúdos de fisiologia humana numa perspectiva relacional, foi desenvolvida uma intervenção didática com abordagem relacional dos sistemas digestório, respiratório e circulatório. Neste estudo, partimos do pressuposto de que os sistemas do corpo humano não trabalham de forma isolada, apesar de didaticamente aparecem individualmente. Partindo desse pressuposto, propomos um ensino de fisiologia humana no Ensino Médio com um foco explícito na natureza relacional das funções fisiológicas.

A abordagem relacional se caracteriza por promover o entendimento sobre o funcionamento do corpo, a partir da interação entre seus componentes, mecanismos e fenômenos, formando uma estrutura conceitual que valoriza uma visão sistêmica sobre processos fisiológicos do corpo envolvendo a abordagem de seus componentes (C), mecanismos (M) e fenômenos (F) - estrutura CMF (SNAPIR *et al.*, 2017; TRIPTO *et al.*, 2016). Essas três categorias representam características gerais que estruturam o conhecimento da fisiologia humana, culminando em uma visão do comportamento geral do corpo humano. Na categoria *componentes* estuda-se os órgãos, sua localização anatômica, estrutura e função; na categoria *mecanismos* o foco é entender como os componentes realizam a sua função, ou seja, estuda-se o processo, e na categoria *fenômenos* a abordagem é sobre aos resultados dos processos e/ou resultados das interações entre os sistemas, que leva a um comportamento geral e padrão do corpo.

Assim, cada um dos sistemas fisiológicos compreende uma relação entre seus componentes, mecanismos e fenômenos e se relacionam entre si através desses elementos. Isso significa que para abordar fisiologia humana numa perspectiva relacional é preciso valorizar a compreensão dessa tríade, ou seja, é impossível compreender um sistema fisiológico como um todo e como ele está relacionado a outros sem reconhecer as estruturas envolvidas, sem compreender de que forma esses componentes funcionam e como esses processos geram fenômenos.

Construímos uma intervenção didática desenhada para utilizar a abordagem da fisiologia humana com uma perspectiva relacional dos sistemas digestório, respiratório e circulatório, com o objetivo de promover nos estudantes esse entendimento mais amplo sobre o funcionamento do corpo e assim evitar simplificações e reducionismos que podem atrapalhar o processo de educação científica. Do ponto de vista do planejamento didático da intervenção, nos baseamos no aporte teórico metodológico da Pesquisa de Design Educacional, uma vez que

ele fornece parâmetros sistemáticos para o planejamento, implementação e avaliação da intervenção, aumentando a compreensão sobre problemas complexos da prática educacional, bem como o conhecimento sobre as características da intervenção construída e aplicada (BAUMGARTNER *et al.*, 2003; PLOMP, 2009). Nesse tipo de desenho metodológico são produzidos princípios de *design* que sejam relevantes para a prática docente e ancoram todo o desenvolvimento da intervenção.

Esses princípios refletem particularidades essenciais das características da proposta de intervenção, que são validados em contextos reais de sala de aula a partir do alcance de determinadas expectativas de ensino. Na intervenção que construímos incluímos três princípios de design, cujas características são: 1) Uso didático de uma QSC; 2) Trabalho cooperativo entre os estudantes e 3) Abordagem relacional da fisiologia humana. Os princípios 1 e 2 já foram investigados em outro estudo. E a investigação do princípio 3 é o objeto de estudo deste trabalho.

No quadro 1 apresentamos uma visão geral sobre o princípio de ensino investigado neste estudo, as questões de pesquisa e os procedimentos de análises.

Quadro 1: Síntese dos procedimentos de análise dos dados para o princípio de abordagem relacional da fisiologia.

Princípio	Expectativa de ensino	Questões	Instrumento de coleta	Unidade de análise	Método de análise
Abordagem relacional da fisiologia humana	Promover entendimento amplo sobre componentes, mecanismos e fenômenos dos sistemas digestório, respiratório e circulatório por parte dos estudantes.	Como os estudantes aprendem conteúdos de fisiologia humana a partir de uma abordagem relacional? Alguma categoria da estrutura CMF é mais favorecida com a abordagem? Qual conteúdo dos sistemas fisiológicos trabalhados foi mais aprendido?	Testes de conhecimento em 3 ondas de medidas (pré teste, pós teste e teste de retenção).	Desempenho dos estudantes nos testes.	Análise estatística dos testes – Winsteps Modelagem Rasch

Fonte: elaborado pelas autoras.

Após esse processo de planejamento da intervenção, partiu-se para a sua aplicação em campo e coleta de dados para responder às questões de pesquisa. Nós validamos o princípio de design à medida que alcançamos a expectativa de ensino planejada.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Aspectos gerais

A intervenção foi aplicada no ano de 2019 para 4 turmas de 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual na Bahia, totalizando 108 estudantes que participaram da pesquisa. Em termos metodológicos, o estudo está dividido em três fases: a primeira de elaboração e validação do banco de itens para acessar o entendimento dos estudantes sobre o conteúdo, a segunda referente aos critérios e estruturação dos testes de coleta de dados e a terceira fase de coleta dos dados com aplicação em campo. A figura 1 apresenta o desenho geral da pesquisa, com a sistematização de todos os procedimentos empregados na produção e análise de dados.

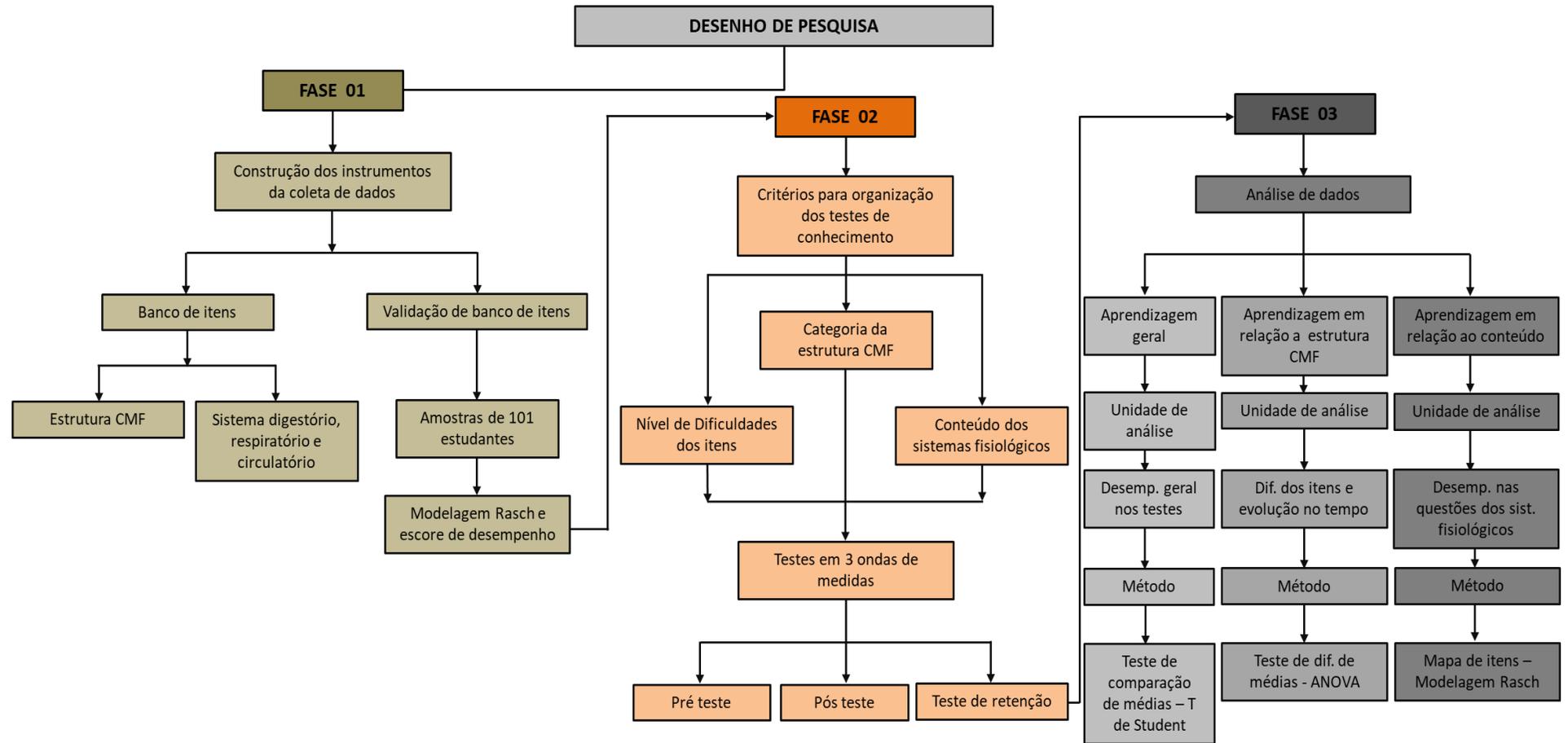


Figura 1: desenho geral da pesquisa. Fonte: elaborado pelas autoras.

Elaboração dos instrumentos de coleta de dados

Os resultados analisados neste artigo foram produzidos a partir de testes de conhecimento em três ondas de medidas (pré-teste, pós-teste e teste de retenção). Para o desenvolvimento dos instrumentos de coleta utilizou-se um banco de itens (questões) que foi validado previamente com uma amostra de 101 estudantes de escolas públicas e privadas em três municípios na Bahia. O objetivo dessa validação foi calibrar os itens e construir critérios objetivos para a elaboração dos testes de coleta de dados, e assim ter um instrumento mais fidedigno, que garantisse testes com aproximadamente o mesmo nível de dificuldade para poder fazer comparações do entendimento dos estudantes em momentos distintos no processo de ensino.

A validade diz respeito à adequação dos instrumentos de coleta de dados em relação aos objetivos aos quais se propõe (BORSBSOOM; MELLENBERGH; HEERDEN, 2004; GOLAFSHANI, 2003; MARTINS, 2006; OLLAIK; ZILLER, 2012; ULLRICH *et al.*, 2012). É um processo que visa investigar indicadores de adequação e está associada com a precisão de determinada medida, ou seja, o grau em que um instrumento de medida realmente mede a variável que se propõe mensurar. No nosso caso, foi verificar se as questões estão acessando o entendimento dos estudantes sobre os sistemas fisiológicos.

Foram elaborados 45 itens com o objetivo de acessar o entendimento dos estudantes sobre as três categorias de conhecimento da fisiologia humana na estrutura CMF (componentes, mecanismos e fenômenos) a partir do conteúdo formal de sistema digestório, sistema respiratório e sistema circulatório. As questões foram organizadas de maneira a permitir a visualização do construto em questão e, ainda, garantir que as categorias elaboradas do instrumento fossem representadas adequadamente.

Os itens possuíam formato dicotômico, com questões de múltipla escolha e de verdadeiro ou falso, sendo admitida apenas uma resposta correta. Para o teste piloto construímos dois testes, cada um contendo 20 itens. Em cada um dos testes havia questões relacionadas à componentes, mecanismos e fenômenos do sistema digestório, respiratório e circulatório, alternadamente entre os testes 1 e 2 aplicadas em cada turma.

Após a aplicação do teste piloto, os questionários foram tabulados em uma planilha eletrônica no Microsoft Excel e posteriormente rodados no software estatístico Winsteps 3.70 (LINACRE, 2010). Realizamos uma modelagem Rasch simplificada e os resultados dessa análise são apresentados na Tabela 1. Em uma escala decrescente de escore de acerto, os itens que tiveram os scores mais elevados representam as questões com o nível de dificuldade mais

baixo, uma vez que mais estudantes acertaram esses itens. Os escores mais baixos representam os itens mais difíceis, já que poucos estudantes da amostra acertaram. E os itens com escores intermediários interpretamos como os itens de dificuldade média.

Tabela 1. Resultado da modelagem Rasch simplificada para validação do banco de itens.

ITEM	CONTEÚDO	CATEGORIA	SCORE	MEASURE	S.E.	INFIT	TESTE
2	Estômago	Componente	46,0	-1,7	.39	1.12	T1
5	Pulmões	Componente	43,0	-1,3	.35	.92	T1
6	Vasos sanguíneos	Componente	40,0	-1,0	.32	1.07	T1
3	Pâncreas	Componente	39,0	-0,9	.31	1.04	T1
13	Fluxo sanguíneo	Mecanismo	39,0	-0,9	.31	1.05	T1
12	Fluxo sanguíneo	Mecanismo	38,0	-0,8	.31	.94	T1
18	Emagrecimento	Fenômenos	38,0	-0,8	.31	.96	T1
17	Síndrome metabólica	Fenômenos	37,0	-0,7	.30	1.10	T1
7	Digestão	Mecanismo	30,0	-0,1	.29	1.08	T1
15	Equilíbrio energético	Fenômenos	30,0	-0,1	.29	1.06	T1
19	Oxigenação	Fenômenos	25,0	0,3	.28	1.04	T1
1	Boca	Componente	23,0	0,5	.29	.98	T1
4	Enzimas	Componente	23,0	0,5	.29	1.03	T1
10	Ventilação pulmonar	Mecanismo	23,0	0,5	.29	.93	T1
8	Absorção	Mecanismo	22,0	0,5	.29	.77	T1
9	Fonte de energia celular	Mecanismo	20,0	0,7	.29	.86	T1
16	Homeostase	Fenômenos	15,0	1,2	.32	1.08	T1
11	Hematose	Mecanismo	14,0	1,3	.32	1.05	T1
14	Metabolismo	Fenômenos	14,0	1,3	.32	.99	T1
20	Regulação do pH	Fenômenos	10,0	1,7	.36	.94	T1
2	Estômago	Componente	43	-2,99	.53	1.01	T2
5	Diafragma	Componente	37	-1,89	.36	.95	T2
7	Vasos sanguíneos	Componente	36	-1,76	.35	1.14	T2
18	Feedback negativo	Fenômenos	33	-1,42	.33	.88	T2
16	Feedback negativo	Fenômenos	32	-1,31	.32	.97	T2
19	Diabete	Fenômenos	29	-1,01	.31	1.15	T2
8	Digestão	Mecanismo	19	-0,08	.31	1.05	T2
14	Circulação sanguínea	Mecanismo	17	0,12	.32	1.12	T2
20	Homeostase	Fenômenos	16	0,22	.32	1.16	T2
21	Regulação do pH sanguíneo	Fenômenos	16	0,22	.32	.98	T2
9	Absorção	Mecanismo	15	0,33	.33	.83	T2
15	Atividade física	Fenômenos	15	0,33	.33	.88	T2
10	Obtenção de energia	Fenômenos	14	0,43	.33	1.09	T2
12	Fluxo de massa	Mecanismo	13	0,55	.34	.99	T2
11	Ventilação pulmonar	Mecanismo	12	0,67	.35	.92	T2
1	Intestino	Componente	9	1,07	.39	.96	T2
6	Coração	Componente	9	1,07	.39	.91	T2

13	Hematoze	Mecanismo	9	1,07	.39	.95	T2
4	Pulmões	Componente	8	1,22	.40	1.14	T2
3	Vesícula biliar	Componente	6	1,58	.45	.88	T2
17	Homeostase	Fenômenos	6	1,58	.45	.99	T2

Fonte: Dados da pesquisa.

Pela Tabela 1, observa-se que para cada uma das dimensões da estrutura CMF tivemos variação dos escores, o que é indicativo de boa distribuição em relação ao nível de dificuldade dos itens. É importante destacar que todos os estudantes que participaram dessa validação já tinham estudado o conteúdo de fisiologia humana em suas respectivas unidades de ensino. Por exemplo, o item 2 do teste 1, era uma questão sobre sistema digestório na categoria *componentes*, que foi mais difícil do que a questão 20 do teste 1, sobre sistema respiratório na categoria *fenômenos*.

Além de fornecer critérios objetivos de classificação das questões em níveis de dificuldade, a validação do banco de itens, através de teste piloto, também foi importante para selecionarmos as questões dos testes, fazer ajustes na escrita dos enunciados e excluir questões que observamos que tinha alguma incompreensão no enunciado.

Após a validação, três testes foram elaborados para a coleta, no intuito de para investigar a aprendizagem dos estudantes. Três critérios foram empregados: I) nível de dificuldade dos itens, dimensionado pelo score de acertos nos testes (nível fácil, nível intermediário e nível difícil); II) categorias da estrutura CMF, distribuídas igualmente entre os testes e com níveis de dificuldades diferentes; III) Conteúdo dos sistemas digestório, respiratório e cardiovascular. No quadro 1 é apresentado o modelo geral da estrutura dos testes de coleta de dados e o detalhamento dos conteúdos de cada questão, após a análise de validação por amostra.

Quadro 1. Critérios utilizados para elaborar os testes para coleta de dados.

Testes	Dificuldade do item	Categorias da estrutura CMF	Conteúdo
Pré-teste	5 itens fáceis	3C / 1M / 1F	6 Componentes: estômago, boca, pâncreas, pulmões, diafragma, vasos sanguíneos. 6 Mecanismos: digestão, absorção, fluxo sanguíneo, circulação, ventilação pulmonar, hematose. 6 Fenômenos: feedback negativo, equilíbrio energético, homeostase (2), metabolismo, regulação de pH.
	8 itens intermediários	2C / 3M / 3F	
	5 itens difíceis	1C / 2M / 2F	
Pós-teste	5 itens fáceis	3C / 1M / 1F	6 Componentes: estômago, boca, enzimas, pulmões, coração, vasos sanguíneos. 6 Mecanismos: fluxo sanguíneo, circulação, digestão, fluxo de massa, hematose, fonte de energia. 6 Fenômenos : feedback negativo, homeostase, atividade física, obtenção de energia, metabolismo, regulação do pH.
	8 itens intermediários	2C / 3M / 3F	
	5 itens difíceis	1C / 2M / 2F	
Teste de retenção	5 itens fáceis	3C / 1M / 1F	6 Componentes: estômago, pâncreas, enzimas, intestino, pulmões, coração. 6 Mecanismo: fluxo sanguíneo, circulação, absorção, ventilação pulmonar, hematose, fonte de energia. 6 Fenômenos : Feedback negativo, diabetes, emagrecimento, homeostase (2), regulação do pH.
	8 itens intermediários	2C / 3M / 3F	
	5 itens difíceis	1C / 2M / 2F	

Fonte: Elaborado pelas autoras, a partir de dados da pesquisa, 2020. Legenda: C = componentes; M = mecanismos; F = fenômenos.

O Quadro 1 apresenta a estrutura de organização dos testes conforme os critérios estabelecidos após a validação. Cada um dos três testes continha o mesmo número de itens (n=18), distribuídos igualmente por níveis de dificuldade (5 itens fáceis, 8 intermediários e 5 difíceis). Em cada teste havia seis itens de cada uma das dimensões da estrutura CMF. Ou seja, dos cinco itens fáceis do teste, três versavam sobre componentes, um sobre mecanismo e um sobre fenômenos; dos itens intermediários dois eram sobre a dimensão componentes, três da dimensão mecanismo e três da dimensão fenômenos; e, dos cinco itens difíceis um era sobre componentes, dois sobre mecanismos e dois sobre fenômenos. Esse procedimento é imprescindível para garantir instrumentos adequados à comparação de suas respostas, uma vez que fornece subsídios mais consistentes para avaliar a mesma coisa em momentos distintos. Se instrumentos com formatos, conteúdos e até mesmo dificuldade diferentes são empregados para avaliar aprendizagem ou mudança de um traço latente no tempo, não há garantia alguma de que está se está comparando o mesmo atributo nas ondas de medida, o que torna a interpretação sobre o processo enviesada. Dessa maneira, o processo de validação e também de construção de instrumentos calibrados é fundamental para conferir coerência ao estudo.

Utilizamos o mesmo padrão em todos os testes, com o conteúdo dos três sistemas trabalhados durante a intervenção didática. Além disso, no pós-teste havia itens repetidos do

pré-teste e no teste de retenção itens repetidos dos testes anteriores. É importante que os testes tenham itens em comum para calibrar a escala de medida, como afirmam Briggs; Wilson (2004). O pré-teste foi aplicado antes da intervenção, o pós-teste foi aplicado imediatamente após finalizar a intervenção e o teste de retenção foi aplicado seis meses após concluída a intervenção didática.

Este processo de validação do banco de itens através de um teste piloto também é importante para que os testes de coleta sejam adequados aos sujeitos da pesquisa, já que um teste com um grau de dificuldade elevado pode provocar desistência do estudante em realizar a tarefa, pois estará muito acima da sua proficiência; ao contrário, testes muito fáceis podem ser desestimulantes para os estudantes (MORGADO *et al.*, 2016). Sendo assim, a validação do banco de itens e a construção dos testes da forma criteriosa que conduzimos nos dá garantias de que os testes estão apropriados aos sujeitos da pesquisa, e desta forma, temos maiores chances de produzir resultados mais confiáveis.

Neste ponto, concordamos com Pasquali (2009) quando ele discorre sobre a importância do processo de validação para gerar instrumentos de pesquisas com maior potencial de atingir os objetivos propostos e acessar o construto que pretendemos investigar. No contexto das pesquisas educacionais, Amantes, Coelho, Marinho (2015) chamam essa adequação de coerência interna, que ocorre quando objetivos, métodos e instrumentos de coleta de dados estão alinhados ao que se pretende com o objeto de estudo – no nosso caso - acessar o entendimento dos estudantes sobre uma perspectiva relacional da fisiologia humana.

ANÁLISES E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentadas as análises e discutidos os resultados dos testes a partir das respostas dos estudantes das quatro turmas que participaram da intervenção didática, para validar o princípio de promover a aprendizagem relacional da fisiologia humana. Todos os estudantes que participaram da intervenção responderam aos três testes; portanto, os resultados discutidos são dos 108 participantes do estudo.

Para validar o princípio de abordagem relacional da fisiologia humana, analisamos o alcance da nossa expectativa de ensino com este princípio, que era a de promover entendimento amplo sobre componentes, mecanismos e fenômenos dos sistemas digestório, respiratório e circulatório por parte dos estudantes. A análise dos dados foi conduzida a partir de três perspectivas, de modo a responder às seguintes questões: I) Como os estudantes aprendem conteúdos de fisiologia humana a partir de uma abordagem relacional? Esta é uma pergunta mais geral, que busca analisar indicativos de aprendizagem dos estudantes dimensionadas pelo

desempenho nos testes. II) Alguma categoria da estrutura CMF foi mais favorecida do que outra? Com esta questão buscamos avaliar se a instrução promoveu a aprendizagem igualmente de componentes, mecanismos e fenômenos dos sistemas fisiológicos estudados ou não; III) Algum conteúdo dos sistemas fisiológicos estudados foi mais aprendido do que outro? Com essa investigação olhamos para os dados para verificar se a instrução contemplou igualmente os conteúdos dos três sistemas abordados, ou se algum foi mais favorecido do que outro. A unidade de análise foi as repostas dos estudantes às questões dos testes nas três ondas de medidas. Os dados dos testes foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel, e posteriormente, realizamos uma análise estatística no software SPSS (IBM_CORP, 2011) e Modelagem Rasch no Winsteps 3.70 (LINACRE, 2010).

Aprendizagem geral

Primeiramente buscamos responder à pergunta sobre a aprendizagem geral dos estudantes em relação aos conteúdos dos sistemas fisiológicos trabalhados. A unidade de análise foi o desempenho nos testes dimensionado pela medida de proficiência dos estudantes, ou seja, pelo ganho de entendimento ao longo do tempo. Sendo a aprendizagem um processo no qual há aumento na complexidade do entendimento, conforme (AMANTES, 2009), verificamos indício de aprendizagem quando comparamos as diferenças das medidas da proficiência dos estudantes entre o pós-teste e pré-teste; teste de retenção e pós-teste; teste de retenção e pré-teste, e temos indicativos para inferir sobre a aprendizagem quando observamos mudança do entendimento ao longo da intervenção. Utilizamos a modelagem Rasch para gerar as medidas de proficiência e dificuldade dos itens e modelamos os dados através do Winsteps®.

Os modelos Rasch constituem um conjunto de modelos e técnicas estatísticas utilizadas para avaliar a validade de um construto, ou seja, avaliar o grau em que as respostas dos itens de um teste estão coerentes com o esperado, isto é, se de fato estão medindo o atributo psicológico investigado. Usa-se os modelos Rasch também para a construir escalas intervalares obtidas a partir de dados brutos de escores de instrumentos (SICK, 2008). Essa é uma característica importante para a nossa pesquisa, uma vez que investigamos um atributo latente, o entendimento sobre fisiologia humana em diferentes momentos ao longo do tempo.

Inicialmente, analisamos estatisticamente os ajustes dos itens dos testes, para isto adotamos a Mean Square Statistic (MNSQ), a partir dos índices *Infit* e *Outfit*. A MNSQ é uma estatística quadrática cujos valores expressam a relação entre o escore esperado pelo modelo e o escore bruto obtido empiricamente (XAVIER, 2018). *Infit* e *Outfit* são índices que informam sobre a existência de itens erráticos, ou seja, que demonstram um padrão de resposta que não é

esperado, por exemplo, pessoas com alta habilidade errarem itens com dificuldade inferior à sua habilidade e acertarem itens de dificuldade superior (WRIGHT; STONE, 2004). Segundo Filho; Teixeira (2015), o *infit* representa a consistência entre o modelo e as respostas das pessoas que têm um nível de traço latente próximo à dificuldade do item, e o *outfit* representa as repostas das pessoas cuja nível é maior ou menor do que a dificuldade do item. Reportamos esses índices na Tabela 1.

Tabela1. Índices de ajustes do modelo

MNSQ		INFIT	OUTFIT
Teste 1	Média	1,00	0,99
	Desvio Padrão	0,20	0,25
Teste 2	Média	1,0	1,03
	Desvio Padrão	0,19	0,37
Teste 3	Média	1,0	1,01
	Desvio Padrão	0,23	0,58

Fonte: Dados da pesquisa.

Peta Tabela 1 observa-se que a média dos índices *infit* e *outfit* de cada teste possuem um bom ajuste, pois segundo os critérios de Linacre (2009; 2010) um bom ajuste é quando os esses índices oscilam entre 0,50 e 1,50, sendo 1,0 o valor ideal que é indicativo de ajuste perfeito (LINACRE, 2009; 2010; DAWSON, 2006). Os valores encontrados são iguais ou muito próximos do valor ideal, o que indica que as medidas são produtivas/discriminatórias e que os testes são unidimensionais (WRIGHT; STONE, 2004; LINACRE, 2010; ALMIRO; SIMÕES, 2015).

A nossa hipótese é de que os testes acessam uma única dimensão (entendimento de fisiologia humana) e para testar essa hipótese investigamos a dimensionalidade através da análise de resíduos. Segundo Linacre (2009), os dados são unidimensionais quando a variância explicada pelo componente principal da dimensão é maior que 20% e o índice de autovalor do primeiro contraste, que é a unidade de variância residual, não exceder o valor de 2,0. Na tabela 2 apresentamos as variâncias explicadas pelo componente principal, cujos valores encontrados para o teste 1, teste 2 e teste 3 foram, respectivamente, 17,7%, 20,3% e 23,2%.

Tabela 2: Variância residual padronizada (em unidades de autovalores).

TESTES	VARIÂNCIAS		EMPÍRICO	MODELADO
1	Variância explicada pelas medidas	3,9	17,7%	17,8%
	Variância explicada pelas pessoas	0,4	1,9%	1,9%
	Variância explicada pelos itens	3,4	15,7%	15,8%
	Variância não explicada	18,0	82,3%	82,2%
	Variância não explicada no primeiro contraste	2,4	10,9%	13,2%
2	Variância explicada pelas medidas	4,6	20,3%	19,8%
	Variância explicada pelas pessoas	1,5	6,9%	6,7%
	Variância explicada pelos itens	3,0	13,4%	13,1%
	Variância não explicada	18,0	79,7%	80,2%
	Variância não explicada no primeiro contraste	2,1	9,3%	11,6%
3	Variância explicada pelas medidas	5,4	23,2%	23,2%
	Variância explicada pelas pessoas	1,9	8,3%	8,3%
	Variância explicada pelos itens	3,5	14,9%	14,9%
	Variância não explicada	18,0	76,8%	76,8%
	Variância não explicada no primeiro contraste	2,1	9,0%	11,8%

Fonte: Dados da pesquisa.

Pela tabela 2 observa-se que os índices de autovalor foi 2,4 para o teste 1 e 2,1 para os testes 2 e 3, ou seja, não preenchem por completo os critérios da unidimensionalidade pois o valor é ligeiramente maior que 2,0, o que significa que os testes podem estar acessando mais de uma dimensão. Contudo, olhando para a variância não explicada pelo primeiro contraste a medida configura um bom resultado para o teste 1 e 2, pois segundo Fischer (2007), este valor deve ser abaixo de 10%. Para o teste 1 esse índice foi de 10,9% e este resultado não é assertivo quanto a dimensionalidade. Já os testes 2 e 3 apresentam bons índices pois os valores foram 9,3% e 9,0%, respectivamente.

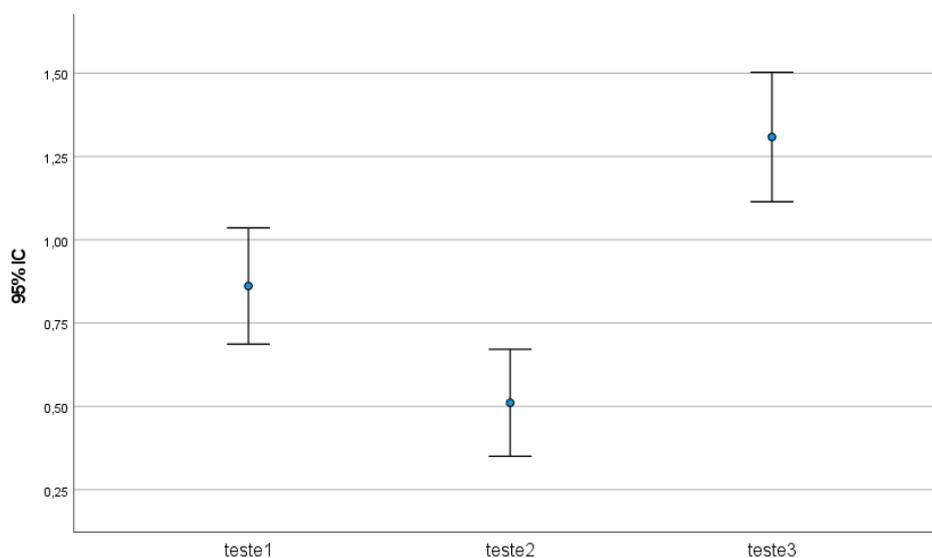
No segundo momento, realizamos um teste *t* de *Student* pareado, a fim de comparar as medidas das pessoas obtidas pela modelagem, conforme apresentado na Tabela 3. O teste *t* avalia a existência de diferenças significativas entre duas condições, a partir de estatística inferencial (DANCEY; REIDY, 2013). Assim, comparamos a medida das pessoas em momentos diferentes na intervenção, a fim de mapear a evolução do entendimento.

Tabela 3. Diferenças de proficiência dos estudantes em cada teste.

Diferença de proficiência		<i>m</i>	DP	t	Sig. (p)
Par 1	teste1 - teste2	0,35037	0,75938	4,773	< 0,001
Par 2	teste1 - teste3	-0,43806	1,04144	-4,371	< 0,001
Par 3	teste2 - teste3	-0,79757	1,01714	-8,111	< 0,001

Fonte: Dados da pesquisa.

Pela Tabela 3 observa-se a partir das médias que existe diferença do teste 1 para teste 2; do teste 2 para o teste 3 e do teste 1 para o teste 3, pois $p < 0,05$, por isso, é possível avaliar as mudanças nesse processo a partir dessas oscilações. Para visualizar melhor as mudanças que aconteceram no desempenho dos testes, plotamos os gráficos para representar visualmente a diferença nas médias em cada teste, conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1: Representa gráfica das diferenças de médias no teste 1, teste 2 e teste 3.

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar a trajetória de aprendizagem na interpretação do Gráfico 1, observamos que houve uma queda de desempenho dos estudantes do teste 1 para o teste 2. Essa “queda” no desempenho (entre aspas porque não é possível desaprender) faz parte do processo natural de aprendizagem. Existem oscilações do entendimento e quando aplicamos um teste estamos acessando um entendimento em um momento pontual no processo. No nosso caso,

interpretamos que o teste 2 representa esse momento em que o conhecimento está sendo reformulado e construído. Ou seja, no processo de construção do conhecimento no primeiro momento ocorre um desequilíbrio do que já se sabe, em que o conhecimento está desarticulado, mas no caminho de evolução para construir algo novo. Esse comportamento oscilatório é esperado em um processo dessa natureza (COELHO, 2011; DAWSON, 2006).

A segunda hipótese explicativa para este resultado do desempenho do teste 2 ter sido menor do que no teste 1 é que na época do teste os estudantes estavam muito engajados no processo de construção da Feira de Saúde e Corpo Humano - que foi um evento aberto à comunidade da cidade e organizada pelos estudantes como culminância dos estudos, e pouco engajados do ponto de vista cognitivo para realização de teste formal. A feira demandou muita energia dos estudantes, por ser o primeiro maior evento da escola aberto ao público externo, e que aconteceu durante a semana de provas, quando o teste 2 foi aplicado.

Este resultado tem duas implicações, no âmbito pedagógico e educacional e do ponto de vista acadêmico. No âmbito pedagógico e educacional, a depender de como os nossos testes são aplicados e em que momentos são aplicados podem gerar resultados enviesados a respeito da aprendizagem dos estudantes, por não refletirem (ou se aproximarem) da realidade sobre o entendimento construído. Por isso, é importante avaliar o conhecimento em vários momentos para obter dados não em momentos pontuais, mas sim ao longo de uma trajetória. Neste aspecto, concordamos com a crítica que Luckesi (2008) faz aos métodos avaliativos pontuais por exames e avaliação somativa, que são utilizados no final de um processo educacional, com o objetivo de quantificar e classificar os estudantes em um dado momento específico.

Do ponto de vista da pesquisa acadêmica, a investigação da aprendizagem é um processo de evolução do entendimento, e, portanto, não pode ser mensurada com base em um momento pontual. Nesse sentido, coletar dados do entendimento em diferentes momentos ao longo de uma instrução é uma forma de ter indícios mais precisos sobre esse fenômeno.

A partir dos resultados mostrados na Tabela 3 e no Gráfico 1 temos indícios de que houve aprendizagem do conteúdo formal de fisiologia de modo geral. Isso pode ser evidenciado pela diferença entre o teste 1 e o teste 3, o qual foi aplicado seis meses após a intervenção. Quando aplicamos um teste de retenção, pelo longo espaço de tempo entre as aplicações, podemos dizer que o efeito memória foi bastante reduzido, pois temos indicativos de que o entendimento perdurou no tempo e foi significativamente maior do que nos momentos anteriores durante a instrução. Por isso, esta é uma medida que avalia melhor a aprendizagem profunda (BIGGS; COLLIS, 1982).

Aprendizagem em relação à estrutura CMF

Nesta seção vamos discutir os resultados referentes à segunda questão investigativa: “alguma categoria da estrutura CMF foi mais favorecida do que outra? O intuito é avaliar se os estudantes aprenderam igualmente sobre componentes, mecanismos e fenômenos dos sistemas fisiológicos estudados. A nossa unidade de análise foi o nível de dificuldade dos itens, também obtido pela modelagem, e o quanto eles mudaram ao longo do tempo, para inferir sobre a aprendizagem.

Interpretamos os resultados a partir de dois aspectos: primeiro fizemos uma análise a partir das categorias CMF em cada momento de aplicação dos três testes, ou seja, as diferenças da categoria componentes no teste 1, teste 2 e teste 3 e assim para as demais categorias (mecanismos e fenômenos). Depois analisamos no contínuo como as categorias CMF mudaram em cada teste, ou seja, no teste 1 como foram as médias de componentes, mecanismos e fenômenos, e assim para o teste 2 e teste 3.

A nossa hipótese é a de que os estudantes aprenderam igualmente os conteúdos das três categorias, uma vez que a nossa tese é que para alcançar um entendimento mais amplo e aprender de forma relacional sobre os sistemas fisiológicos é preciso compreender sobre componentes, mecanismos e fenômenos fisiológicos com a mesma articulação, o que constitui um entendimento mais profundo sobre a fisiologia humana.

Para avaliar o primeiro aspecto desta etapa da análise, que se refere a investigação da média de dificuldade dos itens das categorias em cada teste aplicamos três tratamentos estatísticos: 1) teste de Levene; 2) teste ANOVA; 3) estatística de Bonferroni.

Realizamos o teste de Levene para avaliar se os grupos de itens a serem comparados apresentam mesma variância, condição para conduzir posteriormente o teste de diferença de médias paramétrico. A hipótese nula é de que as variâncias são iguais, sendo aceita pelo valor encontrado de $p > 0,05$. Para conduzir o teste de diferença de médias entre os itens de componentes, mecanismos e fenômenos aplicamos o teste ANOVA e o resultado é reportado na Tabela 5.

Tabela 4. Resultado do teste de homogeneidade das variâncias das categorias CMF

Testes de Levene				
	Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
Teste 1	0,781	2	15	0,476
Teste 2	0,752	2	15	0,489
Teste 3	1,548	2	15	0,245

Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 5. Resultado do teste ANOVA de diferença de médias para as categorias CMF.

	Componentes	Mecanismos	Fenômenos	Z	Sig.(p)
Teste 1	M = -0,538 DP= 0,765	M= 0,143 DP= 0,796	M= 0,400 DP= 1,117	1,715	0,213
Teste 2	M= -0,510 DP= 1,011	M= 0,411 DP= 0,523	M= 0,098 DP=0,736	2,147	0,151
Teste 3	M= 0,151 DP= 1,511	M= 0,098 DP= 0,736	M= -0,286 DP= 1,044	0,299	0,746

Fonte: dados da pesquisa.

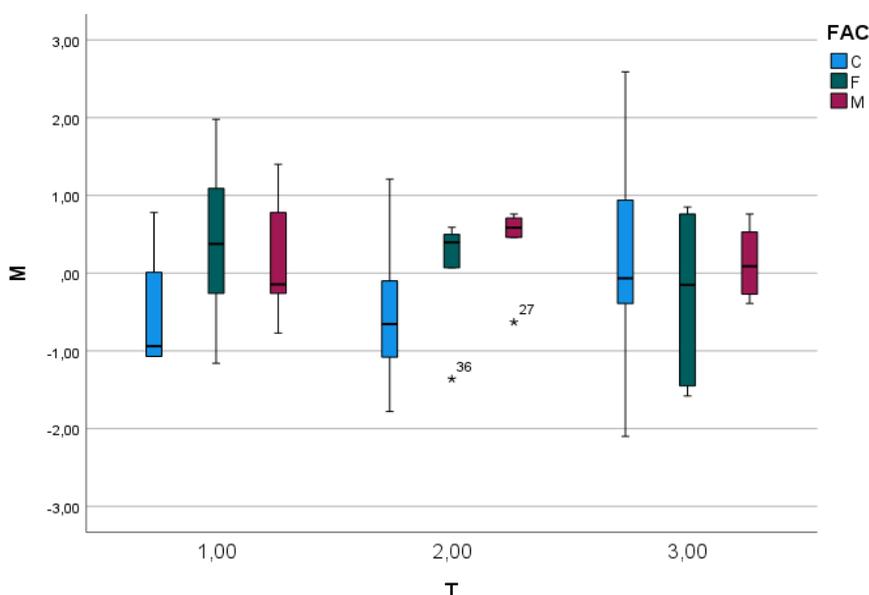
O resultado mostra que para nenhum dos testes houve diferença entre a média do índice de dificuldade dos itens das categorias CMF. Isso decorre porque a hipótese nula do teste ANOVA (igualdade entre as medidas) foi aceita, pois $p > 0,05$ constatado em todos os testes, como mostra os valores na Tabela 5.

Contudo, o teste ANOVA indica que não há diferença entre as categorias no geral, não especificando se há alguma diferença entre duas categorias específicas. Como estamos testando três categorias diferentes, pode acontecer de as médias de duas categorias serem iguais e a outra não, por isso fizemos uma comparação múltipla. Tendo em vista que as variâncias são iguais (de acordo com o teste de Levene anterior), usamos o resultado da estatística Bonferroni do teste *Post Hoc* e confirmamos que realmente não houve diferenças em nenhum dos subgrupos testados. Isto significa que, tomando como parâmetro o acerto aos itens, não houve diferença no desempenho dos estudantes correspondentes a nenhuma das três categorias CMF. Ou seja, todas foram aprendidas igualmente.

No segundo aspecto dessa análise, referente à mapear as diferenças de desempenho para as categorias CMF em cada teste, buscamos verificar a evolução das três categorias juntas ao

longo da instrução. Com essa análise nosso objetivo era verificar se as mudanças dos tipos de conhecimento (CMF) ao longo do tempo foi a mesma ou se as trajetórias se diferenciaram. Para essa análise utilizamos o teste ANOVA de mais de um fator, para verificar diferenças estatísticas nas médias, demonstradas no Gráfico 2. O *box plots* mostra a configuração de cada categoria em cada teste. Esse tipo de ferramenta fornece uma análise visual da posição e dispersão dos dados. As barras ao meio representam a média de dificuldade dos itens, quanto mais acima, mais difícil foi a categoria, e quanto mais abaixo, mais fácil. O tamanho da caixa representa a dispersão dos dados, quanto maior a amplitude maior é a dispersão quanto menor o tamanho da caixa menos dispersão.

Gráfico 2. Resultados das diferenças entre as categorias CMF



Fonte: Dados da pesquisa.

Pelo gráfico 2 é possível visualizar a configuração das medianas de cada categoria da estrutura CMF ao longo dos três testes e temos indicativos que parecem apontar para uma diferença na dispersão dos estudantes principalmente para a categoria componentes, que pela configuração aponta indícios de ter sido a mais fácil para os estudantes, enquanto a categoria fenômenos foi intermediária e mecanismo a mais difícil, esta última com uma dispersão dos dados bem diferente, sobretudo, no teste 2, em que observa-se pouca dispersão, (pelo achatamento do diagrama das caixas, isto indica baixo desvio padrão).

Para atestar a interpretação qualitativa do gráfico conduzimos uma análise estatística de diferença de médias (ANOVA) identificando se existe diferença significativa de média da dificuldade dos itens entre os testes para cada uma das categorias. Na análise anterior,

constatamos que em cada momento de aplicação não houve desempenho maior de uma categoria em relação a outra nos testes, ou seja, todas as categorias foram igualmente contempladas. Nessa análise, avaliamos a mudança de uma mesma categoria ao longo dos testes. Para a categoria componentes não houve diferença entre o teste 1, teste 2 e teste 3 ($z=0,68$, $p=0,52$), o mesmo aconteceu para a categoria mecanismo ($z =0,39$, $p=0,68$) e fenômenos ($z = 0,74$, $p= 0,49$).

Este resultado nos indica que, apesar da identificação visual (através do gráfico) de mudança dessas categorias, em termos estatísticos de índice de dificuldade não constatamos essa diferença, pois para nenhuma das comparações de médias houve diferença significativa para as médias correspondentes da dificuldade dos itens para a categoria de componentes, mecanismos e fenômenos. Desta forma, avaliamos que para todas essas categorias houve o mesmo progresso, mais uma evidência de que a abordagem realizada contemplou igualmente as três categorias da estrutura CMF.

Dessa forma, do ponto de vista da pesquisa, podemos considerar que validamos o princípio de uso da abordagem relacional da fisiologia humana, pois este é um resultado que corrobora a nossa hipótese inicial, de que a instrução realizada contemplasse igualmente as três categorias da estrutura CMF, uma vez que para ter um entendimento relacional da fisiologia humana é preciso compreender sobre os componentes dos sistemas e suas funções, como eles atuam e os fenômenos que geram.

Este resultado pode ser associado a outros dois fatores relacionados com o delineamento teórico - metodológico da pesquisa: i) a intervenção didática aplicada foi desenhada de modo que a abordagem contemplasse os conteúdos de forma relacional e incluímos essa perspectiva como um princípio de planejamento via Pesquisa de Design Educacional. Ou seja, em todas as aulas, as três categorias foram privilegiadas de modo que o estudante desenvolvesse uma compreensão sobre a natureza relacional dos sistemas fisiológicos, como era a nossa expectativa de ensino; ii) os testes de conhecimento foram elaborados de modo a contemplar igualmente questões fáceis, intermediárias e difíceis dentro das três categorias CMF. Desta forma, conseguimos dimensionar com mais precisão se a intervenção os estudantes entenderam a natureza relacional da fisiologia humana e os seus principais aspectos.

Aprendizagem em relação ao conteúdo dos sistemas fisiológicos

Na análise da pergunta três desta investigação “algum conteúdo dos sistemas fisiológicos estudados foi mais aprendido do que outro?”, a nossa unidade de análise foi

dificuldade dos itens dimensionada pelas questões específicas de cada um dos três sistemas trabalhados durante a intervenção (sistema digestório, respiratório e circulatório) nos três testes. Utilizamos mapa de itens gerados no software Winsteps 3.70 (LINACRE, 2010), a partir da modelagem Rasch para interpretar os dados.

Um mapa de itens distribui pessoas e itens a partir de uma mesma régua. As pessoas são distribuídas a partir da sua habilidade ou proficiência em relação ao construto medido, enquanto os itens são distribuídos conforme o seu grau de dificuldade. Ou seja, reúne-se em uma mesma métrica a dificuldade dos itens e habilidade das pessoas (BOND; FOX, 2001), sendo este um dos principais benefícios da utilização dos Modelos Rasch: a possibilidade de comparar duas medidas em uma única escala (logit) (DEMETRIOU; KYRIAKIDES, 2006).

Analisamos qualitativamente os mapas de itens buscando identificar a mudança de posição dos itens de acordo com os conteúdos do sistema digestório, circulatório e respiratório. Realizamos uma análise a partir de duas perspectivas: 1) uma interpretação geral dos mapas, analisando a mudança de posição dos itens; 2) análise sobre o conteúdo das questões repetidas em cada teste para verificar o deslocamento delas ao longo dos testes.

A figura 1 apresenta os mapas de itens para dos três testes (pré-teste, pós-teste e teste de retenção, respectivamente), coloridos conforme o conteúdo de cada item. Do lado esquerdo de cada mapa temos a distribuição da medida da proficiência/habilidade das pessoas e do lado direito os itens do teste e sua posição conforme o nível de dificuldade. A maior habilidade das pessoas e a maior dificuldade dos itens apresentam hierarquias crescentes, isto é, da parte inferior para a parte superior do mapa (LINACRE, 2006). Isto significa que os itens mais difíceis e as pessoas com alta habilidade estão mais próximas do topo no mapa.

Pela Figura 1, verificamos que ao longo da intervenção os itens dos testes foram ficando mais fáceis e as pessoas com habilidade mais elevada, como pode-se observar no mapa de itens do teste 2 e 3, em que a média dos itens ficou abaixo da média de habilidade das pessoas. Isso pode ser observado através da letra M no lado direito (representando a média da dificuldade dos itens) e no lado esquerdo (representando a média da habilidade das pessoas). Interpretamos que a mudança de posição das médias na escala sinaliza a aprendizagem dos conteúdos trabalhados ao longo da instrução, como constatado em análise anterior. Contudo, podemos observar que os conteúdos do sistema circulatório (em azul nos mapas) parecem ter sido mais aprendidos, pois esses itens mudaram de posição em cada um dos mapas: no teste 1 esses itens ficaram acima da habilidade das pessoas, ou seja, estava numa posição mais difícil. Já no teste 2 e no teste 3 a dificuldade desses itens ficou abaixo da habilidade das pessoas, ou seja, foi para uma posição mais fácil. Os itens de conteúdo de sistema digestório (em vermelho nos mapas) passaram de um nível mais baixo de dificuldade para o mais elevado. Já os itens de conteúdo do sistema respiratório, de modo geral, não tiveram muita variação.

Em relação a estrutura das questões observamos que as questões mais fáceis em todos os testes foram todas no estilo verdadeiro ou falso, que são questões mais objetivas e simples, porque os estudantes analisavam somente o enunciado para marcar a resposta. Segundo nossos critérios, de fato essas questões eram as mais fáceis. No teste 1 a Q10 versava sobre a função do diafragma e a Q12 sobre estrutura e função dos capilares, ambas da categoria componentes da estrutura CMF. Já a Q2 era uma questão da categoria fenômeno sobre conteúdo de equilíbrio energético. Essas questões podem ter sido as mais fáceis, porque na abordagem dos conceitos relacionados à componentes dos sistemas a professora usou modelo anatômico 3D, com peças e órgãos que podiam ser separados e visualizados em tamanho real e com detalhes, os estudantes podiam tocar e entender as estruturas e suas funções, e essa visualização e contato podem ter ajudado na compreensão.

As questões mais fáceis no teste 2 (Q13) e teste 3 (Q3) também foram da categoria componentes e de verdadeiro ou falso. O conteúdo versava sobre a função dos pulmões e foram questões repetidas do teste 2 para o teste 3. Então, analisamos os resultados dos mapas de itens sob uma segunda perspectiva – a mudança nas questões repetidas de um teste para o outro. O quadro 3 apresenta a relação das questões repetidas e cada teste, para melhor visualização dos resultados no mapa de itens da Figura 1 apresentada acima.

Quadro 3. Sistematização das questões repetidas em cada teste.

Testes	Questões repetidas equivalentes
Do teste 1 para o teste 2	T1: Q1, Q8, Q12, Q14 T2: Q7, Q14, Q18, Q16
Do teste 2 para o teste 3	T2: Q1, Q2, Q5, Q10, Q16, Q17 T3: Q2, Q11, Q5, Q8, Q13, Q14
Do teste 1 para o teste 3	T1: Q3, Q5, Q6, Q13, Q15, Q18 T3: Q17, Q18, Q6, Q12, Q15, Q10

Fonte: Dados da pesquisa.

Nesta análise buscamos verificar como as questões repetidas mudaram de posição no mapa de itens em cada teste. Interpretamos essa mudança como um indicativo de aprendizagem, porque a tendência é que a habilidade das pessoas vá aumentando ao longo da instrução e consequentemente o nível de dificuldades dos itens diminui.

Através do Quadro 3 e análise dos mapas observamos que a maioria das questões repetidas mudaram de posição. Do teste 1 para o teste 2, por exemplo, a Q8 no teste 1 foi a questão mais difícil desse teste, posicionado no topo do mapa, já no teste 2, a mesma questão equivalente, a Q14 ficou mais abaixo no mapa, mas, ainda assim difícil, pois ficou um pouco acima próximo a média de habilidade. Esses itens exigiam um entendimento mais aprofundado de sistema digestório, sobre o processo de obtenção e reserva de energia pelo corpo, e segundo nosso critério e validação amostral esse item tinha alto nível de dificuldade. Essa questão continha um gráfico que representava o fenômeno da reserva de energia, mostrava a relação entre o consumo de reserva energética no corpo de uma pessoa em privação alimentar; o estudante precisava interpretar através do gráfico quais tipos de reserva de energia eram consumidos em ordem e a resposta dependia de sua interpretação.

A análise gráfica é uma das habilidades que os estudantes precisam desenvolver ao longo de sua escolarização, conforme a Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2019) e depende de outras habilidades, se configurando como uma questão com alto grau de complexidade, uma vez que exige que os estudantes mobilizem vários conhecimentos (como leitura visual e raciocínio matemático, por exemplo). Nesse ponto, reconhecemos a limitação da intervenção, pois não oferecemos recursos que desenvolvesse esse tipo de habilidade matemática. Mas, a forma de abordagem dos conteúdos, contemplando os processos fisiológicos de forma ampla e não isolada, pode ter contribuído para que no teste 2 essa interpretação do conteúdo ficasse um pouco mais fácil. O mesmo aconteceu com a Q14, que abordava sobre o processo de circulação sanguínea, embora tenha mudado de posição, ainda

ficou um pouco acima da média de habilidade das pessoas. Essa era uma questão em que o enunciado ilustrava um experimento envolvendo a relação entre circulação sanguínea e válvulas venosas, exigia uma análise do enunciado e um conhecimento mais aprofundado sobre sistema circulatório. Uma hipótese que pode explicar esse resultado é que no teste 2 os estudantes estavam com foco de atenção mais direcionado para atividade da Feira de saúde.

Para o item 12 não observamos uma mudança de nível de dificuldade do teste 1 para o teste 2, pois se manteve abaixo da habilidade das pessoas, sendo fácil nos dois testes, essa questão era sobre o conteúdo de sistema circulatório, relacionado aos vasos sanguíneos. A Q13, do teste 2 para o teste 3 também não foi observado mudança de posição em relação ao nível de dificuldade, sendo fácil em ambos os testes, nessa questão o conteúdo era sobre componente do sistema respiratório – os pulmões. Esses dois itens eram do tipo verdadeiro ou fácil, o que confirma a análise que já fizemos na interpretação geral dos mapas, cujo as questões mais fáceis foram com essa estrutura. A partir desses resultados temos mais um indício de que os estudantes tenham entendidos os conteúdos dos sistemas fisiológicos estudados, pois as questões repetidas abordavam conteúdos tanto sobre o sistema digestório, sistema respiratório e circulatório.

Das seis questões repetidas do teste 1 para o teste 3, duas não mudaram de posição, se mantendo fácil nos dois testes. A Q5 com conteúdo do sistema digestório sobre o processo de obtenção de energia e a Q18 sobre o sistema circulatório abordando sobre os capilares. Nas questões 13 e 15 observamos uma mudança acentuada entre os dois testes, no teste 1 essas questões estavam próximas ao topo do mapa, acima da habilidade das pessoas, e no teste 3 as questões equivalentes (Q12 e Q15) foram mais fáceis, pois se posicionaram no mapa abaixo da média de habilidade das pessoas.

Na Q13 o conteúdo foi o processo de trocas gasosas e a nossa hipótese para este item ter sido mais difícil no teste 1 é que os estudantes ainda não dominavam conceitos específicos sobre os processos fisiológicos como o da hematose. Fazendo uma análise qualitativa das respostas dessa questão no teste 1 observou-se que este item era de múltipla escolha e a maioria dos estudantes marcaram como resposta correta a opção que continha fluxo sanguíneo, que é um termo mais conhecido no senso comum e se relacionava com o enunciado da questão porque mencionava sobre sangue e capilares sanguíneos, por isso, é possível que os estudantes tenham feito essa associação para tentar responder à questão. Ao estudarem o conteúdo ao longo da intervenção os estudantes entenderam os conceitos e processos e por isso essa questão ficou mais fácil no teste 3. Podemos explicar o resultado para a questão 15 por esta mesma perspectiva, uma vez que também era uma questão de múltipla escolha, mas que exigia um conhecimento sobre feedback negativo. Porém, a nossa hipótese para que esse item tenha sido

mais fácil no teste 3 é porque homeostase foi um conteúdo-chave dentro da intervenção, sendo abordado a partir dos três sistemas fisiológicos estudados. Ou seja, esse resultado é um indicativo de que a forma como conduzimos a intervenção favoreceu a aprendizagem dos estudantes.

As Q3 e Q6 abordavam sobre conteúdo do sistema respiratório. Na 3 o estudante tinha que analisar uma situação relacionada a uma estratégia de treinamento para jogadores de futebol realizarem jogos em cidades de alta altitude e não terem sua performance prejudicada. E a 6 era uma questão sobre mecânica da respiração. A questão 3 teve uma mudança de posição mais acentuada, sendo que no teste 1 ela foi mais difícil do que a questão 6, acreditamos que tenha sido porque esse item, por ter análise de um contexto, exigia que os estudantes dominassem mais aspectos sobre o sistema respiratório, como componentes e mecanismos, o que foi possível ao final da intervenção, com a aplicação do teste 3 após o estudo da matéria.

Tivemos uma única questão que se repetiu nos três testes, a Q14 (t1), Q16 (t2) e a Q13 (t3), era uma questão sobre sistema circulatório, que abordava a relação entre circulação sanguínea e as válvulas venosas. Observamos pela Figura 1 como essa questão foi ficando mais fácil a cada teste ao longo da intervenção. Com esses resultados observamos que a maioria das questões repetidas mudaram de posição de um teste para o outro, sendo mais difícil na primeira aplicação e mais fácil nas aplicações seguintes. Quando a questão já tinha sido fácil em teste anterior, ela se manteve fácil no teste seguinte.

Esses resultados apontam que houve evolução do entendimento e que os estudantes aprenderam os conteúdos dos sistemas fisiológicos estudados (digestório, respiratório e circulatório), pois observamos que os conteúdos dos três sistemas nas questões repetidas ficaram mais fácil ao longo da intervenção, o que também confirma nossa análise inicial sobre os mapas de modo geral. É importante ressaltar que o teste 3 foi aplicado seis meses após a intervenção, então, é provável que o efeito memória tenha sido reduzido. A média da habilidade ter se mantido alta mesmo após vários meses é um forte indicativo de que os estudantes de fato construíram esse entendimento e ele permaneceu ao longo do tempo.

Em síntese, a análise dos mapas de itens demonstrou que a distância entre a dificuldade dos itens e a habilidade das pessoas mudou ao longo do tempo: No teste 1 a média da habilidade das pessoas estava abaixo da média de dificuldade dos itens. Nos testes 2 e 3 essa configuração mudou, a média de habilidade das pessoas ficou acima da média de dificuldade dos itens. Como todos os testes estavam calibrados com itens de níveis de dificuldades diferentes, essa mudança na média da proficiência das pessoas é mais uma evidência da aprendizagem em relação aos

conteúdos abordados na unidade. Os testes ficaram mais fáceis à medida que a proficiência aumentava, e esse era o comportamento esperado, que a dificuldade diminuísse.

Com estes resultados inferimos que o princípio de promover um entendimento mais amplo a partir da abordagem relacional da fisiologia humana foi validado, pois alcançamos nossa expectativa de ensino. Temos indicativos de evolução de entendimento dos estudantes ao longo da intervenção, compreensão das categorias da estrutura conceitual CMF, uma vez que não identificamos diferença significativa nas médias de desempenho para essas questões, o que nos indica que elas foram aprendidas igualmente, assim como não identificamos diferenças significativas no entendimento dos conteúdos dos três sistemas fisiológicos abordados na intervenção, o sistema digestório, respiratório e circulatório.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo o nosso objetivo foi investigar o entendimento dos estudantes sobre a fisiologia humana dos sistemas digestório, respiratório e circulatório, numa perspectiva relacional dos processos fisiológicos. Fizemos isso analisando o alcance da nossa expectativa de ensino com a aplicação da intervenção para validar o princípio de ensino de promover abordagem relacional da fisiologia humana. Com a análise dos dados buscamos responder a três perguntas.

A primeira delas foi: como os estudantes aprendem conteúdos de fisiologia humana a partir de uma abordagem relacional? Os resultados apontaram que houve aprendizagem dos conteúdos ao longo da intervenção, mas observamos que do pré-teste para o pós-teste o desempenho caiu. Nós interpretamos esse resultado como o processo natural de aquisição do conhecimento e também como um indicativo da influência do contexto na execução de tarefas, pois o momento de aplicação do teste 2 antecedeu a tarefa da feira de Saúde, em que os estudantes estavam com foco mais direcionada para esta tarefa do que para realizar teste formal.

O indicativo de aprendizagem foi evidenciado no teste de retenção, em que constatamos um desempenho acima dos anteriores. Este é um resultado importante, pois esse teste foi aplicado seis meses depois da intervenção, sendo um forte indicativo de que o conhecimento perdurou no tempo, e que a abordagem contribuiu para a aprendizagem. Do ponto de vista da pesquisa acadêmica este resultado evidencia a importância de coletarmos dados dos estudantes em momentos diferentes para conseguir mapear a evolução ao longo do tempo, obtendo assim dados mais robustos para interpretar mudança e processos de forma longitudinal.

Com a segunda pergunta investigamos se alguma categoria da estrutura CMF foi mais favorecida com a abordagem, e os resultados apontaram que nenhuma categoria foi mais

privilegiada em detrimento de outra. Componentes, mecanismos e fenômenos foram aprendidos igualmente. Este é um resultado que valida o princípio baseado na hipótese de que, em uma abordagem relacional, os conteúdos da estrutura CMF devem ser privilegiados de igual forma, de modo que os estudantes desenvolvam uma compreensão ampla sobre o funcionamento do corpo.

Com a terceira pergunta investigamos qual conteúdo dos sistemas fisiológicos trabalhados (digestório, respiratório e circulatório) foi mais aprendido. Os resultados não apontaram nenhum conteúdo que se sobressaiu sobre o outro, pois as questões que analisamos a mudança de posição no mapa foram dos três sistemas abordados. Entre as questões repetidas, observamos mudança de posição acentuada (do nível mais difícil para o mais fácil) para os três sistemas, como exemplos: a) sistema digestório do T1 para o T2, com a Q1; b) sistema circulatório do T2 para o T3, com as Q2 e Q16; c) sistema respiratório do T1 para o T3, com a Q13. Assim, temos indícios de que os três conteúdos foram aprendidos igualmente pelos estudantes, corroborando a nossa expectativa inicial.

Assim, concluímos que a aprendizagem foi constatada e que a perspectiva ampla de entendimento foi atendida e alcançamos a nossa expectativa de ensino que era promover entendimento relacional dos sistemas fisiológicos. Esses resultados validam o princípio de design de abordagem relacional da fisiologia humana.

REFERÊNCIAS

- ALMIRO, P. A.; SIMÕES, M. R. Estudo da versão portuguesa do EPQ-R: uma aplicação do Modelo Rasch. In: GOLINO, H. G., et al. **Psicometria Contemporânea: Compreendendo os Modelos Rasch**. 1º. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, v. I, 2015. Cap. 8, p. 242-281
- ALVARADO, G.; RIVAS, S.; OCHOA, M. Diseño Instruccional con enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS) para la enseñanza del contenido del Sistema Nervioso. **Revista de Investigación**. n. 77, v. 36, 2012.
- AMANTES, A. **Contextualização no Ensino de Física: efeitos sobre a evolução do entendimento dos estudantes**. Universidade Federal de Minas Gerais. Tese de doutorado. Belo Horizonte, p. 275. 2009.
- AMANTES, A. **O entendimento de estudantes do Ensino Médio sobre Movimento Relativo e Sistema de Referência**. Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de mestrado. Belo Horizonte, p. 183. 2005.
- AMANTES, A.; COELHO, G. Modelos Politômicos. In: GOLINO, H. F., et al. **Psicometria Contemporânea**. 1ª. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2015. Cap. 5, p. 156- 183.
- BAUMGARTNER, E. et al. Design-based research: an emerging paradigm for educational inquiry. **Educational Researcher**, Washington, v. 32, n. 1, p. 5-8, 2003.

- Ben-ZviAssarafO,DodickJ,TriptoJ.High school students' understanding of the human body system. **ResSciEduc** (2013) **43**:33–56.doi:10.1007/s11165- 011-9245-2.
- BIGGS, J.; COLLIS, K. **Evaluating the quality of learning: the SOLO Taxonomy** (Structure of the Observed Learning Outcome). New York: Academic Press, 1982.
- BOND, T. G.; FOX, C. M. **Applying the Rasch model: fundamental measurement in the human sciences**. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2001.
- BRIGGS, J.; WILSON, M. An introduction to multidimensional measurement using Rasch Models. In: SMITH, E.; SMITH, R. **Introduction to Rasch measurement: Theory, models and applications**. Maple Grove: Jam Press, 2004. p. 322-341.
- ÇIMER, A. What makes biology learning difficult and effective: Students' views? **Educational Research and Reviews**, v. 7, n. 3, 2012.
- COELHO, G. R. A Evolução do Entendimento dos Estudantes em Eletricidade: Um Estudo Longitudinal. **Tese de Doutorado em Educação pela Faculdade de Educação da UFMG**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011.
- DANCEY, C. P.; REIDY, J. Introdução à análise de fatores. In: DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para Psicologia**. 5°. ed. Porto Alegre: Penso, v. I, 2013. Cap. 14, p. 450-483.
- DAWSON, T. L.; STEIN, Z. Cycles of research and application in education: Learning Pathways for energy concepts. *Mind*, **Brain e Education**, Cambridge, v. 2, n. 2, p. 90-103, 2008.
- DEMETRIOU, A.; KYRIAKIDES, L. The functional and developmental organization of cognitive developmental sequences. **British Journal of Education Psychology**, v. 76, n. 2, p. 209-242, 2006.
- FISHER, W. P. Rating scale instrument quality criteria. **Rasch Measurement Transactions**, v. 21, n. 1095, 2007.
- GURGEL, I.; FAGUNDES, A.; SOUSA, I. C.; GALVÃO-COELHO, N. L. Integrando a fisiologia a partir de uma sequência didática baseada no estudo do sistema nervoso. **Revista da SBEnbio**, n. 7, outubro, 2014.
- IBM_CORP. **IBM SPSS Statistics for Windows**, Version 20.0. IBM Corp. New York. 2011
- LINACRE, J. M. **A User's Guide to WINSTEPS MINISTEPS Rasch Model Computer Programs**. Chicago: [s.n.], 2006.
- LINACRE, J. M. WINSTEPS 3.68.0. **Rasch measurement computer program**. Chigago, 2009. Disponível em: <Winteps.com>.
- LINACRE, J. M. WINSTEPS 3.70. **Rasch measurement computer program**, Chicago. Winsteps.com, 2010. Disponível em: <Winteps.com>.
- MARTINS, G. A. Sobre confiabilidade e validade. **RBGN**, São Paulo, v.8, n. 20, p. 1-12, 2006.
- MORAES, V. R. A.; GUIZZETTI, R. A. Percepções de alunos do terceiro ano do Ensino Médio sobre o corpo humano. **Ciênc. Educ., Bauru**, v. 22, n. 1, p. 253-270, 2016.
- MORGADO, S. et al. Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas e ensino tradicional: um estudo centrado em "transformação de matéria e energia". **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 73-97, mai-ago 2016.
- OLLAIK, L. G.; ZILLER, H.M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.38, n.1, 229-241, 2012.

PARZIALE, J.; FISCHER, K. W. The Practical Use of Skill Theory in Classrooms. In: STERNBERG, R. J.; WILLIAMS, W. M. **Intelligence, Instruction and assessment: Theory into Practice**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1998. p. 95-110.

PASQUALI, L. Psicometria. **Revista da escola de Enfermagem da USP**, v. 43, p. 992-999, 2009.

PLOMP, T. Educational Design Research: an Introduction. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. **An introduction to educational Design Research**. Enschede: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development. pp. 9-35. 2009.

SEIXAS, N. R. M., *et al.* O ensino dos sistemas fisiológicos por meio de uma abordagem integradora: um enfoque na interdisciplinaridade. **Brazilian Journal of development**. V.5, n.6, 2019.

SICK, J. Rasch measurement in language education: Part 1. **Shiken: JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter, Tokyo**, v. 12, n. 1, p. 1-6, January 2008.

SICK, J. Rasch measurement in language education: Part 2. Measurement scales and invariance. **Shiken: JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter, Tokyo**, v. 12, n. 2, p. 26-31, April 2008.

SNAPIR, Z.; EBERBACH C.; BEN-ZVI-ASSARAF, O.; HMELO-SILVER, C.; TRIPTO, J. Characterising the development of the understanding of human body systems in high-school biology students – a longitudinal study, **International Journal of Science Education**, 2017. DOI: 10.1080/09500693.2017.1364445.

TRIPTO, J., BEN-ZVI ASSARAF, O., SNAPIR, Z., AMIT, M. (2016a). How is the body's systemic nature manifested amongst high school biology students? **Instructional Science**, 1–26. doi:10.1007/s11251-016-9390-0

ULLRICH, D.R.; OLIVEIRA, J.S.; BASSO, K.; VISENTINI, M. S. Reflexões teóricas sobre a confiabilidade e validade em pesquisas qualitativas: em direção à reflexibilidade analítica. **Análise – Revista de Administração da PUCRS**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 19-30, 2012.

XAVIER, A. P. **Laboratório Virtual versus Laboratório Material: a aprendizagem de física com intervenções tradicionais e investigativas**. Universidade Federal da Bahia. Tese de Doutorado. Salvador-BA, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/27506>

WRIGHT, B. D.; STONE, M. H. **Making measure**. Chicago: The Phaneron Press, 2004.

CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS

Neste estudo traçamos um caminho metodológico que culminou no produto da tese, que teve os seguintes passos:

1) No primeiro momento fizemos uma revisão de literatura a fim de obter um panorama das propostas de ensino da fisiologia humana na Educação Básica e identificamos algumas lacunas na área, a primeira delas no sentido de análise das implicações dessas propostas de ensino e a segunda no sentido de observar que as propostas de um ensino mais integrado e que promova uma visão sistêmica sobre o corpo humano ainda são incipientes.

2) Discutimos sobre os principais problemas no ensino de fisiologia humana e delimitamos sobre quais deles nosso trabalho se propunha a responder – o problema da fragmentação dos sistemas e biologização do corpo, que culminam numa visão reducionista e limitada sobre processos fisiológicos e sobre o corpo humano de maneira geral. Tendo claro essas duas problemáticas (que surgem também da minha prática pedagógica enquanto professora da educação básica), nos propomos a elaborar uma abordagem com o intuito de lidar com esses problemas no âmbito do contexto real da sala de aula.

3) Para lidar com o problema da fragmentação dos sistemas, elaboramos o que denominamos de estrutura conceitual CMF, uma forma de abordagem relacional da fisiologia humana, que consiste no entendimento sobre componentes, mecanismos e fenômenos fisiológicos. Nessa estrutura os sistemas não são abordados de forma isolada ou com ênfase em aspectos estruturais, mas sim, os sistemas são tratados a partir de como CMF estão relacionados entre si dentro de cada sistema e com outros sistemas do corpo, de modo que o estudante desenvolva um entendimento mais completo sobre fisiologia humana. Dentro da nossa proposta de ensino o problema da biologização do corpo pode ser contornado incluindo a perspectiva de QSC para conduzir a abordagem relacional. Desta forma, é possível que os estudantes compreendam o corpo para além do biológico, possam problematizar questões ligadas ao corpo e à fisiologia, crie identificação, entendo o corpo também como biocultural.

4) Definidos aportes teóricos que embasam a estrutura da proposta de ensino que propomos, fizemos o desenho metodológico de uma intervenção didática para ser aplicada em um contexto da de aula do Ensino Médio. Para isso utilizamos os pressupostos da Pesquisa de Design Educacional, que se trata de uma pesquisa de desenvolvimento com o objetivo de construir princípios de design para caracterizar intervenções com potencial de solucionar problemas da prática educativa. Elaboramos três princípios para a intervenção que construímos:

uso didático de uma QSC; trabalho cooperativo; abordagem relacional da fisiologia humana. E submetemos esta intervenção a uma validação por pares (professores de Biologia) antes de sua aplicação. Os resultados desta validação apontaram que a nossa proposta tem potencial para desenvolver os objetivos pretendidos.

5) Com a intervenção validada pelos pares partimos para a validação empírica dos princípios de design. Aplicamos a intervenção para quatro turmas do 3º do Ensino médio de uma escola estadual na Bahia e buscamos responder às nossas problemáticas iniciais.

Os Resultados

O nosso objetivo com este estudo foi investigar princípios de design de uma intervenção educacional sobre fisiologia humana para promover entendimento relacional dos processos fisiológicos por estudantes do Ensino Médio. A pergunta central foi: Quais características de uma intervenção educacional sobre fisiologia humana têm potencial de promover entendimento relacional dos processos fisiológicos por estudantes do Ensino Médio?

Empregamos um conjunto de métodos de análises de natureza qualitativa e quantitativa e obtivemos um conjunto de indicativos que nos permite inferir que os princípios de ensino foram validados neste estudo. O primeiro princípio – uso didático de uma QSC, foi crucial para que os estudantes articulassem conteúdo formal da fisiologia com questões sociais relevantes, promovendo determinadas capacidades de pensamento crítico e reflexões sobre questões cotidianas. Os indícios de que alcançamos nossa expectativa de ensino para este princípio se deu pelas análises das respostas dos estudantes, e a atividade de culminância dos estudos – a feira de saúde.

Para o princípio de trabalho coletivo, alcançamos a nossa expectativa que era criar situações para os estudantes se ajudassem na construção dos conhecimentos. Isso ficou evidente porque todas as atividades propostas foram feitas em grupos e pelo comprometimento das turmas na entrega das atividades solicitadas em cada aula. Além da análise contextual dimensionada pelo diário de bordo de como os estudantes se engajaram na produção da feira de saúde. Consideramos este a maior evidência que temos de que a intervenção proporcionou a vivência da cooperação.

No princípio três – abordagem relacional da fisiologia, nossa expectativa principal era proporcionar um entendimento relacional da fisiologia humana e respondemos a essa expectativa analisando a trajetória de desempenho dos estudantes ao longo da intervenção

dimensionada por testes de conhecimento baseado na estrutura CFM, em três ondas de medida. Tivemos indícios de que os estudantes aprenderam de modo geral, aprenderam igualmente conteúdos das categorias CMF e os conteúdos específicos dos sistemas digestório, respiratório e circulatório. Partimos do pressuposto de que a aprendizagem é um processo demarcado pela mudança de traços latentes ao longo do tempo. O traço latente definido neste estudo foi o entendimento (variável não observável), portanto, inferimos que os estudantes aprenderam fisiologia humana porque observamos um progresso do entendimento ao longo da intervenção, sobretudo no teste 3 que foi aplicado seis meses após a intervenção.

Limitações e implicações

Tivemos algumas limitações e desafios nesse processo de pesquisa.

Nosso primeiro desafio foi na validação da intervenção pelos pares. Defendemos a importância da validação para propormos instrumentos de pesquisas mais coerentes, que de fato tenha potencial para alcançar os objetivos pretendidos e gerar resultados mais confiáveis. Obtivemos o que consideramos ser um número baixo de respostas, tendo em vista a quantidade de professores que foram convidados à avaliarem a intervenção, recebemos 27 respostas de 194 e-mails enviados. Compreendemos que avaliações desta natureza demandam tempo dos professores que já têm uma carga horária de trabalho extensa, além disso, a própria familiaridade com processo de validação, uma vez que grande parte dos professores marcaram todas as opções de objetivos como sendo adequados. Nesse ponto assumimos que isso pode ter ocorrido devido a uma falha nossa na forma de descrever as aulas e os nossos objetivos. Esse é uma questão que precisa ser refinada para aplicação do protocolo de validação em pesquisas futuras de validação. Essa limitação que encontramos acaba trazendo uma questão para discussão, que é o desafio das pesquisas colaborativas, uma vez, que o professor que avalia uma proposta e propõe mudanças e melhoria está colaborando na produção de um produto educacional.

Sabemos que pesquisadores e professores apresentam saberes de naturezas distintas, mas igualmente relevantes e complementares para a produção de conhecimentos para o ensino de Ciências. Dessa forma, o aspecto pragmático da colaboração contribui para a redução da lacuna entre as estratégias elaboradas e sugeridas a partir de pesquisa acadêmica e as necessidades nos contextos reais de sala de aula, ou seja, traz uma característica de aplicabilidade dimensionada pelas características reais do contexto de aplicação dessas propostas.

Outra limitação foi a aplicação da intervenção no contexto da sala de aula, pois identificamos que se tivéssemos usados mais recursos didáticos, como textos de divulgação

científica, reportagens, documentários, teríamos obtido respostas dos estudantes com maior embasamento e argumentos, pois eles teriam mais subsídios para discutir, principalmente os assuntos não circunscritos pelo conteúdo formal. Por outro lado, esbarramos na questão do tempo didático do currículo e cronograma da escola, que não nos permitiu estender a intervenção, utilizamos seis semanas para trabalhar três sistemas, o que corresponde à metade de uma unidade escolar. Além disso, outra limitação foi o uso de gravadores para coletar os diálogos entre os grupos, o que nos daria dados para fazer uma análise discursiva das aulas, e por causa disso não conseguimos analisar com precisão os elementos mais importantes das discussões em sala de aula.

Na análise estatística dos testes a nossa limitação foi o número de itens para dimensionar cada categoria da CMF, pois tínhamos seis itens de cada em cada teste, além de poucos respondentes – 108 estudantes. Isso não nos permitiu ter maiores evidências sobre a aprendizagem em cada categoria, apenas indicativos, o que nos dá direcionamento para a condução de pesquisas futuras com viés estatístico.

Acreditamos que esta tese traz uma contribuição relevante para a comunidade científica, tanto em termos do entendimento teórico decorrente da empiria, quanto dos produtos educacionais gerados: estrutura conceitual para abordagem relacional de fisiologia humana, quanto a própria intervenção. Também traz uma contribuição para a prática educativa da professora/pesquisadora, autora desta tese.

Além disso, consideramos que o trabalho contribui para o estabelecimento de critérios avaliativos em se tratando da condução de análises de dados e processo de validação. Esperamos que este estudo contribua para outras pesquisas que pretendam investigar características de intervenções educacionais no âmbito do ensino de Ciências. Também esperamos que os resultados decorrentes desta pesquisa possam gerar *insights* sobre o objeto de estudo e contribua para melhoria do ensino de Ciências.

APÊNDICE A – INTERVENÇÃO DIDÁTICA COMPLETA SOBRE FISIOLOGIA DOS SISTEMAS DIGESTÓRIO, RESPIRATÓRIO E CIRCULATÓRIO

1. Questão sociocientífica (QSC): o caso

Sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo

“- Alimentação ruim e o sedentarismo têm aumentado os riscos de doenças crônicas no Brasil, como a diabetes e a hipertensão. Porém, a mudança de hábitos pode ajudar a reverter esse quadro. Para quem busca perder peso, os métodos são variados e ter “corpo de revista” não é impossível, mas os especialistas ressaltam que é preciso ter muita disciplina”. Essa foi a chamada de um programa de TV que Raquel assistiu em um programa sobre saúde. Raquel é uma jovem que está com sobrepeso e sempre ouviu brincadeiras e apelidos por causa do seu corpo quando era criança, mas isso não a incomodava tanto. Porém, nos últimos meses Raquel tem estado muito ansiosa e começou a se incomodar muito com seu peso. Ela começou a seguir blogs de “modelos *fitness*” nas redes sociais e perfis de beleza e emagrecimento, inspirando-se nos corpos esbeltos exibidos. Dentre tantas opções encontradas na Internet como: dietas “milagrosas”, kit de *shake* para substituir as refeições, gel redutor de medidas, chás emagrecedores, cintas modeladoras e indicações de procedimentos estéticos, Raquel decidiu fazer uso de um daqueles *shakes* que prometiam emagrecimento em pouco tempo, porém, não obteve resultado após alguns meses de tentativas. As dietas restritas funcionavam apenas por um período, depois Raquel voltava a ganhar peso. A mãe de Raquel reclama da vida sedentária que a filha tem levado e de sua alimentação, que em geral é muito rica em alimentos processados, e sugeriu que a filha entrasse no grupo de caminhada junto com sua amiga Lúcia. Os meses se passavam e Raquel não via resultados significativos em seu emagrecimento. Ela seguia algumas dicas encontradas nos perfis *fitness* que acompanhava, mas estava longe de obter aquele “padrão de corpo”, ela não entendia o porquê ela não conseguia e se sentia frustrada. Foi então que ela decidiu procurar ajuda de especialistas.

Supondo que você e seus colegas fazem parte da equipe de especialistas consultada por Raquel, após estudarem muito sobre o assunto respondam: quais estratégias o grupo adotaria para lidar

com a as questões desse caso se fosse: a) nutricionista, b) psicólogo (a), c) endocrinologista, d) a família, e) um amigo (a) bem informado (a) sobre o assunto? Raquel precisa, de fato, emagrecer?

Quadro 2. A intervenção educacional e seus objetivos de aprendizagem

Instruções	Atividade dos alunos	Objetivos de aprendizagem
<p>Aula 1 e 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Levantamento de conhecimentos prévios sobre os sistemas Digestório, Cardiovascular e Respiratório. • Apresentação do caso da QSC: Sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo. • Contextualizar a QSC com o conteúdo da unidade. Discussão sobre o conceito de sistemas. • Discussão sobre a construção social de um “padrão de corpo”, influências das mídias, transtornos alimentares, discriminação, depressão e “padrões de corpo” e saúde. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenhar em folha de papel metro os contornos do corpo humano e a localização anatômica dos órgãos que compõem o sistema digestório, cardiovascular e respiratório. • Expor conhecimento sobre a fisiologia desses sistemas. <p>Questões para discussão (em grupos):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) “[...] ter “corpo de revista” não é impossível, mas os especialistas ressaltam que é preciso ter muita disciplina”. O que significa corpo de revista em termos culturais? 2) Vocês consideram que a mídia e as redes sociais exercem influência no comportamento das pessoas em relação ao corpo? Se sim, quais são essas influências e suas consequências? Justifiquem. 3) Com relação ao trecho de que Raquel “sempre ouviu brincadeiras e apelidos por causa do seu corpo”, quais as possíveis implicações sociais decorrentes da representação de corpo na sociedade atual? Como você age diante de amigos/familiares/conhecidos que não estão dentro do padrão de corpo perfeito? 	<p>Compreender a influência da mídia no comportamento das pessoas em relação ao corpo, e suas consequências.</p> <p>Entender o corpo humano em relação à questão sociocientífica “Sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo”.</p> <p>Posicionar-se em relação a valores éticos relacionados ao “padrão de corpo” na sociedade.</p>
<p>Aula 3 e 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • Levantamento de conhecimentos sobre o que é saúde. • Apresentar o conceito amplo de saúde, discutindo os modelos socioecológico e biomédico. • Discutir por meio de textos de divulgação científica (em anexo) a relação entre alimentação, saúde e fisiologia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura e discussão de textos de divulgação científica (em grupo). <p>Questões para discussão (durante a aula):</p> <ol style="list-style-type: none"> 4) O que significa ser saudável? Justifiquem. 5) Quais são os tipos de alimentos que podem contribuir para uma vida saudável? Discuta a questão dos nutrientes e as dietas veiculadas pelos meios de comunicação. 6) “A mãe de Raquel reclama da vida sedentária que a filha tem levado e de sua alimentação, que é muito rica em alimentos processados”. A mãe de Raquel tem realmente motivos para estar preocupada com a filha? Justifiquem. 7) Como os carboidratos são aproveitados pelo organismo e qual a sua função para o corpo? É 	<p>Compreender o conceito de saúde de forma ampla e refletida, a partir de dois diferentes modelos de saúde.</p> <p>Entender sobre as funções dos nutrientes, os processos de digestão e absorção e o conceito de metabolismo.</p> <p>Relacionar a fisiologia dos sistemas digestório e respiratório.</p>

<ul style="list-style-type: none"> Exposição dialogada sobre a função dos nutrientes, digestão e absorção. Metabolismo, obtenção e uso da energia biológica e sua relação com a respiração externa. 	<p>possível relacionar esse processo ao sistema respiratório? De que forma? Justifiquem.</p> <p>Atividade para casa (individual):</p> <ul style="list-style-type: none"> Pesquisar possíveis causas do sobrepeso e obesidade, buscando argumentar sobre quais fatores pode estar envolvido na dificuldade de emagrecer de Raquel. Quais seriam as alternativas e os riscos e benefícios da cirurgia bariátrica. 	
<p>Aula 5 e 6</p> <ul style="list-style-type: none"> Discutir a obesidade enquanto um problema de saúde pública e como a mídia e a sociedade veem o indivíduo com excesso de peso. Discutir o controle homeostático do metabolismo (a insulina e o glucagon), síndrome metabólica associada à diabetes e doença cardiovascular. 	<ul style="list-style-type: none"> Contribuir com as discussões em torno do vídeo. <p>Questão para discussão (durante a aula):</p> <p>8) É possível associar os sistemas corporais em estudo com o processo de emagrecimento de Raquel? Justifiquem.</p> <p>9) A mãe de Raquel sugeriu que a filha iniciasse uma atividade física com caminhadas. Como vocês explicam os benefícios da atividade física no corpo, em termos fisiológicos? Por que atividade física emagrece?</p> <p>10) Quais fatores estão envolvidos no desenvolvimento do diabetes? Existe relação com o sistema cardiovascular? Justifiquem.</p>	<p>Entender o papel da circulação sanguínea e como ocorre o fluxo sanguíneo.</p> <p>Relacionar fatores de risco associados ao excesso de peso, que podem contribuir para desencadear doenças como diabetes, hipertensão e arteriosclerose.</p> <p>Compreender a natureza integrativa do sistema cardiovascular.</p>
<p>Aula 7 e 8</p> <ul style="list-style-type: none"> Iniciar a aula com a discussão do vídeo “Diabetes, um vilão para a circulação”¹⁶, buscando evidenciar a importância do sistema cardiovascular e como ele integra diversas funções e os demais sistemas do corpo. Aula expositiva dialogada sobre a função da circulação sanguínea e como ela ocorre. O papel do coração e mecanismos que geram o fluxo sanguíneo. Discutir o conceito de fluxo de massa. Pressão arterial e hipertensão, mecânica da respiração, buscando estabelecer 	<ul style="list-style-type: none"> Participar da discussão em torno do vídeo, retomando pontos da aula interior. <p>Questões para discussão (após a aula):</p> <p>11) É possível associar os sistemas corporais estudados com o processo de emagrecimento de Raquel? Justifique.</p> <p>Atividade para casa (individual):</p> <p>Atividade para casa (individual)</p> <p>Pesquisar:</p> <ul style="list-style-type: none"> Possíveis causas do sobrepeso e obesidade. Argumentar sobre quais fatores pode estar envolvidos na dificuldade de emagrecer de Raquel. Qual(is) seria(m) outras alternativas para Raquel? Quais critérios vocês levariam em consideração na decisão de emagrecer? Justifique 	<p>Compreender o conceito de fluxo de massa, o papel da circulação sanguínea e como ela ocorre.</p> <p>Entender a dinâmica da ventilação pulmonar.</p> <p>Demonstrar entendimento sobre as funções dos sistemas digestório, respiratório e cardiovascular.</p> <p>Estabelecer relação sistemática entre o sistema digestório, respiratório e cardiovascular.</p>

¹⁶ Link para acessar o vídeo (que será editado): <https://www.youtube.com/watch?v=O9vaguks4Bo>

relação entre circulação e respiração.		
<p>Aula 9 e 10</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mediar a discussão em torno das pesquisas realizadas. Discutir a obesidade enquanto um problema de saúde pública e como a mídia e a sociedade veem o indivíduo com excesso de peso. Formas de tratamento e prevenção. • Abordar o mecanismo de pressão arterial e frequência respiratória durante atividade física, evidenciando relação entre circulação e respiração. • Discutir sobre mecanismos de controle homeostático (<i>feedback</i> negativo, controle homeostático da insulina e do pH). 	<ul style="list-style-type: none"> • Socialização e discussão da pesquisa realizada em casa, relacionando com o caso em estudo. <p>Atividade para casa (individual)</p> <p>Elaborar um Mapa Conceitual demonstrando o entendimento sobre a fisiologia dos sistemas digestório, cardiovascular e respiratório e suas relações.</p>	<p>Entender a natureza multifatorial do sobrepeso e da obesidade e formas de tratamento.</p> <p>Compreender o conceito de homeostase.</p> <p>Relacionar as funções do sistema cardiovascular e respiratório.</p>
<p>Aula 11 e 12</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mediar as discussões a partir dos mapas conceituais, retomando questões sobre o caso, evidenciando a integração entre os sistemas estudados e a QSC, o organismo como um todo dinâmico e um corpo/ser humano integrado ao meio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Socialização da construção dos mapas conceitual. • Discussão e socialização da última questão sobre o caso (em grupos): <p>12) No caso abordado, que estratégias a equipe adotaria para lidar com as questões do caso se fosse: a) nutricionista, b) terapeuta, c) endocrinologista, d) a família e e) um amigo (a) bem informado (a) sobre o assunto.</p> <p>13) Raquel precisa, de fato, emagrecer?</p>	<p>Descrever processos fisiológicos que explicam questões sobre o caso.</p> <p>Compreender como os sistemas digestório, respiratório e cardiovascular integram suas funções para manter a homeostase do organismo.</p>

2. As questões direcionadoras sobre a QSC e conteúdos científicos, com indicação das possíveis discussões esperadas.

- 1) “[...] ter “corpo de revista” não é impossível, mas os especialistas ressaltam que é preciso ter muita disciplina”. O que significa *corpo de revista* em termos culturais?

Espera-se com essa questão que os estudantes discutam os estereótipos de corpo na sociedade atual, que se posicionem sobre essa questão, debatendo ideias e atitudes a ela relacionadas. Espera-se uma discussão sobre a construção social do “padrão de corpo” na sociedade atual e como esses padrões afetam a nossa vida social e o nosso comportamento em relação ao corpo. É possível também haver associação entre padrão de corpo e gênero, problematizando sobre o porquê as mulheres estão mais suscetíveis a esses padrões. Espera-se também que haja uma

discussão sobre estar ou não dentro dos padrões midiáticos de corpo não significa, necessariamente, estar ou não saudável, que na verdade o que importa é ter saúde (em sentido amplo, o qual será discutido ao longo da intervenção). Exemplos de outras questões para fomentar discussões nesse sentido: É possível ter apenas um padrão estético para a diversidade humana? E em termos de saúde? (ter um corpo de revista garante saúde?) Existem pessoas saudáveis que não se adequem aos padrões mostrados nas revistas?

- 2) Vocês consideram que a mídia e as redes sociais exercem influência no comportamento das pessoas em relação ao corpo? Se sim, quais são essas influências e suas consequências? Justifiquem.

Espera-se que os estudantes discutam como a imposição dos padrões afetam a vida social das pessoas e, sobretudo, sua autoestima, autoimagem e auto aceitação, que pode levar a comportamentos prejudiciais ao bem-estar físico e mental, como por exemplo, a depressão. Em sala a discussão será no sentido de mostrar que determinados comportamentos podem gerar transtornos alimentares, como por exemplo, a bulimia. A “pressão” e a preocupação excessiva com o corpo podem levar a outros transtornos, como a anorexia. Outras influências podem estar relacionadas ao consumo de produtos e serviços para emagrecimento, que mobiliza o mercado “fitness”, nesse ponto fazendo relações com a personagem de Raquel, que seguia perfis “fitness” e se sentia frustrada por não alcançar aqueles padrões. Como questões econômicas estão envolvidas no discurso sobre emagrecimento? E nas propagandas de alimentos? Ao mesmo tempo em que a mídia pode influenciar a um padrão de corpo (magro), ela também pode influenciar hábitos alimentares inadequados, através de propagandas de alimentos altamente processados, que reflete na saúde das pessoas, mas que também irá mobilizar o mercado de emagrecimento posteriormente. Outros exemplos que podem ilustrar essa discussão são os refrigerantes diets e os hambúrgueres de pão integral.

- 3) Com relação ao trecho de que Raquel “sempre ouviu brincadeiras e apelidos por causa do seu corpo”, quais as possíveis implicações sociais decorrentes da representação de corpo na sociedade atual? Como você age diante de amigos/familiares/conhecidos que não estão dentro do padrão de corpo perfeito?

Espera-se que os estudantes se posicionem sobre questões relacionadas ao preconceito e discriminação relacionadas ao corpo das pessoas com sobrepeso e obesidade. Como a sociedade, muitas vezes, vê e trata a pessoa que está “fora dos padrões” e como os discursos, muitas vezes, volta-se a para culpabilizar a pessoa pelo seu excesso de peso, causando uma imagem de pessoa desleixada com a estética, nesse sentido, o discurso se volta mais para a estética do que para a saúde. É possível que mobilizar também discussões sobre bullying, cyberbullying e depressão, como consequências do comportamento discriminatório. Também espera-se que eles se posicionem moral e eticamente com relação a essas questões, ao apontar quais posturas tomam diante de pessoas consideradas fora do padrão de corpo.

- 4) O que significa ser saudável, segundo diferentes modelos de saúde? Justifique.

Espera-se que os estudantes compreendam um conceito elaborado, refletido e discutido de saúde, por exemplo, comparando modelos de saúde. Assim, no modelo biomédico, saúde é ausência de doença, condicionada pelos sistemas de saúde tradicionais (médico, enfermeiro, hospital, farmácia, laboratório, saneamento básico...); no modelo socioecológico, saúde é resultado da ação individual e coletiva sobre os condicionantes sociais (opções de lazer, qualidade da alimentação, qualidade da água, hábitos de higiene, condições psicológicas de bem-estar...). O modelo socioecológico engloba o biomédico, mas não se reduz a ele. Assim a responsabilidade sobre a saúde não é apenas dos profissionais de saúde, mas da população como um todo, de ações individuais (higiene, exercícios, descanso, lazer, etc.) e coletivas (participar de políticas públicas, fomentar uso de parques, conhecer a qualidade da água e dos alimentos, exigir e participar de programas públicos de saúde, etc.). Espera-se também que os estudantes mobilizem discussões sobre o que é ser uma pessoa saudável e quem nem sempre isso vai estar associado à estética corporal, envolve aspectos biológicos, psicológicos, emocionais, sociais e ambientais.

- 5) Quais são os tipos de alimentos que podem contribuir para uma vida saudável? Discuta a questão dos nutrientes e as dietas veiculadas pelos meios de comunicação.

Espera-se que os estudantes associem os diversos tipos de alimentos às suas funções nutricionais e compreendam que o organismo precisa de todos os nutrientes para ser saudável e manter todas as suas funções. Os estudantes devem citar alimentos dos diferentes grupos (proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e minerais) e suas funções, discutindo a importância de se evitar alimentos altamente processados e pobres nutricionalmente. Durante a aula o/a professor/a deve mobilizar discussões sobre os riscos do consumo elevado de alimentos ultra processados, abordando, por exemplo, sobre radicais livres e riscos de câncer. Nesse ponto, é importante deixar claro a importância do equilíbrio na alimentação. Com relação à discussão sobre dietas veiculadas pelas mídias, espera-se que os estudantes discutam criticamente até que ponto certas dietas são saudáveis para o corpo, baseando-se na função dos nutrientes, as dietas milagrosas veiculadas em blogs “fitness”, as restrições alimentares e substituições de refeições ou ainda de alimentos por cápsulas.

- 6) “A mãe de Raquel reclama da vida sedentária que a filha tem levado e de sua alimentação, que é muito rica em alimentos processados”. A mãe de Raquel tem realmente motivos para estar preocupada com a filha? Justifiquem.

Espera-se mobilizar discussões relacionadas aos riscos do sedentarismo (baixo gasto energético e conseqüente acúmulo de gordura), discutir como as atividades físicas também melhoram a respiração e as funções da circulação sanguínea, além de evitar/controlar algumas doenças como diabetes tipo 2 e hipertensão. Também devem mobilizar discussões sobre os riscos dos alimentos ultra processados, devido aos altos teores de sódio, conservantes e carboidratos, buscando justificar a preocupação da mãe de Raquel e sua sugestão da filha iniciar a prática de caminhadas.

- 7) Como os carboidratos são metabolizados pelo organismo e qual a sua função para o corpo? É possível relacionar esse processo ao sistema respiratório? De que forma? Justifiquem.

Os estudantes devem demonstrar compreensão sobre a função dos carboidratos de gerar energia para o corpo. Compreender o conceito de metabolismo e uso e obtenção da energia biológica. Devem demonstrar entendimento de que ingerimos carboidratos por meio da nossa alimentação e também que podemos classificar os carboidratos em alto ou baixo índice glicêmico. Com relação ao metabolismo dos carboidratos, não é objetivo fazer uma discussão aprofundada sobre as fases respiração celular (uma vez que este conteúdo já terá sido estudado na série anterior). A compreensão geral desse processo será necessária para compreender o ponto de integração entre os sistemas digestório, circulatório e respiratório. Os carboidratos/glicose entram pela via do sistema digestório, no processo de absorção usam a via do sistema circulatório (que por meio da insulina o leva para todas as células), dentro das células, usam o oxigênio vindo da respiração externa para gerar energia na forma de ATP.

- 8) Qual (is) a (s) possível (eis) causa (s) do sobrepeso e obesidade?

(questão associada à pesquisa realizada em casa pelos estudantes). O sobrepeso e a obesidade são multideterminadas. Caracteriza-se pelo acúmulo excessivo de gordura no corpo e alta ingestão de calorias em relação ao gasto energético (Embora algumas causas estejam associadas à outras funções corporais, como endócrinas e nervosas, é importante que os estudantes tenham uma visão mais geral sobre o que pode desencadear a obesidade. Espera-se que estudantes discutam que além de fatores biológicos, existem outras questões associadas a obesidade, como o convívio social e o estilo de vida das pessoas. É possível haver associação entre uso de tecnologias e o tempo que as pessoas passam em frente a TV (que além de favorecer o sedentarismo, pode gerar insatisfações com o corpo, que pode desencadear transtornos e depressão). Pode estar associados a fatores hormonais, psicológicos, como a depressão e a ansiedade, tipo de alimentação e sedentarismo. Outra questão que será mobilizada durante as discussões na SD são alguns estudos que associam a causa da obesidade à fatores genéticos. Na discussão em sala, causas relacionadas às funções endócrinas e nervosas serão mencionadas, de modo que o estudante não perca a visão do todo, porém, não exploradas em detalhes.

- 9) Qual (is) possível (is) fator (es) está (ão) envolvidos no processo de emagrecimento de Raquel? Qual (ais) a(s) hipótese (s) do grupo sobre a dificuldade para emagrecer de Raquel?

(questão associada à pesquisa realizada em casa pelos estudantes). Espera-se que os estudantes demonstrem compreensão de que o emagrecimento não é resultado de uma ação pontual e

isolada, nem se deve culpabilizar a pessoa pelo seu fracasso no processo de emagrecimento. No caso em estudo, tem-se uma personagem que buscava se enquadrar em padrões que não estavam alinhados com seu estilo de vida, além de não ter mudado hábitos de vida, como iniciar atividades físicas regulares e reeducação alimentar. As discussões em sala devem ser no sentido de superar a visão superficial e cotidiana de que apenas dieta e exercício físico são determinantes para o emagrecimento. Embora em diversos casos essa combinação seja efetiva, ela não é suficiente em outros, pois o emagrecimento está associado a diversos outros fatores, como: estilo de vida; predisposição genética, problemas no metabolismo, doenças crônicas etc.

- 10) Qual (is) seria (m) outras alternativas para Raquel? Quais critérios vocês levariam em consideração na decisão de emagrecer? Justifique.

(questão associada à pesquisa realizada em casa pelos estudantes). Com essa questão espera-se mobilizar conteúdo atitudinal, estimulando os estudantes a exporem seus pontos de vista sobre o caso. Nas respostas espera-se que os estudantes mobilizem discussões sobre alternativas menos biomédicas para emagrecer, começando pela mudança de hábitos de vida. Isso passa pela aceitação do próprio corpo, para manter o bem-estar, autoestima elevada, confiança, lazer, trabalho, alimentação, exercício físico e ausência de doenças crônicas.

- 11) Busquem, exemplifiquem e discutam sobre os riscos, benefícios e condições para o procedimento de cirurgia bariátrica. Na opinião do grupo, a cirurgia seria uma boa alternativa para Raquel? Quais são os argumentos que sustentam a opinião de vocês?

(questão associada à pesquisa realizada em casa pelos estudantes). Além de apresentarem as questões científicas sobre a cirurgia bariátrica (como é feita, indicação, riscos, benefícios, resultados, manutenção), os estudantes também devem se posicionar em relação ao caso em estudo, uma vez que Raquel não estando com sobrepeso pode optar por alternativas. Outro argumento pode ser a questão da ética médica. Os estudantes devem expor suas opiniões levando em consideração aspectos biológicos, sociais, econômicos e culturais envolvidos com a questão.

- 12) A mãe de Raquel sugeriu que a filha iniciasse uma atividade física com caminhadas. Como vocês explicam os benefícios da atividade física no corpo, em termos fisiológicos? Por que atividade física pode ajudar no emagrecimento?

Os estudantes devem demonstrar entendimento de que a atividade física melhora as funções fisiológicas do corpo como um todo, principalmente deve citar benefícios à circulação sanguínea, ao controle do diabetes, sobrepeso e da hipertensão. Melhora a oxigenação e suprimento de nutrientes das células, devido ao aumento da frequência respiratória e cardíaca. A discussão deve deixar claro que o emagrecimento não é determinado apenas pela prática de atividade física isolada. Mas nessa pergunta mais

pontual, a ideia é entender que ela contribui, pois utiliza a energia estocada (na forma de glicogênio ou de gordura) para realizar a atividade. No primeiro caso evita o acúmulo de gordura, no segundo, diminui os percentuais de gordura (se aliado a uma baixa ingestão de calorias). O objetivo é que o estudante consiga relacionar funções estudadas da fisiologia humana com o processo de emagrecimento.

- 13) É possível associar os sistemas corporais estudados com o processo de emagrecimento de Raquel? Justifique.

Espera-se que o estudante demonstre compreensão integrada das funções fisiológicas, ao associá-la ao processo de emagrecimento relacionado ao caso. Devem discutir as funções da respiração externa, da circulação sanguínea e do processo de digestão. A associação com o sistema digestório pode ser feita a nível de aproveitamento dos nutrientes e balanço energético, compreendendo que uma reeducação alimentar contribui para a perda de peso (consumir mais energia do que se consome – dos alimentos). Nesse ponto, entra o sistema respiratório, por meio da atividade física as células demandam maior aporte de oxigênio, o que faz acelerar o metabolismo dos carboidratos, consumindo mais glicose (ou gordura estocada) e evitando que se acumule na forma de gordura. Nos dois casos (suprimento de nutrientes e de oxigênio) o sistema cardiovascular exerce o papel de transporte por todo o corpo. Outras questões associadas podem incluir o bem-estar, estilo de vida, autoestima etc.

- 14) No caso abordado, que estratégias a equipe adotaria para lidar com as questões do caso se fosse: 1) nutricionista, 2) psicólogo(a), 3) endocrinologista, 3) a família e 4) um amigo (a) bem informado (a) sobre o assunto.

Objetiva-se com essa questão que os estudantes, ao assumir diferentes papéis sociais, possam se posicionar sobre questões complexas. Para todas as situações simuladas seria necessário conhecer mais profundamente as condições individuais e sociais envolvidas com Raquel. Portanto, espera-se que os estudantes elaborem hipóteses explicativas para o caso em questão. Algumas informações sobre o caso ajudam na elaboração dessas hipóteses: o sedentarismo e alimentação inadequada de Raquel, a ansiedade, o deslumbre com os corpos dos perfis fitness nas redes sociais, as tentativas mal sucedidas de emagrecimento e a frustração. Os estudantes podem explicar, por exemplo, que o nutricionista deveria orientar Raquel numa alimentação mais saudável e na qual ela ficasse em déficit calórico, também evidenciando a importância de uma alimentação variada. O terapeuta poderia ajudá-la com sua ansiedade, autoestima, aceitação do corpo e uma possível depressão. Um endocrinologista trataria de questões metabólicas, hormonais. Outras questões envolvem o apoio da família e amigos na decisão de emagrecer ou de submeter à cirurgias ou procedimentos estéticos, apoio e incentivo; mudanças de hábitos de vida; condição e convívio social.

APÊNDICE B: INSTRUMENTO DE VALIDAÇÃO DA INTERVENÇÃO

Universidade Federal da Bahia
Universidade Estadual de Feira de Santana
Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências

Descrição: Este instrumento de validação busca verificar se uma intervenção didática com base em uma questão sociocientífica - QSC promove aprendizagem de fisiologia humana dos sistemas digestório, respiratório e cardiovascular numa perspectiva relacional, ou seja, se tem potencial de promover um entendimento mais amplo dos processos e fenômenos fisiológicos, no contexto do Ensino Médio. Isso significa que na intervenção os conteúdos científicos são trabalhados não de forma fragmentada em sistemas isolados, mas, evidenciando função e processo dos sistemas fisiológicos e suas relações, de modo que possibilite ao estudante uma visão mais ampla sobre o organismo humano.

Na pesquisa educacional o processo de validação é relevante, pois possibilita ajustes e aperfeiçoamento nos materiais de coleta de dados, a fim de garantir o alcance dos objetivos pretendidos e interpretações mais seguras sobre nosso objeto de estudo. Após a validação a intervenção pode sofrer alterações, aperfeiçoamento dos recursos didáticos, estratégias metodológicas e tarefas dos estudantes. A validação é realizada, preferencialmente, por professores da área, com experiência em docência na Educação Básica. Este instrumento de validação pode ser usado em pesquisas cujo objeto de estudo seja a investigação da aplicação de intervenções em contextos reais da sala de aula, para ensino e aprendizagem de conteúdos de Fisiologia Humana no Ensino Médio.

INSTRUÇÕES PARA O PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO

1. Este questionário possui dois quadros que avaliam diferentes aspectos da intervenção proposta. O primeiro refere-se ao conteúdo de Fisiologia Humana envolvido na intervenção e o segundo à perspectiva metodológica da intervenção.
2. Para dar suas respostas, enumere as alternativas de acordo com a seguinte escala de adequação:
 - (0) → Não adequada**
 - (1) → Pouco adequada**
 - (2) → Adequada**
3. Como consta na escala acima, quando você considerar que a alternativa não é um objetivo que se adequa ao conteúdo descrito na aula e à atividade dos estudantes, marcar 0 (zero) no espaço reservado para este fim.
4. **Os valores da escala podem se repetir, ou seja, é possível marcar mais de uma alternativa com a mesma indicação de valor.**
5. A terceira coluna do quadro é reservada para comentários e sugestões e/ou crítica, portanto, sinta-se livre para comentar tudo que julgar pertinente para o aprimoramento dessa proposta.

PERFIL DO (A) AVALIADOR (A):

Formação acadêmica (graduação/pós-graduação/área de formação):

Tem inserção na pesquisa em ensino de Ciências/Biologia?

Qual a natureza das instituições que trabalha/trabalhou (particular, pública estadual, federal, municipal) etc.:

Qual nível de ensino trabalha/trabalhou (ensino fundamental, médio, superior, etc):

Tempo de docência:

QUADRO 1

Descrição das aulas	Atividade dos estudantes	Com essa instrução espera-se mobilizar o entendimento sobre:	Observações/ Sugestões
<p>Aula 1</p> <ul style="list-style-type: none"> Levantamento de conhecimentos prévios sobre os sistemas Digestório, Cardiovascular e Respiratório. Apresentação do caso da QSC: Sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo. Contextualizar a QSC com o conteúdo da unidade (sistemas humanos e suas relações). Discutir sobre a concepção do que é sistemas, evidenciando sua relação com o todo do organismo e o meio. Discussão sobre a construção social de um “padrão de corpo”, influências das mídias, transtornos alimentares, discriminação, depressão e “padrões de corpo” e saúde. 	<ul style="list-style-type: none"> Desenhar em folha de papel metro os contornos do corpo humano e a localização anatômica dos sistemas digestório, cardiovascular e respiratório. Expor conhecimento sobre a fisiologia desses sistemas e suas relações. <p>Questões para discussão (em grupos):</p> <p>1) “[...] ter “corpo de revista” não é impossível, mas os especialistas ressaltam que é preciso ter muita disciplina”. O que significa corpo de revista em termos culturais?</p> <p>2) Vocês consideram que a mídia e as redes sociais exercem influência no comportamento das pessoas em relação ao corpo? Se sim, quais são essas influências e suas consequências? Justifiquem.</p> <p>3) Com relação ao trecho de que Raquel “sempre ouviu brincadeiras e apelidos por causa do seu corpo”, quais as possíveis implicações sociais decorrentes da representação de corpo na sociedade atual? É certo culpabilizar ou ironizar as pessoas por causa de alguma característica física delas?</p>	<p>() a influência da mídia no comportamento das pessoas em relação ao corpo, e suas consequências.</p> <p>() o corpo humano associado ao ambiente.</p> <p>() a concepção ampla de saúde.</p> <p>() qual é a relação existente entre os diferentes sistemas do corpo humano.</p> <p>() valores éticos relacionados ao “padrão de corpo” na sociedade.</p>	
<p>Aula 2 e 3</p> <ul style="list-style-type: none"> Levantamento de conhecimentos sobre o que é saúde. Apresentar o conceito amplo de saúde, discutindo os modelos socioecológico e biomédico, com exemplos. Discutir por meio de textos de divulgação científica a relação entre alimentação, saúde e fisiologia da digestão. 	<ul style="list-style-type: none"> Leitura e discussão de textos de divulgação científica (em grupo). <p>Questões para discussão (durante a aula):</p> <p>4) O que significa ser saudável? Justifiquem.</p> <p>5) Quais são os tipos de alimentos que podem contribuir para uma vida saudável? Discuta a questão dos nutrientes e as dietas veiculadas pelos meios de comunicação.</p> <p>6) “A mãe de Raquel reclama da vida sedentária que a filha tem levado e de sua alimentação, que é muito rica em</p>	<p>() o conceito de homeostase.</p> <p>() o conceito amplo e refletido de saúde.</p> <p>() a função dos nutrientes e como os alimentos são digeridos e absorvidos no corpo.</p> <p>() a anatomia dos sistemas digestório, cardiovascular e respiratório.</p>	

<ul style="list-style-type: none"> Exposição dialogada sobre a função dos nutrientes, digestão e absorção, evidenciando a relação com a circulação sanguínea. 	<p>alimentos processados”. A mãe de Raquel tem realmente motivos para estar preocupada com a filha? Justifiquem.</p>	<p>() a relação existente entre o sistema digestório e cardiovascular.</p> <p>() a fisiologia da digestão.</p>	
<p>Aula 4</p> <ul style="list-style-type: none"> Exposição dialogada sobre metabolismo, obtenção e uso da energia biológica e sua relação com o sistema respiratório. 	<p>Questão para discussão (após a aula):</p> <p>7) Como os carboidratos são aproveitados pelo organismo e qual a sua função para o corpo? É possível relacionar esse processo ao sistema respiratório? De que forma? Justifiquem.</p> <p>Atividade para casa (individual):</p> <ul style="list-style-type: none"> Pesquisar possíveis causas do sobrepeso e obesidade, buscando argumentar sobre quais fatores pode estar envolvido na dificuldade de emagrecer de Raquel. Quais seriam as alternativas e os riscos e benefícios da cirurgia bariátrica. 	<p>() a função do sistema respiratório.</p> <p>() o conceito de metabolismo.</p> <p>() a relação entre obtenção de energia dos alimentos e aproveitamento do oxigênio da respiração.</p> <p>() os risco do consumo excessivo de carboidratos.</p> <p>() localização anatômica dos órgão do sistema respiratório.</p>	
<p>Aula 5 e 6</p> <ul style="list-style-type: none"> Discutir a obesidade enquanto um problema de saúde pública e como a mídia e a sociedade veem o indivíduo com excesso de peso. Exibição e discussão do vídeo “Diabetes, um vilão para a circulação”, buscando evidenciar função e fisiologia do sistema cardiovascular e como ele integra diversas outras funções e os demais sistemas do corpo. Discutir o controle homeostático do metabolismo (a insulina e o glucagon), síndrome metabólica associada à diabete e doença cardiovascular. 	<ul style="list-style-type: none"> Socialização e discussão da pesquisa realizada em casa, relacionando com o caso em estudo. Participar da discussão em torno do vídeo, retomando pontos da aula interior. <p>Questão para discussão (após a aula):</p> <p>8) É possível associar os sistemas corporais em estudo com o processo de emagrecimento de Raquel? Justifiquem.</p>	<p>() a natureza multifatorial do sobrepeso e da obesidade e formas de tratamento.</p> <p>() respiração celular aeróbica.</p> <p>() como o excesso de peso pode contribuir para desencadear doenças como diabete tipo 2, hipertensão e arteriosclerose.</p> <p>() o conceito de homeostase.</p> <p>() consequências do consumo excessivo de carboidratos.</p> <p>() o papel da circulação sanguínea.</p>	
<p>Aula 7</p> <ul style="list-style-type: none"> Aula expositiva dialogada sobre o conceito de fluxo de massa (mecanismos que geram o fluxo 	<p>Questão para discussão (após a aula):</p> <p>9) A mãe de Raquel sugeriu que a filha iniciasse uma atividade física com caminhadas. Como vocês explicam os benefícios</p>	<p>() como ocorre o fluxo sanguíneo e a mecânica da respiração.</p> <p>() a anatomia dos sistemas cardiovascular e respiratório.</p>	

<p>sanguíneo e a mecânica da respiração). Pressão arterial e frequência respiratória durante atividade física, evidenciando relação entre circulação e respiração.</p>	<p>da atividade física no corpo, em termos fisiológicos? Por que atividade física emagrece?</p> <p>Atividade para casa (individual):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar um mapa conceitual demonstrando o entendimento sobre os conteúdos estudados durante as aulas. 	<p>() a relação entre alimentação e gasto calórico.</p> <p>() armazenamento e uso da energia biológica.</p> <p>() a integração entre o sistema cardiovascular e respiratório.</p>	
<p>Aula 8 e 9</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistematizar as questões em torno da QSC, retomando o caso e fazendo reflexões a partir da questão de discussão. • Mediar as discussões a partir dos mapas conceituais, evidenciando a integração entre os sistemas estudados e a QSC, o organismo como um todo dinâmico e um corpo/ser humano integrado ao meio. 	<p>• Discussão e socialização da última questão sobre o caso (em grupos):</p> <p>10) Quais as hipóteses do grupo para a dificuldade de emagrecer de Raquel? No caso abordado, que estratégias a equipe adotaria para lidar com as questões do caso se fosse: a) nutricionista, b) terapeuta, c) endocrinologista, d) a família e e) um amigo (a) bem informado (a) sobre o assunto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Socializar a construção dos mapas conceituais. 	<p>() os processos fisiológicos que explicam questões sobre o caso.</p> <p>() a natureza multideterminada do processo de emagrecimento.</p> <p>() como os sistemas digestório, respiratório e cardiovascular integram suas funções para manter a homeostase do organismo.</p> <p>() o tratamento de doenças crônicas ligadas à obesidade.</p> <p>() a função de diferentes especialistas no tratamento de emagrecimento.</p> <p>() as funções dos sistemas digestório, respiratório e cardiovascular.</p>	

QUADRO 2

Instrução	Do ponto de vista metodológico a intervenção favorece mais:	Observações/Justificativas
<ul style="list-style-type: none"> • Considere as ações didáticas e atividades descritas no quadro 1. 	<p>() o entendimento sobre os órgãos dos sistemas e suas funções.</p> <p>() a compreensão sobre funções e processos fisiológicos.</p> <p>() o entendimento relacional da fisiologia humana.</p> <p>() a compreensão de questões sociocientíficas em detrimento de conceitos científicos da fisiologia humana.</p> <p>() a compreensão de conteúdos de fisiologia humana associados à questões sociocientíficas.</p>	

Questão Sociocientífica a ser trabalhada durante a intervenção.

Sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo

“- Alimentação ruim e o sedentarismo têm aumentado os riscos de doenças crônicas no Brasil, como a diabetes e a hipertensão. Porém, a mudança de hábitos pode ajudar a reverter este quadro. Para quem busca perder peso, os métodos são variados e ter “corpo de revista” não é impossível, mas os especialistas ressaltam que é preciso ter muita disciplina”. Essa foi a chamada de um programa de TV que Raquel ouviu, num programa sobre saúde. Raquel é uma jovem que está com sobrepeso e sempre ouviu brincadeiras e apelidos por causa do seu corpo quando era criança, mas isso não a incomodava tanto. Porém, nos últimos meses Raquel tem estado muito ansiosa e começou a se incomodar muito com seu peso, passou a seguir blogs de “musas *fitness*” nas redes sociais e perfis de beleza e emagrecimento, inspirando-se nos corpos esbeltos exibidos. Dentre tantas opções encontradas na Internet como: dietas milagrosas, kit de *shake* para substituir as refeições, gel redutor de medidas, chás emagrecedores, cintas modeladoras e indicações de procedimentos estéticos, Raquel decidiu fazer uso de um daqueles *shakes* que prometiam emagrecimento em pouco tempo. Porém, ela não obteve resultado após alguns meses de tentativas, as dietas milagrosas funcionavam apenas por um período, depois Raquel voltava a ganhar peso. A mãe de Raquel reclama da vida sedentária que a filha tem levado e de sua alimentação, que em geral é muito rica em alimentos processados e sugeriu que a filha entrasse no grupo de caminhada junto com sua amiga Lúcia. Os meses se passavam e Raquel não via resultados significativos em seu emagrecimento. Ela seguia algumas dicas encontradas nos perfis *fitness* que acompanhava, mas estava longe de obter aqueles padrões de corpo, ela não entendia o porquê e se sentia frustrada. Foi então que ela decidiu procurar ajuda de especialistas.

- Seus exames de sangue apontaram taxa de açúcar no sangue acima do normal, Raquel. Precisamos realizar outros exames para saber se você tem diabetes. Disse um dos médicos.

- Você pode até pensar em realizar outros exames para se submeter a uma cirurgia bariátrica, eu mesmo posso realizá-la. Disse outro médico.

Supondo que você e seus colegas fazem parte da equipe de especialistas consultada por Raquel, quais sistemas fisiológicos do corpo podem estar envolvidos no caso em questão? Quais estratégias a equipe adotaria para lidar com as questões do caso se fosse: a) nutricionista, b) terapeuta, c) endocrinologista, d) a família, e) um amigo (a) bem informado (a) sobre o assunto?

APÊNDICE C: ROTEIRO DE AULA ENTREGUE AOS GRUPOS DE ALUNOS

COLÉGIO ESTADUAL ALBÉRICO GOMES SANTANA
DISCIPLINA: BIOLOGIA
PROFESSORA: LÍDIA CABRAL

ROTEIRO E CRONOGRAMA DE AULAS DA I UNIDADE

Tema gerador da Unidade: Sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo

Quadro 1. Organização dos conteúdos das aulas, atividades e objetivos pretendidos.

Conteúdo das aulas	Atividades	Objetivos de aprendizagem
<p>1ª semana (01/04/2019) Líder da semana: _____</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conhecimentos prévios sobre os sistemas Digestório, Cardiovascular e Respiratório. • Leitura do caso da QSC. • “Padrão de corpo” e influências das mídias. • Organização dos grupos de trabalho e sorteio dos temas para exposição na “Feira de Saúde e corpo humano”. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenhar em folha de papel metro os contornos do corpo humano e a localização anatômica dos sistemas digestório, cardiovascular e respiratório. • Expor conhecimento sobre a fisiologia desses sistemas e suas relações. <p>Questões para discussão (em grupos):</p> <p>1) “[...] ter “corpo de revista” não é impossível, mas os especialistas ressaltam que é preciso ter muita disciplina”. O que significa corpo de revista em termos culturais?</p> <p>2) Vocês consideram que a mídia e as redes sociais exercem influência no comportamento das pessoas em relação ao corpo? Se sim, quais são essas influências e suas consequências? Justifiquem.</p> <p>3) Com relação ao trecho de que Raquel “sempre ouviu brincadeiras e apelidos por causa do seu corpo”, quais as possíveis implicações sociais decorrentes da representação de corpo na sociedade atual? Como você age diante de amigos/familiares/conhecidos que não estão dentro do padrão de corpo perfeito?</p>	<p>Compreender a influência da mídia no comportamento das pessoas em relação ao corpo, e suas consequências.</p> <p>Identificar a relação do corpo humano à questão sociocientífica “Sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo”.</p> <p>Posicionar-se em relação a valores éticos relacionados ao “padrão de corpo” na sociedade.</p>
<p>2ª Semana (15/04/2019) Líder da semana: _____</p> <ul style="list-style-type: none"> • O que é saúde a partir de diferentes concepções. • Função dos nutrientes, digestão e absorção e a relação com a circulação sanguínea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura e discussão de textos de divulgação científica (em grupo). <p>Questões para discussão (durante a aula):</p> <p>4) O que significa ser saudável segundo diferentes modelos de saúde? Justifiquem.</p> <p>5) Quais são os tipos de alimentos que podem contribuir para uma vida saudável? Discuta a questão dos nutrientes e as dietas veiculadas pelos meios de comunicação.</p>	<p>Compreender o conceito de saúde de forma ampla e refletida, a partir de dois diferentes modelos de saúde.</p> <p>Entender sobre as funções dos nutrientes e os mecanismos de digestão e absorção.</p> <p>Reconhecer a relação da fisiologia dos sistemas digestório com a circulação sanguínea.</p>

	<p>6) Como ocorre o processo de digestão e absorção?</p> <p>7) "A mãe de Raquel reclama da vida sedentária que a filha tem levado e de sua alimentação, que é muito rica em alimentos processados". A mãe de Raquel tem realmente motivos para estar preocupada com a filha? Justifiquem.</p>	
<p>3ª Semana (22/04/2019) Líder da semana: _____</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metabolismo, obtenção e uso da energia biológica. • Função e mecanismo da respiração pulmonar. 	<p>Questão para discussão (durante a aula):</p> <p>8) Qual a função da respiração externa?</p> <p>9) Como os carboidratos são aproveitados pelo organismo e qual a sua função para o corpo? É possível relacionar esse processo ao sistema respiratório? De que forma? Justifiquem.</p>	<p>Entender o conceito de metabolismo.</p> <p>Compreender a fisiologia e a função do sistema respiratório.</p> <p>Compreender a relação entre obtenção de energia dos alimentos e aproveitamento do oxigênio da respiração.</p>
<p>4ª Semana (29/04/2019) Líder da semana: _____</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fluxo sanguíneo. Fisiologia e doenças do sistema cardiovascular. • Exibição e discussão do vídeo "Diabetes, um vilão para a circulação". • Evidenciar como o sistema cardiovascular integra diversas outras funções e os demais sistemas do corpo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuir com as discussões em torno do vídeo. <p>Questão para discussão (durante a aula):</p> <p>10) Quais fatores estão envolvidos no desenvolvimento do diabetes? Existe relação com o sistema cardiovascular? Justifiquem.</p> <p>Atividade para casa (individual) para dia 06/05/2019</p> <p>Pesquisar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Possíveis causas do sobrepeso e obesidade. - Argumentar sobre quais fatores pode estar envolvidos na dificuldade de emagrecer de Raquel. - Qual (is) seria (m) outras alternativas para Raquel? Quais critérios vocês levariam em consideração na decisão de emagrecer? Justifique 	<p>Entender o papel da circulação sanguínea e como ocorre o fluxo sanguíneo.</p> <p>Relacionar fatores de risco associados ao excesso de peso, que podem contribuir para desencadear doenças como diabetes, hipertensão e arteriosclerose.</p> <p>Compreender a natureza integrativa do sistema cardiovascular.</p>
<p>5ª Semana (06/05/2019) Líder da semana: _____</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mediar a discussão em torno das pesquisas realizadas. Discutir a obesidade enquanto um problema de saúde pública e como a mídia e a sociedade veem o indivíduo com excesso de peso. Formas de tratamento e prevenção. • Abordar o mecanismo de pressão arterial e frequência respiratória durante atividade física, 	<ul style="list-style-type: none"> • Socialização e discussão da pesquisa realizada em casa, relacionando com o caso em estudo. <p>Questão para discussão:</p> <p>11) A mãe de Raquel sugeriu que a filha iniciasse uma atividade física com caminhadas. Como vocês explicam os benefícios da atividade física no corpo, em termos fisiológicos? Por que atividade física pode ajudar no emagrecimento?</p> <p>Atividade para casa (individual) para dia (13/05/2019)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar um Mapa Conceitual demonstrando o entendimento sobre 	<p>Entender a natureza multifatorial do sobrepeso e da obesidade e formas de tratamento.</p> <p>Compreender o conceito de homeostase.</p> <p>Relacionar as funções do sistema cardiovascular e respiratório.</p>

<p>evidenciando relação entre circulação e respiração.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discutir sobre mecanismos de controle homeostático (<i>feedback</i> negativo, controle homeostático da insulina e do pH). 	<p>a fisiologia dos sistemas digestório, cardiovascular e respiratório e suas relações.</p>	
<p>6ª Semana (13/05/2019) Líder da semana:</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Mediar as discussões a partir dos mapas conceituais, retomando questões sobre o caso, evidenciando a integração entre os sistemas estudados e a QSC, o organismo como um todo dinâmico e um corpo/ser humano integrado ao meio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Socialização da construção dos mapas conceitual. • Discussão e socialização da última questão sobre o caso (em grupos): <p>12) No caso abordado, que estratégias a equipe adotaria para lidar com as questões do caso se fosse: a) nutricionista, b) terapeuta, c) endocrinologista, d) a família e e) um amigo (a) bem informado (a) sobre o assunto.</p> <p>13) Raquel precisa, de fato, emagrecer?</p>	<p>Descrever processos fisiológicos que explicam questões sobre o caso.</p> <p>Compreender como os sistemas digestório, respiratório e cardiovascular integram suas funções para manter a homeostase do organismo.</p>
<p>EXPOSIÇÃO NA “FEIRA DE SAÚDE E CORPO HUMANO” – 14 / 05 /2019 – a partir das 09:30h, no pátio da escola.</p>		

Questão sociocientífica (QSC) - o caso:

Sobrepeso e influência da mídia na relação com o corpo

“- Alimentação ruim e o sedentarismo têm aumentado os riscos de doenças crônicas no Brasil, como a diabetes e a hipertensão. Porém, a mudança de hábitos pode ajudar a reverter esse quadro. Para quem busca perder peso, os métodos são variados e ter “corpo de revista” não é impossível, mas os especialistas ressaltam que é preciso ter muita disciplina”. Essa foi a chamada de um programa de TV que Raquel assistiu em um programa sobre saúde. Raquel é uma jovem que está com sobrepeso e sempre ouviu brincadeiras e apelidos por causa do seu corpo quando era criança, mas isso não a incomodava tanto. Porém, nos últimos meses Raquel tem estado muito ansiosa e começou a se incomodar muito com seu peso. Ela começou a seguir blogs de “modelos *fitness*” nas redes sociais e perfis de beleza e emagrecimento, inspirando-se nos corpos esbeltos exibidos. Dentre tantas opções encontradas na Internet como: dietas “milagrosas”, kit de *shake* para substituir as refeições, gel redutor de medidas, chás emagrecedores, cintas modeladoras e indicações de procedimentos estéticos, Raquel decidiu fazer uso de um daqueles *shakes* que prometiam emagrecimento em pouco tempo, porém, não obteve resultado após alguns meses de tentativas. As dietas restritas funcionavam apenas por um período, depois Raquel voltava a ganhar peso. A mãe de Raquel reclama da vida sedentária que a filha tem levado e de sua alimentação, que em geral é muito rica em alimentos processados, e sugeriu que a filha entrasse no grupo de caminhada junto com sua amiga Lúcia. Os meses se passavam e Raquel não via resultados significativos em seu emagrecimento. Ela seguia algumas dicas encontradas nos perfis *fitness* que acompanhava, mas estava longe de obter

aquele “padrão de corpo”, ela não entendia o porquê ela não conseguia e se sentia frustrada. Foi então que ela decidiu procurar ajuda de especialistas.

Supondo que você e seus colegas fazem parte da equipe de especialistas consultada por Raquel, após estudarem muito sobre o assunto respondam: quais estratégias o grupo adotaria para lidar com a as questões desse caso se fosse: a) nutricionista, b) psicólogo (a), c) endocrinologista, d) a família, e) um amigo (a) bem informado (a) sobre o assunto? Raquel precisa, de fato, emagrecer?

APÊNDICE D: CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA FEIRA DE SAÚDE E CORPO HUMANO

Colégio Estadual Albérico Gomes Santana
Somente unidos nas ações podemos construir uma escola democrática e participativa!

Prezado (a) Professor (a),

Este barema contém critérios avaliativos que devem ser levados em consideração na hora de avaliar o desempenho das equipes durante a “Feira de Saúde e Corpo Humano”. Cada grupo contém um número de identificação, que deve ser indicado no campo correspondente. Sua colaboração é de fundamental importância para avaliarmos o impacto dessa atividade na aprendizagem dos estudantes.

Obrigada. Att, Professora Lídia Cabral.

PROFESSOR (A) AVALIADOR (A): _____

Crítérios / Grupos	N__																
Domínio do conteúdo (3,0)																	
Qualidade dos materiais expostos, recursos, decoração e criatividade (2,5)																	
Organização do grupo e da apresentação (2,0)																	
Clareza e objetividade (1,5)																	
Uso adequado do tempo* (1,0)																	
TOTAL																	

* Tempo estimado em aproximadamente 10 min para exposição.

Observações, críticas e sugestões:

APÊNDICE E – BANCO DE ITENS CONFORME ESTRUTURA CONCEITUAL CMF

A) CONHECIMENTO SOBRE COMPONENTES

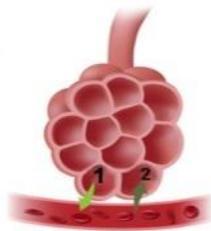
1) Ao ingerir um lanche composto de pão e frango:

- A) A digestão química do pão inicia-se na boca e a do frango inicia-se no intestino delgado.
- B) A digestão química do frango inicia-se na boca, e a do pão inicia-se no estômago.
- C) A digestão química do pão inicia-se no estômago, e a do frango inicia-se na boca.
- D) A digestão química do pão inicia-se no estômago, e a do frango do intestino delgado.
- E) A digestão química do pão inicia-se na boca e a do frango inicia-se no estômago.

2) O pâncreas não faz parte do tubo digestório, ele é uma glândula anexa ao sistema digestório e que também exerce função sobre outros sistemas do corpo. No sistema digestório o pâncreas tem a função de secretar suco pancreático no intestino delgado e também produz hormônios insulina e glucagon que atuam na regulação da glicose sanguínea. Esta afirmação está:

- A) Correta.
- B) Errada.

3) A imagem a seguir mostra um alvéolo pulmonar. Observe atentamente a figura e marque a alternativa correta:



- A) O número 1 indica a entrada de CO_2 nos capilares.
- B) O número 1 e 2 indicam, respectivamente, a entrada de glicose e a saída de CO_2 .
- C) O número 2 indica a saída de O_2 dos capilares.
- D) O número 1 indica a entrada de O_2 nos capilares.
- E) O número 1 e 2 indicam respectivamente, a entrada de CO_2 e a saída de glicose.

4) O diafragma é um órgão muscular que separa a cavidade torácica da cavidade abdominal. Esse órgão participa ativamente do processo de ventilação pulmonar por meio dos movimentos de contração e relaxamento de sua musculatura. Esta afirmação está:

- A) Correta.
- B) Errada.

4) O interior do estômago é um ambiente fortemente ácido, devido a presença do ácido clorídrico, o que contribui para eliminar microrganismos, amolecer os alimentos e favorecer a ação da pepsina. Julgue esta afirmação como:

- A) Correta.
- B) Errada.

5) As enzimas digestivas que agem sobre os carboidratos atuam:

- A) Somente na boca
- B) Somente no intestino

- C) Somente no estômago
- D) Na boca e no intestino
- E) No intestino e no estômago

6) Para que o coração mantenha seu ritmo, existe um complexo sistema excitatório atuando nesse órgão. Uma dessas estruturas é conhecida como marca-passo natural, que atua mandando impulsos que garantem a contração do coração. Verifique as alternativas a seguir e marque aquela que indica corretamente o nome dessa região do coração.

- A) Miocárdio.
- B) Valva pulmonar.
- C) Nó sinoatrial.
- D) Septo interatrial.
- E) Neurônio.

7) Analise a seguinte afirmação e julgue-a como correta ou errada: O estômago é uma bolsa de paredes musculosas revestidas por muco, para proteger esse órgão do ácido clorídrico produzido por suas células.

- A) Correta.
- B) Errada.

8) Ao ingerir um lanche composto de pão e frango:

- A) A digestão química do frango inicia-se na boca, e a do pão inicia-se no estômago.
- B) A digestão química do pão inicia-se no estômago e a do frango inicia-se no intestino grosso.
- C) A digestão química do pão inicia-se no estômago, e a do frango inicia-se na boca.
- D) A digestão química do pão inicia-se no intestino delgado, e a do frango no estômago.
- E) A digestão química do pão inicia-se na boca e a do frango inicia-se no estômago.

9) Os pulmões humanos são dois órgãos esponjosos, localizados no interior da caixa torácica e formado por milhões de alvéolos, os quais têm a função de realizar as trocas gasosas entre o meio externo e o ambiente interno do corpo. Esta afirmação está:

- A) Correta.
- B) Errada.

10) Os capilares são vasos sanguíneos finíssimos, formados por uma única camada de células e apresentam como função principal realizar trocas entre o sangue e os tecidos, garantindo que nutrientes e oxigênio sejam transportados para todas as células do corpo. Esta afirmação está:

- A) Correta.
- B) Errada.

11) Qual cirurgia comprometeria mais a função do sistema digestório e por quê: a remoção dos vinte e cinco centímetros iniciais do intestino delgado (duodeno) ou a remoção de igual porção do início do intestino grosso?

- A) A remoção do duodeno seria mais drástica, pois nele ocorre a maior parte da digestão intestinal.

- B) A remoção do duodeno seria mais drástica, pois nele ocorre a absorção de toda a água de que o organismo necessita para sobreviver.
- C) A remoção do intestino grosso seria mais drástica, pois nele ocorre a maior parte da absorção dos produtos do processo digestório.
- D) A remoção do intestino grosso seria mais drástica, pois nele ocorre a absorção de toda a água de que o organismo necessita para sobreviver.
- E) As duas remoções seriam igualmente drásticas, pois, tanto no duodeno quanto no intestino grosso ocorrem digestão e absorção de nutrientes e de água.

12) O interior do estômago é um ambiente fortemente ácido, devido a presença do ácido clorídrico, o que contribui para eliminar microrganismos, amolecer os alimentos e favorecer a ação da pepsina. Julgue esta afirmação como:

- A) Correta. B) Errada.

13) (ENEM, 2012) A vesícula biliar é um órgão muscular onde a bile é armazenada. Os cálculos biliares que algumas vezes se formam neste órgão devem ser removidos cirurgicamente, dependendo da avaliação da gravidade das complicações decorrentes da presença desses cálculos no indivíduo. Entretanto, apesar de algum prejuízo causado pela remoção da vesícula biliar, o indivíduo pode ter uma vida relativamente normal. A remoção cirúrgica desse órgão retardará a

- a) síntese de glicogênio.
 b) produção de bile.
 c) secreção de suco gástrico.
 d) produção de enzimas digestivas.
 e) digestão das gorduras.

14) Os capilares são vasos sanguíneos finíssimos, formados por uma única camada de células e apresentam como função principal realizar trocas entre o sangue e os tecidos, garantindo que nutrientes e oxigênio sejam transportados para todas as células do corpo. Esta afirmação está:

- A) Correta. B) Errada.

B) CONHECIMENTO SOBRE MECANISMOS

15) (ENEM, 2015) **Uma enzima foi retirada de um dos órgãos do sistema digestório de um cachorro e, após ser purificada, foi diluída em solução fisiológica com os seguintes conteúdos:**

- Tubo 1: carne**
 ‡ **Tubo 2: macarrão**
 ‡ **Tubo 3: banha**

Em todos os tubos foi adicionado ácido clorídrico (HCl), e o pH da solução baixou para um valor próximo a 2. Além disso, os tubos foram mantidos por duas horas a uma temperatura de 37 °C. A digestão do alimento ocorreu somente no tubo 1.

De qual órgão do cachorro a enzima foi retirada?

- A) Fígado.

- B) Pâncreas.**
C) Vesícula biliar.
D) Estômago.
E) Intestino delgado.

16) Sobre fluxo sanguíneo analise a afirmação a seguir e julgue-a como correta ou errada: o sistema cardiovascular humano é fechado e com fluxo sanguíneo unidirecional. O sangue proveniente de diversas partes do corpo chega ao átrio direito do coração, passa para o ventrículo direito e segue para os pulmões. Nos pulmões ocorrem as trocas gasosas entre oxigênio e gás carbônico e o sangue retorna para o átrio esquerdo do coração. O sangue oxigenado sai do ventrículo esquerdo do coração para irrigar todas as células do corpo.

- A) Correta. B) Errada.

17) Considerando as etapas da mecânica da respiração pulmonar nos seres humanos, marque a alternativa correta:

A) Para ocorrer a inspiração a pressão interna na caixa torácica deve ser maior que a pressão atmosférica, na expiração a pressão interna é menor e faz com que o gás carbônico seja expelido.

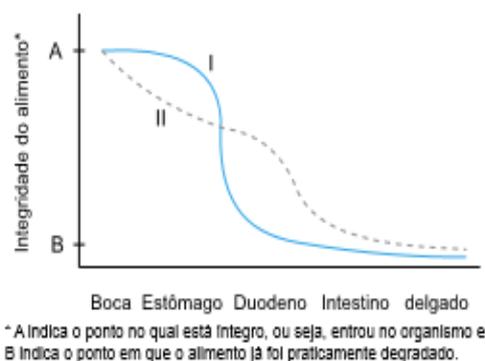
B) Quando a pressão interna na caixa torácica aumenta e se torna maior que a pressão do ar atmosférico, o ar penetra nos pulmões.

C) A mecânica da respiração depende de um gradiente de pressão entre o gás oxigênio e gás carbônico. Durante a inspiração, o diafragma se contrai e desce aumentando o volume da caixa torácica, quando o volume torácico se reduz o diafragma relaxa e o ar é expelido.

D) Durante a inspiração, o volume torácico aumenta, e a pressão interna se torna maior que a pressão do ar atmosférico, forçando o oxigênio a penetrar nos pulmões e expelir o gás carbônico.

E) Para que o oxigênio penetre nos pulmões o diafragma relaxa e o volume torácico diminui. Quando o diafragma contrai, ele diminui o volume torácico e empurra o ar usado para fora dos pulmões.

18) A figura a seguir indica o resultado da digestão de um filé de frango comido por um estudante, e uma porção de batatas comida por sua irmã. Com base em seus conhecimentos sobre a ação das enzimas digestivas no corpo humano e do processo de digestão, indique qual das curvas (I – linha inteira, II – pontilhada) representa a digestão do filé de frango e qual a das batatas.



A) A linha I representa a digestão do filé de frango, pois a digestão de proteínas começa no estômago e a linha II representa a digestão da batata, que se inicia na boca.

B) A linha I representa a digestão da batata, pois a digestão de amido inicia na boca e a linha II representa a digestão do filé de frango, que também se inicia na boca.

- C) A linha I representa a digestão do filé de frango, pois a digestão de proteínas inicia-se na boca, a linha II representa a digestão da batata, que se inicia no estômago.
- D) A linha I representa o filé de frango, pois a digestão de proteínas inicia-se no intestino delgado, a linha II representa a digestão da batata, que se inicia na boca.
- E) A linha I representa a digestão do filé de frango e a linha II representa a digestão da batata, ambas se iniciam na boca.

19) Quando nos alimentamos estamos consumindo nutrientes e o corpo aproveita a energia contida nos alimentos para manter as nossas atividades vitais. Com base nessas informações, marque a opção que representa a explicação para o processo de obtenção de energia pelas células.

A) A principal fonte de energia para o corpo são os lipídios, armazenados na forma de ATP, por isso que as atividades físicas podem gerar emagrecimento.

B) O corpo utiliza como fonte de energia, igualmente, os carboidratos, lipídios e proteínas ingeridas na alimentação, ao serem digeridas as moléculas desses alimentos entram na corrente sanguínea e vão para as células, assim geram energia para as atividades celulares.

C) A principal fonte de energia para as células é a glicose, que é digerida pelo sistema digestório e degradada no processo de respiração celular aeróbica sendo sua energia armazenada na forma de ATP, o qual será utilizado para fornecer energia às atividades celulares.

D) A principal fonte de energia para as células são os lipídios, os quais são digeridos e absorvidos pelo sistema digestório e dependem do oxigênio para serem degradados e produzirem o ATP.

E) A principal fonte de energia das células são as proteínas, que são degradadas no processo de absorção, gerando energia para as atividades celulares.

20) Na ventilação pulmonar, os alvéolos pulmonares e os capilares sanguíneos participam de um processo chave da respiração, a hematose. Nesse processo:

A) a hemoglobina reage com o oxigênio, o que favorece a troca gasosa com o gás carbônico. A maior parte do gás carbônico também reage com hemoglobina e facilita o processo de hematose.

B) o oxigênio presente no ar dos alvéolos difunde-se para os capilares e penetra nas hemácias, onde se combina com a hemoglobina e é transportada pelo corpo. O gás carbônico proveniente da respiração celular difunde-se para o líquido entre os tecidos e são absorvidos pelos capilares.

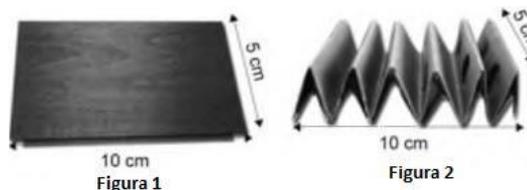
C) o gás carbônico penetra nos alvéolos pulmonares e difunde-se para os capilares juntamente com o gás oxigênio proveniente do processo de respiração celular. A maior parte do oxigênio é transportado dissolvido no plasma sanguíneo para facilitar as trocas gasosas.

D) as trocas gasosas ocorrem quando as concentrações de oxigênio e gás carbônico se igualam nos alvéolos pulmonares e capilares sanguíneos.

E) ao passar para os capilares sanguíneos o gás carbônico transforma-se em oxiemoglobina e é transportado até os tecidos. Nos tecidos o oxigênio é substituído pelo gás carbônico e volta aos alvéolos pulmonares para ser expelido.

21) (ENEM, 2010, adaptada) Para explicar a absorção de nutrientes, bem como a função das microvilosidades das membranas das células que revestem as paredes internas do intestino delgado, um estudante realizou o seguinte experimento:

Colocou 200 ml de água em dois recipientes. No primeiro recipiente, mergulhou, por 5 segundos, um pedaço de papel liso, como na FIGURA 1; no segundo recipiente, fez o mesmo com um pedaço de papel com dobras simulando as microvilosidades, conforme FIGURA 2.



Os dados obtidos foram: a quantidade de água absorvida pelo papel liso foi de 8 ml, enquanto pelo papel dobrado foi de 12 ml.

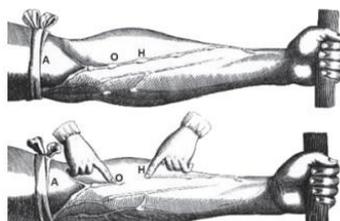
Com base nos dados obtidos, infere-se que a função das microvilosidades intestinais com relação à absorção de nutrientes pelas células das paredes internas do intestino é a de:

- A) manter o volume de absorção.
- B) aumentar a superfície de absorção.
- C) diminuir a velocidade de absorção.
- D) aumentar o tempo de absorção.
- E) manter a seletividade na absorção.

22) Por meio da respiração pulmonar, nosso corpo é capaz de retirar oxigênio do meio externo e disponibilizar para todas as células do corpo através dos capilares sanguíneos. O oxigênio entra em nosso corpo pela via respiratória superior e segue até os alvéolos, onde ocorrem trocas gasosas entre essa estrutura e os capilares sanguíneos que o rodeiam. Esse processo de trocas gasosas entre oxigênio e gás carbônico denomina-se de:

- A) Fluxo sanguíneo.
- B) circulação sanguínea.
- C) Metabolismo.
- D) Hematose.
- E) Absorção.

23) (ENEM, 2013 adaptada) A imagem abaixo representa uma ilustração retirada do livro do médico inglês Willian Harvey, que fez importantes contribuições para o entendimento do processo de circulação do sangue no corpo humano. No experimento ilustrado, Harvey, após aplicar um torniquete (A) no braço de um voluntário e esperar alguns vasos incharem, pressionava-os em um ponto (H).



Mantendo o ponto pressionado, deslocava o conteúdo de sangue em direção ao cotovelo, percebendo que um trecho do vaso sanguíneo permanecia vazio após esse processo (H-O). A demonstração de Harvey permite estabelecer a relação entre circulação sanguínea e as válvulas venosas. Marque a opção que explica esse processo:

A) A demonstração de Harvey simula o que acontece nos vasos sanguíneos quando se aplica uma pressão. Foi dessa forma que se conseguiu explicar os mecanismos de hipertensão arterial.

B) Com a demonstração de Harvey foi possível compreender que não há retorno do sangue para a área vazia devido a existência de válvulas nas veias, as quais têm a função de impedir o refluxo do sangue e manter o fluxo sanguíneo unidirecional.

C) Com a demonstração é possível explicar a circulação sanguínea e o mecanismo de regulação da pressão arterial (PA), que tem como função manter a homeostase do corpo.

D) Em condições normais de respiração e temperatura o corpo mantém o fluxo sanguíneo unidirecional, porém se algo diferente acontecer e alterar o equilíbrio da circulação o sangue pode se acumular nos vasos sanguíneos e provocar lesões.

E) As válvulas venosas são responsáveis por gerar uma pressão interna necessária para que o sangue conseguir fluir para as regiões do corpo mais distantes do coração, e assim manter a circulação sanguínea com uma pressão constante.

24) Na mucosa intestinal as células possuem grande capacidade de absorção. Marque a alternativa que explica esse mecanismo.

A) Ao ingerirmos os alimentos, primeiro o corpo absorve os nutrientes, posteriormente ocorre o processo de digestão, que por meio das enzimas transportam esses nutrientes e a água para todo o corpo pela circulação sanguínea.

B) O processo de absorção depende do oxigênio vindo dos pulmões pelos capilares sanguíneos.

C) Todo alimento ingerido passa pelo processo de digestão e depois absorção no trato digestivo. Os nutrientes e água passam para a circulação sanguínea através dos capilares, que irão transportar esses nutrientes para todo o corpo.

D) Para ocorrer o processo de absorção deve ocorrer primeiro a digestão dos alimentos, que por sua vez depende do oxigênio transportado pelos capilares sanguíneos.

E) Ao ingerirmos os alimentos, primeiro o corpo digere os nutrientes, posteriormente ocorre a absorção, que por meio dos capilares sanguíneos absorvem oxigênio e gás carbônico para as células do trato digestivo.

25) Quando o sangue é bombeado pelos ventrículos, ele penetra nas artérias sob alta pressão. Simultaneamente, as paredes arteriais relaxam-se, aumentando de volume, de modo a expandir o volume interno e suportar a entrada de sangue. Se as artérias não relaxam o suficiente, a pressão do sangue em seu interior pode subir e atingir níveis perigosos, com risco de ruptura da parede arterial. Com relação a esta afirmação pode-se dizer que ela está:

- A) Correta. B) Errada.

C) CONHECIMENTO SOBRE FENÔMENOS

26) Hipoxia ou mal das alturas consiste na diminuição de oxigênio (O₂) no sangue arterial do organismo. Por essa razão, muitos atletas apresentam mal-estar (dores de cabeça, tontura, falta de ar etc.) ao praticarem atividade física em altitudes elevadas. Nessas condições, ocorrerá uma diminuição na concentração de hemoglobina oxigenada em equilíbrio no sangue. A alteração da concentração de hemoglobina oxigenada no sangue ocorre por causa do(a):

- A) elevação da pressão arterial.
B) aumento da temperatura corporal.

- C) redução da temperatura do ambiente.
- D) queda da pressão parcial de oxigênio.
- E) diminuição da quantidade de hemácias.

27) No corpo, a entrada de energia é igual a saída de energia. A maioria dos processos que consomem energia no corpo não estão sob controle consciente. Movimentos do corpo como caminhadas e exercícios são a única forma de as pessoas voluntariamente aumentarem a saída de energia. Contudo, podemos controlar a entrada de energia observando o que comemos. O uso de energia é expresso pelo consumo de oxigênio, que reflete na taxa metabólica (gasto de energia).

Com base nos conhecimentos de equilíbrio energético, a afirmação acima está:

- A) Correta.
- B) Errada.

28) Durante as aulas de Biologia a professora comentava com os estudantes sobre uma estratégia de treinamento de um time brasileiro de futebol semanas antes de jogos em cidades de altas altitudes. Os jogadores realizavam exercícios físicos respirando através de equipamento que simulava condições de baixa pressão atmosférica, este treinamento poderia melhorar a condição física do atleta durante os jogos. Marque a opção que representa a explicação sobre o porquê desse treinamento.

A) Para o ar penetrar no tubo respiratório e chegar aos pulmões, é necessário haver um equilíbrio entre a pressão atmosférica e a pressão existente na cavidade torácica, para facilitar a captação de ar.

B) Em cidades de alta altitude a pressão atmosférica é menor que a pressão existente na cavidade torácica, o que impede a captação de ar pelos pulmões.

C) O treinamento estimularia o organismo a aumentar a produção de hemácias. O atleta submetido a esse treinamento, ao chegar a cidades de alta altitude, já teria um aumento na concentração de hemácias, facilitando a captação do oxigênio presente nos alvéolos pulmonares em baixa concentração.

D) O treinamento fortaleceria a musculatura do peitoral e o diafragma dos atletas, permitindo que pudessem inspirar mesmo sob as condições de baixa pressão atmosférica das cidades onde os jogos se realizariam.

E) Para que o oxigênio atmosférico chegue aos tecidos do corpo, é necessário que se ligue às proteínas da superfície da membrana das hemácias, evento que ocorre nos alvéolos pulmonares.

29) O nível de açúcar no sangue do corpo é mantido a um nível homeostático de cerca de 70 a 110 mg de glicose / dL. Após a digestão de carboidratos, a glicose é absorvida a partir do intestino delgado para o sangue. O nível elevado de glicose no sangue serve como um sinal, promovendo a secreção de insulina pelo pâncreas. A insulina promove a absorção de glicose do sangue para as células do corpo, diminuindo assim o nível de glicose no sangue. O mecanismo de controle da homeostase descrito acima é chamado de:

- A) ciclo celular.
- B) irritabilidade.
- C) metabolismo.

- D) *feedback* positivo.
E) *feedback* negativo.

30) A Diabetes melito tipo 1 é uma doença autoimune, que consiste em uma deficiência de insulina devido a destruição das células betas do pâncreas, na qual o corpo falha em reconhecer essas células como próprias e as destrói com anticorpos e leucócitos. A Diabete tipo 2 consiste na resistência a insulina e está fortemente relaciona aos hábitos de vida das pessoas. 90% dos diabéticos são do tipo 2 e 80% dos diabéticos do tipo 2 são obesos. 70% dos diabéticos tipo 2 morrem de doenças cardiovasculares.

A afirmação acima está:

- A) Correta. B) Errada.

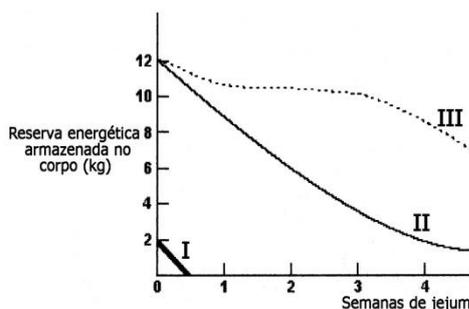
31) Um dos mecanismos de controle da homeostasia do corpo é o feedback negativo. Sobre a homeostasia da glicose faz-se a seguinte afirmação: “Um aumento dos níveis de glicose no sangue ativa a produção de insulina que por sua vez faz diminuir os níveis de glicose. Nos diabéticos é precisamente esta resposta que falha, devido a uma deficiente produção de insulina no pâncreas”. Esta afirmação está:

- A) Correta. B) Errada.

32) O pH do sangue normalmente é mantido em 7,38 a 7,42. Qualquer desvio desta faixa indica uma alteração na concentração de íons hidrogênio (H⁺). Sobre esse assunto é correto afirmar que:

- A) O controle homeostático do pH sanguíneo é realizado apenas pelo sistema cardiovascular, que controla a acidez ou a alcalinidade do sangue mediante o processo de trocas gasosas entre oxigênio e gás carbônico.
- B) A maior parte do transporte do gás carbônico pelo sangue é realizada pela hemoglobina. O gás carbônico ao se ligar à hemoglobina favorece o sistema tampão, que regula o pH do sangue.
- C) A maior parte do resíduo da respiração celular (CO²) é convertida em íon bicabornato (HCO₃⁻) dissolvidos no sangue. Com esse meio adicional de transporte de CO² das células para os pulmões o íon fica disponível para atuar como tampão para ácidos metabólicos, ajudando assim a estabilizar o pH do organismo.
- D) Um aumento da pressão arterial provoca um aumento da concentração de íons H⁺ no sangue e consequentemente aumento do pH, levando a um quadro de acidose sanguínea.
- E) Uma situação de esforço máximo direciona a célula para o metabolismo anaeróbio e produz ácido láctico, o qual diminui a concentração de H⁺ no citoplasma e líquido extracelular. A medida que H⁺ diminui, o pH diminui, a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio diminui.

33) No gráfico, as curvas I, II e III representam o consumo das principais reservas de energia no corpo de uma pessoa em privação alimentar.



Fonte da imagem: <https://djalmasantos.files.wordpress.com/2013/07/01.jpg> > acesso em 15 de março de 2019.

A curva que se relaciona corretamente ao tipo de reserva que representa é:

- A) I - gordura; II - proteína; III - carboidrato.
- B) I - proteína; II - gordura; III - carboidrato.
- C) I - proteína; II - carboidrato; III - gordura.
- D) I - carboidrato; II - proteína; III - gordura.
- E) I - carboidrato; II - gordura; III - proteína.

34) Em grandes altitudes ocorre redução da pressão atmosférica e, conseqüentemente, a difusão de oxigênio do ar para o sangue fica mais lenta. Em compensação o organismo humano aumenta o número de hemácias no sangue, o que aumenta a captação e distribuição de oxigênio pelo corpo. Esse fenômeno descrito recebe o nome de:

- A) Feedback positivo.
- B) Equilíbrio térmico.
- C) Homeostase.
- D) Oxigenação.
- E) Hematose.

35) Qual das alternativas completam as lacunas do texto abaixo?

“Um atleta em repouso prepara-se para o início da corrida. Faz alguns exercícios para aquecimento e põe-se a correr. Com a atividade muscular intensa, a taxa de _____ aumenta em decorrência da respiração celular, o que provoca _____ do pH sanguíneo. Essa alteração do pH sanguíneo estimula o centro respiratório, que origina impulsos nervosos que irão _____. O ritmo respiratório intensifica-se e promove a eliminação mais rápida do CO² e a captação O² para o sangue”.

- A) oxigênio / um aumento / contrair os alvéolos pulmonares.
- B) oxigênio / um aumento / contrair o diafragma e músculos intercostais.
- C) gás carbônico / um aumento / contrair o diafragma e os músculos intercostais.
- D) gás carbônico / uma redução / contrair o diafragma e os músculos intercostais.
- E) gás carbônico / uma redução / contrair os alvéolos pulmonares

36) A imagem abaixo mostra pessoas correndo. Marque a opção que explica quais fenômenos ocorrem no corpo durante esse tipo de atividade física.



Fonte da imagem: https://image.freepik.com/vetores-gratis/pessoas-que-correm-na-pista_18591-5115.jpg > acesso em 15 de março 2019.

A) As proteínas servem como principal fonte de energia para essa atividade, os batimentos cardíacos e a circulação sanguínea se alteram até chegarem a um estado de equilíbrio, para melhorar o desempenho do exercício.

B) No estado alimentado, o corpo utiliza a gordura armazenada no tecido adiposo como fonte principal de energia, a degradação da gordura gera energia para que os sistemas respiratório e circulatório aumentem o trabalho dos músculos.

C) Nessa situação, a frequência cardíaca aumenta e isso faz o sangue circular mais rapidamente pelo corpo. Ao mesmo tempo a frequência respiratória diminui para evitar acidose sanguínea.

D) No estado alimentado, o corpo usa as proteínas como fonte principal de energia, já que elas estão armazenadas nos músculos. Isso facilita a contração muscular e conseqüentemente, realizar a atividade física.

E) O carboidrato serve como fonte principal de energia, a adrenalina eleva os batimentos cardíacos, aumentando a circulação sanguínea, além disso, o aumento da frequência respiratória garante melhor oxigenação das células melhorando o desempenho.

37) Levando em consideração a integração entre os sistemas fisiológicos, pode-se afirmar que o oxigênio vindo do sistema respiratório é fundamental para completar a função do mecanismo de degradação da glicose, isso porque:

A) o oxigênio liga-se às enzimas do sistema digestório e facilita o processo de absorção de nutrientes, após a degradação da glicose.

B) o oxigênio é o aceptor final de elétrons no processo de respiração celular aeróbica, sendo responsável pela produção de energia na forma de ATP, após o processo de degradação da glicose.

C) O oxigênio é fundamental para ocorrer o processo de digestão dos carboidratos, absorção, produção de ATP e obtenção de energia, por isso é considerado vital.

C) sem o oxigênio não pode ocorrer absorção de nutrientes pelo intestino delgado.

E) sem oxigênio não pode ocorrer a digestão dos alimentos pelo sistema digestório nem transporte de nutrientes pelo sistema cardiovascular.

38) A Lei dos gases em Física fornece a base para a troca de ar entre o meio externo e os alvéolos pulmonares. Marque a alternativa que explica esse fato.

A) Nos alvéolos pulmonares a pressão parcial do gás carbônico é maior do que nos tecidos, por isso o gás se difunde dos capilares para as células. A pressão parcial do oxigênio é maior nos tecidos e por isso difunde-se para os capilares e para todo o corpo.

B) Os gases respiratórios migram de uma região de pressão parcial mais elevada para uma região de menor pressão. Durante a inspiração, a pressão parcial do oxigênio é maior no meio externo, por isso o gás penetra nos pulmões e difunde-se para os capilares, onde a pressão parcial é menor.

C) O treinamento estimularia o organismo a aumentar a produção de hemácias. O atleta submetido a esse treinamento, ao chegar a cidades de alta altitude, já teria um aumento na concentração de hemácias, facilitando a captação do oxigênio presente nos alvéolos pulmonares em baixa concentração.

D) O treinamento fortaleceria a musculatura do peitoral e o diafragma dos atletas, permitindo que pudessem inspirar mesmo sob as condições de baixa pressão atmosférica das cidades onde os jogos se realizariam.

E) Para que o oxigênio atmosférico chegue aos tecidos do corpo, é necessário que se ligue às proteínas da superfície da membrana das hemácias, evento que ocorre nos alvéolos pulmonares.

APÊNDICE F: DADOS DE SAÍDA DO SPSS

Descritivas

MT1

	N	Média	Desvio padrão	Erro Padrão	Limite inferior	Limite superior
1	6	-,5383	,76507	,31234	-1,3412	,2646
2	6	,1433	,79676	,32528	-,6928	,9795
3	6	,40001	,11705	,45603	-,77231	,5723
Total	18	.0017	,94439	,22259	-,4680	,4713

95% de Intervalo de Confiança para Média

Descritivas

MT1

	Mínimo	Máximo
1	-1,07	,78
2	-,77	1,40
3	-1,16	1,98
Total	-1,16	1,98

Testes de homogeneidade de variâncias

		Estadística de Levene	df1	df2	Sig.	
1	MT	Com base em média	,781	2	15	,476
		Com base em mediana	,748	2	15	,490

Com base em mediana e com gl ajustado	,748	2	14,201	,491
Com base em média aparada	,796	2	15	,469

ANOVA

MT1

	Soma dos Quadrad dos	df	Quadrad o Médi o	Z	Sig
Entre Grupos	2,822	2	1,411	1,715	,213
Nos grupos	12,340	15	,823		
Total	15,162	17			

Testes Posteriori

Comparações múltiplas

Variável dependente:

MT1

				Intervalo de ...
(I) FAT1	(J) FAT1 2	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.Limite inferior
Bonferroni1	3	-,68167,52366		,638-2,0923
	1	-,93833,52366		,280-2,3489
	3	,68167,52366		,638-,7289
	2	-,25667,52366		1,000-1,6673
	2	,93833,52366		,280-,4723
	3	,25667,52366		1,000-1,1539
Tamhane1	3	-,68167,45096		,411-1,9719
	1	-,93833,55274		,329-2,5601
	3	,68167,45096		,411-,6085
	2	-,25667,56015		,960-1,8923
	2	,93833,55274		,329-,6835
	3	,25667,56015		,960-1,3789

Comparações múltiplas

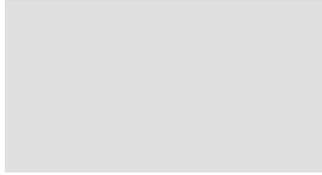
Variável dependente:

Intervalo de ...

MT1

	(I) FAT1	(J) FAT1	Limite superior
Bonferroni	1	2	,7289
		3	,4723
	2	1	2,0923
		3	1,1539
	3	1	2,3489
		2	1,6673
Tamhane	1	2	,6085

		3	,6835
	2	1	1,9719
		3	1,3789
	3	1	2,5601
		2	1,8923



Descritivas

MT2

		95% de Intervalo de Confiança para Média				
	N	Média	Desvio padrão	Erro Padrão	Limite inferior	Limite superior
1	6	,51001,01169,41302	1,5717,5517			
2	6	,4117,52389,21388	-,1381,9615			
3	6	,0983,73690,30084	-,6750,8717			
Total	18	,0000,83456,19671	-,4150,4150			

Descritivas

MT2

	Mínimo	Máximo
1	-1,78	1,21
2	-,63	,76
3	-1,36	,59
Total	-1,78	1,21

Testes de homogeneidade de variâncias

		Estadística de Levene		df	df2	Si
		1	2	g.		
2	MT	Com base em média	,752	2	15	,489
		Com base	,62	2	15	,549

em mediana	5			
Com base em mediana e com gl ajustado	,625	2	13,524	,550
Com base em média aparada	,766	2	15	,482

ANOVA

MT2

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Signif.
Entre Grupos	2,635	2	1,318	2,147	,151
Dentro dos grupos	9,205	15	,614		
Total	11,840	17			

Testes Posteriores

Comparações múltiplas

Variável dependente:

MT2

				Intervalo de ...
(I) FAT2	(J) FAT2 2	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig. Limite inferior
Bonferroni1	3	-,92167,45228		,179-2,1400
	1	-,60833,45228		,596-1,8267
	2	,92167,45228		,179-,2967
	1	,31333,45228		1,000-,9050
	2	,60833,45228		,596-,6100
	2	-,31333,45228		1,000-1,5317
Tamhane1	3	-,92167,46511		,235-2,3427
	1	-,60833,51097		,601-2,0968
	2	,92167,46511		,235-,4994
	1	,31333,36911		,803-,7649
	2	,60833,51097		,601-,8802
	2	-,31333,36911		,803-,7649

Comparações múltiplas

Intervalo de ...

Variável dependente:

MT2

FAT2	(I) FAT2	(J)	Limite superior
Bonferroni	1	2	,2967
		3	,6100
	2	1	2,1400
		3	1,5317
	3	1	1,8267
		2	,9050
Tamhane	1	2	,4994
		3	,8802
	2	1	2,3427
		3	1,3915
	3	1	2,0968

	2	,7649
--	---	-------

Um fator

Descritivas

MT3

	N	Média M	Desvio padrão	Erro Padrão	95% de Intervalo de Confiança para Média	
					Limite inferior	Limite superior
1	6	,1517	1,55169	,63347	-1,4767	1,7801
2	6	,1350	,47022	,19197	-,3585	,285
3	6	-	1,04481	,42654	-,13831	,098
TT	1	,000	1,0	,2	-	,5
total	8	0	6668	5142	,5304	304

Descritivas

MT3

	Mínimo	Máximo
1	-2,10	2,59
2	-,39	,76
3	-1,58	,85
Total	-2,10	2,59

Testes de homogeneidade de variâncias

		Estadística de Levene	df1	df2	Sig.
MT3	Com base em média	1,548	2	15	,245
	Com base em mediana	1,145	2	15	,344
	Com base em mediana e com gl ajustado	1,145	2	8,037	,365
	Com base em média aparada	1,515	2	15	,252

ANOVA

		Grupos			
	Soma dos Quadrados	Nos grupos	18,602	15	1,240
Entre	,740				

Total	19,343	Comparações múltiplas	
-------	--------	-----------------------	--

Testes Posteriori

Variável dependente:

MT3

(I) FAT3	(J) FAT3 2	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Intervalo de ... Sig. Limite inferior
Bonferroni1	3	,01667,64295		1,000-1,7153
	1	,43833,64295		1,000-1,2936
	2	3	-,01667,64295	1,000-1,7486
	1		,42167,64295	1,000-1,3103
	2		-,43833,64295	1,000-2,1703
	2		-,42167,64295	1,000-2,1536
Tamhane1	3	,01667,66192		1,000-2,1620
	1	,43833,76369		,926-1,8072
	2	3	-,01667,66192	1,000-2,1953
	1		,42167,46775	,781-1,0389
	2		-,43833,76369	,926-2,6839
	2			

Variável dependente: MT3

Comparações múltiplas

Intervalo de ...

	(I) FAT3	(J) FAT3	Limite superior
Bonferroni	1	2	1,7486
		3	2,1703
	2	1	1,7153
		3	2,1536
	3	1	1,2936
		2	1,3103
Tamhane	1	2	2,1953
		3	2,6839
	2	1	2,1620
		3	1,8822
	3	1	1,8072
		2	1,0389

Resumo de processamento de casos

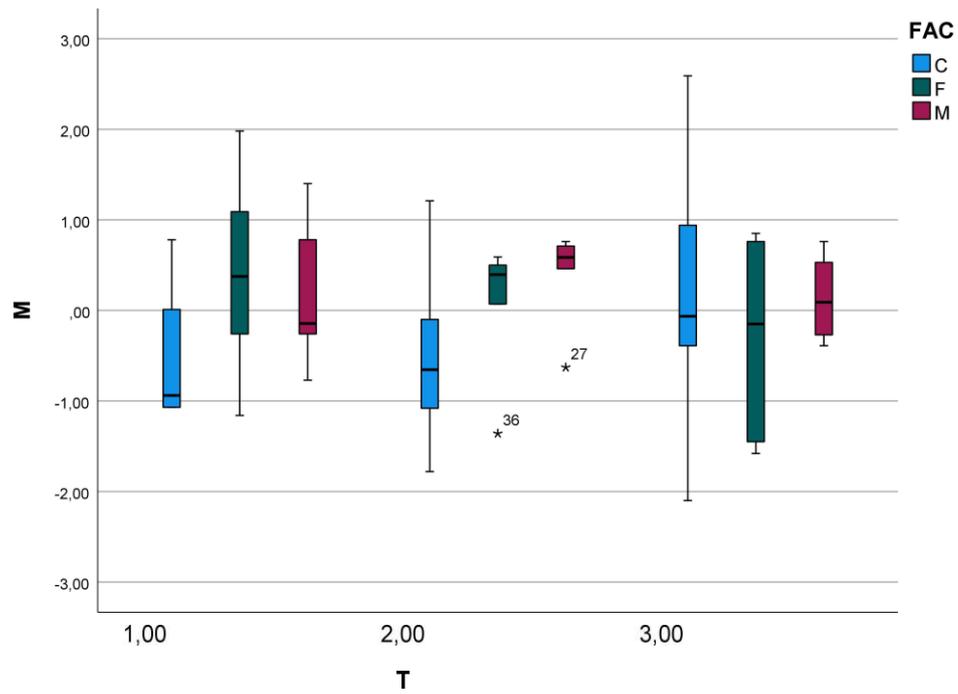
Casos

====

M	T	FA	Válido		Total
			N	Porcentagem	
1.0	-	C C	6	100,0%	6
		F	6	100,0%	6
2.0	-	M	6	100,0%	6
		C F	6	100,0%	6
3.0	-	M	6	100,0%	6
		C F	6	100,0%	6

Resumo de processamento de casos

Casos			Porcentagem
T	FAC	Total	
M	1,00	C	100,0%
		F	100,0%
		M	100,0%
	2,00	C	100,0%
		F	100,0%
		M	100,0%
	3,00	C	100,0%
		F	100,0%
		M	100,0%



Um fator

Descritivas

MC

	N	Média	Desvio padrão	Erro Padrão	95% de Intervalo de Confiança para Média	
					Limite inferior	Limite superior
1,00	6	-,5383	,76507	,31234	-1,3412	,2646
2,00	6	-,5100	1,01169	,41302	-1,5717	,5517
3,00	6	,1517	1,55169	,63347	-1,4767	1,7801
Total	18	-,2989	1,13533	,26760	-,8635	,2657

Descritivas

MC

	Mínimo	Máximo
1,00	-1,07	,78
2,00	-1,78	1,21
3,00	-2,10	2,59
Total	-2,10	2,59

Testes de homogeneidade de variâncias

		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
MC	Com base em média	,667	2	15	,528
	Com base em mediana	,629	2	15	,547
	Com base em mediana e com gl ajustado	,629	2	12,407	,549
	Com base em média aparada	,676	2	15	,524

ANOVA

MC

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Entre Grupos	1,829	2	,915	,683	,520
Nos grupos	20,083	15	1,339		
Total	21,912	17			

Testes Posteriores

Comparações múltiplas

Variável dependente: MC

								de ...
	(I)	(J)	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	inferior		
TC	TC	TC						
Bonferroni	1,00	2,00	- ,02833	,66805	1,000	1,8		
		3,00	- ,69000	,66805	,954	2,4		
	2,00	1,00	,02833	,66805	1,000	1,7		
		3,00	- ,66167	,66805	1,000	2,4		
	3,00	1,00	,69000	,66805	,954	1,1		
		2,00	,66167	,66805	1,000	1,1		
Tamhane	1,00	2,00	- ,02833	,51783	1,000	1,5		
		3,00	- ,69000	,70629	,738	2,8		
	2,00	1,00	,02833	,51783	1,000	1,4		
		3,00	- ,66167	,75622	,790	2,8		
	3,00	1,00	,69000	,70629	,738	1,4		
		2,00	,66167	,75622	,790	1,5		

Comparações múltiplas

Variável
dependente: MC

Intervalo de ...

	(I) TC	(J) TC	Limite superior
Bonferroni	1,00	2,00	1,7712
		3,00	1,1095
	2,00	1,00	1,8279
		3,00	1,1379
	3,00	1,00	2,4895
		2,00	2,4612
Tamhane	1,00	2,00	1,4743
		3,00	1,4845
	2,00	1,00	1,5309
		3,00	1,5713
	3,00	1,00	2,8645
		2,00	2,8947

Um fator

Descritivas

MM

	N	Média	Desvio padrão	Erro Padrão	95% de Intervalo de Confiança para Média	
					Limite inferior	Limite superior
,00 1	6	,1433	,79676	,32528	-,6928	,9795
,00 2	6	,4117	,52389	,21388	-,1381	,9615
,00 3	6	,1350	,47022	,19197	-,3585	,6285
total T	18	,2300	,59157	,13943	-,0642	,5242

Descriptivas

MM

	Mínimo	Máximo
1,00	-,77	1,40
2,00	-,63	,76
3,00	-,39	,76
Total	-,77	1,40

Testes de homogeneidade de variâncias

			Estadística de Levene	df	df	Sig.
M	M	Com base em média	1,303	2	15	,301
		Com base em mediana	,596	2	15	,564
		Com base em mediana e com gl ajustado	,596	2	10,285	,569
		Com base em média aparada	1,286	2	15	,305

ANOVA

MM

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Grupos	Entre	,297	2	,149	,394	,681
	Nos grupos	5,652	15	,377		
	Total	5,949	17			

Testes Posteriores

Variável dependente: MM

Comparações múltiplas

				Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de ... Limite inferior
erroni	Bonf	1	2	-,26833	,35440	,000	1,2230
		1	3	-,00833	,35440	,000	,9463
		2	3	-,26833	,35440	,000	,6863
	LSD	1	2	-,26833	,35440	,000	1,2230
		1	3	-,00833	,35440	,000	,9463
		2	3	-,26833	,35440	,000	,6863

			3	,2 7667	,3 5440	1 ,000	,6780
		,00	3	1 ,00833	,3 5440	1 ,000	,9630
			2	- ,27667	,3 5440	1 ,000	1,2313
hane	Tam	,00	1	2 ,26833	,3 8929	, 881	1,4165
			3	,0 0833	,3 7770	1 ,000	1,1228
		,00	2	1 6833	,3 8929	, 881	,8799
			3	,2 7667	,2 8739	, 736	,5472
		,00	3	1 ,00833	,3 7770	1 ,000	1,1395
			2	- ,27667	,2 8739	, 736	1,1005

Comparações múltiplas

Variável
dependente: MM

Intervalo de ...

	(I) TM	(J) TM	Limite superior
Bonferroni	1,00	2,00	,6863
		3,00	,9630
	2,00	1,00	1,2230
		3,00	1,2313
	3,00	1,00	,9463
		2,00	,6780
Tamhane	1,00	2,00	,8799
		3,00	1,1395
	2,00	1,00	1,4165
		3,00	1,1005
	3,00	1,00	1,1228
		2,00	,5472

Um fator

Descritivas

MF

	N	Média	M	Desvio padrão	Erro Padrão	95% de Intervalo de Confiança para Média	Limite inferior	Limite superior
,00 1	6	,4000		1,11705	,45603	-	,7723	1,5723
,00 2	6	,0983		,73690	,30084	-	,6750	,8717
,00 3	6	-,2867		1,04481	,42654	-	1,3831	,8098
total T	18	,0706		,96509	,22747	-	,4094	,5505

Descritivas

MF

	Mínimo	Máximo
1,00	-1,16	1,98
2,00	-1,36	,59
3,00	-1,58	,85
Total	-1,58	1,98

Testes de homogeneidade de variâncias

			Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
F	M	Com base em média	,995	2	15	,393
		Com base em mediana	1,055	2	15	,373
		Com base em mediana e com gl ajustado	1,055	2	14,552	,373
		Com base em média aparada	1,049	2	15	,375

ANOVA

MF

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Entre Grupos	1,421	2	,711	,740	,494
Nos grupos	14,412	15	,961		
Total	15,834	17			

Testes Posteriores

Comparações múltiplas

Variável

dependente: MF

								Intervalo de ...	
		I) TF	(J) TF	(Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Limite inferior
erroni	Bonf	,00	1	2		,30167	,56593	,000	1,2228
				3		,68667	,56593	,731	,8378

			2	1	-	,5	1	
		,00			,30167	6593	,000	1,8261
				3	,3	,5	1	
		,00			8500	6593	,000	1,1395
			3	1	-	,5	,	
		,00			,68667	6593	731	2,2111
				2	-	,5	1	
		,00			,38500	6593	,000	1,9095
hane	Tam		1	2	,3	,5	,	
		,00			0167	4632	933	1,3090
				3	,6	,6	,	
		,00			8667	2442	653	1,1008
			2	1	-	,5	,	
		,00			,30167	4632	933	1,9124
				3	,3	,5	,	
		,00			8500	2196	859	1,1411
			3	1	-	,6	,	
		,00			,68667	2442	653	2,4742
				2	-	,5	,	
		,00			,38500	2196	859	1,9111

Comparações múltiplas

Variável
dependente: MF

Intervalo de ...

	(I) TF	(J) TF	Limite superior
Bonferroni	1,00	2,00	1,8261
		3,00	2,2111
	2,00	1,00	1,2228
		3,00	1,9095
	3,00	1,00	,8378
		2,00	1,1395
Tamhane	1,00	2,00	1,9124
		3,00	2,4742
	2,00	1,00	1,3090
		3,00	1,9111
	3,00	1,00	1,1008
		2,00	1,1411