



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
Instituto de Ciências Biológicas – IB
Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE MESTRADO

**MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA:
UMA FERRAMENTA PARA A PROMOÇÃO DE UMA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA
ATUALIZADA NO ENSINO MÉDIO**

TAÍSSA MAYUMI ABE GONDIM LOPES

BRASÍLIA – DF

2022

TAÍSSA MAYUMI ABE GONDIM LOPES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE MESTRADO

**MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA:
UMA FERRAMENTA PARA A PROMOÇÃO DE UMA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA
ATUALIZADA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Mestrado – TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia.
Macroprojeto: Produção e avaliação de recursos didático-pedagógicos para o ensino de Biologia.
Linha de Pesquisa: Comunicação, Ensino e Aprendizagem em Biologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Élide Geralda Campos

BRASÍLIA – DF

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

ELEMENTO A SER INSERIDO APÓS A DEFESA DO TCM

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, Marcos e Marlene: palavras nunca serão o suficiente para agradecer o que fizeram por mim: amor e apoio incondicional, conselhos, ensinamentos, abraços e mãos seguradas. Obrigada por serem o meu maior exemplo de ética e determinação.

À minha orientadora, a professora Dra. Élide Campos. Obrigada pela paciência, pelos ensinamentos e por ter (re)despertado em mim a paixão pela pesquisa, pela ciência e pelo inglês.

Aos professores do PROFBIO, pela contribuição valerosa na minha formação.

Às equipes gestoras do CEDLAN e do CED 06 do Gama, muito obrigada por terem acomodado os meus horários. Sem vocês eu não teria conseguido concluir essa etapa.

Aos colegas de PROFBIO, pela troca extremamente proveitosa dos últimos dois anos e, especialmente ao meu querido Grupo 5: Cândida, Gleydson e Marina, obrigada pelas risadas e pelas seguradas de barras durante os trabalhos. Tudo foi mais leve por causa de vocês.

À minha querida afilhada Luísa (como prometido), pelas dicas acadêmicas, pelo ouvido amigo.

Às minhas queridas amigas Erika e Zaíra, que mesmo a um oceano Atlântico de distância permanecem sendo dois dos meus grandes apoios emocionais.

Minhas biomeninas amadas Maranda, Mayara e Vanessa, obrigada por tirarem um tempo da vida atribulada de vocês para escutarem as minhas histórias de professora-mestranda e me lembrarem que eu preciso de um pouquinho de distração.

Débora, Gabriel, Luan, Raquel e Sarah, os últimos meses desse processo com certeza teriam sido mais difíceis sem vocês. Obrigada por tudo!

Por último, mas não menos importante, meu agradecimento ao meu querido irmão Fabrício. Da competição natural entre nós, a admiração mútua: você sempre foi um dos meus maiores incentivadores. Mesmo não estando mais presente neste plano, sua presença é sempre sentida todos os dias, em tudo que eu faço.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Ensina não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para sua produção ou sua construção”

(Paulo Freire)

Relato do Mestrando – Turma 2020

Instituição: Universidade de Brasília - UnB
Mestranda: Taíssa Mayumi Abe Gondim Lopes
Título do TCM: Manual de adaptação de artigos científicos em língua inglesa: uma ferramenta para a promoção de uma educação científica atualizada no Ensino Médio
Data da defesa: 22/12/2022
<p>Se pudesse escolher uma frase que sintetiza quem sou, ela seria “A vida é o que acontece com a gente enquanto estamos fazendo outros planos” (John Lennon). Desde pequena utilizava a minha imaginação para tentar prever o que faria nos próximos 10, 20, 50 anos. Estudar muito, passar no vestibular para Medicina, fazer mestrado, doutorado, intercâmbio em Londres, ter um consultório.</p> <p>Do que eu tinha traçado, o estudar muito permaneceu. Estudei muito, antes de descobrir que o meu amor à Medicina na verdade era amor à Biologia, à Ciência e à pesquisa. Muito estudo durante os quatro anos da graduação, muito estudo para fazer um concurso público, mais especificamente na área de pesquisa. Ser professora, nunca. Não tenho talento, não tenho vocação. O diploma da licenciatura era apenas uma garantia de opção caso nada desse certo.</p> <p>Em setembro de 2014, fiz quatro provas de concurso diferentes, uma delas para professor temporário da Secretaria de Educação do DF. Foi a única que eu passei, e em fevereiro de 2015, com os nervos à flor da pele dei a minha primeira aula. Poucos meses depois, minha melhor amiga me disse, ao me ouvir falar das minhas interações com os meus alunos: eu nunca vi você tão feliz. Ali a chave virou, me descobri apaixonada pela sala de aula.</p> <p>A natureza temporária do cargo, no entanto, iniciou o que eu chamo de era das incertezas. A partir daqui, parei de me preocupar em fazer meus planos acontecerem e passei a tentar criar planos de contingência, que também nunca saíram do papel. Serei devolvida da escola? Como farei? Com a aprovação no concurso de professor efetivo em 2016, veio o “quando serei nomeada?”. A prova do PROFBIO aconteceu no meio de tudo isso e era para ser apenas um teste. Passei, mas sem a certeza de poder cursar: como temporária era necessária uma carência que me permitisse assistir às aulas; se efetivada, a carga horária de 40h do concurso também não deixaria. Consegui, como temporária, mas antes mesmo das aulas começarem, veio a nomeação e a pandemia de COVID-19 de mãos dadas. E agora? Tudo suspenso: mestrado e nomeação.</p>

Meses de agonia passaram e, quando tudo voltou, voltou junto com as incertezas, mas também, milagrosamente, com as soluções. Conseguirei assistir às aulas do Mestrado com a carga de 40h semanais? A mesma pandemia que paralisou tudo me deu também o ensino remoto. Consegui. Conseguirei ter tempo de me dedicar aos estudos e passar nas qualificações, nas provas dos temas? Foi difícil, mas consegui.

Foram três escolas em dois anos com carga horária de 40h semanais, cursos de formação de professores, curso de francês e, tudo isso em meio a uma pandemia. Posso dizer que, agora, em meio a essa montanha-russa emocional, o mestrado também se concretizou. Não foi exatamente como o planejado, mas posso afirmar que com o que aprendi nesse período, finalizo essa etapa como uma professora muito diferente da que começou: mais consciente do meu papel como docente, com uma bagagem maior de metodologias, práticas de ensino e ferramentas. O que não mudou: a paixão por aprender e a paixão por ensinar.

MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA: UMA FERRAMENTA PARA A PROMOÇÃO DE UMA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA ATUALIZADA NO ENSINO MÉDIO

RESUMO

Artigos científicos (Literatura Primária Científica) em língua inglesa são a principal forma de comunicação científica entre pesquisadores. Estes textos podem viabilizar a educação científica quando apresentados aos estudantes de Ensino Médio como uma prática autêntica da ciência. A complexidade da linguagem, no entanto, dificulta a utilização destes textos em sua forma original. Assim, para viabilizar a introdução deste material no âmbito do ensino de Biologia, este trabalho teve como objetivo usar a literatura primária adaptada para a obtenção de material didático que seja compatível com o nível de conhecimento dos estudantes. O projeto visou a elaboração de um manual de instruções com a descrição das partes de um artigo científico e do processo de adaptação. Três exemplos de artigos adaptados foram inseridos no manual e foi feita a avaliação deste instrumento didático quanto à clareza, objetividade e compreensão. O manual foi apresentado a um grupo de 20 professores de Biologia que fazem parte do programa de mestrado do PROFBIO e 12 deles responderam ao questionário de autoaplicação. Para eles, o manual foi considerado bem-organizado, com linguagem clara e com uso adequado de imagens. O processo de adaptação foi considerado claro e detalhado e os artigos adaptados também foram avaliados como pertinentes no conteúdo e no uso de imagens. Os participantes manifestaram que utilizariam o manual com frequência, mas que a falta de tempo para realizar a adaptação poderia dificultar o processo. Outro problema detectado, seria o tamanho do artigo adaptado, que decorreu da preservação da seção Resultados com mínimas alterações. Foi proposta, então, uma versão condensada do artigo adaptado, que reduziria o tamanho do texto, mas perderia uma parte de suas características linguísticas. Os resultados aqui apresentados indicam que o uso de literatura primária adaptada pode viabilizar uma educação científica de qualidade.

Palavras-chaves: Literatura primária adaptada. Educação científica. Ensino de biologia. Ensino bilíngue.

BRASÍLIA – DF

2022

MANUAL FOR ADAPTATION OF SCIENTIFIC ARTICLES IN ENGLISH: A TOOL FOR THE PROMOTION OF UPDATED SCIENTIFIC EDUCATION IN HIGH SCHOOL

ABSTRACT

Scientific articles (Primary Scientific Literature) in English are the main form of scientific communication between researchers. These texts can make scientific education viable when presented to high school students as an example of an authentic practice of science. The complexity of the language, however, makes it difficult to use these texts in their original form. Thus, to enable the introduction of this material in the context of Biology teaching, the aim of this work is to use the adapted primary literature to make courseware that is consistent with the student's knowledge. This project aimed to make an instruction manual with the description of the parts of a scientific article and the adaptation process. Three examples of adapted articles were included in the manual and 12 Biology teachers who are part of the PROFBIO master's program assessed this didactic instrument in terms of clarity, objectivity and understanding. For them, the manual was well-organized, with clear-cut language and adequate use of images, the adaptation process was also considered clear-cut and detailed, and the adapted articles were relevant in content and in use of images. The participants stated that they would use the manual frequently, but that the lack of time to adapt could make the process difficult. Another problem detected would be the size of the adapted article, which resulted from the preservation of the Results section with minimal changes. Hence, a condensed version of the adapted article was proposed which would reduce the size of the text but would lose part of its linguistic characteristics. The results presented here indicate that the use of adapted primary literature can promote high-quality scientific education.

Keywords: Adapted primary literature. Scientific education. Biology teaching. Bilingual teaching.

BRASÍLIA – DF

2022

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição dos professores de acordo com a faixa etária	33
Figura 2 – Distribuição dos professores de acordo com a sua atuação na Educação Básica	33
Figura 3 – Distribuição dos professores de acordo com a sua carga horária semanal	34
Figura 4 – Distribuição dos professores de acordo com a seu tempo de docência	34
Figura 5 – Nível de proficiência em inglês dos professores para quatro habilidades linguísticas	35
Figura 6 – Principais estratégias de ensino adotadas em sala de aula pelos professores	36
Figura 7 – Principais materiais didáticos utilizados em sala de aula pelos professores	37
Figura 8 – Avaliação da adequação da descrição do processo de adaptação	39
Figura 9 – Avaliação do detalhamento do processo de adaptação	39
Figura 10 – Avaliação da pertinência e relevância do conteúdo do artigo adaptado	40
Figura 11 – Avaliação da adequação da linguagem do artigo adaptado	40
Figura 12 – Avaliação da adequação das imagens utilizadas no artigo adaptado	41
Figura 13 – Avaliação da organização geral do manual de adaptação	45
Figura 14 – Avaliação da clareza na linguagem do manual de adaptação	45
Figura 15 – Avaliação da adequação do uso das imagens no manual de adaptação	46
Figura 16 – Estimativa da frequência de uso do manual de adaptação	47
Figura 17 – Fatores que dificultariam o uso do manual de adaptação	47

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC	Base Nacional Curricular Comum
CEFR	Quadro Europeu Comum de Referência para as Línguas
CEPFS-UnB	Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde da UnB
CIL	Centros Interescolares de Línguas
CsF	Ciência sem Fronteiras
DOAJ	<i>Directory of Open Access Journals</i>
EBI	Escolas Bilíngues Interculturais
EMILE	Ensino de uma Matéria em Integração com Língua Estrangeira
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
ISI Thompson	<i>Institute for Scientific Information Web of Knowledge</i>
IsF	Idiomas sem Fronteiras
IsF-Inglês	Inglês sem Fronteiras
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
LPA	Literatura Primária Adaptada
LPC	Literatura Primária Científica
NEM	Novo Ensino Médio
NRC	<i>National Research Council</i>
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SciELO	Biblioteca Eletrônica Científica Online
SEEDF	Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal
SIV	Salas Interculturais de Vivência
SJK	<i>Science Journal for Kids</i>
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
VRJ	Versão Reportada Jornalisticamente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	15
1.2	TEXTOS CIENTÍFICOS	17
1.3	LITERATURA PRIMÁRIA ADAPTADA.....	21
1.4	O INGLÊS, A APRENDIZAGEM E A CIÊNCIA	24
2	OBJETIVOS	27
2.1	OBJETIVO GERAL.....	27
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
3	METODOLOGIA	28
3.1	AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS SOBRE A LPA	28
3.2	SELEÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS DE PESQUISA ORIGINAL PARA PRODUZIR ARTIGOS ADAPTADOS	28
3.3	ELABORAÇÃO DO TEXTO DO MANUAL	29
3.4	AVALIAÇÃO DO MANUAL DE INSTRUÇÕES	29
3.5	ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	MANUAL DE INSTRUÇÕES	31
4.2	AVALIAÇÃO DA PRIMEIRA VERSÃO DO MANUAL POR PROFESSORES DE BIOLOGIA	32
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
	REFERÊNCIAS.....	51
	ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEPFS–UNB	63
	APÊNDICE A – ARTIGOS ADAPTADOS APRESENTADOS NA VERSÃO DE AVALIAÇÃO DO MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA	71
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA	108
	APÊNDICE C – VERSÃO FINAL DO MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA	113
	APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	213

1 INTRODUÇÃO

A Educação pode ser definida como instrução e desenvolvimento de competências e habilidades que favoreçam o crescimento intelectual do indivíduo, assegurem sua liberdade e autonomia e forneçam ferramentas necessárias para a realização de seus objetivos. Assim, a educação pode ser considerada um elemento indissociável do ser humano para que este obtenha o pleno desenvolvimento de suas faculdades, sejam elas físicas ou intelectuais.

A educação no Brasil, segundo a Constituição Federal de 1988, é um direito social fundamental e dever do Estado e da família, devendo ser promovida e incentivada com a colaboração da sociedade. De acordo com o texto constitucional, seus três objetivos básicos são: o pleno desenvolvimento da pessoa; o preparo da pessoa para o exercício da cidadania; e a qualificação para o trabalho. Para que estes objetivos sejam efetivamente atingidos, o artigo 206 da Carta Magna brasileira prevê a sua realização em um “sistema educacional democrático, em que a organização da educação formal (via escola), concretize o direito ao ensino” (BRASIL, 1988).

A partir da década de 1990, o sistema educacional brasileiro passou por reformas significativas, que visavam a democratização do acesso e a permanência escolar e acompanhavam o processo de desenvolvimento socioeconômico do país (OLIVEIRA, D.A., 2001). O instrumento regulador da matéria “Educação” da Constituição Federal é a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), promulgada em 1996 e que surgiu nesse contexto. A LDB reforça o trinômio Estado-família-sociedade como corresponsáveis pela educação e a preparação do educando não só para o exercício da cidadania, mas também para a qualificação para o trabalho (BRASIL, 1996).

A mais recente e significativa reforma educacional ocorreu em 2017, com a Lei n.º 13.415, conhecida como reforma do Ensino Médio. Essa lei reforça os objetivos de preparo dos estudantes para o trabalho e cidadania, assim como o desenvolvimento de sua autonomia e pensamento crítico. Além do aumento da carga horária, o currículo do Ensino Médio sofreu modificações, dentre as quais se destaca a composição. A composição do currículo passou a ser feita pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e por itinerários formativos, organizados por

meio de oferta de diferentes arranjos curriculares, de acordo com a relevância para o contexto local. Além disso, a composição deve considerar a formação integral do aluno para que este construa seu projeto de vida. Dessa forma, a escolha do itinerário formativo pelo aluno poderá capacitá-lo tanto para o mercado de trabalho como para avançar para a educação superior.

A reformulação da etapa final da Educação Básica foi justificada pelos elevados índices de reprovação e abandono e baixo índice de desempenho nas avaliações diagnósticas e externas. A União, em conjunto com os outros entes federativos, deve assegurar um processo nacional de avaliação do rendimento escolar na Educação Básica, com o objetivo de definir prioridades e melhorar a qualidade do ensino. A Portaria n.º 458 de 2020 (BRASIL, 2020a) enumera os exames e avaliações nacionais a serem realizados, dos quais se destacam – em relação à etapa Ensino Médio – o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) e o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Resultados comparativos do ENEM indicam uma estabilidade com tendência de queda da média das notas em todas as áreas de conhecimento no biênio 2018-2019 (BRASIL, 2019, 2020c). Essa tendência é reafirmada pelo SAEB (BRASIL, 2022), embora caiba ressaltar que o SAEB avalia apenas as competências de Língua Portuguesa e Matemática no Ensino Médio.

Além desses, o Brasil também participa do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), realizado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e que a cada três anos avalia o desempenho de estudantes de 15 anos de idade nos domínios de Leitura, Matemática e Ciências. Segundo o Relatório Brasil no PISA de 2018 (BRASIL, 2020b), o desempenho brasileiro está abaixo da média da OCDE em todos eles. Particularmente em Ciências, 55% dos estudantes estão abaixo do Nível 2, considerado o nível básico de proficiência, no qual se espera que os jovens aproveitem “novas oportunidades de aprendizagem” e participem de forma plena “da vida social, econômica e cívica da sociedade moderna em um mundo globalizado” (BRASIL, 2020b, p. 111). O objeto de avaliação do PISA no domínio Ciências é a educação científica, definida pela OCDE como “capacidade de se envolver com questões relacionadas com a ciência e com a ideia de ciência, como cidadão reflexivo” (BRASIL, 2020b, p. 24).

Suas competências consistem em, à luz da ciência: explicar fenômenos, avaliar e planejar investigações científicas e interpretar dados e evidências.

A difusão em alta velocidade da ciência atualmente deve-se tanto ao uso de novas tecnologias de informação e comunicação quanto ao uso do inglês como língua franca (BROWN; WARD; NAM, 2019; COSTA, 2018; FINARDI; FRANÇA, 2016; RESQUE, 2017; TARDY, 2004; VASCONCELOS, 2007). A introdução de artigos científicos escritos em língua inglesa no âmbito da Educação Básica, em especial no Ensino Médio, representaria um significativo avanço na educação científica dos estudantes, pois se apresentaria como um potente recurso didático. A escolha preferencial pelo inglês como idioma se justificaria por essa ser a língua franca de comunicação científica (BROWN; WARD; NAM, 2019; COSTA, 2018; FINARDI; FRANÇA, 2016; RESQUE, 2017; TARDY, 2004; VASCONCELOS, 2007), representando uma fonte numerosa e variada de informação. A interdisciplinaridade entre inglês-ciência que decorre dessa questão traz a atenção para o papel do professor de Ciências, que como mediador da educação científica, teria o desafio de aproximar o vocabulário complexo dos textos originais, para que estes sejam compreensíveis aos seus alunos cujo nível de proficiência de inglês é reduzido, especialmente no contexto de escola pública. A elevada carga de trabalho impõe limites no planejamento de novas atividades e impede que professores explorem e revisem materiais de qualidade. Faz-se necessário uma ferramenta que o auxilie a ajudar seu aluno.

O presente estudo, portanto, estabeleceu como problema de pesquisa a ser respondido: como viabilizar a introdução de artigos científicos de língua inglesa originais no âmbito do Ensino Médio?

Esse trabalho sucede aquele desenvolvido pelo professor André Barros (2020), orientado pela Profa. Élide Geralda Campos, no programa de Mestrado de Ensino de Biologia em Rede (PROFBIO) da Universidade de Brasília (UnB) e cujo objetivo foi criar uma sequência didática para desenvolver a educação científica dos estudantes por meio do ensino bilíngue em inglês e da aprendizagem baseada em problemas.

Para entender a importância da introdução de um artigo científico de língua inglesa adaptado ao Ensino Médio como forma de promoção de uma educação científica de qualidade, foram considerados: (1) o conceito de educação

científica, sua importância e como esta pode ser viabilizada; (2) a importância da aprendizagem por meio de textos científicos, seus tipos, características principais e os desafios enfrentados no uso de cada um deles; (3) a Literatura Primária Adaptada (LPA), como forma de trazer uma ciência mais próxima da que é efetivamente feita por cientistas, como esta foi concebida, criada e aprimorada e suas principais características; e, por fim, (4) a importância da língua inglesa, para o processo de aprendizagem, especialmente na área das ciências.

1.1 EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Em se tratando de educação e ciência, Demo (2014, p. 8) afirma que “interpomos uma separação desnecessária entre os dois termos”. A pesquisa, segundo este autor, teria dois princípios que possibilitariam a combinação destes dois campos: o princípio científico baseia-se na produção do conhecimento fundada no método científico, mas não reduzida a procedimentos empíricos ou lógico-experimentais; já o princípio educativo baseia-se na formação de uma cidadania ancorada na pesquisa, na produção própria de conhecimento (DEMO, 2014). Equilibrar a pesquisa e a educação não é tarefa fácil, pois, afirma Demo (2014, p. 19) “a tradição é avessa”. Bain (2004) indica que a habilidade de unir pesquisa e educação é uma característica de um bom professor, que utilizaria a aula para viabilizar a construção do conhecimento, e não a simples transmissão de informação: “ser professor é cuidar para que o aluno aprenda” (DEMO, 2014, p. 20).

O ensino de Ciências, que visa “a formação cidadã dos alunos para ação e atuação em sociedade” (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 59-60) e que, segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, p. 68-69), é “uma necessidade para a realização plena do potencial intelectual do homem”, é definido pelo termo em inglês *scientific literacy*, que pode ser traduzido para a língua portuguesa como alfabetização científica. Existem, no entanto, outras possíveis expressões encontradas na literatura nacional, dentre as quais “educação científica” foi considerada a mais adequada para esse trabalho. O termo “alfabetização” tem o sentido de iniciação, de introdução aos alunos no mundo do conhecimento científico; já o termo educação tem um significado mais amplo,

incluindo um aspecto formativo, e que tem o aluno como parte principal do processo de construção da ciência e do conhecimento científico (DEMO, 2014).

Segundo Sasseron (2015), a educação científica tem três eixos estruturantes: a compreensão básica de termos e conceitos científicos, conduzida por meio de debates de conteúdos curriculares próprios; a compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática, destacando o “fazer ciências”; e o entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, o que envolve uma visão global, completa e atualizada da ciência e destaca a complexidade inerentes à relação entre homem e natureza. Paula (2004, p. 300) define o “fazer ciências” como “desenvolver habilidades associadas à produção de conhecimento confiável ou avaliação de proposições e ‘fatos’ atribuídos às Ciências”.

A escola, como meio condutor da educação, deve considerar a educação científica como parte integrante do seu currículo. Para Lemke (2006, p.11), tratando-se do ensino médio, um dos objetivos de aprendizagem é proporcionar informações sobre a visão científica do mundo que possibilitem aos estudantes tomar “decisões pessoais ou políticas inteligentes sobre questões médicas ou tecnológicas”. O ensino de Ciências, portanto, não deve ser restrito a uma mera transmissão de conhecimentos: quando apenas o resultado dos trabalhos dos cientistas é apresentado. Sem considerar a aplicação dos conhecimentos, a compreensão se torna mais difícil.

Para que a educação científica seja viabilizada, é necessário que ocorra concomitante a ela o processo de construção do conhecimento, no que Demo (2021, p. 60) definiu como “Educar pela pesquisa: educar pesquisando, pesquisar educando”. É necessário (re)construir estratégias de aprendizagem que não sejam instrucionistas e reprodutivas e imprescindível valorizar pesquisa e elaboração, autoria e autonomia, atividades que naturalmente levam à construção do conhecimento (DEMO, 2014).

O ensino por investigação é uma abordagem didática que favorece a educação científica, uma vez que há a proposição de situações-problema em que os alunos, apoiados pelo professor, necessitam buscar uma resposta que os aproximam da prática científica, por meio de levantamento e teste de hipóteses, discussão sobre os resultados obtidos e formulação de conclusões próprias (DEMO,

2014; SASSERON; CARVALHO, 2011; TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015). Ele é consonante com um dos objetivos de aprendizagem descritos no Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio (NEM), em que o aluno deve:

demonstrar domínio do método científico e ser capaz de realizar pesquisas em fontes diretas, técnicas ou de divulgação científica, aplicar métodos de controle experimental e elaborar texto de divulgação nos padrões técnico-científicos (DISTRITO FEDERAL, 2020, p. 104).

A escrita e a leitura são habilidades fundamentais para que a educação científica tenha o devido impacto estrutural. Além disso, é imperativo que o aluno seja introduzido à linguagem científica (DEMO, 2014), o que é particularmente complexo, pois existem diferenças significativas entre a linguagem comum e a científica (GEE, 2004, 2009). Demo (2014) enfatiza que o esforço supõe mediação docente e, dentre outros requisitos, também se faz necessária a seleção de materiais didáticos de qualidade científica, mas que utilize linguagem adaptada ao nível do aluno.

1.2 TEXTOS CIENTÍFICOS

A aprendizagem por meio de qualquer gênero textual não é uma habilidade comum, pois envolve uma variedade de componentes. A aprendizagem utilizando textos científicos é mais desafiadora porque inclui frequentemente, além das palavras, Figuras (diagramas, gráficos, imagens), símbolos e matemática (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015). A leitura de textos científicos é um dos componentes básicos da educação científica e deve ter como objetivos a extração de informação com precisão; a compreensão de argumentos; a interpretação de resultados; e a avaliação crítica das conclusões (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015).

Para Goldman e Bizanz (2002), existem três papéis principais na comunicação de informação científica na sociedade: a comunicação entre cientistas; a popularização de informação gerada pela comunidade científica; e a promoção de educação formal. Cada um destes é representado por um gênero textual científico. O Quadro 1 a seguir apresenta a caracterização de três gêneros textuais,

considerando seus aspectos principais e seu papel na comunicação científica para a sociedade.

Quadro 1 - Tipos de gêneros textuais científicos e suas características.

Aspectos Principais	Gênero do texto científico		
	Literatura Primária Científica	Versão Reportada Jornalisticamente	Livros Didáticos
Papel na Sociedade	Comunicação entre cientistas	Popularização da informação	Educação formal
Autores	Cientistas	Jornalistas científicos.	Educadores e/ou cientistas
Público-alvo	Cientistas	População em geral	Estudantes
Tipologia textual principal	Argumentativo	Expositivo; argumentativo; narrativo	Expositivo
Conteúdo	Evidências e justificativas para embasar conclusões	Fatos com evidências e justificativas mínimas	Fatos sem justificativas
Estrutura organizacional	Canônica	Não canônica	Não canônica
Forma de apresentação da ciência	Incerteza	Graus variados de certeza	Certeza

Adaptado de Yarden, Norris e Phillips (2015)

Artigos científicos de pesquisa original são publicações feitas em revistas profissionais e geralmente consistem em relatos do trabalho desenvolvido por seu(s) autor(es) – os cientistas (YORE; TREAGUST, 2006). Este tipo de texto é denominado Literatura Primária Científica (LPC) (GOLDMAN; BIZANZ, 2002) e é a principal forma de comunicação entre cientistas e a maneira como eles descrevem suas pesquisas e descobertas (MORAL-MUNOZ *et al.*, 2019; YORE; TREAGUST, 2006). Estes textos são tipicamente argumentativos (ERDURAN; OZDEM; PARK, 2015; GROSS; HARMON; REIDY, 2002; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; FEDERICO-AGRASO, 2009; SUPPE, 1998), sendo escritos de forma canônica (GROSS; HARMON; REIDY, 2002; SUPPE, 1998; SWALES, 1990) – subdivididos nas seções Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão – e que fazem uso de evidências e justificativas para subsidiar suas conclusões.

Schwab (1965, apud YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015) cita que, os textos de LPC, devido à sua autenticidade e a riqueza e relevância dos problemas neles postulados, constituem vantajosos materiais de ensino de ciências por investigação. A aprendizagem por meio deles fornece aos estudantes acesso direto a um retrato real da natureza da ciência, os expondo a uma atividade investigativa

autêntica: a leitura de textos científicos (BARAM-TSABARI; YARDEN, 2005; EPSTEIN, 1970 apud YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015).

Para a organização estadunidense *National Research Council* (NRC) (2012), a investigação científica geralmente se concentra nas atividades manipulativas para a compreensão do mundo natural. Porém, a leitura e a escrita de textos científicos são práticas comuns, contabilizando 50% ou mais do tempo de trabalho de um pesquisador (NORRIS; PHILLIPS, 2008; TENOPIR *et al.*, 2003). Considerando os textos científicos, uma característica da LPC que reflete a sua autenticidade investigativa é a manifestação explícita do grau de incerteza da ciência (SUPPE, 1998). Uma característica da pesquisa científica é colocar teorias em dúvidas e realizar uma revisão constante de conhecimentos pretensamente estabilizados (DEMO, 2014). Na ciência não existem verdades universais; o conhecimento não é um pacote fechado, mas sim dinâmico, sempre discutível e, por isso, implica trajetória infinita de aprendizagem (DEMO, 2009; PRESNKY, 2010).

A LPC deveria ser parte integral do ensino e aprendizagem em ciências, em conjunto com outras práticas científicas utilizadas com mais frequência, como a observação e a mensuração (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015). O uso deste gênero textual no ensino, além de apresentar aos estudantes as descobertas científicas atuais, pode auxiliar no desenvolvimento da educação científica, ao envolver práticas autênticas de investigação científica (HIDAYAT; RUSTAMAN; SIAHAAN, 2021; NORRIS; PHILLIPS, 2008). As vantagens neste processo seriam: (1) a familiarização dos alunos com os fundamentos dos planos de pesquisa, com a linguagem e a estrutura da comunicação científica e com possíveis problemas em determinadas disciplinas; (2) a exposição dos alunos aos métodos de pesquisa e às discussões sobre adequações destes às questões postuladas; (3) o desenvolvimento da capacidade do aluno de avaliar criticamente os objetivos e as conclusões da pesquisa; e (4) a demonstração da continuidade do processo investigativo (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015).

O uso de LPC no ensino superior é muito comum (HOSKINS; STEVENS; NEHM, 2007; KOZERACKI *et al.*, 2006), porém a aprendizagem é difícil, se não impossível, para principiantes (ARIELY; LIVNAT; YARDEN, 2019; BARAM-TSABARI; YARDEN, 2005; MUENCH, 2000; WILSON; DIMITROVA, 2022). Isso leva ao questionamento da aplicabilidade deste tipo de material ao ensino de ciências no

Ensino Médio. A ideia não é nova: Schwab (1962, p. 81, citado por YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015) sugeriu que artigos científicos podem ser “editados, extraídos e traduzidos para serem utilizados em ensino por investigação e aprendizagem no Ensino Médio”. Para expor estudantes de Ensino Médio à linguagem da ciência da forma que esta é comunicada por cientistas, foi desenvolvida uma metodologia que adapta artigos de LPC ao nível de conhecimento de estudantes secundaristas, cujo gênero textual denomina-se Literatura Primária Adaptada (LPA) (FALK; BRILL; YARDEN, 2008), e que será tratada detalhadamente na seção 1.3 deste capítulo.

A ciência também pode ser divulgada para o público em geral por meio de reportagens em jornais e revistas de grande circulação, constituindo o gênero Versão Reportada Jornalisticamente (VRJ) (NWOGU, 1991). São escritas de forma variada, que pode ser expositiva, narrativa ou argumentativa (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; FEDERICO-AGRASO, 2009; PENNEY *et al.*, 2003), têm estrutura não canônica (HYLAND, 2010; NWOGU, 1991) e apresentam variados graus de certeza (HYLAND, 2010; PENNEY *et al.*, 2003).

O livro didático é a forma de comunicação científica característica do sistema educacional, seja no Ensino Básico ou Superior (CARNEIRO; MÓL, 2005). Livros didáticos são geralmente escritos por educadores e/ou cientistas, tipicamente de forma expositiva (ARIELY; LIVNAT; YARDEN, 2019; MYERS, 1992 apud YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015; NORRIS; PHILLIPS, 2008; PENNEY *et al.*, 2003), factual (ARIELY; LIVNAT; YARDEN, 2019; MYERS, 1992 apud YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015; PENNEY *et al.*, 2003) e com o mínimo de evidências para subsidiar as conclusões (ARIELY; LIVNAT; YARDEN, 2019; PENNEY *et al.*, 2003). Estrutura-se de forma não canônica, refletindo a lógica de conhecimento da disciplina ensinada (MYERS, 1992 apud YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015).

Tanto VRJ como livros didáticos apresentam características comuns entre si, porém diferenciadas da LPC. A declaração de fatos já estabelecidos, como forma de torná-los compreensíveis ao público-alvo (MYERS, 1992 apud YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015), faz com que os textos fiquem menos argumentativos e os afastam da real ciência. Além disso, nos livros didáticos, as ilustrações (fotografias, gráficos, diagramas) teriam o propósito de decorar, de ser um recurso pedagógico (MYERS, 1992 apud YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015), enquanto

nas VRJ têm o propósito de atrair a atenção dos leitores. Entretanto, na LPC, o propósito destes elementos é fornecer evidências que sustentem as alegações feitas em no texto (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015).

Somam-se às VRJ e aos livros didáticos os artigos em revistas científicas populares (como, por exemplo, *Scientific American* ou Superinteressante) como meios de se adaptar textualmente informações científicas ao nível do conhecimento do público-alvo. Todas estas formas de comunicação apresentam, no entanto, a ciência de maneira distinta da praticada e comunicada por cientistas. O discurso da ciência inclui não só linguagem precisa, mas particularidades no uso da linguagem, na formação de conclusões, na concatenação de ideias, na construção de explicações e na apresentação de argumentos (KRAJCIK; SUTHERLAND, 2010). Tais recursos geralmente estão ausentes não só da comunicação científica para a população em geral, mas também para os estudantes de ciências nas escolas (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015). Embora desenvolvidas para auxiliar leitores não cientistas, tanto estudantes de Ensino Médio quanto indivíduos já graduados apresentam dificuldades para interpretar textos em revistas populares e jornais (NORRIS *et al.*, 2009; PHILLIPS; NORRIS, 1999) e nos livros didáticos (SNOW, 2010). Isso evidencia que essas formas de adaptação não conseguem comunicar a ciência de forma eficiente (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015).

1.3 LITERATURA PRIMÁRIA ADAPTADA

A LPA é um novo gênero textual que retém muitas das características da LPC enquanto adapta seus conteúdos para o nível de compreensão de estudantes de Ensino Médio (ARIELY; LIVNAT; YARDEN, 2019; FALK; BRILL; YARDEN, 2008). A ideia de LPA, conforme relatado por Yarden, Norris e Phillips (2015), foi iniciada em 1996, quando o professor Benjamin Geiger, do Departamento de Biologia Molecular do Instituto Weizmann de Ciências em Israel, declarou a intenção do Departamento de Ensino em Ciências de escrever um livro didático de Embriologia para estudantes de Ensino Médio que pretendiam cursar Biologia e, portanto, cursariam uma disciplina como preparação para admissão na universidade. Anat Yarden, pesquisadora de Embriologia da mesma instituição, pensou que seria impossível tratar do básico nesta área de conhecimento em uma carga horária de

30h disponível para ministrar essa disciplina eletiva: alunos de Ensino Médio não estariam familiarizados o suficiente com os conceitos necessários, que não poderiam ser adquiridos no tempo proposto. O professor Geiger apresentou uma alternativa considerada inusitada: criar esse material a partir de artigos científicos, similar a uma revista de publicação oficial. A justificativa para esse uso seria que a aprendizagem utilizando artigos científicos habilitaria os estudantes a compreender como os cientistas conduzem suas pesquisas e evitaria a ênfase na aquisição sistemática de conhecimento. Em comunicação pessoal com a professora Yarden, o professor Geiger disse que “é mais importante que os estudantes de Ensino Médio entendam como os embriologistas pensam, do que o modo como serão expostos à abundância de informação atualmente disponível no campo” (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015, p. 3).

Yarden, Norris e Phillips (2015) descrevem que a primeira proposta de LPA, feita por Anat Yarden e sua colega Gilat Brill, consistia na seleção de dez artigos revolucionários no campo, partindo da ideia que talvez seria possível que os estudantes compreendessem as linhas gerais de raciocínio da Embriologia a partir deles. O texto do artigo em LPA seria escrito utilizando os dados coletados nos originais, incluindo a possibilidade de complementar tópicos não compreendidos com experimentos. Como aprimoramento, Bruria Agrest, supervisora-chefe de Educação em Biologia em Israel na época, sugeriu acrescentar uma introdução bem curta e básica, uma vez que, como artigos científicos são escritos para especialistas em cada campo, nem todo conhecimento prévio necessário para a compreensão da LPA estaria nos artigos originais. Ao final, a estrutura da primeira LPA consistiu em uma primeira parte com a breve introdução e uma seleção de quatro artigos originais, para compatibilizar a complexidade do tema com a carga horária de 30h disponível. Posteriormente, as adaptações de LPA foram feitas a partir de artigos únicos de LPC, utilizando-se tanto da lógica como da abordagem metodológica e dados dos originais.

Concomitantemente a escrita da primeira LPA, ainda descrito por Yarden, Norris e Phillips (2015), foi necessário desenvolver formas de como implementar esse novo material no currículo de Embriologia nas escolas, o que foi feito quando Heda Falk se juntou à equipe. Também foi preciso investigar o impacto efetivo desse tipo de texto nos estudantes secundaristas e foram feitas descobertas promissoras:

com o uso da LPA, estudantes tendiam a postular questões com grau mais elevado de pensamento investigativo e singularidade durante e após a leitura de LPA em contraste com o livro didático. Também foi observado que estudantes que liam textos de LPA compreendiam melhor a natureza da investigação científica e eram mais críticos em relação ao trabalho do pesquisador, se comparados a estudantes que liam textos populares.

No começo dos anos 2000, de acordo com Yarden, Norris e Phillips (2015), devido ao sucesso da construção de um currículo baseado em LPA, esse material foi incluído no programa de estudos de Ciências Biológicas em Israel, por meio de uma matéria denominada “Tópicos em Pesquisa”. Os objetivos seriam, segundo o Ministério da Educação de Israel (2003, apud YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015), dentre outros: reforçar a compreensão dos estudantes sobre a natureza da ciência (habilidades investigativas, história e filosofia da ciência, análise quantitativa de dados, comunicação científica); representar a dinâmica das descobertas biológicas (com a inclusão de antigos de vanguarda e históricos); estimular discussões sociocientíficas e bioéticas; e encorajar professores a desenvolver “Tópicos de Pesquisa” para o seu desenvolvimento profissional. Tentativas de ampliar o uso de LPA foram feitas em outros países como no Canadá: Stephen Norris, pesquisador da Universidade de Alberta, em 2006 conduziu estudos para verificar se os efeitos da LPA seriam os mesmos se utilizados idioma, assunto e área diferentes.

As características principais da LPA estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2 - Caracterização da Literatura Primária Adaptada

Aspectos Principais	Gênero do texto científico
	Literatura Primária Adaptada
Autores	Educadores e/ou cientistas
Público-alvo	Estudantes de Ensino de Médio
Tipologia textual principal	Argumentativo
Conteúdo	Evidências e justificativas para embasar conclusões
Estrutura organizacional	Canônica
Forma de apresentação da ciência	Incerteza

Adaptado de Yarden, Norris e Phillips (2015)

Observa-se que, ao se comparar a LPA com a LPC, tem-se uma proximidade de quase todos os aspectos: ambas apresentam como tipologia textual principal a argumentação (NORRIS *et al.*, 2009) e o grau de incerteza da ciência (FALK; YARDEN, 2009; YARDEN; BRILL; FALK, 2001), utilizando-se de uma estrutura canônica (BARAM-TSABARI; YARDEN, 2005; YARDEN; BRILL; FALK, 2001) e de evidências e justificativas para embasar suas conclusões (FALK; YARDEN, 2009; YARDEN; BRILL; FALK, 2001). As principais diferenças são que, para a LPA, os autores usualmente são educadores (NORRIS *et al.*, 2009; YARDEN; BRILL; FALK, 2001), e o público-alvo, estudantes do Ensino Médio e não cientistas (YARDEN; BRILL; FALK, 2001).

Sabe-se que a leitura, a escrita e a análise de LPC são práticas frequentes de cientistas. Desta forma, depreende-se que a aprendizagem por LPA pode proporcionar um contexto científico autêntico para se aprender ciência: a LPA apresentaria ao estudante uma investigação baseada em texto e ofereceria a ele o entendimento da natureza da ciência, e promoveria a sua educação científica (ARIELY; LIVNAT; YARDEN, 2019; HIDAYAT; RUSTAMAN; SIAHAAN, 2021; YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015).

Palincsar e Magnussom (2000) apontam que dois tipos de intervenções educacionais podem apresentar um contexto autêntico de pesquisa na escola: investigações de primeira mão, feitas pelos estudantes, com uso de métodos tradicionais de ensino e aprendizagem por investigação; e as investigações de segunda mão, que apresentam aos estudantes resultados obtidos por cientistas, utilizando-se de recursos de *softwares* ou textos. A LPA, por ser mais próxima da LPC – sobretudo quanto a natureza argumentativa e a incerteza da ciência – seria um meio condutor para trazer a investigação de segunda mão para a sala de aula (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015).

1.4 O INGLÊS, A APRENDIZAGEM E A CIÊNCIA

A aquisição de uma segunda língua é empreendimento de longo prazo (BROWN; WARD; NAM, 2019) e existem várias definições do que é ser bilíngue. Para Savedra (2009) indivíduos bilíngues são aqueles que utilizam dois códigos distintos em uma determinada situação de comunicação, adaptando sua utilização

em função da situação apresentada. Essa ideia é reforçada por Marcelino (2009), que afirma que os indivíduos bilíngues são aqueles falantes que utilizam duas línguas independentemente do nível de proficiência em quaisquer das quatro habilidades fundamentais (falar, ouvir, ler e escrever). De acordo com o Quadro Europeu Comum de Referência para as Línguas (CEFR) o bilinguismo é caracterizado como a capacidade de construir um conhecimento conexo entre duas ou mais línguas e culturas (NORTH; GOODIER; PICCARDO, 2017). Já a metodologia de Ensino de uma Matéria em Integração com Língua Estrangeira (EMILE) versa que o ensino caracterizado como bilíngue apresenta o aprendiz como sendo capaz de compreender e transmitir conhecimento a cerca de um assunto, utilizando como ferramenta a língua alvo (GRAVÉ-BROUSSEAU, 2011).

A aprendizagem do inglês é tão importante na educação que a OCDE irá incluir a avaliação do idioma no PISA de 2025 (OCDE, 2021). Na Educação Superior, a instituição do programa Ciência sem Fronteiras (CsF) evidenciou tanto o status diferenciado do inglês que, se comparado a outros idiomas, recebe mais recursos, oferecendo mais possibilidades de mobilidade acadêmica e de internacionalização, quanto a falta de políticas públicas para a proficiência do idioma. Para tentar suprir essa deficiência, instituiu-se o programa Idiomas sem Fronteiras (IsF) e, mais especificamente, o Inglês sem Fronteiras (IsF – Inglês) (FINARDI; FRANÇA, 2016). A Educação Básica, no entanto, não tem uma política pública federal específica para o aprendizado dessa língua estrangeira. A LDB, após a promulgação da Lei n.º 13.145 de 2017, prevê no artigo 35-A, parágrafo 4º, apenas a inclusão obrigatória do estudo da língua inglesa. Tanto esse dispositivo quanto a Constituição Federal, no entanto, não preveem o ensino bilíngue inglês-português, embora haja um número crescente de instituições que oferecem esse método.

As escolas bilíngues existentes devem ser consoantes com as determinações da LDB para as escolas não bilíngues em aspectos como: aulas dos componentes curriculares obrigatórios ministradas em língua portuguesa, 200 dias letivos e carga horária mínima de 4 horas diárias (AMORIM, 2016). Para cumprir com o ensino em segunda língua, fazem-se necessários horários e currículo complementares, o que explica o grande número de escolas do tipo sendo de origem privada e frequentemente consideradas elitistas (DAVID, 2017). A falta de

regulamentação federal não impediu, porém, uma incipiente implementação de escolas bilíngues públicas nos Estados, como por exemplo no Rio de Janeiro no ano de 2014 (ROCHA, 2015), no Distrito Federal, em 2019 (AFONSO, 2019) e no Maranhão, em 2020 (GOVERNO, 2020). O Currículo em Movimento do NEM da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEEDF) estabelece três dimensões que visam garantir a implementação de uma Política de Ensino de Línguas: os Centros Interescolares de Línguas (CIL), espaço de aprendizagem fora da unidade escolar; as Salas Interculturais de Vivência (SIV), que busca ampliar o contato com a língua estrangeira no ambiente escolar; e as Escolas Bilíngues Interculturais (EBI), que tem por objetivo a interdisciplinaridade da língua estrangeira com os outros componentes da matriz curricular, utilizando o idioma secundário como ferramenta para aprendizagem.

Considerando-se os possíveis segundos idiomas aprendidos pela população brasileira, o domínio das habilidades na língua inglesa é essencial para a educação como um todo, e, particularmente para a educação científica, uma vez que o inglês é o idioma predominantemente utilizado na comunicação científica. Pesquisas indicam que 80% dos artigos indexados na base de dados *SciVerse Scopus* (MOCHRIDHE, 2019), 84% dos periódicos indexados e 89% das citações de artigos na base *Medline* (KOTZIN, 2005) e quase 97% dos artigos indexados no *Institute for Scientific Information Web of Knowledge* (ISI Thompson) (JAFFE, 2003) estão em língua inglesa.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho foram:

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um manual com instruções para professores realizarem a adaptação de artigos científicos originais escritos na língua inglesa para o uso no Ensino Médio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adquirir conhecimentos sobre a LPA (Literatura Primária Adaptada);
- Selecionar artigos científicos de pesquisa original para produzir artigos adaptados;
- Escrever o manual contendo a descrição da estrutura canônica dos artigos científicos, o processo de adaptação de artigos e exemplos de artigos científicos adaptados;
- Avaliar o manual de instruções como ferramenta de uso docente e quanto aos aspectos de clareza, objetividade e compreensão.

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido em quatro etapas, conforme o descrito a seguir.

3.1 AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTOS SOBRE A LPA

A aquisição de conhecimentos sobre a LPA foi feita por meio da leitura do *Adapted Primary Literature* (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015) e de artigos científicos obtidos por meio de revisão bibliográfica.

3.2 SELEÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS DE PESQUISA ORIGINAL PARA PRODUZIR ARTIGOS ADAPTADOS

Para selecionar os artigos científicos para serem adaptados foi escolhido o tema “contaminação ambiental por mercúrio”. Esse tema foi sugerido pela orientadora do presente trabalho. A orientadora coorientou uma tese de doutorado sobre o assunto (LUCENA, 2010). Trata-se de um tema relevante, atual e pouco explorado em sala de aula. A plataforma digital de acesso livre *Directory of Open Access Journals* (DOAJ) foi utilizada na busca de artigos. Foram escolhidas como palavras-chave *mercury* e *contamination* e os 59 artigos resultantes da busca inicial foram ordenados por data de publicação mais recente, do período de janeiro a julho de 2022. A primeira seleção utilizou como critérios de exclusão aqueles que indicavam que eram artigos de revisão e que não tratavam de contaminação por mercúrio; a segunda seleção utilizou como critério de inclusão serem artigos que tratavam de contaminação da água por mercúrio no Brasil. A prioridade foi dada a artigos publicados em 2022 por pesquisadores brasileiros e que contêm dados do Brasil. Foram selecionados três artigos relacionados ao tema escolhido:

BEZERRA DE OLIVEIRA, R.; SILVA, D.M.; FRANCO, T.S.B.S.; VASCONCELOS, C.R.S.; SOUSA, D.J.A.; SARRAZIN, S.L.F.; SAKAMOTO, M; BORDINEAUD, J. Fish consumption habits of pregnant women in Itaituba, Tapajós River basin, Brazil: risks of mercury contamination as assessed by measuring total

mercury in highly consumed piscivore fish species and in hair of pregnant women. **Archives of Industrial Hygiene and Toxicology**, vol. 73, n. 2, p. 131-142, 2022.

MENESES, H.N.M.; OLIVEIRA-DA-COSTA, M.; BASTA, P.C.; MORAIS, C.G.; PEREIRA, R.J.B.; SOUZA, S.M.S.; HACON, S.S. Mercury contamination: a growing threat to riverine and urban communities in the Brazilian Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 5, p. 2816, 2022.

RODRIGUES, P.A.; FERRARI, R.G.; ROSÁRIO, D.K.A.; HAUSER-DAVIS, R.A.; SANTOS, L.N.; CONTE-JUNIOR, C.A. Mercurial contamination: a consumer health risk assessment concerning seafood from a eutrophic estuary in southeastern Brazil. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, p. 765323, 2022.

3.3 ELABORAÇÃO DO TEXTO DO MANUAL

A elaboração do texto do manual foi feita com base no livro “*Adapted Primary Literature*” (YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015), com diagramação na plataforma de design gráfico Canva e no programa Microsoft PowerPoint. O manual foi dividido em: (1) Apresentação, (2) Por que adaptar?, (3) Como adaptar?, (4) E na prática?, e (5) Por fim...

3.4 AVALIAÇÃO DO MANUAL DE INSTRUÇÕES

A avaliação do manual de instruções foi feita por meio de uma pesquisa aplicada do tipo exploratória (GIL, 2018; PRODANOV; FREITAS, 2013). A abordagem escolhida foi do tipo quantitativa, por meio de levantamento (*survey*). Os métodos de pesquisa quantitativa são geralmente utilizados quando se deseja medir opiniões de um público-alvo (MANZATO; SANTOS, 2012) e o levantamento se caracteriza pelo questionamento direto dos participantes, cujas respostas serão analisadas para serem obtidas as conclusões (GIL, 2018; PRODANOV; FREITAS, 2013).

Para a avaliação do manual, foi elaborado um questionário de autoaplicação (Apêndice B), disponibilizado eletronicamente por meio do aplicativo de gerenciamento de pesquisas Google Formulários. Foram apresentadas 19

questões objetivas de múltipla escolha – de caráter obrigatório – que foram categorizadas em três tipos: perfil dos participantes, avaliação dos artigos adaptados e avaliação do manual. Para as duas últimas, foi escolhida a escala de verificação proposta por Likert: nela, uma declaração é apresentada ao respondente, que deve indicar o seu grau de concordância ou discordância com ela, por meio de, em geral, cinco alternativas escalonadas (VIEIRA, 2009). A sua utilização se justificaria, pois segundo Silva-Júnior e Costa (2014) é fácil a um pesquisado emitir um grau de concordância sobre uma afirmação qualquer. Também foi proposta uma questão discursiva de preenchimento opcional, para críticas, sugestões e comentários a serem considerados na construção da versão final do manual.

Foram convidados, por meio do aplicativo móvel WhatsApp, 20 professores de Biologia, mestrandos do programa PROFBIO. Este número configura-se uma amostragem não-probabilística de conveniência que Vieira (2009, p. 133-134) define como “constituída por n unidades reunidas em uma amostra, simplesmente porque o pesquisador tem fácil acesso a essas unidades”. Prodanov e Freitas (2013, p. 98) reforçam a ideia da escolha por oportunidade e acrescentam que este tipo de amostragem é válido para “estudos exploratórios em que não é requerido elevado nível de precisão”. Isso é corroborado por Tânia Oliveira (2001, p. 5) que afirma “a amostragem por conveniência é adequada e frequentemente utilizada para geração de ideias em pesquisas exploratórias” e se aplicou ao presente trabalho cujo um dos objetivos foi avaliar a opinião dos participantes a respeito do material confeccionado.

A versão final do manual de adaptação, após a leitura e consideração dos resultados aqui obtidos encontra-se no Apêndice C.

3.5 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Este trabalho foi submetido ao comitê de ética em pesquisa com seres humanos da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (CEPFS- UnB), CAAE: 51020021.0.0000.0030 e aprovado em parecer n.º 5.126.333 (Anexo 1).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão deste trabalho foram divididos nas duas seções a seguir.

4.1 MANUAL DE INSTRUÇÕES

A seção Apresentação explicou a origem do manual como produto educacional proveniente deste estudo. Contém uma breve contextualização do cenário da educação no Brasil decorrente da implementação do NEM e da proposição pela BNCC do desenvolvimento da educação científica. Os artigos científicos em língua inglesa foram apresentados como forma de promover um de seus aspectos: a aproximação dos estudantes ao contexto científico real. Por fim, apresentou a problematização da complexidade do texto científico para leitores leigos e a proposição do manual para como ferramenta para os professores transformarem a linguagem complexa dos textos científicos palatável aos seus estudantes, trazendo o “fazer ciência” para a sala de aula.

A seção “Por que adaptar?” apresentou um breve referencial teórico que justifica a utilização de artigos adaptados. Inicialmente tratou do desafio de se aprender por meio de textos científicos e apresentou-se os três papéis principais na comunicação científica acompanhados de seu gênero textual e suas características. Essa parte também descreveu a importância e as vantagens do uso de LPC para o ensino por investigação, mas também contrapondo com as complexidades na linguagem deste gênero. Por fim, apresentou-se a LPA como alternativa para o uso de LPC.

A seção “Como adaptar?” foi dedicada à descrição geral do processo de adaptação, o que foi subdividido em duas etapas. A primeira consistiu na escolha do artigo científico, com a sugestão de plataformas digitais de acesso livre para a busca do artigo original e uma breve descrição dessas plataformas. Também foram apresentados aspectos importantes a serem considerados durante o processo: o tipo de artigo a ser escolhido e a sua estrutura, a credibilidade da fonte e o público-alvo e seus conhecimentos prévios. A segunda etapa explica que tanto o artigo original quanto o adaptado possuem a mesma estruturação e detalhou-se o que

deveria ser feito em cada uma das partes e o que poderia ser adicionado ao texto final como um todo para facilitar a compreensão.

A seção “E na prática?” consistiu em apresentar o procedimento de seleção e adaptação do de artigos científicos, de forma exemplificada. Os três artigos escolhidos previamente, que tratam da contaminação de rios com mercúrio, foram usados nessa seção. Foi produzida uma primeira versão da adaptação (Apêndice A), a qual foi submetida para avaliação de professores de Biologia do PROFBIO.

A última seção do manual, com o título “Por fim...” buscou reforçar os objetivos e a importância do manual de adaptação e tratar de duas dificuldades que o leitor poderia enfrentar no processo (a falta de familiaridade com os textos de artigos científicos e a falta de proficiência em inglês) apresentando sugestões de como minimizá-las.

4.2 AVALIAÇÃO DA PRIMEIRA VERSÃO DO MANUAL POR PROFESSORES DE BIOLOGIA

Doze (12) professores que cursam o mestrado no programa de pós-graduação PROFBIO concordaram em participar nesta pesquisa e, após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice D), avaliaram a primeira versão do manual de adaptação por meio do questionário de autoaplicação.

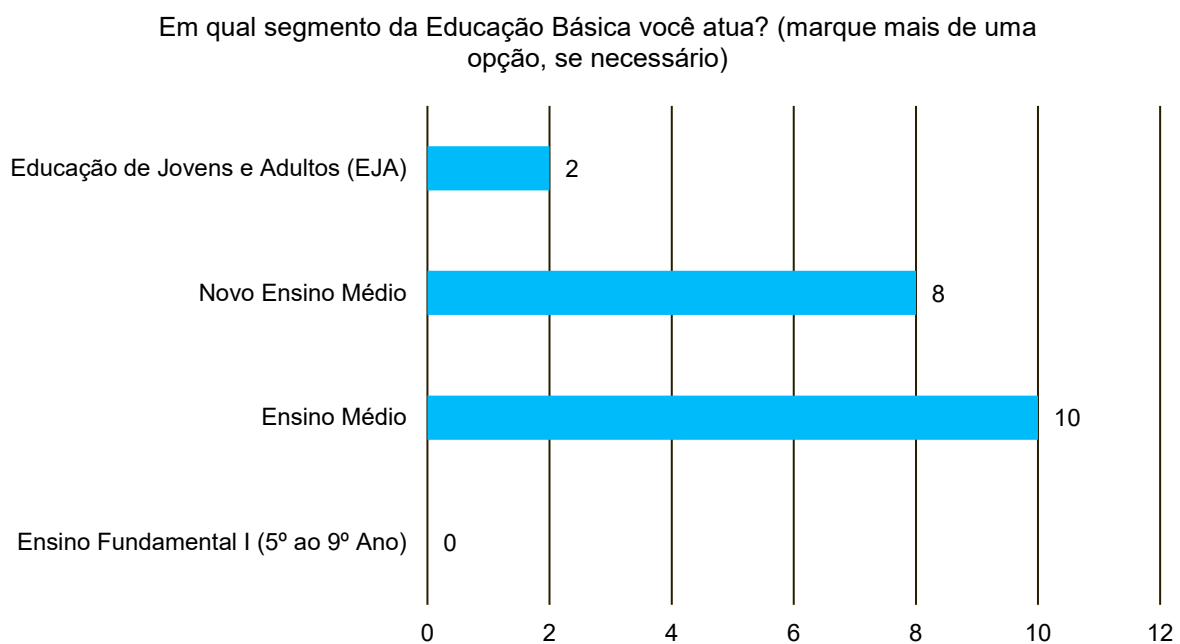
As perguntas 1 a 9 do questionário procuraram determinar o perfil dos participantes da pesquisa. Os resultados sociodemográficos (idade, tipo de escola que leciona e localidade, segmento de atuação na Educação Básica, carga horária e tempo de docência) encontram-se nas Figuras 1 a 4 a seguir.

Figura 1 – Distribuição dos professores de acordo com a faixa etária



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 2 – Distribuição dos professores de acordo com a sua atuação na Educação Básica



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 3 – Distribuição dos professores de acordo com a sua carga horária semanal



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 4 – Distribuição dos professores de acordo com a seu tempo de docência

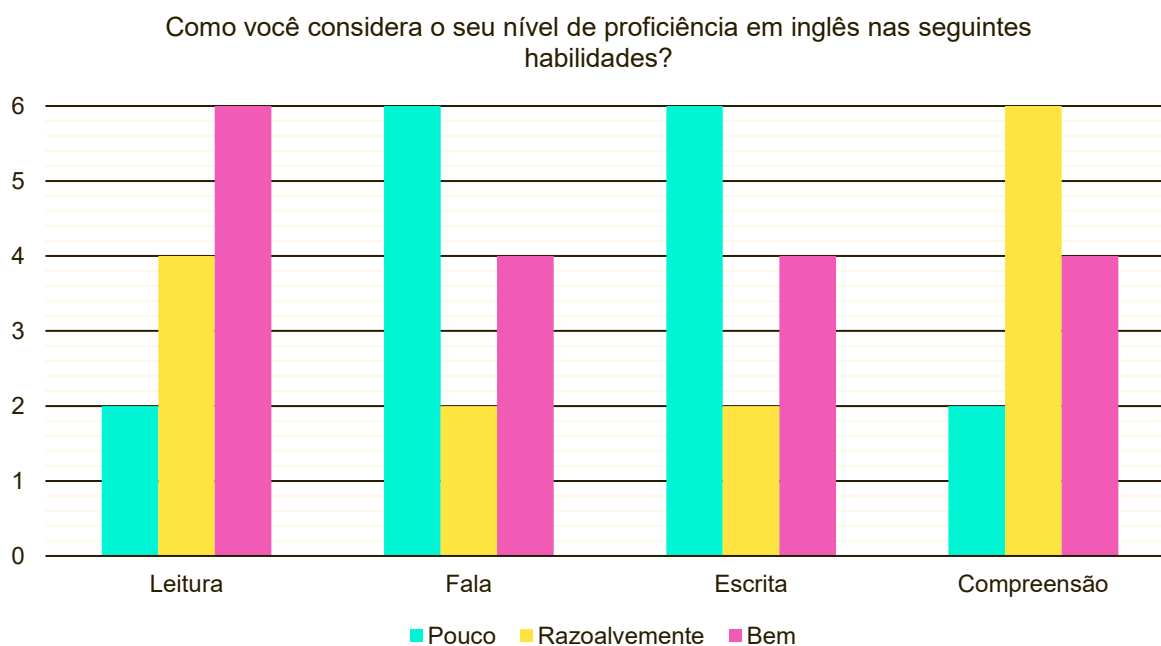


Fonte: Dados da Pesquisa

Os professores participantes em sua maioria possuem idade de até 40 anos (Figura 1), lecionam exclusivamente na rede pública do Distrito Federal, em sua maioria no Ensino Médio e/ou Novo Ensino Médio (Figura 2), tem carga horária de 30 a 40 horas semanais (Figura 3) e menos de 5 anos em sala de aula (Figura 4). Embora a amostra seja pequena e de conveniência, a distribuição apresentada é compatível tanto com os dados do Censo Escolar de 2021 nacional (BRASIL, 2021) quanto para o Distrito Federal (BRASIL, 2022), onde a maioria dos professores tem até 40 anos de idade.

A Figura 5 mostra o nível de proficiência em inglês em quatro habilidades linguísticas.

Figura 5 – Nível de proficiência em inglês dos professores para quatro habilidades linguísticas



Fonte: Dados da Pesquisa

O melhor desenvolvimento destas habilidades, especialmente da leitura possivelmente se correlaciona com a exigência de comprovação de proficiência em língua inglesa pelo programa de mestrado do PROFBIO na Universidade de Brasília (UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2020). O relatório EF – EPI de 2021 também aponta que Brasília apresenta proficiência moderada em inglês e o Brasil, apesar de ainda estar classificado com um nível de proficiência baixo – ocupando a 60ª

posição entre 112 países – vem apresentando tendência de melhora, especialmente na educação brasileira e entre adultos na faixa dos 30 anos (EF – EDUCATION FIRST, 2021).

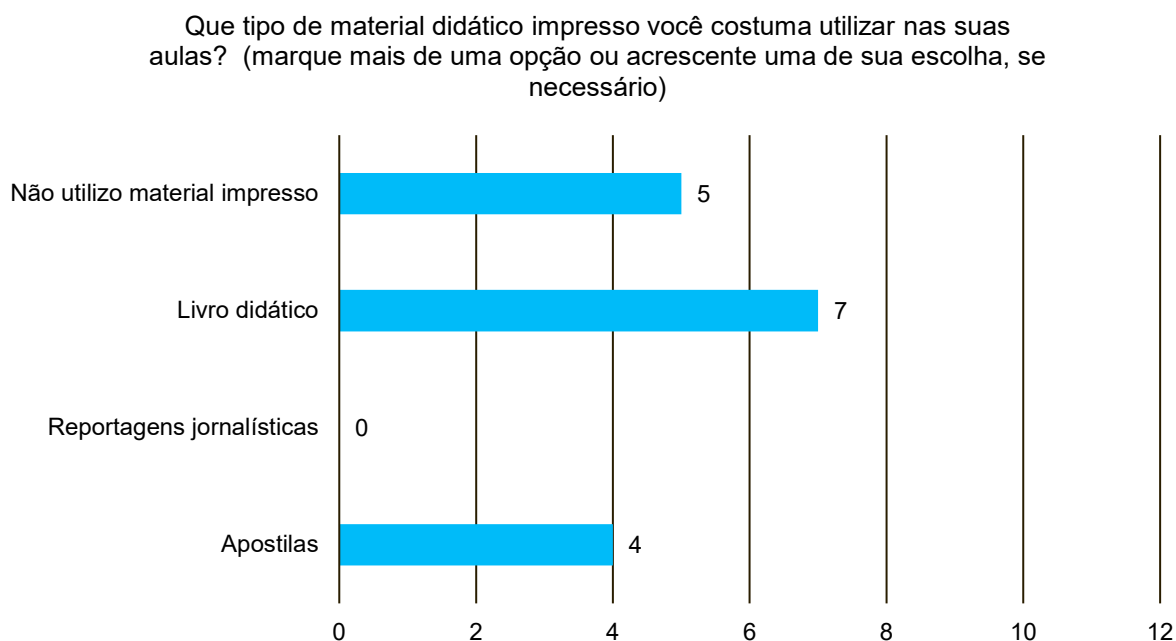
As Figuras 6 e 7 a seguir indicam as principais estratégias de ensino adotadas em sala de aula pelos participantes e quais os principais materiais didáticos impressos são utilizados por eles.

Figura 6 – Principais estratégias de ensino adotadas em sala de aula pelos professores



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 7 – Principais materiais didáticos utilizados em sala de aula pelos professores



Fonte: Dados da Pesquisa

A estratégia de ensino predominante é a aula expositiva dialogada (Figura 6) e verifica-se que, embora ainda exista uma tendência de ensino expositivo, no qual o professor é apresentador do conteúdo e o estudante, o memorizador, há uma busca crescente por outras estratégias de ensino, especialmente na Biologia (NUNES; VOTTO, 2018). As Metodologias Ativas de Aprendizagem, como a Aprendizagem Baseada em Problemas, Sala de Aula Invertida ou Aprendizagem Baseada em Projetos, apontadas aqui como adotadas pelos professores participantes, possuem como principal objetivo tornar o aluno responsável pela sua aprendizagem (NASCIMENTO; COUTINHO, 2016) e a sua integração ao ambiente escolar possibilitaria ao docente o uso de métodos e técnicas que conduzam o estudante ao aprender fazendo (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Pedrisa (2008) relata que o ensino de Biologia é dependente tanto do método expositivo quanto do livro didático, o que fica evidenciado na Figura 7. É um instrumento de trabalho essencial para muitos professores, que o utilizam na organização das suas aulas (AMESTOY; TOLENTINO-NETO, 2017; SANTOS; SHIGUNOV; LORENZETTI, 2022), mas que necessita de atualizações que adicionem aos conteúdos novas evidências e convenções científicas (SILVA;

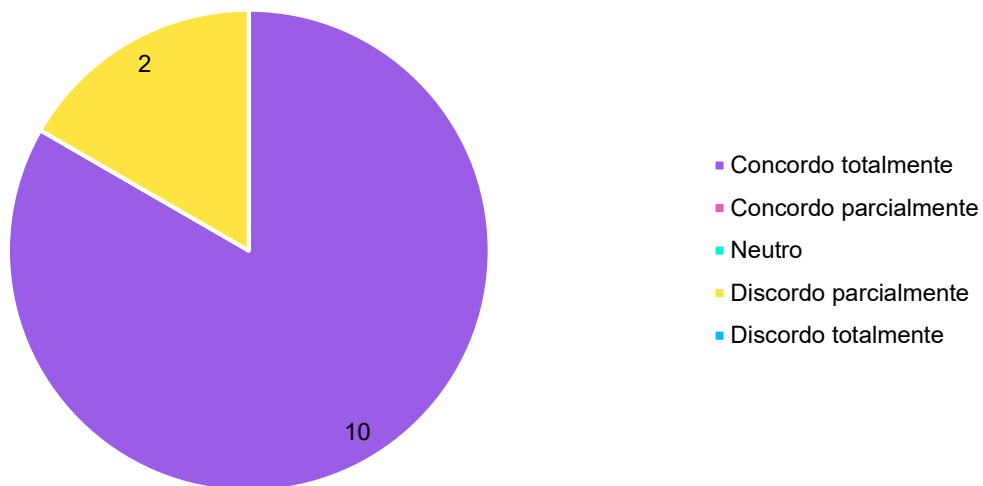
MEGLHIORATTI, 2020; SANTOS; SHIGUNOV; LORENZETTI, 2022). A intenção com a introdução de LPA não é substituir o livro didático, mas sim utilizá-la como forma de complementar a aprendizagem. Martins, Cassab e Rocha (2001) e Nascimento *et al.* (2021) sugerem que estratégias didáticas que estimulam o contato dos alunos com diferentes tipos de textos científicos podem ser benéficas, pois promovem o acesso a uma maior diversidade de informações e o desenvolvimento de habilidades de leitura, domínio de conceitos, capacidade argumentativa e familiaridade com termos científicos.

Chama a atenção o fato de nenhum professor participante relatar utilizar textos VRJ ou artigos científicos populares. Souza e Rocha (2018, p. 1044) indicam que a utilização desses tipos de texto "configura uma prática apoiada por diversos autores" e que "contribui para o incentivo à prática da leitura de textos científicos, familiarizando-se com terminologias e conceitos científicos e entendendo a natureza da atividade". Ferreira e Queiroz (2012, p. 4) apontam que "passar a conhecer uma variedade de tipos de textos científicos, desde reportagens de mídia até originais de cientistas, é condição para tornar-se um participante da cultura científica".

As perguntas 10 a 14, buscaram avaliar a percepção dos professores sobre a primeira versão do manual de adaptação. As Figuras 8 e 9 apresentam os resultados relativos ao processo de adaptação do artigo.

Figura 8 – Avaliação da adequação da descrição do processo de adaptação

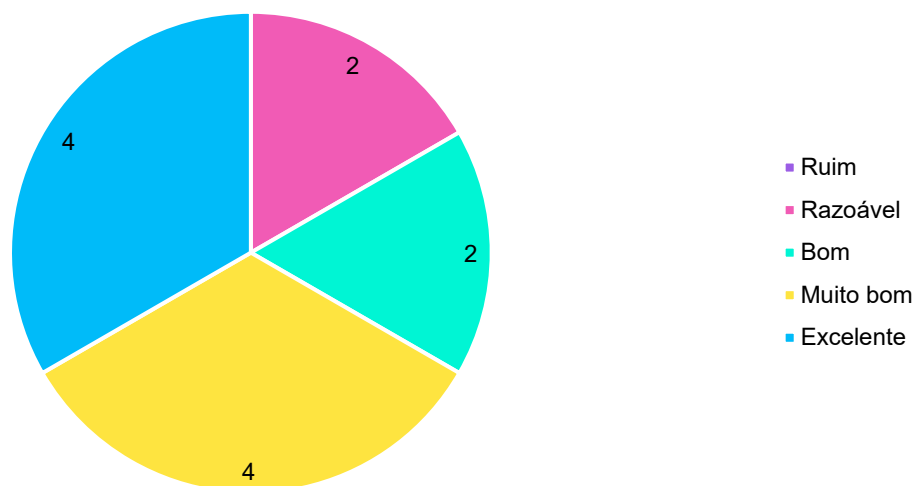
Você considera que a descrição do processo de adaptação está adequada?



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 9 – Avaliação do detalhamento do processo de adaptação

Como você avalia o detalhamento do processo de adaptação do artigo?



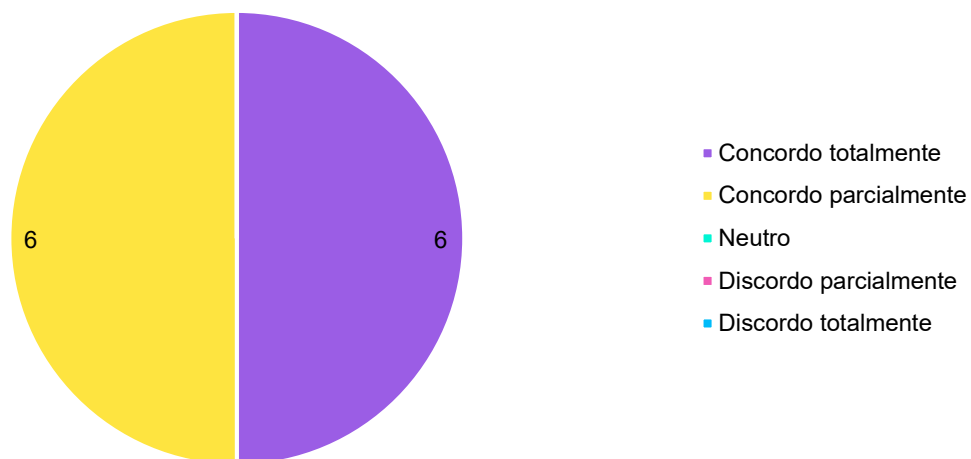
Fonte: Dados da Pesquisa

A maioria dos professores considerou que a descrição do processo de adaptação estava adequada (Figura 8) e que o detalhamento do processo era excelente ou muito bom (Figura 9).

As Figuras 10 a 12 a seguir tratam dos resultados relativos ao conteúdo do artigo adaptado, bem como a pertinência da linguagem e do uso de imagens.

Figura 10 – Avaliação da pertinência e relevância do conteúdo do artigo adaptado

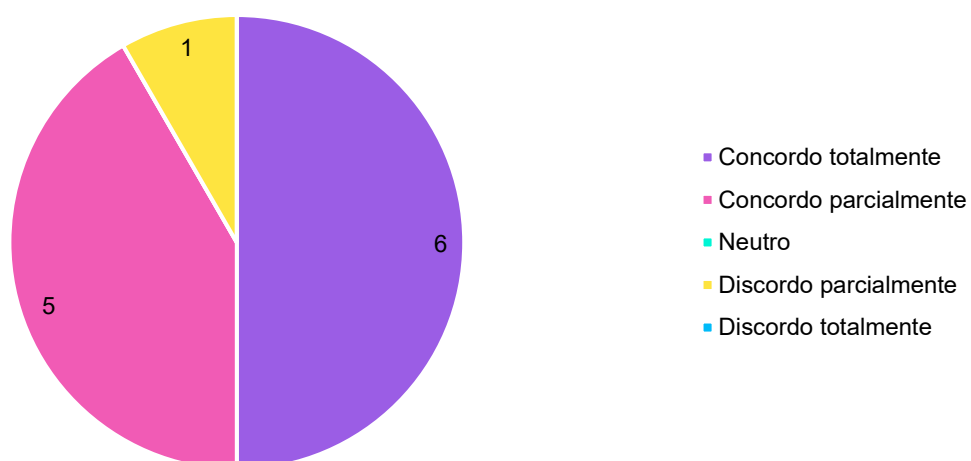
Quanto ao artigo adaptado, você considera que o conteúdo dele é pertinente e relevante ao Ensino Médio?



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 11 – Avaliação da adequação da linguagem do artigo adaptado

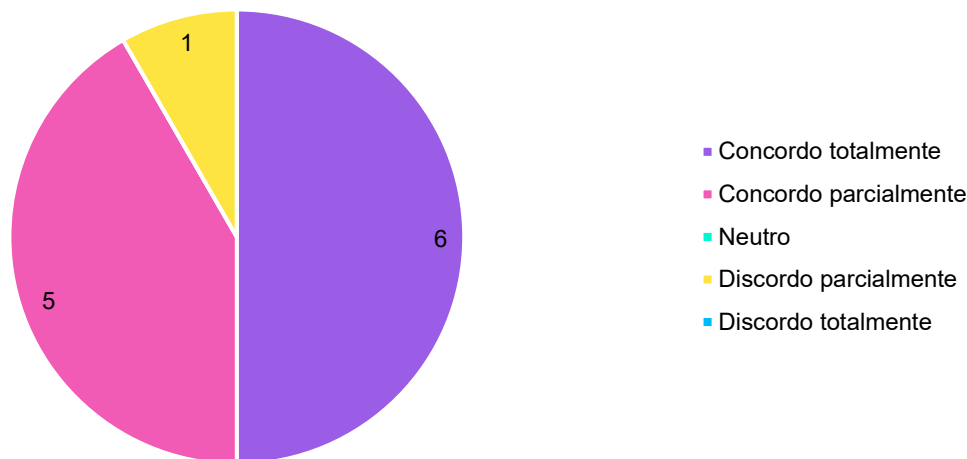
Quanto ao artigo adaptado, você considera que a linguagem dele está adequada àquela utilizada pelo aluno de Ensino Médio?



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 12 – Avaliação da adequação das imagens utilizadas no artigo adaptado

Quanto ao artigo adaptado, as imagens (figuras, gráficos, tabelas) estão adequados ao nível de compreensão do aluno de Ensino Médio?



Fonte: Dados da Pesquisa

Todos concordaram – total ou parcialmente – que o conteúdo dos artigos é pertinente e relevante ao Ensino Médio (Figura 10). A temática contaminação por mercúrio corresponde à Competência Específica 1 apresentada na BNCC, que trata de:

analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (BRASIL, 2018, p. 540).

Sendo descrita na seguinte habilidade:

avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos. (BRASIL, 2018, p. 541).

A maioria dos professores participantes considerou que tanto a linguagem (Figura 11) quanto as imagens (Figura 12) utilizadas nos artigos estão adequadas ao nível de compreensão do aluno de Ensino Médio.

A análise desses dois fatores em conjunto foi importante, pois de acordo com a Teoria Cognitiva de Aprendizagem Multimídia proposta por Mayer (2009), a combinação apropriada entre palavras e imagens proporcionaria uma aprendizagem mais efetiva do que apenas com palavras. Textos e imagens, portanto, constituem um importante recurso pedagógico a favor da prática docente, desde que sejam planejados com objetivos previamente refletidos e discutidos (SANTOS, 2015); a simples associação entre eles no material instrucional, entretanto, não garante a aprendizagem (MAYER, 2009).

O Quadro 3 apresenta comentários feitos pelos professores em relação aos artigos adaptados:

Quadro 3 - Comentários feitos em relação aos artigos adaptados apresentados no manual

Professor	Comentário
P1	Acho que seria interessante no artigo adaptado explicar por que o mercúrio se deposita no cabelo.
P2	Acho que poderia ter uma nota de rodapé sobre o que seria o peixe piscívoro e frugívoro.
P3	Achei a adaptação da análise de mercúrio muito complexa para alunos de ensino médio.
P4	Os artigos ficaram extensos, ficaria difícil tratar deles no tempo de aula que temos disponível no Novo Ensino Médio.

Fonte: Dados da Pesquisa

Em relação aos comentários feitos, as alterações indicadas pelos professores P1 e P2 foram acatadas e, assim, foram inseridos quadros explicativos no decorrer dos artigos na versão final do manual. Vale ressaltar, no entanto, que essas observações também podem ser feitas pelo professor em sala de aula, tal como foi sugerido no manual.

Para o comentário do professor P3, optou-se por preservar a explicação nos artigos, mas foi adicionada ao corpo do texto do manual uma caixa de sugestão, lembrando o professor que é critério de escolha pessoal, podendo este esquema ser suprimido, explicado por ele ou por docente de outra área.

A observação do professor P4 foi a que mais impactou a estrutura original do manual de adaptação.

Ao se considerar como base da adaptação do artigo o que foi proposto por Yarden, Norris e Phillips (2015, p. 91), que indicam manter as principais figuras com “mínimas modificações e omissões”, optou-se por manter as tabelas e gráficos

com os resultados obtidos em cada artigo. Tomando como exemplo o artigo de Bezerra *et al.* (2022), isso representou manter sete tabelas e, além disso, houve a adição de informações complementares em caixas de comentários na Introdução, Métodos e na própria seção Resultados e Discussão – também sugeridas por Yarden, Norris e Phillips (2015) – o que contribuiu para a grande extensão do texto. Ariely, Livnat e Yarden (2019) em seus estudos, enfatizaram que é necessário não só reter a estrutura do texto de LPC, mas também suas características linguísticas. Professores que desejam utilizar a LPA em sala de aula devem ter ciência da forma-de linguagem utilizada no texto e ter cuidado com o quanto estão popularizando os textos (ARIELY; LIVNAT; YARDEN, 2019).

Ariely, Duncan e Yarden (2021), analisando quais as justificativas utilizadas por 21 professores de Biologia no processo de adaptação, notaram que as características epistemológicas (cuja tendência era ser mantida de acordo com a estrutura original) eram sacrificadas, quando confrontadas com características pedagógicas (que tendem a ser eliminadas adicionadas ou modificadas – como por exemplo, a omissão de dados contraditórios da Discussão ou retirada do desvio padrão ou margem de erro nos Resultados). As justificativas pedagógicas eram, portanto, utilizadas para adaptar o texto às habilidades e às necessidades dos estudantes; já as características epistemológicas visavam oportunizar a aprendizagem e a reflexão a natureza da argumentação e a confiabilidade dos processos (ARIELY; DUNCAN; YARDEN, 2021).

Adaptar a LPC para o nível de leitura dos estudantes, como se pode perceber, não é simples. Uma das formas de superar essas dificuldades é fornecer ao estudante estratégias de leitura que facilitam a interação com o texto. Lemus (2020), por exemplo, ao redigir a sua LPA, utilizou organizadores gráficos, que são semelhantes a um mapa mental, pois estabelecem a relação entre termos, fatos e ideias.

Uma outra proposta, e que foi adotada para a confecção de versões mais condensadas dos artigos adaptados, foi utilizar as diretrizes de adaptação do *Science Journal for Kids* (SJK)¹, uma revista de publicação de artigos adaptados

¹ Disponível em: <https://www.sciencejournalforkids.org/adaptation-process.html>. Acesso em: dez. 2022.

para crianças e adolescentes. A descrição do processo e os novos textos foram adicionados ao manual de adaptação. Porém, a simplificação proposta pelo SJK tende a descaracterizar aspectos importantes da LPA, como por exemplo a apresentação de resultados. É fundamental para o processo de aprendizagem que o aluno consiga propor uma explicação e confrontá-la com o conhecimento científico estabelecido, gerando um conflito cognitivo (LEPIENSKI; PINHO, 2011) e a leitura dos dados os mais próximos da realidade, sem muitas alterações, seria um fio condutor para viabilizar esse processo.

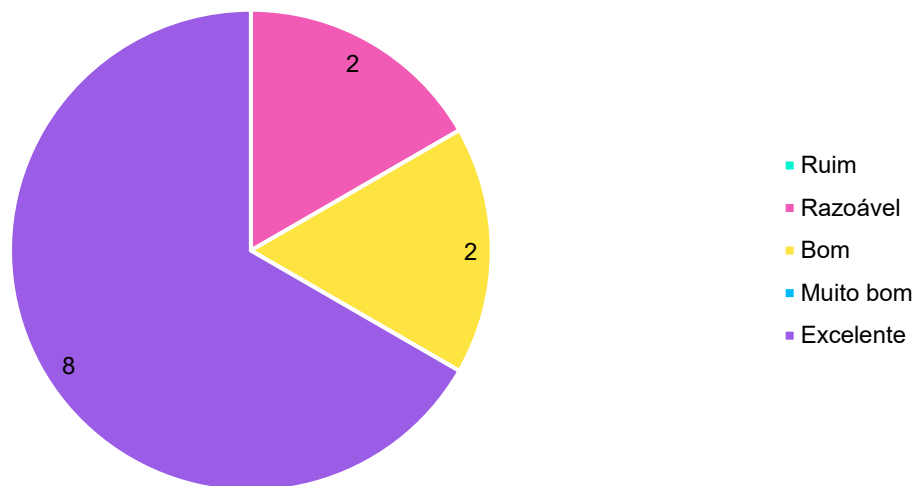
Almeida e Queiroz (1997, p. 67) citado por Pagliarini e Almeida (2016), apontam que a “leitura de textos com termos desconhecidos pode criar dificuldades aos alunos, [...], mas não impede que eles se manifestem motivados pelo texto, se a leitura for organizada como uma atividade que lhes pareça significativa”. Silva e Almeida (2014, p. 66) também apontam em seus estudos que “mesmo um texto cujo tema seja de interesse para boa parte dos estudantes pode contribuir para afastá-los da leitura” e que isso se deve “quando há uma grande dificuldade na sua interpretação”. Porém, é necessário considerar outras estratégias para leitura de textos considerados mais difíceis, inclusive o papel mediador do professor (SILVA; ALMEIDA, 2014). A utilização de um texto com alta densidade discursiva pode, segundo Silva e Almeida (2014, p. 67), “contribuir para que os estudantes se familiarizem com uma linguagem mais próxima à linguagem científica”.

Estudo de Wang *et al.* (2021) indica que a percepção dos docentes, a escolha e o uso efetivo de materiais didáticos são complexos e multifacetados, mas tende a levar em consideração o engajamento e o nível apropriado de dificuldade, assim como a facilidade no uso pelos estudantes. Cabe ressaltar, então, que existe uma distância considerável entre o que se recomenda para o professor, em termos de prática pedagógica, e o que de fato é factível (PERRENOUD; THURLER, 2018). As adaptações aqui apresentadas, portanto, são apenas modelos e o professor é livre para construir seu texto da forma que ele julgar mais adequada. Assim, tanto a versão condensada como a versão expandida foram mantidas no manual de adaptação.

As questões 15 a 19 avaliaram aspectos gerais do manual. Os resultados a seguir tratam da organização física do manual, da adequação da linguagem e do uso de imagens.

Figura 13 – Avaliação da organização geral do manual de adaptação

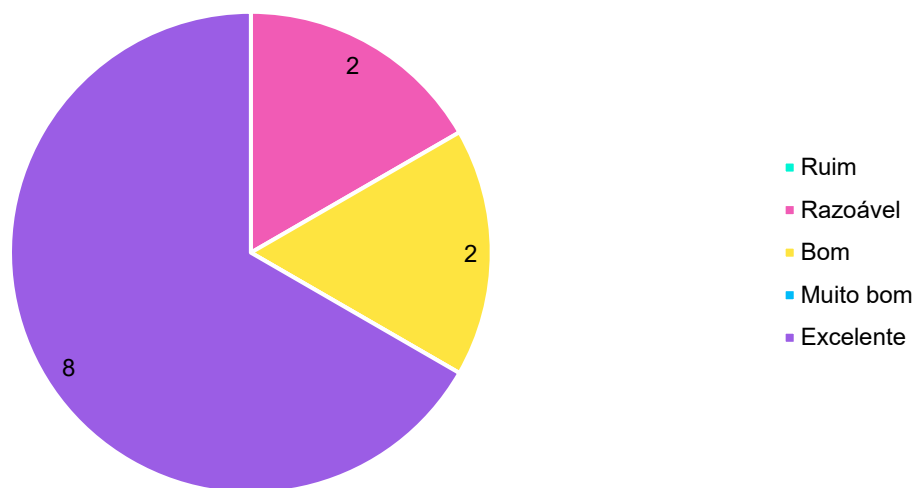
Como você avalia a organização geral do Manual?



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 14 – Avaliação da clareza na linguagem do manual de adaptação

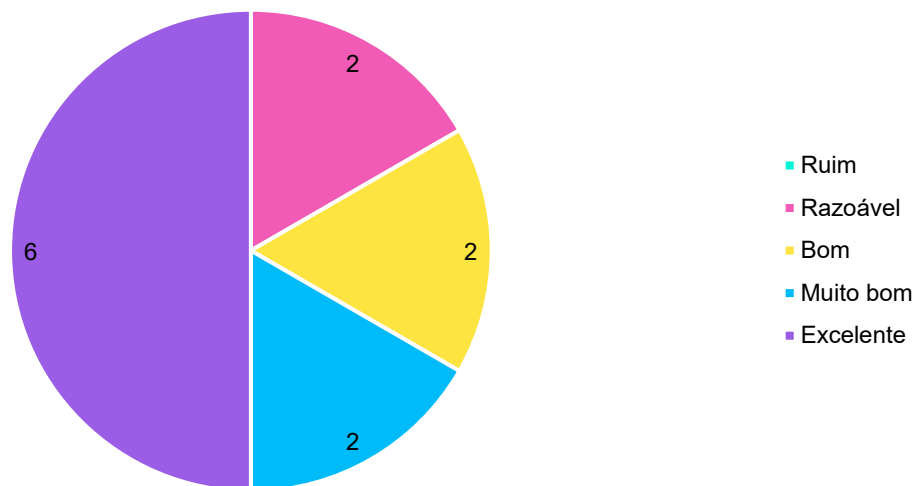
Como você avalia a clareza na linguagem do Manual?



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 15 – Avaliação da adequação do uso das imagens no manual de adaptação

Como você avalia o uso das imagens do Manual?



Fonte: Dados da Pesquisa

A maioria dos professores considerou que a organização do manual foi excelente (Figura 13), que a linguagem utilizada foi clara (Figura 14) e que o uso das imagens foi excelente (Figura 15).

As figuras a seguir apresentam a frequência com que o manual seria utilizado na prática docente e indicam a resposta sobre fatores que dificultariam o uso do manual de adaptação pelo docente.

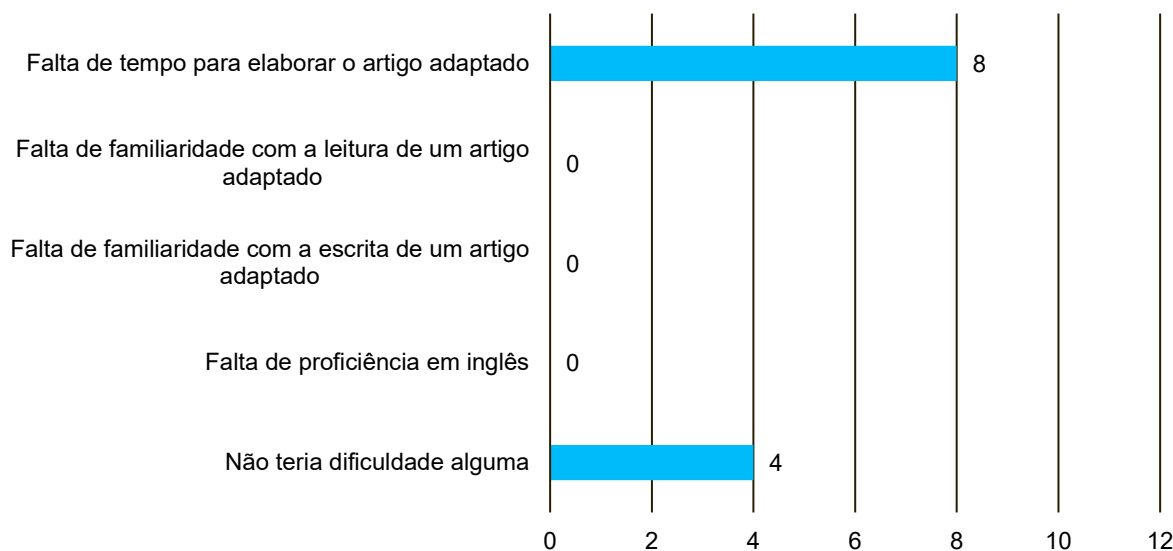
Figura 16 – Estimativa da frequência de uso do manual de adaptação



Fonte: Dados da Pesquisa

Figura 17 – Fatores que dificultariam o uso do manual de adaptação

Qual fator abaixo seria uma dificuldade para você utilizar o Manual? (marque mais de uma opção ou acrescente uma de sua escolha, se necessário)



Fonte: Dados da Pesquisa

A frequência de utilização (Figura 16) indica que o manual seria utilizado muito ou quase sempre. Para o uso ocasional, um professor adicionou comentário justificando o possível uso ocasional do material: a automatização do processo de adaptação, que tornaria o uso do manual desnecessário.

A indicação do fator que representaria a maior dificuldade como sendo a “falta de tempo para elaborar o artigo adaptado” (Figura 17) e as cargas horárias de trabalho indicadas tanto na Figura 3 como decorrente da implementação do NEM também se correlacionam com esta frequência de uso menor.

Os comentários apresentados no Quadro 4 foram feitos em relação a organização geral do manual.

Quadro 4 - Comentários feitos em relação à organização geral do manual

Professor	Comentário
P1	Os alunos têm muita dificuldade com a leitura científica básica. Essa adaptação dos artigos se torna mais convidativa para os estudantes.
P2	Adorei!! Super necessário para mostrar o quanto a ciência é inacabada, em constante construção e que é um método de maior confiança, pela sua questionabilidade protocolada.
P3	Seria interessante uma nota para o professor que tem dificuldade com a língua começar lendo revistas brasileiras (sei que objetivo do manual é adaptar artigos em inglês, mas já seria um início para um professor que não faz uso de artigos científicos).
P4	Acho que essa adaptação também seria válida para artigos nacionais.

Fonte: Dados da Pesquisa

O exposto pelo professor P1 é corroborado por Siqueira *et al.* (2019), que apontam em seus estudos sobre a percepção dos estudantes de Ensino Médio na utilização de textos científicos que a maior dificuldade apresentada por eles é a linguagem técnica; os alunos, no entanto, não indicam a interpretação, compreensão de termos e conceitos como empecilhos. Devido ao interesse manifestado – apesar de 25% dos alunos nunca terem buscado um artigo científico na internet, mais de 90% manifestaram interesse em utilizar metodologias didáticas que utilizem os textos – a pesquisa recomendou uma maior utilização desse tipo de material (SIQUEIRA *et al.*, 2019).

O comentário do professor P2 reforça que a ideia de que a LPA seria exemplo de prática autêntica de investigação científica (BARAM-TSABARI; YARDEN, 2005; EPSTEIN, 1970 apud YARDEN; NORRIS; PHILLIPS, 2015, 2009; HIDAYAT; RUSTAMAN; SIAHAAN, 2021; NORRIS; PHILLIPS, 2003, 2008), pois apresenta a incerteza da ciência (FALK; YARDEN, 2009; YARDEN; BRILL; FALK, 2001).

A sugestão proposta pelo professor P3 foi acrescentada ao corpo do texto do manual na seção “Por fim...”.

Pesquisa junto a ferramenta de busca do Google Acadêmico e do Biblioteca Eletrônica Científica Online (SciELO), utilizando “literatura primária adaptada” como termo de pesquisa e restringindo o idioma ao português até o início de dezembro de 2022 mostram que não há nenhum trabalho sendo desenvolvido no Brasil acerca de artigos adaptados. Isso indica, assim, que o exposto no comentário do professor P4 ainda precisa ser explorado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que é necessário promover a aproximação entre o estudante e a “ciência feita pelos cientistas”, que artigos científicos são uma representação de práticas autênticas na área e que o inglês é a língua franca da comunicação científica, este trabalho teve como propósito apresentar ao professor de Biologia uma forma de viabilizar a introdução destes textos no âmbito do Ensino Médio.

Foi possível, com a elaboração e avaliação do manual de adaptação destinado aos docentes, apontar que a utilização de um artigo científico adaptado se configura como recurso didático para a promoção da educação científica. Tanto o manual quanto os exemplos de artigos adaptados foram considerados adequados na utilização em sala de aula e as contribuições dadas por meio de comentários dos professores avaliadores foram essenciais para o melhoramento deste material.

Esta pesquisa, no entanto, possui algumas limitações. A amostra é pequena e de conveniência e pode não representar adequadamente a opinião dos docentes. Existe também um viés no perfil dos participantes, uma vez que foram selecionados apenas professores que fazem parte do programa de mestrado do PROFBIO. Por fim, os artigos científicos adaptados não foram apresentados aos estudantes e, com isso, não foi possível avaliar a adequação dos textos junto ao seu verdadeiro público-alvo.

Perante o exposto aqui, sugerem-se como possíveis futuros estudos a avaliação do manual junto a professores de Biologia não participantes do PROFBIO e de outras áreas das Ciências da Natureza, assim como a confecção de sequências didáticas que apliquem a utilização dos artigos adaptados junto aos alunos em sala de aula. Outra questão que também pode ser explorada é aplicar o processo de adaptação a artigos escritos em português.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, M. Rede pública começa a implantar escolar bilíngues. **Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal**, 2019. Disponível em: <http://www.educacao.df.gov.br/rede-publica-comeca-a-implantar-escolas-bilingues/>. Acesso em: out. 2020.
- AMESTOY, M.B.; TOLENTINHO-NETO, L.C.B. Articulações entre o livro didático de Biologia e os interesses dos estudantes do Ensino Médio. **Revista Dynamis**, vol 23, n.2, p. 90-195, 2017. Disponível em: <https://bu.furb.br/ojs/index.php/dynamis/article/view/6857/3790>. Acesso em: nov. 2022.
- AMORIM, I.B. **Escola bilíngue vs. Escola Internacional: Conceitos, diferenças e semelhanças**. 2016. 35f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Línguas Estrangeiras Modernas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13600>. Acesso em: set. 2020.
- ARIELY, M.; DUNCAN, R.G; YARDEN, A. Probing Biology Teachers' Disciplinary Literacy through their Adaptation of a Research Article. In: **Proceedings of the 15th International Conference of the Learning Sciences-ICLS 2021**. International Society of the Learning Sciences, 2021. Disponível em: <https://repository.isls.org//handle/1/7524>. Acesso em: nov. 2022.
- ARIELY, M.; LIVNAT, Z.; YARDEN, A. Analyzing the language of an adapted primary literature article. **Science & Education**, v. 28, n. 1, p. 63-85, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00033-5>. Acesso em: nov. 2022
- BAIN, K. **What the best college teachers do**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004. 207p.
- BARAM-TSABARI, A.; YARDEN, A. Text genre as a factor in the formation of scientific literacy. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 42, n. 4, p-403-428, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/tea.20063>. Acesso em: out. 2021.
- BARROS, A.M.F.L. **Desenvolvimento do Letramento Científico por meio do Ensino Bilíngue de Biologia Associado à Aprendizagem Baseada em Problemas**. 2020. 111f. Trabalho de Conclusão de Mestrado (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede) – Universidade de Brasília. Brasília, 2020.
- BEZERRA DE OLIVEIRA, R.; SILVA, D.M.; FRANCO, T.S.B.S.; VASCONCELOS, C.R.S.; SOUSA, D.J.A.; SARRAZIN, S.L.F.; SAKAMOTO, M; BORDINEAUD, J. Fish consumption habits of pregnant women in Itaituba, Tapajós River basin, Brazil: risks of mercury contamination as assessed by measuring total mercury in highly consumed piscivore fish species and in hair of pregnant women. **Archives of Industrial Hygiene and Toxicology**, vol. 73, n. 2, p. 131-142, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/aiht-2022-73-3611>. Acesso em: jul. 2022.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: set. 2020.

BRASIL. Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: set. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. Gabinete do Ministro. Portaria n.º 458 de 05 de maio de 2020. Institui normas complementares necessárias ao cumprimento da Política Nacional de Avaliação da Educação Básica. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2020a. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/saeb/2020/legislacao/portaria_n458_05052020.pdf. Acesso em: set. 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Brasil no PISA 2018**. Brasília: INEP, 2020b. Disponível em: http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/documentos/2019/relatorio_PISA_2018_preliminar.pdf. Acesso em: out. 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Relatório de Resultados do SAEB 2019 – Volume 1**. Brasília: INEP, 2022. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/saeb/2019/resultados/relatorio_de_resultados_do_saeb_2019_volume_1.pdf. Acesso em: jan. 2022.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Resultados ENEM, 2018**. Brasília: MEC, 2019. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2018/presskit/presskit_enem-resultados2018.pdf. Acesso em: out. 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Resultados ENEM, 2019**. Brasília: MEC, 2020c. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2019/apresentacao_resultados_enem_2019.pdf. Acesso em: out. 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). **Resumo Técnico: Censo Escolar da Educação Básica 2021**. Brasília: INEP, 2021. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_escolar_2021.pdf. Acesso em: out. 2022.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Resumo Técnico do Distrito Federal: Censo Escolar da Educação Básica**. 2021. Brasília, DF: Inep, 2022. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/20

21/resumo_tecnico_do_distrito_federal_censo_escolar_da_educacao_basica_2021.pdf. Acesso em: out. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: jul. 2022.

BROWN, C.L.; WARD, N.; NAM, B.H. "Only English Counts": the impact of English hegemony on South-Korean athletes. **International Journal of Comparative Education and Development**, vol. 21, n. 3, p. 222-235, ago. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJCED-01-2019-0007>. Acesso em: set. 2020.

CARNEIRO, M. H. S.; MÓL, W.L.P.S.G. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, vol. 7, n. 2, p. 101-113, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172005070204>. Acesso em: nov. 2020.

COSTA, A.C.D. Sobre a expansão do ensino bilíngue no Brasil: Reflexões oportunas. In: IX SEMINÁRIO FORMAÇÃO DE PROFESSORES E ENSINO DE LÍNGUA INGLESA, 4, 2018, São Cristóvão. **Anais...** São Cristóvão, SE: UFS; 2018. p. 81-93. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/10065>. Acesso em: set. 2020

DAVID, P.D. Educação bilíngue: possibilidades e limitações. **Revista Thêma et Scientia**, vol. 7, n. 2, p. 62-72, 2017. Disponível em: <http://www.themaetscientia.fag.edu.br/index.php/RTES/article/view/760>. Acesso em: setembro de 2020.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio (Minuta para Consulta Pública)**, 3ª Versão – Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.educacao.df.gov.br/curriculo/>. Acesso em out. 2020.

DEMO, P. **Educação e alfabetização científica**. São Paulo: Papyrus Editora, 2014. 197p.

DEMO, P. **Educar pela pesquisa**. 10 ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2021. 218p.

DEMO, P. **Educação Hoje: "Novas" Tecnologias, Pressões E Oportunidades**. São Paulo: Atlas, 2009. 152p.

EF – EDUCATION FIRST. **EF EPI – Índice de Proficiência em Inglês da EF: um ranking de 100 países e regiões por domínio da língua inglesa**. 2021. Disponível em: <https://www.ef.com.br/epi/downloads/>. Acesso em: out. 2022.

ERDURAN, S.; OZDEM, Y.; PARK, JY. Research trends on argumentation in science education: a journal content analysis from 1998-2014. **International Journal**

of STEM Education, vol. 2, n. 5, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40594-015-0020-1>. Acesso em: out. 2021.

FALK, H.; BRILL, G.; YARDEN, A. Teaching a Biotechnology Curriculum Based on Adapted Primary Literature. **International Journal of Science Education**, vol. 30, n. 14, p. 1841-1866, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09500690701579553>. Acesso em: out. 2021.

FALK, H.; YARDEN, A. "Here the Scientists Explain What I Said." Coordination Practices Elicited During the Enactment of the Results and Discussion Sections of Adapted Primary Literature. **Research in Science Education**, vol. 39, n. 3, p. 349-383. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9114-9>. Acesso em: out. 2021.

FERREIRA, L.N.A.; QUEIROZ, S.L. Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma revisão. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, vol. 5, n.1, p. 3-31, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37695/28866>. Acesso em: nov. 2022.

FINARDI, K.R.; FRANÇA, C. O inglês na internacionalização da produção científica brasileira: evidências da subárea de linguagem e linguística. **Revista Intersecções**, vol. 9, n. 19, p. 234-250, 2016. Disponível em: <https://revistas.anchieta.br/index.php/RevistaInterseccoes/article/view/1284>. Acesso em: set. 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Editora Paz e terra, 2014.144p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018. 192p.

GOLDMAN, S.R.; BIZANZ, G.L. Toward a functional analysis of scientific genres: implications for understanding and learning processes. In: OTERO, J.A.; LEÓN, J.; GRAESSER, A.C. (Eds.). **The psychology of science text comprehension**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2002. p. 19-50.

GOVERNO abrirá pré-matrícula para a primeira escola bilíngue da rede estadual. **Secretaria de Estado de Educação do Maranhão**, 2020. Disponível em: <https://www.educacao.ma.gov.br/governo-abrira-pre-matricula-para-primeira-escola-bilingue-da-rede-estadual/>. Acesso em: out. 2020

GRAVÉ-BROUSSEAU, G. **L'EMILE d'hier à aujourd'hui : une mise en perspective de l'apprentissage d'une discipline en langue étrangère**, 2011. Disponível em: https://www.emilangues.education.fr/files/par-rubriques/L_EMILE_d_hier_a_aujourd'hui_G_Grave-Rousseau.pdf. Acesso em: out. 2020.

GROSS, A.G.; HARMON, J.E.; REIDY, M. **Communicating Science: The Scientific Article from the 17th century to the Present**. New York: Oxford University Press, 2002. 267p.

HIDAYAT, T.; RUSTAMAN, N.; SIAHAAN, P. Adapted Primary Literature in Authentic Science: Students' Perception. **Journal of Science Learning**, v. 4, n. 4, p. 309-315, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17509/jsl.v4i4.32731>. Acesso em: out. 2022.

HOSKINS, S.G.; STEVENS, L.M.; NEHM, R.H. Selective Use of the Primary Literature Transforms the Classroom Into a Virtual Laboratory. **Genetics**, vol. 176, n. 3, p. 1381-1389, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1534/genetics.107.071183>. Acesso em: out. 2021.

HYLAND, K. Constructing proximity: Relating to readers in popular and professional science. **Journal of English for Academic Purposes**, vol. 9, n. 2, p. 116-127, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jeap.2010.02.003>. Acesso em: out. 2021.

JAFFE, S. No pardon for poor English in science: written and spoken language skills are critical to careers. (Profession). **The Scientist**, vol. 17, n. 5, p. 44-46, 2003. Disponível em: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA99114648&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=08903670&p=AONE&sw=w>. Acesso em: set. 2020.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; FEDERICO-AGRASO, M. Justification and persuasion about cloning: Arguments in Hwang's paper and journalistic reported versions. **Research in Science Education**, vol. 39, n. 3, p. 331-347, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9113-x>. Acesso em: out. 2021.

KRAJCIK, J.; SUTHERLAND, L.M. Supporting Students in Developing Literacy in Science. **Science**, vol. 328, n. 5977, p. 456-459, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1182593>. Acesso em: out. 2021.

KOTZIN, S. Journal selection for Medline. In: WORLD LIBRARY AND INFORMATION CONGRESS: 71ST IFLA GENERAL CONFERENCE AND COUNCIL. "LIBRARIES – A VOYAGE OF DISCOVERY," 2005, Oslo. **Anais...** Oslo, Noruega: IFLA, ago. 2005. Disponível em: <http://www.ifla.org/IV/ifla71/papers/174e-Kotzin.pdf>. Acesso em: out. 2020.

KOZERACKI, C.A.; CAREY, M.F.; COLICELLI, J.; LEVIS-FITZGERALD, M. An Intensive Primary-Literature-based Teaching Program Directly Benefits Undergraduate Science Majors and Facilitates Their Transition to Doctoral Programs. **CBE – Life Sciences Education**, vol. 5, p.340-347, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.06-02-0144>. Acesso em: out. 2021.

LEMKE, J.L. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, p. 5-12, 2006. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/73528>. Acesso em: out. 2020.

- LEMUS, B. W. Using adapted primary science literature to enhance argumentation and reasoning skills in middle school students". **Graduate Research Papers**, 1347, 2020. Disponível em: <https://scholarworks.uni.edu/grp/1347>. Acesso em: nov. 2022.
- LEPIENSKI, L.M., PINHO, K.E.P. **Recursos didáticos no ensino de biologia e ciências**. 2011. Disponível em: <http://www.diadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/400-2.pdf>. Acesso em: out. 2022.
- LUCENA, G.M.R.S. **Efeitos da *Cipura paludosa* nos déficits comportamentais de ratos adultos expostos ao etanol e/ou metilmercúrio durante o desenvolvimento do SNC**. 2010. xxi, 217 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/7684>. Acesso em: ago. 2022.
- MARCELINO, M. Bilinguismo no Brasil: significado e expectativas. **Revista Intercâmbio**, vol. 19, p. 1-22, 2009. Disponível em: <http://goo.gl/StnxLV>. Acesso em: out. 2020.
- MARTINS, I.; CASSAB, M.; ROCHA, M. B. Análise do processo de reelaboração discursiva de um texto de divulgação científica para um texto didático. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 3., 2001, Atibaia. **Anais...** Atibaia, 2001.
- MANZATO, A. J.; SANTOS, A. B. A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa. **Departamento de Ciência de Computação e Estatística–IBILCE–UNESP**, p. 1-17, 2012.
- MAYER, R. E. **Multimedia learning**. 2. ed. New York: Cambridge University Press. 2009.
- MENESES, H.N.M.; OLIVEIRA-DA-COSTA, M.; BASTA, P.C.; MORAIS, C.G.; PEREIRA, R.J.B.; SOUZA, S.M.S.; HACON, S.S. Mercury contamination: a growing threat to riverine and urban communities in the Brazilian Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 5, p. 2816, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19052816>. Acesso em: jul. 2022.
- MOCHRIDHE, R. Linguistic equity as open access: Internationalizing the language of scholarly communication. **The Journal of Academic Librarianship**, vol. 45, n. 4, p. 423-427, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2019.02.006>. Acesso em: set. 2020.
- MORAL-MUNOZ, J.A.; LÓPEZ-HERRERA, A.G.; HERRERA-VIDEIRA, E.; COBO, M.J. Science Mapping Analysis Software Tools: a review. In: GLÄNZEL, W.; MOED, H.F.; SCHMOCH, U.; THELWALL, M. (Eds.). **Springer Handbook of Science and Technology Indicators**. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2019.
- MUENCH, S. B. Choosing primary literature in biology to achieve specific educational goals. **Journal of College Science Teaching**, v. 29, n. 4, p. 255-60, 2000.

NASCIMENTO, E.R.; PADILHA, M.A.; SILVA, C.L.; ANJOS, F.L.M.R. Metodologias ativas e engajamento docente: uma reflexão sobre as dificuldades enfrentadas pelos professores da educação superior. **Educação Por Escrito**, vol. 10, n.1, e31560, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.15448/2179-8435.2019.1.31560>. Acesso em: nov. 2022.

NASCIMENTO, T.E.; COUTINHO, C. Metodologias ativas de aprendizagem e o ensino de Ciências. **Multiciência Online**, vol. 2, n. 3, p.134-157, 2016. Disponível em: <http://urisantiago.br/multicienciaonline/adm/upload/v2/n3/7a8f7a1e21d0610001959f0863ce52d2.pdf>. Acesso em: nov. 2022.

NASCIMENTO, V.N.; MORAES, R.F.; NASCIMENTO, A.K.S.; SOUZA, M.F. Construindo saberes: leitura interpretativa e crítica de Textos de Divulgação Científica (TDC) no ensino de Biologia. **Revista de Extensão (REVEXT)/Pró-Reitoria de Extensão (PROEX)/ Universidade Regional do Cariri- URCA - Crato-Ceará**, vol.2, n.1, p.284-290, 2021. Disponível em: <http://revistas.urca.br/index.php/reu/article/view/54/52>. Acesso em: nov. 2022.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press, 2013. 283p.

NORRIS, S.P.; PHILLIPS, L.M. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. **Science education**, vol. 87, n. 2, p. 224-240, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/sce.10066>. Acesso em: out. 2020.

NORRIS, S.P.; PHILLIPS, L. M. Reading as Inquiry. In: DUSCHL, R.A; GRANDY, R.E (Eds.). **Teaching Scientific Inquiry: recommendation for research and implementation**. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. Cap. 17. p. 233-262.

NORRIS, S.P.; MACNAB, J.S.; WONHAN, M.; DE VRIES, G. West Nile Virus: Using Adapted Primary Literature in Mathematical Biology to Teach Scientific and Mathematical Reasoning in High School. **Research in Science Education**, vol. 39, n. 3, p. 321-329, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9112-y>. Acesso em: out. 2021.

NORTH, B.; GOODIER, T.; PICCARDO, E. **Common European Framework of Reference for languages: Learning, teaching, assessment (CEFR): Companion volume with new descriptors**. 2017. Disponível em: <https://www.coe.int/en/web/common-european-framework-reference-languages>. Acesso em: out. 2020.

NUNES, M.R.; VOTTO, A.P.S. A Etimologia como ferramenta para a aprendizagem significativa de Biologia. **Revista Thema**, vol. 15, n. 2, p. 592-602,

2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15536/thema.15.2018.592-602.824>. Acesso em: nov. 2022.

NWOGU, K.M. Structure of Science Popularizations: A Genre-Analysis Approach to the Schema of Popularized Medical Texts. **English for Specific Purposes**, vol, 10, n. 2, p. 111-123, 1991. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0889-4906\(91\)90004-G](https://doi.org/10.1016/0889-4906(91)90004-G). Acesso em: out. 2021.

OCDE. **PISA 2025 Foreign Language Assessment Framework**. PISA, OCDE Publishing, Paris, 2021. 185p. Disponível em: <https://www.oecd.org/pisa/foreign-language/PISA-2025-FLA-Framework.pdf>. Acesso em: out. 2022.

PAGLIARINI, C.R.; ALMEIDA, M.J.P.M. Leituras por alunos do ensino médio de textos de cientistas sobre o início da física quântica. **Ciência & Educação (Bauru)**, vol. 22, n. 2, p. 299-317, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320160020003>. Acesso em: nov. 2022.

PALINCSAR, A.S.; MAGNUSSOM, S.J. **The interplay of firsthand and text-based investigations in science education (Cierra Report)**. Ann Harbor, MI: University of Michigan, 2000. 43p. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED439928.pdf>. Acesso em: out. 2021.

PAULA, H. F. **A ciência escolar como instrumento para a compreensão da atividade científica**. 2004. 359f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/FAEC-858NMV>. Acesso em: out. 2021.

PEDRISA, C. M. Características históricas do ensino de ciências. **Ciências em Foco**, v. 1, n. 1, p. 9-12, 2008. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/cef/article/view/9161>. Acesso em: nov. 2022.

PERRENOUD, P.; THURLER, M.G. **As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação**. Porto Alegre: Artmed, 2018. 176p.

PENNEY, K.; NORRIS, S.P.; PHILLIPS, L.M.; CLARK, G. The Anatomy of Junior High School Science Textbooks: An Analysis of Textual Characteristics and a Comparison to Media Reports of Science. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, vol. 3, n. 4, p. 415-436, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14926150309556580>. Acesso em: out. 2021.

PHILLIPS, L.M.; NORRIS, S.P. Interpreting popular reports of science: what happens when the reader's world meets the world on paper? **International Journal of Science Education**, vol. 21, n. 3, p. 317-327, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/095006999290723>. Acesso em: out. 2021.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/institucional/editora-feevale/metodologia-do-trabalho-cientifico---2-edicao>. Acesso em: jul. 2021.

OLIVEIRA, D. A. Política Educacional nos Anos 1990: Educação Básica e Empregabilidade. *In*: Dourado, Luiz Fernandes; Paro, Vitor Henrique (Orgs.). **Políticas Públicas & Educação Básica**. São Paulo: Xamã, 2001.

OLIVEIRA, T.M.V. Amostragem não probabilística: adequação de situações para uso e limitações de amostras por conveniência, julgamento e quotas. **Administração online**, v. 2, n. 3, p. 01-10, 2001. Disponível em: https://gvpesquisa.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/veludo_-_amostragem_ao_probabilistica_adequacao_de_situacoes_para_uso_e_limitacoes_de_amostras_por_conveniencia.pdf. Acesso: jul. 2021.

RESQUE, J.H. O inglês como língua estrangeira e com o status de língua franca do século XXI e sua função didático-pedagógica nos campos profissionais específicos na cidade de Belém do Pará. **Revista Ribanceira**, n. 11, p. 171-183, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/ribanceira/article/view/1265>. Acesso em: set. 2020.

ROCHA, L.F. Educação plurilíngue e formação de professores: caminhos e percalços. *In*: VI SEMINÁRIO DOS ALUNOS DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DO INSTITUTO DE LETRAS DA UFF – ESTUDOS DE LINGUAGEM, 1, 2015, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: UFF; 2015. p. 331-344. Disponível em: <http://www.anaisdosappil.uff.br/index.php/VISAPPIL-Ling/article/view/229>. Acesso em: set. 2020.

RODRIGUES, P.A.; FERRARI, R.G.; ROSÁRIO, D.K.A.; HAUSER-DAVIS, R.A.; SANTOS, L.N.; CONTE-JUNIOR, C.A. Mercurial contamination: a consumer health risk assessment concerning seafood from a eutrophic estuary in southeastern Brazil. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, p. 765323, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.765323>. Acesso em: jul. 2022.

SANTOS, F.R.C.C.; SHIGUNOV, P.; LORENZETTI, L. Alfabetização científica e tecnológica no Ensino de Biologia Celular e Molecular. **#Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, vol. 11, n. 1. 2022, DOI: 10.35819/tear.v11.n1.a5633. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/5633>. Acesso em: nov. 2022.

SANTOS, M. S. S. **Infográficos Interativos como Material Escolar: Um estudo sobre a utilização de infográficos digitais interativos para compreensão de conteúdo escolar no ensino médio**. 2015. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Recife, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/17372/1/DIGITAL_DissertacaoCorrigida_Gabriele_Santos.pdf. Acesso em: nov. 2022.

SASSERON L.H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Revista Ensaio**, vol. 17, n. especial, p. 4967, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>. Acesso em: out. 2021.

SASSERON L.H.; CARVALHO, A.M.P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. vol. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246>. Acesso em: out. 2020.

SAVEDRA, M. M.G. Bilinguismo e bilingualidade: uma nova proposta conceitual In: SAVEDRA, M.M.G. & SALGADO, A.C.P (Orgs.). **Sociolinguística no Brasil: uma contribuição dos estudos sobre línguas em/de contato**, 1 ed. Rio de Janeiro: 7Letras, p. 121-140, 2009. Disponível em: <https://docplayer.com.br/153811316-Bilinguismo-e-bilingualidade-uma-nova-proposta-conceitual-monica-maria-guimaraes-savedra-uff-cnpq.html> Acesso em: out. 2020.

SILVA, A.C.; ALMEIDA, M.J.P. A Leitura Por Alunos do Ensino Médio de Um Texto Considerado de Alto Grau de Dificuldade. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, vol. 7, n.1, p. 49-73, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38177>. Acesso em: nov. 2022.

SILVA, L.N.; MEGLHIORATTI, F.A. Análise de livros didáticos de Biologia em periódicos de ensino: o que trazem as pesquisas? **VIDYA**, vol. 40, n. 1, p. 259-278, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/viewFile/2803/2534>. Acesso em: nov. 2022.

SILVA-JÚNIOR, S. D.; COSTA, F.J. Mensuração e Escalas de Verificação: uma Análise Comparativa das Escalas de Likert e Phrase Completion. **Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, opinião e mídia**, v. 15, p. 1–16, 2014. Disponível em: https://revistapmkt.com.br/wp-content/uploads/2022/01/1_Mensuracao-e-Escalas-de-Verificacao-uma-Analise-Comparativa-das-Escalas-de-Likert-e-Phrase-Completion-1.pdf. Acesso em: out. 2022.

SIQUEIRA, J. J.; CARVAHO, I.V.; KIM, F.J.P.; SANTOS, L.M.P.; SILVA, F.C.L. Percepção dos estudantes de ensino médio sobre a utilização de artigos científicos em sala de aula. **Anais IV CONAPESC...** Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/57095>. Acesso em: nov. 2022.

SNOW, C.E. Academic Language and the Challenge of Reading for Learning About Science. **Science**, vol. 328, n. 5977, p. 450-452, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1182597>. Acesso em: out. 2021.

SOUZA, P.H.R.; ROCHA, M.B. O caráter híbrido dos textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos. **Ciência & Educação (Bauru)**, vol. 24, n. 4, p. 1043-

1063, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320180040015>. Acesso em: nov. 2022.

SUPPE, F. The Structure of a Scientific Paper, **Philosophy of Science**, vol. 65, n. 3, p. 381-405, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/392651>. Acesso em: out. 2021.

SWALES, J.M. **Genre Analysis**: English in Academic and Research Settings. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 135p.

TARDY, C. The role of English in scientific communication: lingua franca or Tyrannosaurus rex? **Journal of English for Academic Purposes**, vol. 3, n. 3, p. 247-269, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jeap.2003.10.001>. Acesso em: set. 2020.

TENOPIR, C.; KING, D.W.; BOYCE, P.; GRAYSON, M.; ZHANG, Y.; EBUEN, M. Patterns of Journal Use by Scientists through Three Evolutionary Phases. **D-Lib Magazine**, v. 9, n. 5, n.p., 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1045/may2003-king>. Acesso em: ago. 2021.

TRIVELATO, S.L.F.; TONIDANDEL, S.M.R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de Biologia. **Revista Ensaio**, vol. 17, n. especial, p. 97-114, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s06>. Acesso em: out. 2021.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Colegiado do PROFBIO/UnB (CPG/PROFBIO). **Regulamento do Programa de Pós-Graduação PROFBIO Ensino de Biologia em Rede Nacional da Universidade de Brasília**. Brasília, DF: CPG/PROFBIO, 2020. Disponível em: https://www.profbio.unb.br/images/1_REGULAMENTO_PROFBIO_UNB_2022_tabela_atualizada.pdf. Acesso em: out. 2022.

UNESCO. Science for the Twenty-First Century: A New Commitment. In: WORLD CONFERENCE ON SCIENCE, 1999, Budapeste. **Anais**. Paris: UNESCO, 2000. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000122938>. Acesso em: set. 2020.

VASCONCELOS, S.M.R. Writing up research in English: choice or necessity? **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, vol. 34, n. 1, p. 62-63, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69912007000100013>. Acesso em: set. 2020.

VIEIRA, S. **Como elaborar questionários**. São Paulo: Atlas, 2009. 176 p.

WANG, E. L.; TUMA, A.P.; DOAN, S.; HENRY, D.; LAWRENCE, R.A.; WOO, A.; KAUFMAN, J.H. **Teachers' Perceptions of What Makes Instructional Materials Engaging, Appropriately Challenging, and Usable: A Survey and Interview Study**. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2021. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA134-2.html. Acesso em: nov. 2022.

WILSON, M. DIMITROVA, T. Using Adapted Primary Literature in the Science Classroom. **The Science Teacher**, vol. 90, n. 1, p. 20-21, 2022. Disponível em: https://my.nsta.org/click?file=TST_Sept_Oct_2022_p20-21IdeaBank-Wilson.pdf. Acesso em: nov. 2022.

YARDEN, A.; BRILL, G.; FALK, H. Primary literature as a basis for a high-school biology curriculum. **Journal of Biological Education**, vol. 35, n. 4, p. 190-195, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00219266.2001.9655776>. Acesso em: out. 2021.

YARDEN, A.; NORRIS, S.P.; PHILLIPS, L.M. **Adapted Primary Literature**: the use of authentic scientific texts in secondary schools. [S.L]: Springer, 2015. 258 p.

YORE, L.D.; TREAGUST, D.F. Current realities and future possibilities: Language and science literacy—empowering research and informing instruction. **International Journal of Science Education**, vol. 28, n. 2–3, p. 291–314, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09500690500336973>. Acesso em: out. 2021.

ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – CEPFS–UNB

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA: UMA FERRAMENTA PARA A PROMOÇÃO DE UMA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA ATUALIZADA NO ENSINO MÉDIO.

Pesquisador: ELIDA GERALDA CAMPOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 51020021.0.0000.0030

Instituição Proponente: Instituto de Biologia da Universidade de Brasília

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.126.333

Apresentação do Projeto:

Conforme o documento 'PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1790675.pdf' postado em 18/10/2021:

Resumo:

“A educação científica tem por objetivo promover no aluno a capacidade de reflexão crítica sobre questões relacionadas a ciências, preparando-o para exercer sua cidadania de forma plena. A escrita e a leitura são habilidades essenciais para este processo, mas com a adoção do livro didático como recurso mais utilizado no ensino de Ciências, desatualizado e escrito de forma expositiva, cria-se uma “ciência escolar” afastada da real ciência. Artigos científicos são a principal forma de comunicação científica. A complexidade da linguagem de “cientistas para cientistas” associada ao uso da língua inglesa afastam o seu uso na educação formal no âmbito da Educação Básica. Neste contexto, o objetivo deste projeto é elaborar um manual de instruções para capacitar professores de Biologia na adaptação de artigos científicos originais escritos na língua inglesa para o uso no Ensino Médio. O manual apresentará a estrutura e descrição das partes de um artigo científico, instruções sobre o processo de adaptação e exemplos de artigos adaptados. Sua versão final será redigida após a avaliação por professores de Biologia pertencentes ao programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro

Bairro: Asa Norte

CEP: 70.910-900

UF: DF

Município: BRASÍLIA

Telefone: (61)3107-1947

E-mail: cepfsunb@gmail.com

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.126.333

Nacional (PROFBIO).”

Objetivo da Pesquisa:

Conforme o documento 'PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1790675.pdf' postado em 18/10/2021:

Objetivo Primário:

“Elaborar um manual com instruções para capacitar professores de Biologia na adaptação de artigos científicos originais escritos na língua inglesa para o uso no Ensino Médio.”

Objetivos Secundários:

“Descrever no manual de instruções as partes componentes de um artigo científico e os procedimentos a serem realizados durante o processo de adaptação;

Exemplificar no manual de instruções artigos científicos adaptados;

Avaliar o manual de instruções quanto aos aspectos clareza,

objetividade e compreensão;

Redigir a versão final do manual de instruções após o processo de avaliação.”

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme o documento 'PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1790675.pdf' postado em 18/10/2021:

Riscos:

“O projeto apresenta como possíveis riscos aos seus participantes constrangimento, desconforto, cansaço e gasto de tempo ao responder às questões. Como forma de minimizar estes, o questionário não ultrapassará o limite de 30 perguntas e será testado previamente para avaliar possíveis falhas existentes (inconsistências, ambiguidade, linguagem inacessível), com garantias de participação voluntária e interrupção da resposta a qualquer momento pelo participante.”

Benefícios:

“Os possíveis benefícios decorrentes deste estudo são a criação de uma ferramenta didática que

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com

FAÇULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.126.333

possa ser auxiliar os professores na sua prática docente assim como uma futura aplicação do manual em sala de aula, que levará temas atualizados aos alunos, estimulando uma educação científica de qualidade.”

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um Projeto de Pesquisa do Trabalho de Conclusão de Mestrado – TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal Brasília, da aluna Taíssa Mayumi Abe Gondim Lopes sob orientação da Prof.^a Dr.^a Élide Geralda Campos.

A pesquisa tem como objetivo geral “elaborar um manual com instruções para capacitar professores de Biologia na adaptação de artigos científicos originais escritos na língua inglesa.” A pesquisa será realizada de forma online e abrangerá todo o território nacional com a aplicação do questionário avaliativo acerca do manual elaborado, sendo selecionada uma amostra de conveniência de 100 professores de Biologia (efetivos ou em regime de contrato temporário), que atuem no Ensino Médio na rede pública no Brasil, que foram aprovados no programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO) no ano de 2019.

O projeto tem o financiamento orçamentário custeado pela própria pesquisadora, e prevê gastos no total de R\$ 7.538,00 com papelaria e informática.

O cronograma de execução prevê início das atividades após aprovação do projeto pelo CEP. Como desfecho está previsto “a elaboração de um manual de adaptação de artigos científicos escritos em língua inglesa, a ser utilizado por professores de Biologia do Ensino Médio.”

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentos analisados para emissão do parecer:

- 1.PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1790675.pdf postado em 18/10/2021
- 2.Carta_Encaminhamento_Projeto_ao_CEPFS.doc editável postada em 18/10/2021
- 3.Carta_Encaminhamento_Projeto_ao_CEPFS.doc editável postada em 18/10/2021
- 4.Carta_Encaminhamento_Projeto_ao_CEPFS_Corrigida.pdf postada em 18/10/2021
- 5.TCLE_Taissa_Mayumi_Online.pdf postado em 14/10/2021

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com

FAÇULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.126.333

- 6.TCLE_Taissa_Mayumi.doc editável postado em 14/10/2021
- 7.Projeto_TCM_Taissa.docx editável postado em 14/10/2021
- 8.Parecer_Consubstanciado_Taissa.pdf postado em 14/10/2021
- 9.Cronograma_Taissa_Mayumi.doc editável postado em 14/10/2021
- 10.Termo_de_Responsabilidade_e_Compromisso_dos_Pesquisadores_Preenchido_Assinado_Corrigido.pdf postado em 14/08/2021
- 11.Termo_de_Responsabilidade_e_Compromisso_dos_Pesquisadores.doc editável postado em 14/08/2021
- 12.Termo_de_Concordancia_da_Instituicao_Proponente_Preenchido_Assinado.pdf postado em 15/08/2021
- 13.Termo_de_Concordancia_da_Instituicao_Proponente.doc editável postado em 05/08/2021
- 14.Folha_de_Rosto_Preenchida_Assinada.pdf postada em 05/08/2021
- 15.Curriculo_Lattes_Taissa_Mayumi.pdf postado em 14/07/2021
- 16.Curriculo_Lattes_Elida_Campos.pdf postado em 14/07/2021
- 17.Orcamento_Taissa_Mayumi.doc editável postado em 14/07/2021

Recomendações:

Não se aplicam.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Análise das respostas às pendências apontadas nos Pareceres Consubstanciados No. 4.990.976:

1 QUANTO AO PROJETO DETALHADO

1.1 Solicita-se revisão dos critérios de inclusão e exclusão. Assinatura de TCLE não é um critério de elegibilidade e sim um direito do participante. Além disso, para ser excluído, o participante deve ser primeiramente incluído. Logo, critérios de exclusão não são o oposto dos de inclusão.

RESPOSTA: Os critérios de inclusão e exclusão foram reformulados no arquivo Projeto_TCM_Taissa, página 10, item 7 (CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO DA AMOSTRA) e no projeto submetido na plataforma Brasil.

ANÁLISE: Critérios de inclusão e exclusão – alterados no arquivo do projeto detalhado e no projeto da PB.

PENDÊNCIA ATENDIDA.

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsub@gmail.com

FAÇULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.126.333

1.2 Considerando-se que não existe atualmente nenhuma resolução que tipifique a gradação de riscos aos participantes, e que “Os potenciais riscos associados a pesquisa devem ser descritos no TCLE, sem subestimá-los” (Resolução CNS 466/2012, item III.1.b), solicita-se que termos como “risco mínimo” na seção de riscos.

RESPOSTA: A seção riscos também foi alterada tanto no arquivo Projeto_TCM_Taissa, página 10, primeiro parágrafo do item 8 (AVALIAÇÃO DE RISCOS E BENEFÍCIOS) e no projeto submetido na plataforma Brasil.

ANÁLISE: Potenciais riscos associados à pesquisa – alterados nos arquivos do projeto detalhado, no projeto da PB, no TCLE editável e no TCLE online.

PENDÊNCIA ATENDIDA.

2. QUANTO AO CRONOGRAMA

Solicita-se atualizar o cronograma prevendo o início da pesquisa para período posterior à aprovação pelo CEP. Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável aguardar a decisão de aprovação ética, antes de iniciar a pesquisa (Res. CNS 466/2012, item XI.2.a). Tal alteração deverá também ser realizada no projeto da plataforma Brasil

RESPOSTA: As datas do cronograma foram atualizadas tanto no arquivo Cronograma_Taissa_Mayumi quanto no projeto da plataforma Brasil.

ANÁLISE: Cronograma – atualizado no arquivo “cronograma” e no projeto da PB.

PENDÊNCIA ATENDIDA.

3. QUANTO ÀS ASSINATURAS DE DOCUMENTOS

Solicita-se que a carta de encaminhamento seja assinada de próprio punho e, em seguida, o documento seja digitalizado ou que seja utilizada a assinatura digital autenticada, ou ainda a assinatura via SEI.

RESPOSTA: O documento Carta_Encaminhamento_Projeto_ao_CEPFS_Assinada foi substituído pelo documento digitalizado Carta_Encaminhamento_Projeto_ao_CEPFS_Corrigida contendo assinatura de próprio punho.

ANÁLISE: Carta de encaminhamento ao CEP– corrigida e assinada devidamente assinada.

PENDÊNCIA ATENDIDA.

4. QUANTO AO TCLE

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com

FAÇULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.126.333

4.1 Mesmo que não sejam previstas despesas, deve constar no TCLE que caso o participante de pesquisa venha a ter alguma despesa com a pesquisa, haverá ressarcimento. Sugere-se a utilização na íntegra do modelo de TCLE disponível em: <http://fs.unb.br/documentos-modelos>. Solicita-se adequação.

RESPOSTA: Quanto às despesas do participante com a pesquisa o texto foi alterado tanto no arquivo TCLE_Taissa_Mayumi, no último parágrafo da página 1, e no arquivo TCLE_Taissa_Mayumi_Online, seção Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, tópico Esclarecimento, sétimo parágrafo.

ANÁLISE: Despesas com os participantes – corrigido e alterados no arquivo TCLE editável e TCLE online.

PENDÊNCIA ATENDIDA.

4.2 Conforme OFÍCIO CIRCULAR Nº 2/2021/CONEP/SECNS/MS, item 2.2, o TCLE deve apresentar, de maneira destacada, a importância de que o participante de pesquisa guarde em seus arquivos uma cópia do documento e/ou garantindo o envio da via assinada pelos pesquisadores ao participante de pesquisa". Assim, o documento assinado de próprio punho pelo pesquisador e digitalizado deverá ser disponibilizado ao participante de pesquisa. No caso dos participantes receberem a via do TCLE com assinatura da pesquisadora principal, essa deverá ser enviada via correios ao participante de pesquisa. Solicita-se adequação.

RESPOSTA: A seção Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, página 3, da versão online do TCLE disponível no arquivo TCLE_Taissa_Mayumi_Online, foi alterada, indicando a importância de o participante da pesquisa manter uma cópia do TCLE e também oferecendo cópia assinada pelas pesquisadoras.

ANÁLISE: Guarda da cópia do TCLE pelo participante – atendido conforme texto:

“Importante: Ressaltamos a importância de o(a) senhor(a) guardar em seus arquivos uma cópia deste termo. Caso deseje, podemos enviar cópia do termo digitalizada e assinada por nós pesquisadoras (...) Seu endereço de e-mail é importante para validarmos o seu consentimento, para enviar os resultados da pesquisa após o término do estudo e para enviarmos o documento digitalizado e assinado, caso assim deseje.”

PENDÊNCIA ATENDIDA.

Todas as Pendências foram atendidas. Não foram observados óbices éticos.

Protocolo de pesquisa em conformidade com as Resolução CNS 466/2012, 510/2016 e

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com

FAÇULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.126.333

complementares.

Considerações Finais a critério do CEP:

Conforme a Resolução CNS 466/2012, itens X.1.- 3.b. e XI.2.d, os pesquisadores responsáveis devem apresentar relatórios parciais semestrais, contados a partir da data de aprovação do protocolo de pesquisa; e um relatório final do projeto de pesquisa, após a conclusão da pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1790675.pdf	18/10/2021 20:07:15		Aceito
Declaração de Pesquisadores	Carta_Encaminhamento_Projeto_ao_CEPFS.doc	18/10/2021 19:52:29	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito
Outros	Carta_Resposta_CEP.docx	18/10/2021 19:35:15	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Carta_Encaminhamento_Projeto_ao_CEPFS_Corrigida.pdf	18/10/2021 19:18:50	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Taissa_Mayumi_Online.pdf	14/10/2021 19:25:37	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM LOPES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Taissa_Mayumi.doc	14/10/2021 19:25:29	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM LOPES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_TCM_Taissa.docx	14/10/2021 19:24:51	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM LOPES	Aceito
Parecer Anterior	Parecer_Consubstanciado_Taissa.pdf	14/10/2021 19:20:53	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito
Cronograma	Cronograma_Taissa_Mayumi.doc	14/10/2021 19:18:32	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_Responsabilidade_e_Comprimento_dos_Pesquisadores_Preenchido_Assinado_Corrigido.pdf	14/08/2021 21:26:29	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM LOPES	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_Responsabilidade_e_Comprimento_dos_Pesquisadores.doc	14/08/2021 21:26:18	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito
Outros	Termo_de_Concordancia_da_Instituicao_Proponente_Preenchido_Assinado.pdf	05/08/2021 17:17:47	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM LOPES	Aceito

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsub@gmail.com

FAÇULDADE DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA - UNB



Continuação do Parecer: 5.126.333

Outros	Termo_de_Concordancia_da_Instituicao Proponente.doc	05/08/2021 17:15:33	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Preenchida_Assinada. pdf	05/08/2021 17:07:45	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Taissa_Mayumi.pdf	14/07/2021 01:56:53	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Elida_Campos.pdf	14/07/2021 01:56:34	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito
Orçamento	Orcamento_Taissa_Mayumi.doc	14/07/2021 01:50:37	TAISSA MAYUMI ABE GONDIM	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BRASILIA, 25 de Novembro de 2021

Assinado por:
Fabio Viegas Caixeta
(Coordenador(a))

Endereço: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília - Campus Darcy Ribeiro
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.910-900
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3107-1947 **E-mail:** cepfsunb@gmail.com

APÊNDICE A – ARTIGOS ADAPTADOS APRESENTADOS NA VERSÃO DE AVALIAÇÃO DO MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA

Riscos de contaminação por mercúrio em gestantes em Itaituba, bacia do Rio Tapajós, Brasil: análise do mercúrio total em peixes de alto consumo e em cabelo das gestantes

Resumo

A mineração artesanal de ouro na região Amazônica gera diversos impactos no ambiente, especialmente devido à contaminação da água dos rios com mercúrio. Neste estudo, foram avaliados o hábito de consumo de peixes de 110 gestantes da cidade de Itaituba e a exposição delas ao mercúrio, medindo o nível de concentração de mercúrio total (THg) em seus cabelos. Também foram avaliadas as THg de duas espécies (tucunaré e pescada branca) muito consumidas pelas participantes, nas estações seca e chuvosa. Durante a estação seca não há diferença significativa na THg entre as duas espécies, porém o tucunaré apresentou variação entre as duas estações, tendo uma redução de THg na chuvosa. A média de THg registrada no cabelo das gestantes ($1,6 \pm 1,5$ mg/kg) está acima da dose de referência determinada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USA EPA), que é de 1,0 mg/kg. As concentrações registradas na pescada branca em ambas as estações e no tucunaré na seca também estão acima do limite de segurança determinados pelo mesmo órgão, de 0,5 mg/kg. Os resultados indicam que gestantes devem evitar o consumo desses peixes durante a gravidez e que é necessário um programa contínuo de monitoramento de mercúrio na região.

Abstract

Artisanal gold mining in the Amazon region causes several impacts on the environment, especially due to the contamination of river water with mercury (Hg). In this study, the fish consumption habits of 110 pregnant women in the city of Itaituba and their exposure to Hg were evaluated, measuring the level of total mercury concentration (THg) in their hair. The THg of two species (tucunaré and pescada branca) highly consumed by the participants were evaluated in both dry and rainy seasons. During the dry season, there is no significant difference in THg between the two species, but tucunaré showed variation between the two seasons, with a reduction of THg in the rainy one. The average THg recorded in the hair of pregnant women (1.6 ± 1.5 mg/kg) is above the reference dose determined by the United States Environmental Protection Agency (USA EPA), which is 1.0 mg/kg. The concentrations recorded in pescada branca in both seasons and in tucunaré in the dry season are also above the safety limit determined by the same agency (0.5 mg/kg). These results indicate that pregnant women should avoid consuming these fish during pregnancy and that a regular program to monitor Hg levels is needed in the region.

Introdução

A mineração artesanal de ouro na região Amazônica gera diversos impactos no ambiente. Além do desflorestamento e da degradação da floresta, esta prática lança, desde 1970, 200 toneladas de mercúrio (Hg) por ano no ambiente. Quando lançado nos rios, o mercúrio usado na extração de ouro passa por um processo chamado metilação, formando um composto altamente tóxico chamado de metilmercúrio (MeHg), que sofre biomagnificação.

Biomagnificação: é o acúmulo de substâncias químicas ao longo da cadeia alimentar.

O MeHg é neurotóxico e atravessa barreiras biológicas como a hematoencefálica e a placenta. Há estudos na bacia Amazônica que relatam prejuízos cognitivos em crianças, nas funções motoras e visuais, no sistema imune, causam genotoxicidade e mudanças na pressão sanguínea. Mulheres grávidas e seus fetos são particularmente mais susceptíveis a esses riscos de saúde.

Barreira hematoencefálica é uma estrutura composta por três tipos de células que reveste os vasos sanguíneos, funcionando como um filtro e permitindo que algumas poucas substâncias entrem em contato direto com o cérebro.

Genotoxicidade é a capacidade que algumas substâncias têm de induzir alterações no material genético de organismos a elas expostos.

A principal fonte de transferência de MeHg para humanos é por meio da biota aquática e dos peixes, com cerca de 85 a 95% da concentração de mercúrio total (THg) encontrada nos tecidos de peixes herbívoros e piscívoros. Além da mineração de ouro, existem outras formas de poluição aquática por mercúrio, como a construção de barragens e a presença natural de mercúrio no solo - liberado por meio da erosão e uso da terra para agricultura. Com a estação chuvosa, o nível dos rios aumenta e ocorre alagamento de grandes áreas. Essas áreas alagadas, segundo estudos, podem aumentar o nível de MeHg no ambiente aquático.

O grande tamanho da região, o uso intensivo da terra, as queimadas nas florestas, a mineração artesanal de ouro: todos esses fatores dificultam o cálculo dos possíveis riscos à saúde da população local em contato direto com Hg. Os peixes, porém, podem ser úteis para o seu biomonitoramento no ambiente, pois são a principal fonte de proteína para a população local (seu consumo pode chegar até nove refeições por

semana). Estabelecer a THg pode fornecer uma estimativa razoável de exposição ao MeHg, uma vez que ele representa mais de 95% da THg em peixes piscívoros na região.

Entre os peixes da região, alguns são mais consumidos que outros (saborosos e em grande quantidade) como tucunaré (*Cichla* spp.) e a pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*), que foram as espécies escolhidas para este estudo - ambos são piscívoros e estão disponíveis o ano inteiro.

O objetivo do trabalho foi estabelecer a THg no tucunaré e na pescada branca durante o período de 12 meses e comparar com a THg dos cabelos de mães que deram à luz no Hospital Municipal de Itaituba, no Pará. Assim, pode se verificar se a exposição ao mercúrio aumenta o risco à saúde de mulheres grávidas e seus futuros recém-nascidos.

Métodos

Área do estudo

O município de Itaituba fica na bacia do Rio Tapajós, na região sudoeste do estado do Pará, no Brasil. É centro de referência de saúde para outros municípios (Aveiro, Jacarecanga, Novo Progresso, Rurópolis e Trairão) e recebe pacientes de comunidades ribeirinhas, zona rural, floresta e áreas de mineração (Figura 1).

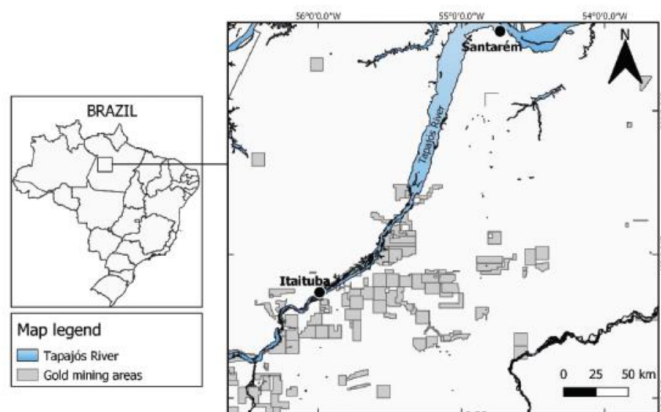


Figura 1 - Posição geográfica de Itaituba

Participantes da pesquisa

Participaram do estudo 110 mulheres grávidas (idade entre 18 e 40 anos), que deram entrada no hospital municipal de Itaituba para o parto. Elas responderam um questionário que coletou:

- Dados sociodemográficos: residência, idade, escolaridade, estado civil, etnia, profissão.
- Estado de saúde: peso, altura, pressão arterial.
- Informação sobre consumo de peixes: qual espécie eram consumidas e qual a quantidade estimada (em gramas) por semana.

Amostragem do cabelo

Foram coletados 4 cm dos fios de cabelo das participantes do estudo, para a análise de concentração de mercúrio, obtendo a média de concentração de mercúrio dos últimos quatro meses de gestação (o cabelo cresce em média 1 cm por mês).

Amostragem de peixes e informações do nível do rio

Foram escolhidas duas espécies de peixe para serem analisadas: o tucunaré (*Cichla* spp.) e a pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*). São peixes predominantemente piscívoros e são vendidos nos mercados durante o ano todo.

Todas as amostras foram compradas dos mesmos pescadores, que relatam ter pescado nos pequenos lagos em torno da vila de São Luiz do Tapajós (próximo a Itaituba). Essa área recebe água de pequenos afluentes da região onde ocorre mineração de ouro artesanal.

Os peixes foram comprados no período de julho de 2018 a junho de 2019, e foram divididos em dois grupos: período seco e período chuvoso (nível baixo e nível alto do rio). A Figura 2 apresenta a variação do nível de água do rio neste período.

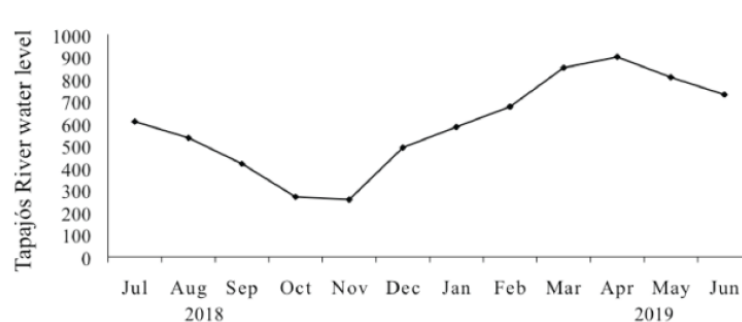


Figura 2 - Variação do nível d'água do Rio Tapajós (cm) em Itaituba, entre julho 2018 e junho de 2019

Análise de mercúrio total

As amostras de cabelo e peixe foram inseridas em um analisador direto de mercúrio, que funciona como no esquema abaixo:

Analizador direto de mercúrio

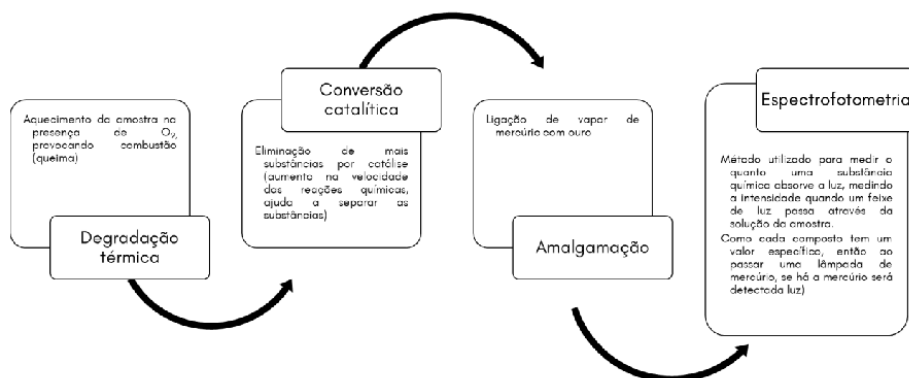


Figura 3 - Esquema explicativo das fases do funcionamento do analisador direto de mercúrio

Cálculo de avaliação do risco

Para cada mulher, o risco de contaminação foi calculado dividindo a THg encontrada no cabelo delas com dois valores:

- A RfD, que é a dose de referência proposta pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USA EPA) e tem valor de 1,0 mg/kg.

- A LOAEHC, que é a menor concentração encontrada no cabelo para o menor efeito adverso possível (no caso, efeito adverso no desenvolvimento neurológico dos fetos causado por MeHg ingerido pelas mães) e tem valor de 0,3 mg/kg.

Resultados e Discussão

Consumo de peixes

As participantes da pesquisa declararam consumir 21 espécies de peixes durante a gestação, que estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Espécies de peixes consumidas por gestantes (n=110) de Itaituba, Brasil

Nome do peixe (nome científico)	Participantes que comem o peixe listado (n)	Porcentagem (%)	Classificação do peixe conforme a alimentação
Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	90	82	Frugívoro
Pescada branca (<i>Plagioscion squamosissimus</i>)	74	67	Piscívoro
Pacú (<i>Serrassalmidae</i> spp.)	60	54	Frugívoro
Tucunaré (<i>Cichla</i> spp.)	49	44	Piscívoro
Aracú (<i>Leporinus</i> spp.)	41	37	Omnívoro
Caratinga (<i>Geophagus</i> spp.)	40	36	Omnívoro
Surubim (<i>Pseudoplatystoma</i> spp.)	37	33	Piscívoro
Charutinho (<i>Hemiodus</i> spp.)	33	30	Omnívoro
Dourada (<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>)	33	30	Carnívoro
Filhote (<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>)	33	30	Carnívoro
Pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>)	30	27	Piscívoro
Curimatá (<i>Prochilodus nigricans</i>)	28	25	Detritívoro
Acari (<i>Pterygoplichthys</i> spp.)	22	20	Detritívoro
Matrinxã (<i>Brycon</i> spp.)	22	20	Omnívoro
Aruanã (<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>)	21	19	Carnívoro
Pirarara (<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>)	21	19	Omnívoro
Apapá (<i>Pellona</i> spp.)	18	16	Carnívoro
Piau (<i>Anostomidae</i> spp.)	16	14	Detritívoro
Pirapitinga (<i>Piaractus brachypomus</i>)	16	14	Frugívoro
Jaraqui (<i>Semaprochilodus</i> spp.)	2	2	Detritívoro
Mapará (<i>Hypophthalmus</i> spp.)	2	2	Planctívoro

Observou-se que tanto o tucunaré (*Cichla* spp.) quanto a pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*) estão entre as principais espécies consumidas.

Concentração de mercúrio total em peixes

A Tabela 2 apresenta o peso e tamanho dos peixes nas estações seca e chuvosa.

Tabela 2 - Parâmetros biométricos de duas espécies piscívoras da bacia do Rio Tapajós

Espécies	Parâmetros biométricos	Estação seca		Estação chuvosa	
		Média ± DP	Min - Max	Média ± DP	Min - Max
Pescada branca	Peso (g)	224 ± 40	150 - 315	207 ± 32	149 - 261
	Tamanho total (cm)	27,2 ± 0,5	25,0 - 30,5	27,1 ± 1,2	25,4 - 29,7
Tucunaré	Peso (g)	344 ± 129	195 - 792	271 ± 69	194 - 406
	Tamanho total (cm)	29,4 ± 3,1	25,0 - 38,5	27,8 ± 2,0	25,5 - 32,1

DP: Desvio padrão; Min: mínimo; Max: máximo

Para os peixes analisados não houve diferenças de peso e tamanho entre as duas estações.

A Figura 4 demonstra a relação entre a THg e peso/tamanho do peixe.

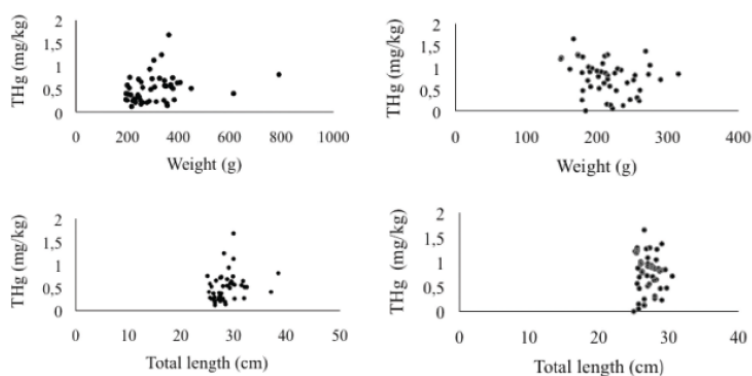


Figura 4 - Relação entre a concentração de mercúrio total e o peso e comprimento total de peixes consumidos em Itaituba

(Gráficos à esquerda: tucunaré; Gráficos à direita: pescada branca)

Não há correlação significativa entre os parâmetros, o que contraria estudos anteriores, que afirmavam que peixes maiores e mais pesados acumulavam mais Hg.

A Tabela 3 mostrou a THg para ambas as espécies, nas duas estações (seca e chuvosa).

Tabela 3 - Concentração de mercúrio total (mg/kg) em tucunaré e pescada branca do Rio Tapajós

	Estação seca (jun. - dec. 2018)		Estação chuvosa (jan. - jun. 2019)	
	Tucunaré	Pescada branca	Tucunaré	Pescada branca
Média ± DP	0,62 ± 0,35	0,73 ± 0,37	0,39 ± 0,21*	0,54 ± 0,37
Min - Max	0,17 - 1,68	0,05 - 1,37	0,12 - 0,94	0,25 - 1,65

*diferença significativa

Na estação seca não há diferença significativa entre as duas espécies, nem entre as duas estações para a pescada branca. Porém, para o tucunaré, houve uma redução de THg na estação chuvosa. O encontrado aqui neste estudo é compatível com outros que avaliaram em outro momento peixes de Itaituba (0,19 mg/kg para tucunaré e 0,09 a 1,35 mg/kg para pescada branca), mas, uma vez que a concentração máxima de Hg em peixe fresco para mulheres grávidas/lactantes e crianças abaixo dos 12 anos de idade é de 0,5mg/kg (padrão também estabelecido pela US EPA), pode-se observar que as concentrações detectadas em todos os peixes nas duas estações estão acima do limite recomendado.

Concentração de mercúrio total no cabelo e riscos associados

A distribuição da população está apresentada no mapa da Figura 5.

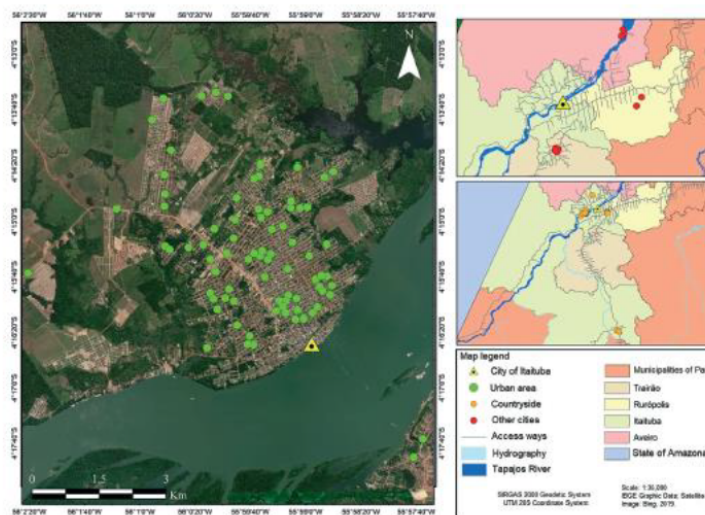


Figura 5 - Distribuição de participantes da pesquisa por residência dentro e em torno de Itaituba, ao longo do Rio Tapajós (À esquerda: os pontos verdes equivalem às residências; à direita: representação das proximidades de Itaituba).

A maior parte dos participantes do estudo mora na área urbana (n=75) de Itaituba, seguidos de moradores de áreas rurais (n=17) e de outras cidades próximas à Itaituba (n=10). Não houve diferença na THg no cabelo entre esses três grupos, que foi de uma média de $1,6 \pm 1,5$ mg/kg, variando entre 0,09 e 17,97 mg/kg.

A Tabela 4 apresenta os níveis de THg dos cabelos das participantes das participantes da pesquisa classificados de acordo com os critérios: idade, escolaridade, estado civil, etnia e profissão; a Tabela 5 apresenta relação com o parâmetro índice de massa corporal (IMC) e a Tabela 6, a pressão sanguínea.

Tabela 4 - Relação entre os critérios sociodemográficos das gestantes entrevistadas em Itaituba e a THg capilar (mg/kg)

		n	%	THg capilar (Média ± DP)
Idade	18 - 20	40	36,4	2,30 ± 3,50
	21 - 30	57	51,8	1,60 ± 1,40
	31 - 40	13	11,8	1,50 ± 2,30
Escolaridade	Ensino fundamental	54	49,2	2,10 ± 2,30
	Ensino médio	38	34,5	1,70 ± 2,10
	Ensino superior	18	16,3	1,50 ± 2,30
Estado civil	Casada/União estável	85	77,2	1,50 ± 1,70
	Solteira	25	22,8	2,50 ± 4,30
Etnia	Branca	2	1,8	0,60 ± 0,01
	Preta	7	6,3	3,90 ± 6,30
	Miscigenada	101	91,9	1,70 ± 1,90
Profissão	Dona de casa	90	81,9	1,80 ± 2,00
	Estudante	7	6,3	3,60 ± 6,40
	Outra	13	11,8	1,30 ± 1,50

Tabela 5 - Relação entre o índice de massa corporal (IMC) das gestantes de Itaituba e a THg capilar (mg/kg)

IMC	Classificação	n	THg capilar (Média ± DP)
18,5 - 24,9	Normal	33	1,9 ± 2,8
25,0 - 29,9	Sobrepeso	49	1,8 ± 2,7
30,0 - 39,9	Obesidade	24	1,8 ± 1,4
≥ 40,0	Obesidade mórbida	4	1,4 ± 0,6

$$\text{Cálculo do IMC} = \frac{\text{peso (kg)}}{\text{altura}^2 \text{ (kg}^2\text{)}}$$

Tabela 6 - Relação entre a pressão sanguínea (mmHg) das gestantes de Itaituba e a THg capilar (mg/kg)

Pressão sanguínea (mmHg) (Média ± DP) ^a		n	Consumo de peixe (g/semana)	THg capilar (mg/kg) (Média ± DP)
Sistólica	Diastólica			
101 ± 7	65 ± 6	40	0 - 100	1,10 ± 0,90
103 ± 8	68 ± 8	26	101 - 200	1,70 ± 1,30
101 ± 10	67 ± 5	23	201 - 400	1,60 ± 1,30
101 ± 12	69 ± 10	21	401 - 800	2,43 ± 2,22

^a Dados de pressão sanguínea equivalem a média dos cinco últimos meses de gestação

A pressão arterial é a tensão que o sangue exerce contra a superfície das artérias, decorrente do movimento de bombeamento do coração.

Ela apresenta duas medidas: a sistólica, que marca a contração do músculo cardíaco (quando ele bombeia sangue para o corpo) e a diastólica que é a do momento de repouso (quando os vasos permanecem abertos para o sangue passar).

A hipertensão arterial ou pressão alta corre quando a medida da pressão se mantém frequentemente acima de 140 por 90 mmHg

Nenhum desses fatores influenciou a THg no cabelo e os dados coletados foram abaixo de outros encontrados em estudos feitos em pequenas vilas ao longo do rio Tapajós, mas acima do valor RfD (1 mg/ kg por fio de cabelo).

A Tabela 7 mostrou a THg no cabelo comparado ao consumo de peixe semanal e apresentou o cálculo de risco à saúde, utilizando os parâmetros RfD e o LOAEHC.

Tabela 7 - Níveis de THg nas gestantes de Itaituba e as taxas de risco à saúde decorrentes da exposição a Hg devido ao consumo de peixes

Consumo de peixes (g/semana)	THg capilar (mg/kg) (Média ± DP)	Taxa de risco baseada na RfD ^a	Taxa de risco baseada no LOAEHC ^b
0 - 100	1,1 ± 0,9	0,7 (33%)	2,3 (83%)
101 - 200	1,7 ± 1,3	1,7 (58%)	5,7 (87%)
201 - 400	1,6 ± 1,3	1,1 (54%)	3,8 (100%)
≥ 400	2,4 ± 2,2*	1,2 (57%)	3,9 (100%)

* Diferença significativa em relação ao grupo de gestantes que consome de 0 a 100 g de peixe por semana; ^a: dose de referência = 1,0 mg/kg; ^b: menor concentração encontrada no cabelo para o menor efeito adverso possível = 0,3 mg/kg; As os percentagens em parênteses referem-se a mulheres acima destes limites de segurança

Apenas o grupo que consome mais de 400 g de peixe por semana tem THg significativamente maior que o grupo que consome a menor quantidade de peixe. Em relação ao RfD, o risco à saúde aumentou em 33% em mulheres consumindo até 100g dos peixes estudados por semana e em mais da metade daquelas que consomem mais que este valor; considerando o parâmetro LOAEHC, os riscos neurológicos para o feto aumentaram em mais de 80% nas mulheres que consomem até 200 g de peixe por semana e em todas as mulheres que consomem mais que isso.

As concentrações aqui em encontradas são compatíveis com as encontradas em Porto Rico (THg = 0,66 mg/kg), Suécia (THg = 0,77 mg/kg) e Marrocos (1,18 mg/kg), mas em nenhum desses estudos apresentou uma RfD superior à 50%. Comparadas a dados brasileiros, avaliados em mulheres em idade fértil na comunidade de Barreiras (próxima

a Itaituba), as THg capilares encontradas aqui são menores (THg = 10,38mg/kg), mas, maiores que as registradas no período de 1999 a 2012 (THg = 1,07 ± 0,03 mg/kg).

Efeitos adversos, no entanto, já foram relatos em concentrações inferiores às encontradas, como mostra a Tabela 8 abaixo:

Tabela 8 - Relação entre THg capilar materna (mg/kg) e efeitos adversos observados mundialmente

Efeito adverso e local	THg capilar materna (mg/kg)
Baixa cognição em crianças (Estados Unidos)	0,55
Prejuízos nas habilidades comportamentais em recém-nascidos (China)	1,25
Baixo desenvolvimento psicomotores em crianças (Seychelles)	5,7
Parto prematuro anterior a 37 semanas em comunidades indígenas (Suriname)	3,5
Parto prematuro anterior a 35 semanas em mulheres do estado de Michigan (Estados Unidos)	0,55 a 2,5

Estudos anteriores conduzidos em mulheres em vilas localizadas na bacia do Rio Tapajós mostram maior consumo de peixe do que nesse estudo: a média varia entre 80 ± 25 g em Açaituba a 147 ± 72 g em São Luiz do Tapajós, considerando em uma refeição. As duas espécies de peixes avaliadas aqui neste estudo são mais caras que outras espécies e os participantes da pesquisa possuem renda menor e, isso sugere que, mulheres de renda mais alta tem maior risco de exposição ao mercúrio que aquelas de baixa renda.

Estudos prévios mostraram que espécies não-piscívoras do Rio Tapajós possuem concentrações de THg consideravelmente menores que espécies piscívoras (variam entre 0,03 e 0,3 mg/kg em não-piscívoras; e entre 0,03 e 1,66 mg/kg para as piscívoras).

Uma vez que o consumo de peixes é benéfico para humanos, espécies não-piscívoras seriam a melhor escolha, especialmente durante a gestação. O fornecimento de peixes não-piscívoros produzidos por aquicultura aumentou em Itaituba nos últimos anos, como por exemplo o tambaqui, consumido pela maioria dos participantes desta pesquisa. A THg nele é inferior (segundo estudos, não ultrapassa 0,12 mg/kg) e, assim, pode ser uma alternativa mais saudável a um custo menor. Outra opção seria aumentar o consumo de outras fontes proteicas, o que vem acontecendo, pois Itaituba atualmente está conectada ao resto do país por estradas (aumenta a diversidade de oferta de alimentos) e passa por uma expansão do número de fazendas na região (aumenta a

oferta de carne bovina e frango a preços inferiores aos dos peixes). Isso, no entanto, não é válido para a vilarejos pequenos ao longo do Rio Tapajós.

Conclusão

O consumo de tucunaré e pescada branca deve ser evitado completamente por gestantes, uma vez que essas espécies apresentam níveis de THg superiores a 0,5 mg/kg, colocando em risco a saúde de seus bebês. Porém, comer peixe é um hábito alimentar saudável, especialmente para mulheres grávidas: assim, uma alternativa seria o consumo de espécies não-piscívoras, que apresentam níveis de THg mais baixos.

Esse estudo, no entanto, tem algumas limitações: uma delas é o fato de o número de participantes ser pequeno. Outro fator limitante é o número de espécies analisadas: em um experimento ideal, todas as espécies consumidas deveriam ser analisadas. Dados de consumo de cada participante (peso consumido por semana ou mês, para cada espécie) também deveriam ser coletados, mas só foi possível obter uma estimativa aproximada, uma vez que as participantes não quiseram pesar cada peixe de suas refeições.

A implementação de um programa de biomonitoramento contínuo de mercúrio na bacia do Rio Tapajós é essencial para dar continuidade às análises de risco à saúde feitas aqui.

Contaminação por mercúrio: uma ameaça crescente às comunidades ribeirinhas e urbanas na Amazônia

Resumo

O mercúrio (Hg) representa um risco à saúde pública e seu uso intensivo e indiscriminado na mineração artesanal de ouro vem ameaçando a floresta Amazônica. Neste estudo, foram analisados e comparados os níveis de Hg detectados no sangue em duas populações da bacia do rio Tapajós - urbana e ribeirinha - e estabelecida a associação entre exposição ao Hg e parâmetros bioquímicos específicos. Foram selecionados 462 adultos de oito comunidades ribeirinhas e uma cidade (Santarém) e 75,6% deles apresentaram níveis de Hg superiores ao limite de segurança de 10 µg/L. A exposição ao Hg foi maior na população ribeirinha (90%) do que na área urbana (57,1%), que apresentaram níveis médios de Hg de 50,6 µg/L e 21,8 ± 30,9 µg/L, respectivamente. Indivíduos com idade entre 41 e 60 anos apresentaram os maiores níveis médios de Hg em ambas as populações, mas os ribeirinhos apresentaram o dobro do valor registrado nos indivíduos da área urbana. A população urbana registrou os maiores níveis de glicose e marcadores hepáticos; já a população ribeirinha apresentou níveis elevados de marcadores renais. Os resultados aqui apresentados indicam que a contaminação por Hg continua a afetar as comunidades ribeirinhas, mas também representa desafio para a população de Santarém, importante cidade da região.

Abstract

Mercury (Hg) poses a risk to public health and its intensive and indiscriminate use in artisanal gold mining has been threatening the Amazon rainforest. In this study, the levels of Hg detected in the blood of two populations in the Tapajós River basin - urban and riverine - were analyzed and compared, and the association between Hg exposure and specific biochemical parameters was established. A total of 462 adults from eight riverine communities and one city (Santarém) were selected, and 75.6% of them had Hg levels above the safety limit of 10 µg/L. Hg exposure was higher in the riverine population (90%) than in the urban area (57.1%), which had mean Hg levels of 50.6 µg/L and 21.8 ± 30.9 µg/L, respectively. Individuals aged between 41 and 60 years old had the highest mean levels of Hg in both populations, but riparian residents had double the value recorded in individuals from the urban area. The urban population recorded the highest levels of glucose and liver markers; in turn, the riverine population presented high levels of renal markers. The results presented here indicate that Hg contamination continues to affect riverine communities, but also represents a challenge for the population of Santarém, an important city in the region.

Introdução

O mercúrio (Hg) é um dos elementos químicos mais nocivos da Terra e representa um desafio para a saúde pública. Embora seja um elemento encontrado na natureza, atividades humanas aumentaram a concentração atmosférica total de Hg em aproximadamente 450% acima da ocorrência natural. Na América Latina, a mineração artesanal de ouro permanece sendo a fonte primária de emissão e contaminação por Hg. Associada às queimadas e ao desflorestamento, representa a maior parte do Hg lançado na Amazônia.

O uso de Hg para a extração de ouro ainda é comum na América do Sul pois é um processo fácil e barato. Nos últimos 40 anos, o seu uso amplo e irregular na mineração artesanal lançou milhares de toneladas de resíduos contaminados por mercúrio no bioma Amazônia, sendo responsável não só pela contaminação ambiental, mas pela exposição de animais e humanos ao elemento. Devido à ilegalidade da atividade, não há dados precisos sobre a quantidade de Hg lançada no ambiente e, como consequência, estimar os danos causados. Para os habitantes da Amazônia, o consumo de peixes é a principal fonte de exposição, o que prejudica a segurança alimentar e o sustento das comunidades tradicionais da região.

A exposição ao Hg pode causar diversos problemas de saúde: danos aos sistemas nervoso, cardiovascular, imune e digestório, danos em órgãos como pulmões, rins, pele e olhos. Formas orgânicas do Hg, como o metilmercúrio (MeHg) são particularmente tóxicos para os humanos, pois são rapidamente absorvidos pelo corpo, amplamente distribuídos pelos tecidos e eliminados de forma lenta. A exposição materna ao Hg está associada a uma série de efeitos no desenvolvimento embrionário e podem causar doenças crônicas ao longo da vida. Essa toxicidade tão diversa se traduz em uma variedade grande de manifestações de sintomas, o que complica os estudos sobre o assunto.

A bacia do rio Tapajós é o quinto maior afluente da bacia Amazônica e tem importante papel social, cultural e econômico. Ela vem sendo impactada, no entanto, pelo aumento na mineração na região, causado por instabilidade política e aumento do preço do ouro no mercado internacional; uma consequência é que a taxa de desflorestamento causada pelo garimpo aumentou em mais de 90% entre 2017 e 2020.

Devido à ilegalidade da atividade, há uma desconexão entre o sistema de informação de saúde e os casos de contaminação por Hg na região Amazônica, o que impede a formulação de estratégias que combatam o problema. Desde 1980, vários estudos foram conduzidos nesta área para determinar a contaminação humana por Hg. Poucos deles, no entanto, avaliam a população urbana, provavelmente devido à priorização das comunidades ribeirinhas e indígena, mais vulneráveis devido ao baixo acesso ao sistema de saúde e a alta dependência do peixe como principal fonte de proteína.

Os objetivos deste estudo foram avaliar e comparar os níveis de Hg em amostras de sangue dos residentes da área urbana e ribeirinha da bacia do rio Tapajós, além de descrever a situação de saúde destes indivíduos. Com isso, deseja-se qualificar a dimensão da contaminação por Hg na Amazônia e apoiar o desenvolvimento de estratégias para gerir esta questão, bem como apresentar evidências indicando a ameaça ao bem-estar humano na região.

Métodos

Participantes da pesquisa

Participaram do estudo 462 adultos (maiores de 18 anos, exceto mulheres grávidas e habitantes das comunidades indígenas) de oito comunidades ribeirinhas do rio Tapajós (Vila Franca, Maripá, Pedra Branca, Surucacá, Parauá, Surucuí, São Tomé e Boim) e uma do Rio Amazonas (Tapará Grande), além da área urbana de Santarém (Figura 1).

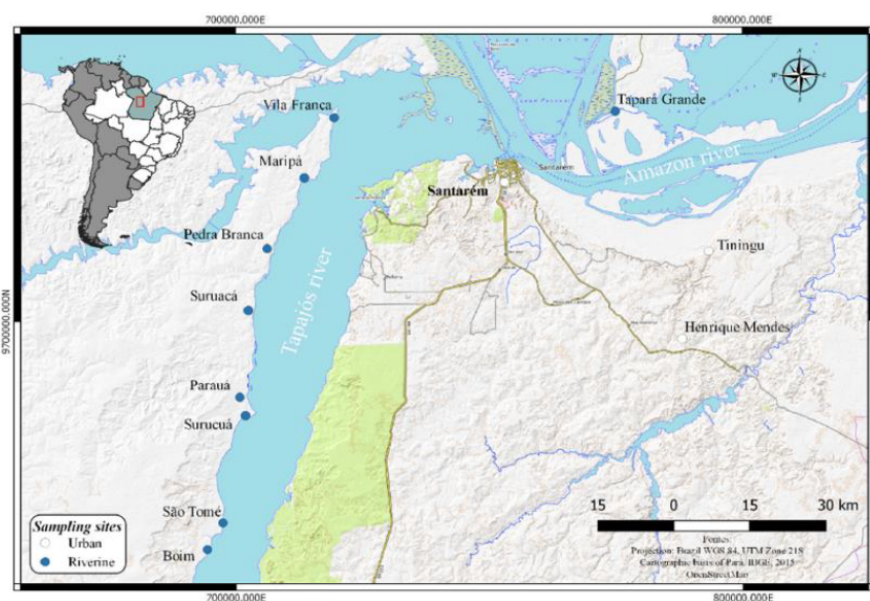


Figura 1 - Mapa da área de estudo indicando os locais de coleta dos dados

Durante o período de 2015 a 2019, foram realizadas entrevistas com os participantes, onde se determinou que nenhum deles possuía envolvimento com mineração artesanal de ouro. Foram coletados, assim:

- Dados sociodemográficos: gênero, idade, frequência de consumo de peixe e nível de escolaridade, por meio da resposta de um questionário;
- Peso e altura, para o cálculo do índice de massa corporal (IMC), que é dado por $IMC = \frac{\text{peso (kg)}}{\text{altura}^2 (\text{kg}^2)}$ e pressão sanguínea.

Os participantes foram categorizados por:

- Escolaridade: analfabetos; educação básica (até 12 anos de estudo); e educação superior (mais de 12 anos de estudo);
- Consumo de peixe: diário; regular (1 a 3 vezes por semana); e ocasional (máximo de 2 vezes por mês).

Análise do sangue

Foram coletados 10 mL de sangue de cada participante, dos quais 5 mL foram destinados à análise de Hg e 5 mL para análise dos biomarcadores renais e hepáticos.

A concentração total de Hg foi analisada no analisador direto de mercúrio, que funciona como no esquema abaixo:

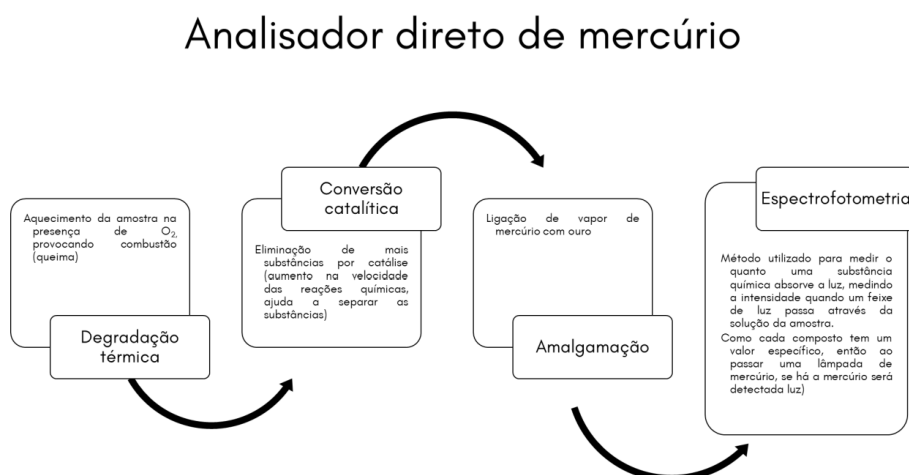


Figura 2 - Esquema explicativo das fases do funcionamento do analisador direto de mercúrio

Os níveis de exposição de Hg seguem o determinado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e são divididos em duas categorias: baixa exposição, sendo $\leq 10 \mu\text{g/L}$ (microgramas por litro de sangue) ou alta exposição, $\geq 10 \mu\text{g/L}$.

Quanto aos marcadores bioquímicos foram determinadas concentrações de glicose (sem jejum), ureia e creatinina para avaliar as funções renais. Para as funções hepáticas, os biomarcadores escolhidos a alanina aminotransferase (ALT) e a aspartato aminotransferase (AST).

A AST e a ALT são enzimas presentes nas células do fígado (hepatócitos) e que são liberadas no sangue em consequência de lesão hepática de naturezas diversas.

Resultados

Níveis de Hg foram detectados em todos os 203 indivíduos da cidade de Santarém e em 259 participantes das comunidades ribeirinhas avaliadas neste estudo.

A Tabela 1 apresenta os níveis de Hg detectados nos participantes da pesquisa classificados de acordo com os critérios: idade, gênero, escolaridade, frequência no

consumo de peixes e residência, além de dividi-los em dois grupos: baixa e alta exposição (de acordo com o limite de segurança estabelecido pela OMS).

Tabela 1 - Características epidemiológicas dos participantes de acordo com os níveis de Hg, Bacia do Rio Amazonas, 2015-2019

Variáveis	Baixa exposição		Alta exposição		Nível total de Hg no sangue ($\mu\text{g/L}$) ¹			
	n	%	N	%	Média	DP	Min	Max
Faixa etária (n=451)								
18 - 20 (n=21)	10	47,6	11	52,4	20,9	27,6	3,7	129,6
21 - 40 (n=178)	54	30,3	124	69,7	32,1	49,6	1,4	288,3
41 - 60 (n=190)	37	19,5	153	80,5	44,3	59,3	1,6	296,5
> 61 (n=62)	10	16,1	52	83,9	39,7	49,6	3,3	271,9
Gênero (n=462)								
Feminino (n=303)	80	26,4	223	73,6	32,7	47,3	1,4	296,5
Masculino (n=159)	33	20,8	126	79,2	48,1	63,9	1,7	288,3
Escolaridade (n=457)								
Analfabeto (n=12)	3	25,0	9	75,0	45,8	50,9	7,3	185,5
Básica (n=334)	52	15,6	282	84,4	44,7	58,5	1,4	296,5
Superior (n=111)	57	51,4	54	48,6	17,3	31,6	1,6	296,5
Consumo de peixe (n=457)								
Diário (n=146)	5	3,4	141	96,6	48,1	59,9	7,0	296,5
Regular (n=235)	57	24,3	178	75,7	40,7	56,1	1,4	296,5
Ocasional (n=76)	47	61,8	29	38,2	12,1	14,2	1,6	80,1
Local de residência (n=462)								
Ribeirinha (n=105) (Rio Amazonas)	16	15,2	89	84,7	45,3	55,2	3,3	271,9
Ribeirinha (n=154) (Rio Tapajós)	10	6,5	144	93,5	54,3	69,3	1,4	296,5
Urbana (n=203)	87	42,9	116	57,1	21,8	30,9	1,7	247,1

¹: micrograma por litro de sangue; DP: Desvio padrão

A prevalência de exposição ao Hg foi maior na população ribeirinha (90%) que na população urbana (57,1%). Na população urbana, o nível médio de Hg foi de 21,8 \pm 30,9 $\mu\text{g/L}$ e o maior valor detectado deste grupo foi de 247,1 $\mu\text{g/L}$. Já na população ribeirinha, o nível médio de Hg foi de 50,6 $\mu\text{g/L}$ e o maior nível dos dois grupos (296,5 $\mu\text{g/L}$) foi detectado em uma mulher de 47 anos desta população, que é 30 vezes maior que o limite de segurança.

Prevalência é a proporção de uma população que apresenta a doença (ou condição) em um determinado local ou período.

Entre as populações ribeirinhas estudadas, a prevalência de exposição ao Hg foi maior na população do rio Tapajós (59,5%) do que na população do Rio Amazonas (40,5%).

A Tabela 2 apresenta os níveis de Hg detectados nos participantes da pesquisa classificados de acordo com os mesmos critérios da Tabela 1, porém separando-os entre população ribeirinha e população urbana.

Tabela 2- Perfil epidemiológico dos participantes de acordo com o local de residência, bacia do Rio Amazonas, 2015-2019

Variáveis	Local de Residência	N	%	Nível total de Hg no sangue ($\mu\text{g/L}$)			
				Média	DP	Min	Max
Faixa etária							
18 - 20 (n=21)	Ribeirinha	12	57,1	30,4	33,6	6,9	129,6
	Urbana	9	42,9	8,2	6,1	3,7	23,8
21 - 40 (n=178)	Ribeirinha	98	55,1	45,7	58,7	1,4	288,3
	Urbana	80	44,9	15,4	27,9	2,3	222,7
41 - 60 (n=191)	Ribeirinha	112	58,6	55,6	68,8	1,6	296,5
	Urbana	79	41,4	28,7	37,3	1,7	247,1
> 61 (n=62)	Ribeirinha	31	50,0	53,8	64,9	5,8	271,9
	Urbana	31	50,0	24,7	21,1	3,3	80,1
Gênero							
Feminino (n=303)	Ribeirinha	166	54,8	43,6	59,1	1,4	296,5
	Urbana	137	45,2	19,5	20,0	2,3	102,4
Masculino (n=159)	Ribeirinha	93	58,5	63,3	70,4	3,3	288,3
	Urbana	66	41,5	26,5	46,0	1,7	247,1
Escolaridade							
Analfabeto (n=12)	Ribeirinha	7	58,4	50,9	66,8	7,3	185,5
	Urbana	5	41,7	38,6	18,1	21,1	67,3
Básica (n=334)	Ribeirinha	226	67,7	52,2	64,5	1,4	296,5
	Urbana	108	32,4	28,9	39,0	1,7	247,1
Superior (n=111)	Ribeirinha	22	19,8	37,8	63,2	1,6	296,5
	Urbana	89	80,2	12,2	12,8	2,3	82,8
Consumo de Peixe							
Diário (n=146)	Ribeirinha	128	87,7	50,0	60,6	6,7	296,5
	Urbana	18	12,3	34,8	54,6	8,4	247,1
Regular (n=235)	Ribeirinha	123	47,7	52,9	68,9	1,4	296,5
	Urbana	112	52,3	27,2	32,5	1,7	222,7
Ocasional (n=76)	Ribeirinha	7	9,2	28,6	24,3	1,6	74,9
	Urbana	69	90,8	10,4	11,8	2,4	80,1

O nível médio de Hg foi mais elevado nos participantes com idade entre 41 e 60 anos, tanto na área urbana ($28,7 \pm 37,3 \mu\text{g/L}$) como na ribeirinha ($55,6 \pm 68,8 \mu\text{g/L}$), sendo esta última quase duas vezes maior que a primeira.

Para ambos os gêneros, foram observados níveis de Hg mais altos na população ribeirinha se comparados à população urbana. Embora as duas áreas tenham mais mulheres (64% da população ribeirinha, 67% da urbana) submetidas a um maior risco de exposição, níveis de Hg foram superiores nos homens nos dois casos (ribeirinha = $63,4 \pm 70,7 \mu\text{g/L}$; urbana = $26,5 \pm 46,0 \mu\text{g/L}$).

A maior parte dos participantes nas duas áreas estão classificados no grupo educação básica, mas dos 111 indivíduos que possuem educação superior, 89 são da área urbana e possuem o menor nível médio de Hg ($12,2 \pm 12,8 \mu\text{g/L}$). Nas áreas ribeirinhas, participantes que estão nos grupos educação básica e superior apresentaram níveis mais elevados de Hg.

A Tabela 3 mostra os marcadores bioquímicos indicadores da qualidade da saúde dos participantes em comparação com níveis de referência, para cada um dos locais de residência.

Tabela 3 - Análise descritiva das concentrações dos marcadores bioquímicos das amostras de sangue dos participantes de acordo o local de residência, bacia do Rio Amazonas, 2015-2019

Marcadores Bioquímicos	Valores de referência	Local de Residência	n	Nível detectado no sangue ($\mu\text{g/L}$)			
				Média	DP	Min	Max
Glicose (mg/dL)	<160: normal	Ribeirinha	102	122,9	37,9	67,0	339,0
	> 160: anormal	Urbana	123	118,7	54,3	62,0	429,0
Ureia (mg/dL)	10 - 45 (mulheres)	Ribeirinha	100	34,5	15,3	13,9	115,7
	10 - 45 (homens)	Urbana	131	28,3	8,7	10,0	77,0
Creatinina (mg/dL)	0,51 - 1,10 (mulheres)	Ribeirinha	100	0,9	0,4	0,2	4,4
	0,7 - 1,20 (homens)	Urbana	131	0,9	0,3	0,3	2,3
AST (U/L)	10 - 37 (mulheres)	Ribeirinha	100	23,0	9,9	3,0	59,0
	11 - 39 (homens)	Urbana	131	33,6	22,1	12,0	232,0
ALT (U/L)	10 - 47 (mulheres)	Ribeirinha	100	19,8	12,0	2,0	53,0
	11 - 45 (homens)	Urbana	131	29,1	20,6	11,0	143,0

Aspartato aminotransferase; ALT: Alanina aminotransferase; U: unidade internacional

A unidade internacional (U) é a quantidade de enzima que catalisa a transformação de um micromol de substrato por minuto, nas condições padrões por ela recomendadas.

A comparação mostra que os valores médios dos biomarcadores se encontram dentro da faixa dos valores de referência. Os maiores nível de glicose e dos biomarcadores hepáticos foram encontrados na população urbana; já os maiores níveis dos biomarcadores renais foram observados nos participantes das comunidades ribeirinhas.

A Tabela 4 acrescenta os parâmetros pressão sanguínea e índice de massa corporal (IMC) e rerepresenta os marcadores bioquímicos para as duas localidades, classificando todos em relação à normalidade.

Tabela 4 - Análise descritiva dos indicadores de saúde de acordo com o local de residência, bacia do Rio Amazonas, 2015-2019

Indicadores de saúde		Área urbana		Área ribeirinha		Total
		n	%	n	%	
Glicose (n= 225)	Normal	108	54,0	92	46,0	200
	Anormal	15	60,0	10	40,0	25
Ureia	Normal	128	60,4	84	39,6	212
	Anormal	3	15,8	16	84,2	19
Creatinina	Normal	130	57,8	95	42,2	225
	Anormal	1	16,7	5	83,3	6
AST	Normal	109	52,9	97	47,1	206
	Anormal	22	88,0	3	12,0	25
ALT	Normal	114	53,5	99	46,5	213
	Anormal	17	94,4	1	5,6	18
Pressão sanguínea	Normal	103	39,5	158	60,5	261
	Anormal	22	52,4	20	47,6	42
	Abaixo do peso	3	25,0	9	75,0	12
IMC	Normal	33	26,0	94	74,0	127
	Sobrepeso	39	42,4	53	57,6	92
	Obesidade	50	65,8	26	34,2	76

Em relação aos biomarcadores renais, mais de 80% dos participantes que apresentaram níveis alterados são da área ribeirinha. Os maiores níveis desses dois biomarcadores (ureia = 115,7 mg/dL; creatinina = 4,4 mg/dL) foram observados na mesma participante, uma mulher de 65 anos da área ribeirinha, com nível de Hg de 122,8 µg/L.

Em relação aos biomarcadores hepáticos, mais de 85% dos participantes que apresentaram níveis alterados foram da população urbana. Duas mulheres desta área, uma de 44 anos (nível de Hg = 50,2 µg/L) e outra de 53 anos (nível de Hg = 42,4 µg/L) apresentaram níveis elevados de AST e ALT: para a primeira 101,0 U/L de AST e 143,0 U/L de ALT; para a segunda: 232,0 U/L de AST e 120,0 U/L de ALT.

A glicose, a pressão sanguínea e o IMC foram medidos em 191 participantes (98 ribeirinhos; 93 da área urbana): 24 deles tinham níveis de glicose alterados, dos quais 15 também apresentavam níveis de Hg superiores à 10 µg/L); 28 deles apresentaram pressão sanguínea alterada, dos quais 23 estavam expostos à níveis elevados de Hg; em relação ao IMC, 113 participantes apresentaram alterações no peso, dos quais 90 apresentaram níveis de Hg elevados.

Discussão

Poucos são os estudos que avaliam a exposição ao Hg em indivíduos residentes nas áreas urbanas da Amazônia, a maioria focando na população ribeirinha ou indígena. Os resultados aqui apresentados indicam que a contaminação por Hg permanece uma ameaça para essas populações tradicionais, mas também impacta as populações urbanas da bacia do rio Tapajós: todos os participantes apresentaram níveis altos de concentração de Hg e mais de 75% deles exibiram níveis acima do limite de segurança estabelecido pela OMS.

Quatro estudos anteriores tiveram a cidade de Santarém como objeto de estudo. Porém foram utilizados outros marcadores de exposição e, assim, não são comparáveis. Os anos, tipos de amostras e valores médios de Hg registrados estão na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados de estudos anteriores sobre concentração de Hg na cidade de Santarém

Ano do estudo	Tipo de amostra	Nível de Hg
1995	Cabelo	2,7 µg/g ¹
2000	Urina	57,5 µg/L ²
2003	Cabelo	0,8 a 3,1 µg/g ¹
2010	Cabelo	1,5 µg/g ^{1a} ; 2,52 µg/g ^{1b}

¹: micrograma de mercúrio por grama de cabelo; ²: micrograma de mercúrio por litro de urina; ^a: mulheres; ^b: homens

O grupo classificado como de alto risco apresenta taxas quase quatro vezes maiores que o limite de segurança, atingindo quase 30 vezes o valor em uma participante analisada. Isso demonstra que, embora a população urbana também esteja exposta, a população ribeirinha permanece a mais vulnerável a contaminação por Hg. Uma possível explicação para esse fenômeno são os hábitos alimentares, pois o peixe permanece sendo a principal fonte proteica da população ribeirinha enquanto indivíduos que vivem na cidade tem acesso a uma variedade maior de comida. Alerta-se também para questões de segurança alimentar: entre essas populações dependentes de peixes, a prevalência da exposição ao Hg é maior na população ribeirinha (90%) que na população urbana (57,1%).

Tanto os hábitos alimentares quanto a bioacumulação podem explicar os níveis de Hg mais elevados em homens mais velhos. O grupo de 40 a 60 anos exibiu valores mais altos que os do grupo de 21 a 40 anos, com homens apresentando níveis mais altos que as mulheres. Uma vez que a contaminação por Hg é bioacumulativa, homens normalmente comem refeições maiores, então é razoável interpretar que, ao longo dos

anos, consumo frequente e diário de peixe, especialmente por pescadores, levaria a um maior nível de Hg nesses homens.

Entre as mulheres participantes, 64,7% estão em idade fértil (18 a 49 anos) e

Bioacumulação é o processo no qual os organismos podem adquirir contaminantes mais rapidamente do que seus corpos podem eliminá-los.

destas, 69,9% apresentaram nível médio de Hg de 36,2 µg/L. Isso levanta sérias preocupações, considerando que elevados riscos de malformação em recém-nascidos de mães expostas ao Hg durante a gestação. O MeHg pode atravessar as barreiras placentária e hematoencefálica e causar danos ao sistema nervoso central da criança e em pequenas quantidades já induzem problemas no desenvolvimento fetal. É de fundamental importância, portanto, monitorar o nível de Hg em mulheres férteis, grávidas e seus recém-nascidos para prevenir os efeitos de exposição à Hg nessas crianças.

Barreira hematoencefálica é uma estrutura composta por três tipos de células que reveste os vasos sanguíneos, funcionando como um filtro e permitindo que algumas poucas substâncias entrem em contato direto com o cérebro.

Os níveis de Hg analisados no sangue são representações de contaminações recentes e atuais. Considerando que as amostras foram coletadas entre 2015 e 2019, pode-se assumir que os resultados aqui apresentados não representam o cenário atual da bacia do rio Tapajós, que pode ter piorado nos últimos dois anos (pesquisas e reportagens indicam um aumento de zonas de mineração em áreas próximas, aumentando o uso indiscriminado de Hg na área estudada). Além disso, a crise econômica e social desencadeada pela pandemia do coronavírus (COVID-19) levou a população local a buscar fontes mais baratas de proteína, aumentando a pesca tradicional e o consumo de peixes, com níveis aumentados de Hg.

Poucos estudos examinaram os efeitos da exposição de Hg nos rins e fígado. A situação aqui analisada indica que ambas as populações (ribeirinha e urbana) apresentam alterações nos biomarcadores destes órgãos e, embora eles não sejam os mais frequentemente usados para associar Hg com danos, os níveis mais altos de AST e ALT foram registrados nas pessoas com níveis altos de Hg.

Em relação à pressão sanguínea, participantes com hipertensão foram observados em ambas as populações. Estudos anteriores indicam uma relação positiva entre níveis de Hg capilares e hipertensão e, considerando que 85,7% de indivíduos com

pressão alta também apresentaram níveis altos de Hg no sangue, é razoável que isso também seja válido aqui.

Conclusão

Os habitantes de comunidades da região Amazônica têm sido expostos ao Hg por décadas, por meio da ingestão de peixes contaminados por mercúrio. Utilizando um biomarcador de exposição recente, os resultados aqui evidenciam níveis altos de Hg entre os participantes. Todos os indivíduos analisados, tanto da área urbana como a ribeirinha, que reportaram consumo frequente de peixes locais apresentam níveis detectáveis de Hg e foram, conseqüentemente, expostos à riscos de saúde. Níveis elevados deste metal foram encontrados em pessoas de todos os grupos de idade, ambos os gêneros e em todos os níveis de escolaridade. Entretanto, os níveis mais altos registrados foram naqueles que reportaram consumo de peixes, indicando que a exposição ao Hg é influenciada pelos hábitos alimentares e não apenas pelo local de residência.

A cidade de Santarém não apresenta locais de garimpo próxima a ela e, no entanto, sua população avaliada neste estudo está exposta a níveis diferentes de Hg. Desta forma, conclui-se que a exposição ao mercúrio não é restrita a áreas de garimpo, podendo ocorrer em grande parte da bacia do rio que é impactada pela atividade mineradora.

Algumas limitações devem ser consideradas: uma delas é o extenso período de coleta de dados, que pode não refletir a realidade do cenário atual; outra é a comparação dos dados obtidos com biomarcadores distintos (urina e cabelo), apresentados na maioria dos estudos sobre o tema; por fim, há diferenças relevantes entre o consumo de peixe em regiões urbanas e rurais e entre regiões do Brasil, sendo necessário, portanto, aprofundar a análise das diferenças nos hábitos alimentares das comunidades ribeirinhas e das áreas urbanas.

Também são necessários mais estudos que identifiquem a contaminação por Hg por outras fontes além do peixe, como emissões atmosféricas e desflorestamento. É fundamental avaliar, também, os impactos desta contaminação em comunidades locais, para se ter evidências científicas que auxiliem na construção de políticas de contenção

efetivas e para o desenvolvimento de programas de vigilância em saúde adaptados à realidade local. Assim, sim será possível reduzir os impactos nocivos desta grave ameaça a população humana.

Contaminação por mercúrio: avaliação dos riscos à saúde do consumidor de frutos do mar coletados na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro

Resumo

A contaminação de ambientes aquáticos por mercúrio (Hg) é uma questão preocupante, especialmente se forem considerados os efeitos tóxicos deste metal na saúde de consumidores de frutos de mar. Uma fonte importante de contaminação da água por Hg é a emissão de esgoto industrial e doméstico e existem poucos estudos que avaliam animais que não sejam os peixes. Assim, o objetivo deste estudo foi calcular o risco à saúde em pessoas que consomem siris, camarões e lulas provenientes da Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro. Para isso, determinou-se a ingestão mensal estimada (EMI), a taxa máxima de ingestão mensal (IRmm) e o quociente de risco (HQ), considerando os três grupos de animais, ambos os gêneros e as idades dos consumidores. As EMI obtidas (0,001 a 0,006 mg/kg/mês) estão abaixo da IRmm (10,3 a 34,8 kg/mês), o que indica que grandes quantidades de frutos do mar podem ser ingeridas pelos participantes, desde que não se tenha atingido o limite de consumo mensal de Hg. O HQ (0,4 a 1,4) indica potenciais riscos à saúde em crianças que consomem siris e lulas e em mulheres jovens consumidoras de siris. Para a identificação dos potenciais riscos à saúde, portanto, é necessário considerar outras variáveis de consumo e não apenas as concentrações de Hg, uma vez que no presente estudo, estas estavam abaixo dos limites de segurança estabelecidos.

Abstract

Contamination of aquatic environments by mercury (Hg) is a matter of concern, especially if one considers the toxic effects of this metal on the health of seafood consumers. An important source of water contamination by Hg is the emission of industrial and domestic sewage and there are few studies that evaluate animals other than fish. Thus, the aim of this study was to calculate the health risk in people who consume crabs, shrimps, and squid from Guanabara Bay, in Rio de Janeiro. For this, the estimated monthly intake (EMI), the maximum monthly intake rate (IRmm) and the hazard quotient (HQ) were determined, considering the three groups of animals, all genders, and consumers' ages. The EMI obtained (0.001 to 0.006 mg/kg/month) are below the IRmm (10.3 to 34.8 kg/month), which indicates that substantial amounts of seafood can be ingested by the participants, if the monthly Hg consumption limit has not been reached. The HQ (0.4 to 1.4) indicates potential health risks in children who consume crab and squid and in young women who consume crab. To identify potential health risks, therefore, it is necessary to consider other consumption variables and not just Hg concentrations, since in the present study, these were below the established safety limits.

Introdução

A contaminação de ambientes aquáticos por mercúrio (Hg) é uma questão preocupante, especialmente se forem considerados os efeitos deletérios deste metal na saúde de consumidores de frutos de mar causados pela bioacumulação e toxicidade.

Bioacumulação é o processo no qual os organismos podem adquirir contaminantes mais rapidamente do que seus corpos podem eliminá-los.

O Hg é um metal que pode ser encontrado naturalmente no ambiente, seja por atividade vulcânica ou desgaseificação atmosférica, ou ser lançado por atividades humanas poluidoras, como a mineração e a queima de combustíveis fósseis. Destaca-se também como ação antrópica, a emissão de esgoto tanto industrial quanto doméstico, fazendo com que o estuário da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro) seja considerado uma área importante de contaminação por Hg.

A toxicidade do Hg é alta, especialmente nas suas formas orgânicas como o metilmercúrio (MeHg), pois são mais biodisponíveis para absorção e excretados de maneira mais lenta. Seja qual for a sua natureza, o Hg pode sofrer tanto bioacumulação como biomagnificação e ser responsável por vários efeitos deletérios na saúde animal e humana, especialmente nos sistemas nervoso e sensorial.

Biomagnificação: é o acúmulo de substâncias químicas ao longo da cadeia alimentar.

Em humanos, esses efeitos surgem após exposição contínua, sendo a alimentação a principal forma de contaminação. Os frutos do mar se destacam como importante fonte de Hg para humanos pois este metal é amplamente distribuído no ambiente aquático.

Diversos são os estudos que avaliam a relação entre consumo de peixes e contaminação por Hg, mas devido a popularidade na culinária global, o nível trófico ocupado e o habitat, também se faz necessário avaliar outros animais como os crustáceos (como por exemplo: siris, caranguejos, camarões) e moluscos (como por exemplo: lulas). Os crustáceos ocupam níveis tróficos mais baixos, compreendendo organismos bentônicos que vivem em contato próximo do sedimento e, uma vez que o Hg afunda, isso favorece a contaminação dos animais. As lulas são organismos pelágicos que pertencem a níveis tróficos mais elevados (em alguns casos, no mesmo que peixes) e sendo predadoras, podem bioacumular e biomagnificar o Hg em seus

corpos. Desta forma, é importante analisar potenciais riscos à saúde decorrentes do consumo destes animais.

Organismos bentônicos são aqueles que vivem no fundo do mar; os organismos pelágicos, em contraste, são aqueles que se localizam na coluna d'água (afastada da área bentônica).

Os riscos à saúde muitas vezes podem ser subestimados quando se avaliam apenas as concentrações de metal nos frutos do mar; desta forma, fatores como a frequência de consumo, a quantidade consumida e o período de exposição devem ser levados em conta. Assim, o cálculo do quociente de risco (HQ) se apresenta uma importante ferramenta, pois considera em seus cálculos diferentes fatores de interferência e refletindo, portanto, os riscos à saúde humana de maneira mais precisa.

O objetivo deste trabalho foi, então, calcular o risco à saúde decorrente do consumo de diferentes espécies de siris, camarões e lula capturados em diferentes locais da Baía de Guanabara.

Material e Métodos

Área de estudo

Todos os animais foram coletados por redes de arrasto de fundo, no estuário da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro em sete pontos distintos (Figura 1). Presença de atividade portuária, fluxo de embarcações, eliminação de efluentes, turismo e lazer e atividades pesqueiras foram alguns dos critérios considerados para a seleção dos locais.

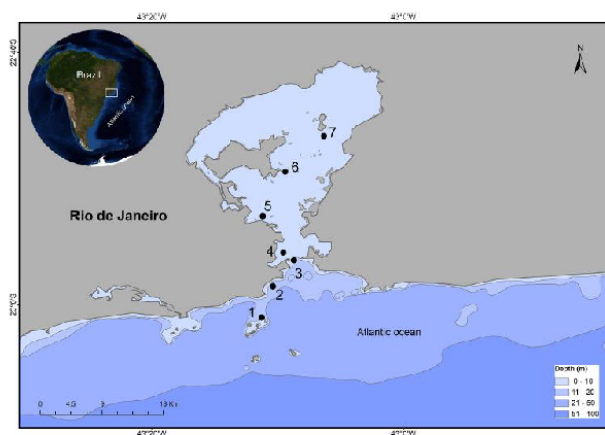


Figura 1 - Pontos de coleta de siris, camarões e lulas na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro (P1: Ilha Cagarras; P2: Praia de Copacabana; P3: Praia da Urca; P4: Praia do Flamengo; P5: Porto do Rio de Janeiro; P6: Engenho/São Gonçalo; P7: Ilha de Paqueta)

Animais coletados

Um total de 125 animais foram capturados nos sete pontos de coleta, que foram divididos em três grupos: siris, camarões e lulas. As espécies encontradas e suas respectivas quantidades estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Espécies de siris, camarões e lulas coletadas na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro

Grupo	Espécie	Número
Siris	<i>Callinectes sapidus</i>	16
	<i>Achelous spinimanus</i>	30
	<i>Achelous spinicarpus</i>	2
Camarões	<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i>	24
	<i>Farfantepenaeus paulensis</i>	12
	<i>Litopenaeus schmitti</i>	22
Lulas	<i>Doryteuthis sanpaulensis</i>	16
	<i>Doryteuthis plei</i>	1
	<i>Lolliguncula brevis</i>	2

Esses animais tiveram sua musculatura dissecada para a quantificação de Hg, uma vez que este é o principal tecido desses três grupos destinado à alimentação.

Quantificação de mercúrio

Para determinar os níveis de concentração total de mercúrio (THg), as amostras das musculaturas dissecadas foram inseridas em um analisador direto de mercúrio, que funciona como no esquema abaixo:

Analizador direto de mercúrio

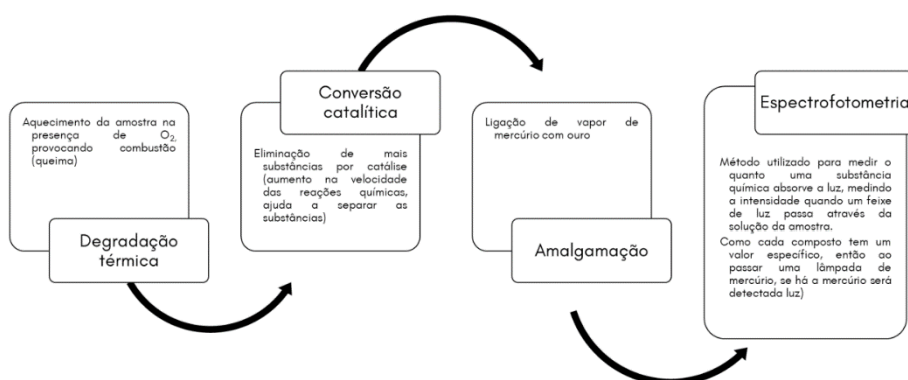


Figura 2 - Esquema explicativo das fases do funcionamento do analisador direto de mercúrio

Cálculo de avaliação de risco

Foram calculados três parâmetros para se determinar o risco à saúde:

- A ingestão mensal estimada (EMI), que verifica se a concentração de Hg presente na quantidade média de frutos do mar consumidos ultrapassará o limite de consumo mensal permitido (PTMI) e é calculada pela equação:

$$EMI = \frac{C \times IR}{BW}$$

C é a concentração de Hg (em mg/kg); IR é a taxa de ingestão (0,093 kg/semana ou 0,372 kg/mês) e BW é o peso corporal

O PTMI foi estabelecido pelo Comitê Misto da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) e OMS (Organização Mundial de Saúde) em aditivos alimentares.

- A taxa máxima de ingestão mensal (IRmm), que identifica a quantidade máxima de frutos do mar que pode ser consumida para que não se ultrapasse o PTMI, que é calculada pela equação:

$$IRmm = \frac{PTMI \times BW}{C}$$

PTMI é o limite de consumo mensal permitido (0,017 mg/kg/mês); BW é o peso corporal e C é a concentração de mercúrio (mg/kg)

- O quociente de risco (HQ) que indica o potencial dano a saúde do consumidor se apresentar valores superiores a 1, e é dado pela equação:

$$HQ = \frac{EF \times ED \times IR \times C}{RfD \times BW \times TA}$$

EF é a frequência de exposição (48 dias/ano); ED é a duração da exposição (12, 24 ou 54 anos); RfD é a estimativa de uma exposição oral diária segura (para o Hg é igual 0,0001 mg/kg/dia); BW é peso corporal e TA é o tempo de exposição médio a não cancerígenos

Como se pode observar, todas os cálculos acima levam em consideração o peso corporal do consumidor. Assim, para se obter uma avaliação de risco para diferentes faixas etárias e que também reflita as diferenças entre homens e mulheres, foram utilizados o peso médio de três grupos de idade, informados na plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para indivíduos nascidos no Rio de Janeiro: crianças de 12 anos (42 kg = meninos, 46 kg = meninas); jovens de 24 anos (72 kg = homens; 59 kg = mulheres) e adultos de 54 anos (78 kg = homens; 66 kg = mulheres).

Resultados e Discussão

As diferenças entre as THg detectadas nas espécies estudadas estão apresentadas na Figura 3.

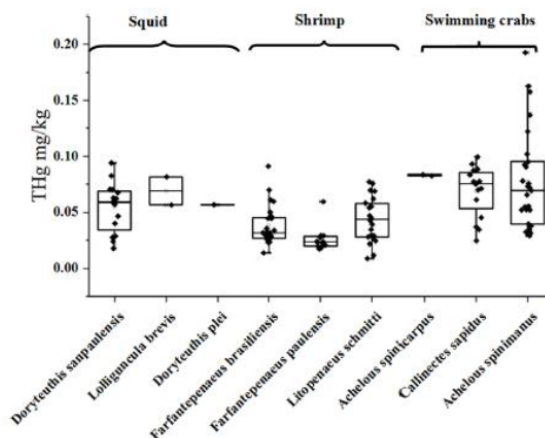


Figura 3 - Concentrações de mercúrio total (THg) detectadas em diferentes espécies de lulas, camarões e siris na Baía de Guanabara

Essas concentrações de Hg estão abaixo dos limites brasileiro (0,5 mg/kg para espécies não predadoras; 1,0 mg/kg para predadoras) e internacional (0,5 mg/kg). Não foram identificadas diferenças significativas entre espécies do mesmo tipo de animal, porém os três grupos são distintos entre si.

Bioturbação é a alteração ou mistura da estrutura sedimentar provocada pela ação de seres vivos.

Os siris apresentaram maior contaminação, o que pode ser atribuída ao seu habitat bentônico, em contato próximo com o sedimento contaminado. Soma-se a isso o movimento de bioturbação provocados por esses animais, que resulta na ressuspensão de sedimento e permitindo que Hg previamente imobilizado se torne disponível para absorção. Se comparados com camarões (que pertencem ao mesmo nível trófico), os siris apresentam valores maiores de Hg, pois possuem tanto taxas maiores de assimilação de metal quanto taxas menores de excreção.

Esperava-se que as lulas apresentassem valores mais elevados de Hg devido ao seu hábito predatório, mas isso não foi observado aqui. Isso pode ser atribuído ao fato destes animais serem tipicamente pelágicos e, assim, mantendo distância do sedimento de fundo contaminado (onde o Hg é tradicionalmente absorvido). Além disso, estudos anteriores descrevem que o processo de biomagnificação é mais eficiente em cadeias

bentônicas que em pelágicas, confirmando a concentração de Hg mais elevada nos siris, se comparadas com as lulas.

Diferenças metabólicas e fisiológicas, além da variação na contaminação dos pontos de coleta da Baía de Guanabara podem justificar também estas diferenças. Outros estudos indicam que crustáceos (especialmente siris e caranguejos) destacam-se como importantes bioacumuladores não só de Hg, mas também de outros metais, superando inclusive o efeito da biomagnificação.

A escolha da musculatura dos animais como amostra a ser analisada pode ter influenciado nas medidas das concentrações de Hg. A justificativa seria que esse tecido é geralmente o mais consumido por animais aquáticos, mas, no entanto, ele não apresenta o melhor tropismo para acumulação de metais, como o Hg. De fato, estudos indicam que os músculos são o terceiro órgão mais bioacumulador dos crustáceos, após o hepatopâncreas e as brânquias; em outros organismos aquáticos, como peixes e lulas, o fígado é o órgão que tem funções equivalentes ao hepatopâncreas, sendo, portanto, responsável pela bioacumulação.

O hepatopâncreas é um órgão do sistema digestório dos crustáceos que tem importante função no processo de desintoxicação de contaminantes, pois apresenta as metalotioneínas, proteínas citosólicas que são capazes de se ligar a metais.

Mesmo assim, a escolha da musculatura se torna relevante não só pelo seu consumo, mas também quando se considera este tecido um reservatório de longo prazo.

Mesmo com baixas concentrações de metalotioneínas, o Hg pode chegar ao músculo por ligação ao tiol (composto orgânico com alta afinidade com mercúrio).

Fatores abióticos, embora não avaliados aqui neste estudo, também influenciam nas concentrações dos contaminantes. A grande quantidade de matéria orgânica presente na água, por exemplo, se liga ao Hg, reduzindo sua biodisponibilidade. Estudos previamente publicados indicam que temperatura da água, salinidade, oxigenação e pH podem alterar a biodisponibilidade e toxicidade do Hg na Baía de Guanabara. A salinidade na região pode variar entre 31 e 35 mg/L (valor próximo da salinidade do mar) e a presença de sulfetos que se ligam ao Hg nesta água faz com que o metal se torne menos biodisponível. Já o pH é cerca de 8, o que indica um ambiente alcalino; porém, a biodisponibilidade de Hg é maior em ambientes ácidos. A temperatura da água na Baía de Guanabara varia entre 17 e 25 °C e influencia o metabolismo animal (temperaturas mais elevadas promovem mais excreção de metais como o Hg). Por fim, a oxigenação é

de 3 a 6 mg/L e quando esses valores são mais baixos, podem favorecer tanto uma maior captação do oxigênio (e, por consequência, uma maior absorção branquial de contaminante) quanto a formação de MeHg (uma vez que se melhoram as condições para a atividade de bactérias redutoras de sulfato responsáveis pelo processo). Desta forma, independente do fator de risco para consumo, as baixas concentrações de Hg na Baía de Guanabara se justificam devido a condições abióticas desfavoráveis.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de cada espécie de frutos do mar que pode ser consumida sem exceder os valores da IRmm e da EMI e a THg que pode ser consumida mensalmente por meio da ingestão dos frutos do mar estudados.

Tabela 2 - Ingestão mensal estimada (EMI), taxa máxima de ingestão mensal (IRmm) e concentração de mercúrio total (THg) para espécies de lula, camarão e siri coletadas na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro

Espécie	EMI (mg/kg/mês)						IRmm (kg/mês)					
	Criança		Jovem		Adulto		Criança		Jovem		Adulto	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Camarão	0,003	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	18,7	20,5	32,2	26,3	34,8	29,5
Lula	0,004	0,004	0,002	0,003	0,002	0,003	12,7	13,9	21,8	17,9	26,6	20,0
Siri	0,006	0,005	0,003	0,004	0,003	0,003	10,3	11,3	17,7	14,5	19,2	16,2

Espécie	THg (mg/kg) Média ± DP	n
Camarão	0,058 ± 0,003	58
Lula	0,056 ± 0,003	19
Siri	0,069 ± 0,003	43

DP: Desvio padrão; M: gênero masculino; F: gênero feminino; Criança (12 anos); Jovem (24 anos); Adulto (54 anos)

Os cálculos das IRmm indicam que a quantidade estimada de consumo permitida para não superar a PTMI do Hg é alta (34,8 kg para adultos e 10,3 kg para crianças); já as EMI registradas indicam que para todas as espécies, as THg consumidas na alimentação (93 g por semana, 372g por mês) têm níveis muito baixos e inferiores a PTMI. Isso demonstra a segurança no consumo, uma vez que a quantidade que é possivelmente consumida na região é muito baixa. Dados obtidos pelo IBGE indicam que consumo médio de frutos do mar (exceto peixes) por pessoa no Brasil é de 0,2 g/dia, representando 0,3% do consumo total destes alimentos. Não há estudos específicos do estado do Rio de Janeiro que demonstrem a quantidade e frequência de consumo dos grupos estudados aqui, assim os cálculos da EMI e do HQ foram feitos utilizando o valor de 93 g/mês (valor estimado para a população brasileira).

A Tabela 3 apresenta o cálculo do HQ para as três populações avaliadas, considerando ambos os gêneros e os três grupos de frutos do mar.

Tabela 3 - Quociente de risco (HQ) das três faixas etárias dos consumidores de lula, camarão e siri coletados na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro

Espécies	HQ					
	Criança		Jovem		Adulto	
	M	F	M	F	M	F
Camarão	0,8	0,7	0,4	0,5	0,4	0,5
Lula	1,1	1,0	0,7	0,8	0,6	0,7
Siri	1,4	1,3	0,8	1,0	0,7	0,9

A expectativa era que o resultado aqui encontrado estaria alinhado com outros estudos, que demonstraram que apesar das concentrações de Hg nessas espécies estarem abaixo do limite, ao se considerar a quantidade e a frequência consumida, o HQ indicaria existência de risco à saúde. Isso, porém, só se mostrou válido para os grupos de crianças (ambos os sexos) que consomem lulas e siris e de mulheres jovens que consomem siris.

O Quadro 1 abaixo apresenta os principais resultados obtidos de alguns estudos sobre frutos do mar, em relação ao cálculo do HQ.

Quadro 1 - Localização e principais resultados obtidos de estudos que analisam o quociente de risco (HQ) em peixes e frutos do mar

Local de estudo	Resultado obtido
Irã	Consumo mensal de camarões de 450 g para crianças e 990 g para adultos e HQ de 1,32 e 0,82 (respectivamente); comparando-se espécies de peixes e camarões de três cidades, foram reportados HQ superior a 1 apenas em crianças que consomem camarões e mulheres que consomem peixes.
Golfo da Catânia (mar Jônico, costa leste da ilha italiana da Sicília)	Concentração em frutos do mar dentro dos limites do JECFA, mas estes eram extrapolados quando se levava em consideração o tamanho das refeições; os valores de HQ eram superiores a 1 em alguns casos.
Pequim (China)	Peixes vendidos em grandes mercados exibiam valores de HQ maiores que o de lulas e camarões (com HQ inferior a 1).
Itália	Entre diferentes cefalópodes, peixes e crustáceos, nenhuma dessas espécies apresentou HQ superior a 1 e espécies de lula e polvo apresentaram os menores valores de HQ.
Índia	HQ inferior a 1 em caranguejos, camarões e bivalves.

Percebe-se que, em alguns casos, esses resultados são compatíveis com o estudado aqui, uma vez que não foram encontrados valores superiores a 1 associados com o consumo de camarão e só foi identificado risco para crianças que consomem lulas. O maior risco aqui apresentado é o associado ao consumo de siris, pois estes apresentam a maior concentração de Hg, se comparada com os outros animais.

É importante notar a diferença entre gênero e idade da população estudada. Crianças, por exemplo, tem mais chances de desenvolver problemas de saúde associados a ingestão de frutos do mar contaminados por Hg, pois possuem menor massa corporal e são organismos em fase de desenvolvimento. Isso é apoiado por um estudo chinês que identificou maiores riscos à saúde em um grupo de 2 a 7 anos de idade que consumia certas espécies de peixe, camarão e lula vindos de mercados contaminados por Hg em Pequim. Desta forma, o peso corporal é um importante fator que influencia a avaliação de risco, uma vez que nas populações avaliadas, os maiores HQ foram encontrados nos grupos de menor massa corporal (mulheres e crianças).

Mulheres em idade fértil (especialmente aquelas que tem entre 20 e 29 anos de idade) que estão grávidas ou tentando engravidar devem evitar o consumo de peixes, pois estes animais são fonte de metais como o Hg, que atravessam tanto a barreira placentária como a hematoencefálica. Isso é evidenciado em um estudo no México, que comparou mulheres de uma comunidade pesqueira: o grupo que tinha idade entre 40 e 49 anos estava submetido a um risco maior de contaminação por MeHg se comparados às mulheres de 20 a 29 de idade e, de acordo com os pesquisadores, é possível relacionar esse resultado à recomendação seguida, que provocou um consumo mais baixo de frutos do mar no segundo grupo. Estudos no Irã também identificaram riscos maiores em crianças e mulheres em idade fértil, dessa vez comparando mulheres de comunidades pesqueiras (que possuem níveis mais elevados de Hg devido ao consumo de peixes) com a população não pesqueiras.

Barreira hematoencefálica é uma estrutura composta por três tipos de células que reveste os vasos sanguíneos, funcionando como um filtro e permitindo que algumas poucas substâncias entrem em contato direto com o cérebro.

Uma questão não foi relatada, mas que merece ser destacada é o aquecimento que os frutos do mar são submetidos antes de serem consumidos. Geralmente, tratamentos que submetem à comida ao calor podem levar a perda direta de Hg

(volatilização) ou de forma indireta (transformar a metal em uma outra forma mais volátil). O calor também pode alterar a solubilidade do Hg e induzir a sua ligação com componentes biológicos. Diversos estudos, por exemplo, indicam que o tratamento com calor pode levar a uma digestibilidade reduzida, pois provocam mudanças estruturais nas proteínas associadas ao Hg, que conseqüentemente alteram a susceptibilidade a ação de proteases e diminuem a bioacessibilidade do metal durante a digestão. Considerando, portanto, os efeitos do calor, é possível indicar que os níveis mais baixos de Hg já encontrados aqui neste estudo, serão menores com o aquecimento destes frutos do mar no momento do cozimento ou fritura, por exemplo. Assim, os riscos à saúde podem também ser menores que os apresentados.

É surpreendente que o risco de contaminação por Hg devido ao consumo de frutos do mar seja baixo, especialmente se consideramos que a Baía de Guanabara e praias próximas possuem água imprópria para banho e que inúmeros pontos da baía possuem odores intensos de rejeitos o ano inteiro. Isso indica que a contaminação por esgoto doméstico pode estar causando mais impacto que o lançamento de resíduos industriais na água.

Conclusão

A contaminação por Hg em siris, lulas e camarões provenientes da Baía de Guanabara é abaixo dos limites propostos por leis brasileiras e internacionais. Entretanto, quando se considera a média de peso corporal da população, a frequência e a quantidade de consumo, evidencia-se um risco aumentado para crianças e mulheres jovens que ingerem espécies com as maiores concentrações deste metal.

É necessário reforçar tanto a importância de se considerar esses indicadores e não apenas determinar a concentração de Hg quanto a de se estudar outros animais, que não apenas o peixe.

O Hg é um elemento que bioacumula no corpo ao longo da vida, então não é possível descartar potenciais danos causados na saúde da população adulta. Desta forma, é fundamental que existam políticas públicas que controlem a contaminação por Hg e outros poluentes na Baía de Guanabara.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA

Parte I – Perfil do Participante

1) Qual é a sua faixa etária?

- 20 a 30 anos
- 30 a 40 anos
- 40 a 50 anos
- 50 a 60 anos
- Mais de 60 anos

2) Qual é o tipo de escola em que você trabalha?

- Exclusivamente na rede pública
- Exclusivamente na rede privada
- Igualmente em ambas
- Majoritariamente na rede pública
- Majoritariamente na rede privada

3) Há quanto tempo você atua como professor?

- Menos de 5 anos
- 5 - 10 anos
- 10 - 20 anos
- 20 - 30 anos
- Mais de 30 anos

4) Em que estado você leciona?

- | | | |
|---|---|--|
| <input type="radio"/> Acre (AC) | <input type="radio"/> Mato Grosso (MT) | <input type="radio"/> Rio Grande do Norte (RN) |
| <input type="radio"/> Alagoas (AL) | <input type="radio"/> Mato Grosso do Sul (MS) | <input type="radio"/> Rio Grande do Sul (RS) |
| <input type="radio"/> Amapá (AP) | <input type="radio"/> Minas Gerais (MG) | <input type="radio"/> Rondônia (RO) |
| <input type="radio"/> Amazonas (AM) | <input type="radio"/> Pará (PA) | <input type="radio"/> Roraima (RR) |
| <input type="radio"/> Bahia (BA) | <input type="radio"/> Paraíba (PB) | <input type="radio"/> Santa Catarina (SC) |
| <input type="radio"/> Ceará (CE) | <input type="radio"/> Paraná (PR) | <input type="radio"/> São Paulo (SP) |
| <input type="radio"/> Distrito Federal (DF) | <input type="radio"/> Pernambuco (PE) | <input type="radio"/> Sergipe (SE) |
| <input type="radio"/> Espírito Santo (ES) | <input type="radio"/> Piauí (PI) | <input type="radio"/> Tocantins (TO) |
| <input type="radio"/> Goiás (GO) | <input type="radio"/> Rio de Janeiro (RJ) | |
| <input type="radio"/> Maranhão (MA) | | |

5) Qual a sua carga horária semanal em sala de aula?

- Menos de 20h semanais
- 20h-30h semanais
- 30h-40h semanais
- Mais de 40h semanais

6) Em qual segmento da Educação Básica você atua?

- Ensino Fundamental I (5º ao 9º Ano)
- Ensino Médio
- Novo Ensino Médio
- Educação de Jovens e Adultos (EJA)

7) Como você considera o seu nível de proficiência em inglês nas seguintes habilidades?

- | | | | |
|-------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Leitura | <input type="radio"/> Pouco | <input type="radio"/> Razoavelmente | <input type="radio"/> Bem |
| Fala | <input type="radio"/> Pouco | <input type="radio"/> Razoavelmente | <input type="radio"/> Bem |
| Escrita | <input type="radio"/> Pouco | <input type="radio"/> Razoavelmente | <input type="radio"/> Bem |
| Compreensão | <input type="radio"/> Pouco | <input type="radio"/> Razoavelmente | <input type="radio"/> Bem |

8) Que tipo de estratégia de ensino você utiliza com mais frequência nas suas aulas? (marque mais de uma opção ou acrescente uma de sua escolha, se necessário)

- Aula expositiva tradicional
- Aula expositiva dialogada
- Aula prática
- Sala de aula invertida
- Gamificação
- Aprendizagem baseada em projetos
- Aprendizagem baseada em problemas
- Outro (especificar): _____

9) Que tipo de material didático impresso você costuma utilizar nas suas aulas? (marque mais de uma opção ou acrescente uma de sua escolha, se necessário)

- Não utilizo material impresso
- Livro didático
- Reportagens jornalísticas
- Apostilas
- Outro (especificar): _____

Parte II - Avaliação do Manual - Processo de Adaptação

10) Você considera que a descrição do processo de adaptação está adequada?

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Neutro
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

11) Como você avalia o detalhamento do processo de adaptação do artigo?

- Ruim
- Razoável
- Bom
- Muito bom
- Excelente

12) Quanto ao artigo adaptado, você considera que o conteúdo dele é pertinente e relevante ao Ensino Médio?

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Neutro
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

13) Quanto ao artigo adaptado, você considera que a linguagem dele está adequada àquela utilizada pelo aluno de Ensino Médio?

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Neutro
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

14) Quanto ao artigo adaptado, as imagens (figuras, gráficos, tabelas) estão adequados ao nível de compreensão do aluno de Ensino Médio?

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Neutro
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

Parte III - Avaliação do Manual – Aspectos Gerais

15) Como você avalia a organização geral do Manual?

- Ruim
- Razoável
- Bom
- Muito bom
- Excelente

16) Como você avalia a clareza na linguagem do Manual?

- Ruim
- Razoável
- Bom
- Muito bom
- Excelente

17) Como você avalia o uso das imagens do Manual?

- Ruim
- Razoável
- Bom
- Muito bom
- Excelente

18) Você utilizaria este Manual na sua prática docente?

- Quase sempre
- Muito
- Ocasionalmente
- Pouco
- Nunca

19) Qual fator abaixo seria uma dificuldade para você utilizar o Manual? (marque mais de uma opção ou acrescente uma de sua escolha, se necessário)

- Falta de tempo para elaborar o artigo adaptado
- Falta de familiaridade com a leitura de um artigo científico
- Falta de familiaridade com a escrita de um artigo adaptado
- Falta de proficiência em inglês
- Não teria dificuldade alguma
- Outro (especificar): _____

-

20) Caso deseje, o espaço abaixo está disponível para que você registre comentários, críticas e sugestões que contribuirão para melhorar este Manual.

Muito obrigada pela sua resposta.

**APÊNDICE C – VERSÃO FINAL DO MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS
CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA**



**MANUAL DE ADAPTAÇÃO
DE ARTIGOS CIENTÍFICOS
EM LÍNGUA INGLESA**

Uma Ferramenta Para a Promoção de uma
Educação Científica Atualizada no Ensino
Médio

TAÍSSA MAYUMI ABE GONDIM LOPES





TAÍSSA MAYUMI ABE GONDIM LOPES

MANUAL DE ADAPTAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA INGLESA

Uma Ferramenta Para a Promoção de uma
Educação Científica Atualizada no Ensino
Médio

Brasília, 2022

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Lopes, Taíssa Mayumi Abe Gondim

Manual de adaptação de artigos científicos em
língua inglesa [livro eletrônico] : uma ferramenta
para a promoção de uma educação científica atualizada
no Ensino Médio / Taíssa Mayumi Abe Gondim Lopes. --
1. ed. -- Brasília, DF : Taíssa Mayumi Abe Gondim
Lopes, 2022.

PDF.

Bibliografia.

ISBN 978-65-00-61721-4

1. Artigos científicos - Coletâneas 2. Ciências
da natureza e suas tecnologias (Ensino médio)
3. Educação científica 4. Ensino médio 5. Língua
inglesa - Estudo e ensino I. Título.

23-144011

CDD-373.011

Índices para catálogo sistemático:

1. Ensino médio : Finalidades e objetivos : Educação
373.011

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino
de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas, da
Universidade de Brasília - UnB

Capa e diagramação - Taíssa Mayumi Abe Gondim Lopes



APRESENTAÇÃO

Prezado(a) colega professor(a),

Apresento a vocês o Manual de Adaptação de Artigos Científicos em Língua Inglesa: uma ferramenta para a promoção de uma educação científica atualizada no Ensino Médio. Este é o produto do meu Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM), desenvolvido sob orientação da Prof.^a Dr.^a Élide Geralda Campos, no âmbito do programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade de Brasília (UnB).

Com a implementação do Novo Ensino Médio, a nova BNCC na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe o desenvolvimento de uma educação científica, isto é, possibilitar aos estudantes a apropriação de conceitos, procedimentos e teorias dos diversos campos da nossa área e aproximá-los de um contexto científico real.


Artigos científicos escritos em língua inglesa são a principal forma de comunicação científica entre cientistas. A possibilidade de introduzi-los no Ensino Médio se apresenta, assim, como um potente recurso didático. Porém, esbarramos em dois problemas: a complexidade do texto científico para leitores leigos e a proficiência dos nossos alunos no idioma.

Você, como professor de Ciências, teria o desafio de aproximar o vocabulário complexo dos textos originais, para que estes sejam compreensíveis aos seus alunos. E, pensando nisso, desenvolvi este manual para que possamos em conjunto trazer a realidade do “fazer ciência” aos nossos alunos.

Vamos juntos?

Taíssa Mayumi Abe Gondim Lopes

Professora de Biologia de Secretaria de Educação do Distrito Federal (SEDF)



SUMÁRIO

POR QUE ADAPTAR?	6
COMO ADAPTAR?	10
Escolhendo o artigo científico.....	10
Considerações importantes no processo de escolha.....	12
Adaptando o texto	13
Título e Resumo	13
Introdução	13
Métodos	14
Resultados	15
Discussão	15
Conclusão	16
Adicionais	16
Checklist para o processo de adaptação dos artigos	17
E NA PRÁTICA?	18
Escolhendo e lendo o artigo original.....	18
O processo de adaptação	20
Mapeamento dos conhecimentos necessários.....	20
Escolha dos resultados.....	20
Reescrita da seção Resultados (Resultados e Discussão)	21
Reescrita da seção Métodos.....	22
Reescrita da seção Introdução	22
Reescrita da seção Discussão.....	23
Reescrita da seção Conclusão.....	23

SUMÁRIO

Reescrita do Título.....	24
Reescrita do Resumo/Abstract.....	24
Revisão do artigo adaptado.....	24
Artigo original: Fish consumption habits of pregnant women in Itaituba, Tapajós River basin, Brazil: risks of mercury contamination as assessed by measuring total mercury in highly consumed piscivore fish species and in hair of pregnant women	25
A adaptação do artigo	25
Artigo adaptado: versão expandida	35
Uma reflexão importante... ..	48
Artigo adaptado: versão condensada.....	50
Artigo original: Mercury Contamination: A Growing Threat to Riverine and Urban Communities in the Brazilian Amazon.....	54
A adaptação do artigo	54
Artigo adaptado: versão expandida	57
Artigo adaptado: versão condensada.....	71
Artigo original: Mercurial contamination: a consumer health risk assessment concerning seafood from a eutrophic estuary in southeastern Brazil	76
A adaptação do artigo	76
Artigo adaptado: versão expandida	79
Artigo adaptado: versão condensada.....	92
POR FIM.....	97
REFERÊNCIAS.....	98



POR QUE ADAPTAR?

A aprendizagem por meio de qualquer gênero textual não é uma tarefa fácil, pois envolve uma variedade de componentes; a aprendizagem utilizando textos científicos é mais desafiadora por frequentemente incluir, além das palavras, figuras - diagramas, gráficos, imagens - símbolos e matemática (YARDEN *et al.*, 2015). Para Goldman e Bizanz (2002), existem três papéis principais na comunicação de informação científica na sociedade e cada um deles é representado por um gênero textual científico:

- A comunicação entre cientistas, que utiliza a Literatura Primária Científica (LPC), os artigos científicos de pesquisa original publicados em revistas profissionais e que geralmente consistem em relatos do trabalho desenvolvido por seu(s) autor(es) - os cientistas;
- A popularização de informação gerada pela comunidade científica, feita pelas Versões Jornalisticamente Reportadas (VRJ), reportagens em jornais e revistas de grande circulação;
- A promoção de educação formal, que utiliza os livros didáticos.

O quadro 1 a seguir apresenta a caracterização destes três gêneros textuais, considerando seus aspectos principais e seu papel na comunicação científica para a sociedade.

Quadro 1 - Tipos de gêneros textuais científicos e suas características.

Aspectos Principais	Gênero do texto científico			
	Literatura Científica	Primária	Versão Jornalisticamente	Reportadas Livros Didáticos
Papel na Sociedade	Comunicação cientistas	entre	Popularização da informação	da Educação formal
Autores	Cientistas		Jornalistas científicos.	Educadores e/ou cientistas
Público-alvo	Cientistas		População em geral	Estudantes
Tipologia textual principal	Argumentativo		Expositivo; argumentativo; narrativo	Expositivo
Conteúdo	Evidências justificativas para embasar conclusões	e	Fatos com evidências e justificativas mínimas	Fatos sem justificativas
Estrutura organizacional	Canônica		Não canônica	Não canônica
Forma de apresentação da ciência	Incerteza		Graus variados de certeza	Certeza

Adaptado de Yarden *et al.* (2015).

Os textos de LPC são vantajosos materiais de ensino de ciências por investigação – a aprendizagem por meio deles fornece aos estudantes acesso direto a um retrato real da natureza da ciência, os expondo a uma atividade investigativa autêntica: a leitura de textos científicos (EPSTEIN, 1970 apud YARDEN *et al.*, 2015). Para o *National Research Council* (NRC) (2012), a investigação científica geralmente se concentra nas atividades manipulativas. Porém, a leitura e a escrita de textos científicos são práticas comuns, contabilizando 50% ou mais do tempo de trabalho de um pesquisador (NORRIS; PHILLIPS, 2008; TENOPIR *et al.*, 2003).


O uso de LPC no ensino superior é muito comum (HOSKINS *et al.*, 2007; KOZERACKI *et al.*, 2006), porém a aprendizagem é difícil - se não impossível - para principiantes. Para expor estudantes de Ensino Médio à linguagem da ciência da forma que esta é comunicada por cientistas, foi desenvolvida uma metodologia que adapta artigos de LPC ao nível de conhecimento de estudantes secundaristas, cujo gênero textual denomina-se Literatura Primária Adaptada (LPA) (FALK *et al.*, 2008).

A LPA, então, é um novo gênero textual que retém muitas das características da LPC, enquanto adapta seus conteúdos para o nível de compreensão de estudantes de Ensino Médio (FALK *et al.*, 2008). O Quadro 2 apresenta a comparação entre as duas.

Quadro 2 - Comparação entre Literatura Primária Adaptada e Literatura Primária Científica

Aspectos Principais	Gênero do texto científico	
	Literatura Primária Adaptada	Literatura Primária Científica
Autores	Educadores e/ou cientistas	Cientistas
Público-alvo	Estudantes de Ensino de Médio	Cientistas
Tipologia textual principal	Argumentativo	Argumentativo
Conteúdo	Evidências e justificativas para embasar conclusões	Evidências e justificativas para embasar conclusões
Estrutura organizacional	Canônica	Canônica
Forma de apresentação da ciência	Incerteza	Incerteza

Adaptado de Yarden *et al.* (2015).



Uma vez que a leitura, a escrita e a análise de LPC são práticas frequentes de cientistas podemos dizer que a aprendizagem por LPA pode proporcionar um contexto científico autêntico para se aprender ciência: a LPA apresentaria ao estudante uma investigação baseada em texto e ofereceria a ele o entendimento da natureza da ciência, assim promovendo a sua educação científica (YARDEN *et al.*, 2015).

COMO ADAPTAR?

O processo de adaptação descrito aqui é baseado no trabalho de Yarden *et al* (2015).

Escolhendo o artigo científico

A escolha do artigo é a etapa mais importante para o processo; afinal, é ele que determina a essência do texto adaptado.

Para a procura e seleção dos artigos, utilize palavras-chave em plataformas digitais de acesso livre, como:

Google acadêmico (<https://scholar.google.com.br>)



Fonte: Google Acadêmico

Versão do buscador estadunidense que organiza textos de literatura acadêmica em diversos formatos de publicação (livros, artigos, teses, dissertações, relatórios técnicos, resumos etc.). Pela sua amplitude e por reconhecidamente não vetar publicações/revistas predatórias, tenha cuidado redobrada na sua seleção.

CORE (<https://core.ac.uk>)



Fonte: Core

Agregador multidisciplinar de acesso livre, com um banco de dados de mais de 200 milhões de artigos, oferecem tanto links para os textos completos no site original ou da própria base. Oferece uma extensão para navegadores de internet que sugere alternativas para versões pagas de artigos.



Directory of Open Access Journals - DOAJ

(<https://doaj.org>)

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

Fonte: DOAJ

Diretório multidisciplinar curado comunitariamente. Tem um arquivo de mais de 2 milhões de arquivos de mais de 17 mil revistas, pesquisáveis por assunto ou palavras-chave.

Public Library of Science - PLOS (<https://plos.org>)



Fonte: PLOS

Organização não-governamental que publica 12 revistas de acesso livre com artigos revistos por pares. O conteúdo é organizado por tópicos em áreas de pesquisa e pode-se utilizar os critérios artigos e/ou periódicos.

ScienceOpen (<https://www.scienceopen.com>)



Fonte: ScienceOpen

Plataforma de publicação e pesquisa, oferece mais de 74 milhões de artigos em todas as áreas da ciência. É necessário o registro para acessar textos completos, mas é de graça.

SciELO (<http://www.scielo.org>)



Fonte: SciELO

Biblioteca digital de revistas de acesso livre, é utilizada para a publicação em países em desenvolvimento (foi criada no Brasil). Constitui uma coleção de mais de mil revistas com mais de meio milhão de artigos de ciências agrárias, humanas e biológicas.



Considerações importantes no processo de escolha:

Utilize artigos de pesquisa original

Outros gêneros de textos científicos como artigos de revisão ou capítulos de livros não são recomendados, pois não possuem as características essenciais de um artigo científico

Conheça seu público-alvo

Tópicos relevantes para a vida do aluno farão com que ele tenha interesse e motivação para a leitura

Verifique a relação do artigo escolhido com o conteúdo curricular a ser estudado e leve em conta o conhecimento prévio do seu aluno

Não adianta introduzir um texto sobre Epigenética, por exemplo, se o seu aluno não tem conhecimento nenhum sobre DNA

Também é importante estabelecer a credibilidade da fonte

Se for usado como fonte principal de informação, dê preferência a artigos de revista com maior fator de impacto (maior importância na área estudada = maior credibilidade); se for usado de forma complementar, pode-se utilizar artigos menos centrais na área de concentração

A abordagem de pesquisa deve ser clara e lógica: dê preferência a artigos que descrevam um experimento com um ou poucos passos intimamente relacionados e que apresentem resultados escritos de forma direta. Melhor ainda se forem combinados com ilustrações que complementem o texto

Se for usar mais de um artigo para ensinar um tópico, escolha formas variadas de assuntos de pesquisa, organismos experimentais e abordagens



Adaptando o texto

O artigo adaptado é uma reescrita do original com a retenção da função de cada seção (Resumo, Introdução, Métodos, Resultados, Discussão e Conclusão). Agora discutiremos o que deve ser feito em cada uma delas. Para a ordem de adaptação, confira a Checklist na página 17.

Título e Resumo

Tanto o Título quanto o Resumo têm por objetivo fornecer uma apresentação concisa da pesquisa.


O Título muitas vezes inclui termos profissionais que são desconhecidos por estudantes de ensino médio. Como sugestão, elimine os termos técnicos e profissionais, retendo a essência do original.


Recomenda-se que o Resumo seja reescrito ao final do processo de adaptação. A estrutura é a mesma da original: duas ou mais frases representando cada seção do artigo, não esquecendo de incluir objetivo e problema de pesquisa na Introdução.

Outra sugestão: para tentar estimular o uso da língua inglesa pelos alunos, se possível, faça um Abstract adaptado também.

Introdução

A Introdução fornece a fundamentação do artigo, partindo de uma discussão geral para a questão/hipótese particular, declarando o objetivo da pesquisa. Também tem por função atrair o interesse do leitor para o tópico.





É nesta parte que se deve fazer o mapeamento dos conhecimentos prévios necessários à compreensão do artigo: faça uma lista de termos e processos que são essenciais para o entendimento.

A partir daqui, planeje o que vai ser explicado e o que pode ser omitido. A explicação pode e deve acrescentar conhecimento básico para o aluno, mesmo que não esteja presente no original (lembre-se do público-alvo: artigos científicos primários são escritos de cientistas para cientistas especialistas na mesma, então o conhecimento fica subentendido).

Não é necessário adaptar todas as frases da Introdução, apenas aquelas que são essenciais para o entendimento do artigo, que estabelece as bases do artigo adaptado ou tenta demonstrar possíveis justificativas para o estudo específico.


Finalize a introdução com o objetivo do estudo e com o problema da pesquisa.

Métodos

A seção Métodos no artigo original geralmente é uma descrição, em níveis variados de detalhes, dos materiais e/ou sujeitos da pesquisa, assim, como dos procedimentos.

Para o artigo adaptado faça uma descrição geral do que foi utilizado. O detalhamento original é uma forma de garantir a repetibilidade do procedimento por outros cientistas, o que se torna irrelevante e até dificultaria a compreensão do artigo.

Dê ênfase aos princípios básicos do Método, que geralmente são omitidos (são de conhecimento geral dos cientistas, mas essenciais para os leigos). Se possível, adicione ilustrações.





Resultados

Nos Resultados descreve-se o que foi descoberto a partir da manipulação de dados obtidos utilizando-se o descrito na seção Métodos e faz-se afirmação limitadas acerca do descoberto, com graus variáveis de comentários a parte.

Para a adaptação, restrinja-se aos resultados que respondam ao problema de pesquisa, omitindo os de pouca importância para os estudantes ou que necessitem de muita informação prévia desconhecida.

Recomenda-se manter as principais figuras, com poucas modificações ou omissões.

Discussão

A Discussão tem por objetivo explicar os resultados, levantar hipóteses sobre eles e estabelecer conexões com conhecimentos gerais apresentados na Introdução.

Adicione detalhes para a adequação do conhecimento prévio do leitor, mas apresente apenas o que é relevante para os resultados obtidos.

Aqui você pode adicionar também possíveis controvérsias e outros trabalhos que mostrem evidências contrastantes. Isso demonstra uma característica do artigo original que geralmente é omitida em livros didáticos ou outros textos escritos para leigos: a incerteza da ciência.

Algumas vezes Resultados e Discussão podem ser apresentados juntos no artigo original. Fica a critério pessoal a escolha de manter ou separar as duas seções.



Conclusão

Como o próprio nome diz, a Conclusão é a finalização do texto científico. Desta forma, lembre-se que não há novidades e nem se repete o que já foi apresentado em outras partes.

Apresentar a retomada do objetivo e/ou problema de pesquisa é componente obrigatório desta seção. Outras partes podem ser adicionadas como as possíveis contribuições decorrentes do trabalho realizado, questões abertas para futuras pesquisas e as limitações do estudo (essas últimas também retomam a incerteza da ciência!)

Adicionais

Além da estrutura básica, pode-se adicionar ao texto partes para facilitar a compreensão como

- Um parágrafo explicando contribuição, relevância e importância do trabalho do artigo original para o entendimento dos processos científicos. Isso fornece uma visão global da pesquisa e sua importância e ajuda os estudantes a entenderem, em um contexto adequado, a pesquisa que estão lendo.
- Definições e explicações de termos nas margens, próximas a primeira menção no texto adaptado.
- Perguntas reflexivas nas margens ao longo do texto, para desafiar os estudantes a pensar sobre a pesquisa a partir de perspectivas múltiplas.



Checklist para o processo de adaptação de artigos científicos

- Escolha e leitura cuidadosa do artigo original
- Mapeamento de conhecimentos prévios
- Escolha dos resultados e da forma de representação dos dados
- Reescrita da seção Resultados (ou Resultados e Discussão)
- Reescrita da seção Métodos
- Reescrita da seção Introdução
- (Reescrita da seção Discussão)
- Reescrita da seção Conclusão
- Reescrita do Título
- Reescrita do Resumo/Abstract
- Revisão do artigo adaptado

E NA PRÁTICA?

Na teoria, o processo de adaptação de um artigo científico parece seguir um padrão direto, com etapas bem determinadas. Não podemos, no entanto, esquecer que existe uma complexidade inerente dos textos científicos, que se agrava ainda mais se considerarmos que muitos de nós professores, assim como nossos alunos, também não somos proficientes em inglês.

Como seria, então, a adaptação na prática? Nesta seção do manual, relatarei como fiz a seleção e adaptação de três artigos científicos, seguindo o passo-a-passo aqui apresentado e, sempre que possível, ilustrando e fazendo comentários que possam tentar esclarecer dúvidas em potencial.

Escolhendo e lendo o artigo original

O primeiro passo que decidi foi escolher uma temática: a contaminação por mercúrio. É um tema relevante e atual, mas pouco abordado em sala de aula, envolve aspectos interdisciplinares dentro da Biologia (bioquímica, ecologia, fisiologia etc.).

Com isso em mente, passei a busca dos artigos para a leitura. Das plataformas indicadas (páginas 10 e 11), escolhi o DOAJ e utilizei como palavras-chave *mercury e contamination*, como filtro o ano de publicação (2022) e ordenei os artigos do mais recente ao antigo.

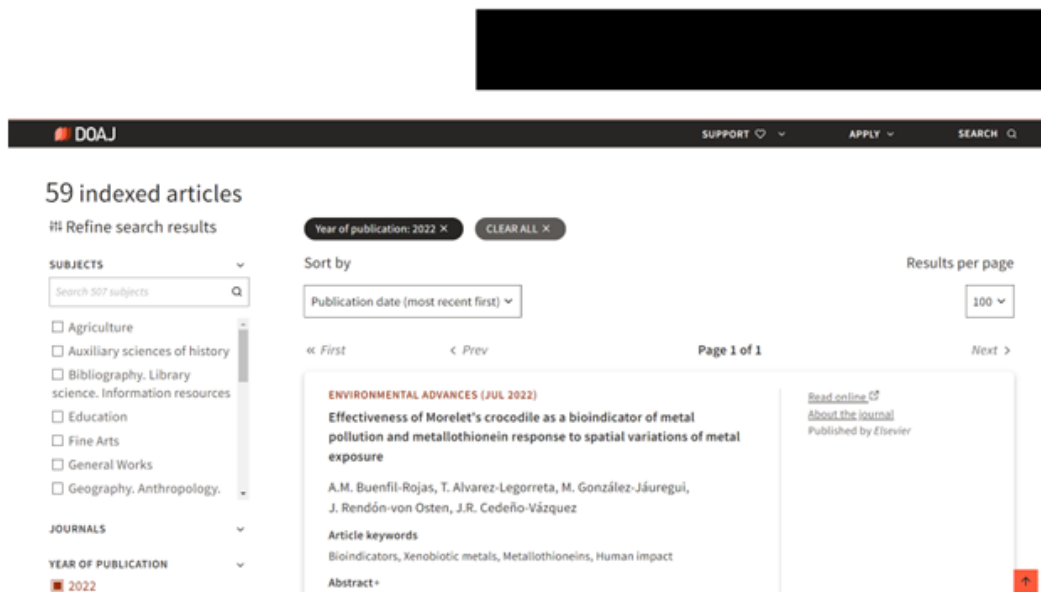


Figura 1 - Página de resultados da pesquisa sobre contaminação de mercúrio extraída do DOAJ (2022)

Dos 59 artigos indexados, utilizei primeiro como critério de exclusão os que não tratavam de contaminação por mercúrio e eram artigos de revisão; sobraram 47, dos quais selecionei três que tratavam de contaminação da água por mercúrio no Brasil, além de abordarem ação antrópica e frutos do mar.



Reforçando:
Nunca esqueça do seu público-alvo. Boa parte destes artigos, tratavam de mineração em países asiáticos, portanto, bem longe da realidade da maioria dos nossos estudantes!

Com isso, os artigos selecionados foram:

- Fish consumption habits of pregnant women in Itaituba, Tapajós River basin, Brazil: risks of mercury contamination as assessed by measuring total mercury in highly consumed piscivore fish species and in hair of pregnant women
- Mercury Contamination: A Growing Threat to Riverine and Urban Communities in the Brazilian Amazon
- Mercurial contamination: a consumer health risk assessment concerning seafood from a eutrophic estuary in southeastern Brazil



O processo de adaptação

A partir de agora, descreverei o processo de adaptação de uma maneira geral e na ordem da Checklist da página 17 e depois comentarei sobre as particularidades de cada artigo. Os textos adaptados estão ao final de cada descrição e você, colega, pode utilizá-los na sua prática docente (fique à vontade).

Mapeamento dos conhecimentos necessários

Iniciei com a leitura de todo o texto, com atenção especial à Introdução para a identificação de conteúdos que devem ser tratados previamente. Utilizei como guia as três competências específicas de Ciências da Natureza apresentadas na BNCC e as habilidades utilizadas estão na versão expandida dos artigos adaptados.

Sugestão:

Se você está tendo alguma dificuldade na leitura do texto em inglês, procure artigos que possuem a mesma temática em português.

Escolha dos resultados

O objetivo do estudo, apresentado na Introdução, é que guiará suas escolhas dos resultados e, conseqüentemente, o que você trará nas outras seções do artigo adaptado. Procurei manter os resultados, utilizando as figuras originais com o mínimo de alteração possível.

Sugestão:

As legendas das figuras e tabelas são textos de leitura simples, então, uma forma de estimular a familiarização com a língua inglesa é deixá-las na forma original, sem adaptação ou tradução total.

Reescrita da seção Resultados (Resultados e Discussão)

Os resultados podem ser apresentados em uma seção única ou em conjunto com a discussão no artigo original. O que descrevi aqui é válido para as duas formas. Descrevi a seção Discussão individualmente mais à frente.


Para cada figura ou tabela, a maneira mais simplificada e direta que encontrei foi a seguinte: breve introdução sobre o elemento a ser utilizado (gráfico, tabela, figura) e sobre qual resultado ele trata; apresentação desse elemento; e comentários a respeito do resultado encontrado.



Figura 2 - Esquema da construção da escrita para apresentação dos Resultados e Discussão

As figuras desta seção podem ser preservadas sem tradução, modificando apenas legenda ou notas de rodapé; as tabelas, no entanto, podem ser traduzidas e/ou sofrerem alterações mínimas.

Os comentários consistiram em destacar os resultados relevantes e apresentar um contraste a informações apresentadas por outros estudos (discussão). Muitas vezes, porém, a forma como é apresentada no texto corrido fica confusa, especialmente devido à quantidade de números, por exemplo.



Para resolver esta questão, algumas medidas podem ser adotadas:

- Omissão de dados;
- Condensação de dados de estudos anteriores;
- Apresentação de dados de outra forma (como uma tabela, por exemplo).

Reescrita da seção Métodos

Tudo o que explica como os resultados escolhidos foram obtidos deve ser reescrito de maneira geral, sem muitos detalhes; o que envolve a reprodutibilidade do experimento não é necessário para o conhecimento do aluno (reagentes, programas de análise estatística, por exemplo).

Reescrita da seção Introdução

Para a reescrita da Introdução vale lembrar dos papéis que ela possui: atrair o leitor e apresentar as bases essenciais para o entendimento do artigo.

Esta seção deve ter uma transição do geral para o particular, com uma interligação entre os dois, de maneira embasada e justificada.

Após o estabelecimento destas conexões, apresenta-se o objetivo do estudo e o problema de pesquisa.

No decorrer do texto foram inseridas caixas de comentários para esclarecer termos aos estudantes (o que eu já havia mencionado na parte de Adicionais, página 16).

Reescrita da seção Discussão

A Discussão, como havia mencionado anteriormente, pode ser apresentada de forma separada dos Resultados. A melhor maneira de adaptar essa seção é, tendo em mente os objetivos do trabalho, apresentar de forma breve os resultados que levam a eles e fazer comentários e apresentar outros estudos que comprovam ou contradizem os dados.




Figura 3 - Esquema da construção da escrita para apresentação da Discussão

Pode se pensar que a Discussão é o caminho inverso da Introdução: parte-se do particular em direção ao geral.

Reescrita da seção Conclusão

A reescrita da seção Conclusão preserva a finalidade estabelecida tal como a do artigo original: o essencial desta seção é responder se o objetivo foi alcançado e/ou se o problema de pesquisa foi respondido.



Aqui também foram apresentados outros elementos como recomendações e sugestões futuras (mencionei essas possibilidades na página 16) e as limitações do estudo.

Reescrita do Título

Muitas vezes o Título do artigo é longo e, embora seja explicativo, não chama a atenção do leitor.


Tendo em mente que um bom título apresenta a pesquisa a ser realizada de maneira sucinta: estabeleci três pontos necessários que ele deve apresentar: o que é o estudo e onde e como ele foi feito.

Reescrita do Resumo/Abstract

A reescrita do Resumo/Abstract seguiu o que mencionei na página 13: reescrever cada seção em uma ou duas frases, agora utilizando o artigo adaptado como base.

Revisão do artigo adaptado

Depois de todas as etapas finalizadas, realizei uma verificação geral do texto: utilizei o corretor do editor de texto, para verificar se havia erros de ortografia ou concordância e conferi se a numeração das figuras e tabelas estavam na ordem correta.



Fazer a leitura o artigo adaptado por inteiro é essencial também, para verificar a consistência com o entendimento dos alunos: se há conceitos essenciais não explicados ou palavras complexas demais para a compreensão. Minha sugestão é manter o texto, sempre que possível, em ordem direta (sujeito + verbo + predicado), pois torna essa estrutura torna a leitura mais fácil.

Artigo original: Fish consumption habits of pregnant women in Itaituba, Tapajós River basin, Brazil: risks of mercury contamination as assessed by measuring total mercury in highly consumed piscivore fish species and in hair of pregnant women

Link para acesso: <https://doi.org/10.2478/aiht-2022-73-3611>

Escrito por Bezerra de Oliveira e colaboradores, foi publicado no periódico *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* em julho de 2022.

A adaptação do artigo

Após a leitura de todo o texto, e em especial da Introdução, identifiquei que era importante o aluno já ter tido contato com conceitos em Ecologia (cadeia alimentar, níveis tróficos, classificação quanto ao tipo de alimentação).

O objetivo do estudo foi identificar se há risco de contaminação por mercúrio devido ao consumo de peixes, em mulheres grávidas no município de Itaituba, no Pará. Assim, são essenciais os dados que tratam da concentração de mercúrio nos peixes e nas mulheres grávidas e como se dá esse consumo. Desta forma, selecionei os



resultados a seguir, que podem ser divididos em duas categorias:

- Consumo de peixes: quais peixes e, dentre eles, quais são mais consumidos; qual o tamanho e a relação do tamanho com a concentração total de mercúrio (THg); e qual foi o THg medida nos peixes.
- Mulheres grávidas: THg medida nos fios de cabelo; relação entre THg nelas e a quantidade de peixe consumido; e a comparação de THg com padrões de risco estabelecidos.

Os resultados foram apresentados em duas figuras (um gráfico e uma imagem de mapa) e sete tabelas que foram aproveitados no artigo adaptado.

Escolhi manter também a subdivisão da seção que foi apresentada no artigo original: Consumo de peixes; Concentração total de mercúrio em peixes; e Concentração total de mercúrio no cabelo e riscos associados. Como mencionado na página 21, para a apresentação dos resultados foi feita breve introdução sobre o elemento a ser utilizado, apresentação desse elemento e comentários a respeito do resultado encontrado.

Assim, por exemplo, o primeiro parágrafo que originalmente foi escrito da forma abaixo:

Our participants declared consuming 21 fish species during pregnancy (Table 1), 13 of which are non-piscivorous. Piscivorous *Cicla* spp. and *P. squamosissimus* were at the top of consumed fish in that group, as reported by 44 and 67 % of participants, respectively.

Figura 4 - Trecho extraído da seção Resultados e Discussão do artigo original
Fonte: Bezerra de Oliveira *et al.* (2022)

Foi reescrito (e traduzido) da maneira descrita a seguir:



Introdução à
Tabela

As participantes da pesquisa declararam consumir 21 espécies de peixes durante a gestação, que estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Espécies de peixes consumidas por gestantes (n=110) de Itaituba, Brasil

Nome do peixe (nome científico)	Participantes que comem o peixe listado (N)	Porcentagem (%)	Classificação do peixe conforme a alimentação
Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	90	82	Frugívoro
Pescada branca (<i>Plagioscion squamosissimus</i>)	74	67	Piscívoro
Pacú (<i>Serrasalmidae</i> spp.)	60	54	Frugívoro
Tucunaré (<i>Cichla</i> spp.)	49	44	Piscívoro
Aracú (<i>Leporinus</i> spp.)	41	37	Omnívoro
Caratinga (<i>Geophagus</i> spp.)	40	36	Omnívoro
Surubim (<i>Pseudoplatystoma</i> spp.)	37	33	Piscívoro
Charutinho (<i>Hemiodus</i> spp.)	35	30	Omnívoro
Dourada (<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>)	35	30	Carnívoro
Filhote (<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>)	35	30	Carnívoro
Pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>)	30	27	Piscívoro
Curimatá (<i>Prochilodus nigricans</i>)	28	25	Detritívoro
Aoari (<i>Pterygoplichthys</i> spp.)	22	20	Detritívoro
Matrinxã (<i>Brycon</i> spp.)	22	20	Omnívoro
Aruaná (<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>)	21	19	Carnívoro
Pirarara (<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>)	21	19	Omnívoro
Apapá (<i>Pellona</i> spp.)	18	16	Carnívoro
Piau (<i>Anostomidae</i> spp.)	16	14	Detritívoro
Pirapitinga (<i>Piaractus brachipomus</i>)	16	14	Frugívoro
Jaraqui (<i>Semaprochilodus</i> spp.)	2	2	Detritívoro
Mapará (<i>Hypophthalmus</i> spp.)	2	2	Planctívoro

Apresentação
dos dados

Comentário
sobre os dados
apresentados

Observou-se que tanto o tucunaré (*Cichla* spp.) quanto a pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*), as duas espécies foco deste estudo, estão entre as principais espécies consumidas.

Figura 5 - Trecho do artigo adaptado correspondente ao da Figura 4

Em relação às figuras, preservei elas sem tradução, modificando apenas legenda ou notas de rodapé; as tabelas, no entanto, foram traduzidas e/ou sofreram alteração, como por exemplo, na Tabela 2. Eu removi os dados de tamanho padrão dos peixes (considereei a informação redundante, pois já se apresentou o tamanho total) e na Tabela 3, onde removi as informações sobre quartis (poderiam ser mantidas,

caso os alunos tenham tido aulas de estatística básica).

Para resolver os problemas mencionados na página 21 sobre a confusão na apresentação dos dados foram feitos, por exemplo:

- Omissão de dado como na Figura 6 (artigo original) e Figura 7 (trecho adaptado).

Although mean hair THg concentration found in this study (1.6 ± 0.2 mg/kg) is below that of the Barreiras community close to Itaituba (10.38 mg/kg) (13), it is nevertheless quite higher than those recorded in women of childbearing age from Barreiras and São Luis do Tapajós (villages close to Itaituba) between 1999 and 2012 (1.07 ± 0.03 and 0.74 ± 0.05 mg/kg, respectively) (84) and between hair THg concentrations found in women of childbearing age living in Santarém (300,000 inhabitants, a city located at the confluence of the Tapajós and Amazon Rivers) and Oriximiná (63,000

Figura 6 - Trecho extraído da seção Resultados e Discussão do artigo original
Fonte: Bezerra de Oliveira *et al.* (2022)

O texto apresenta informações de várias cidades, mas apenas duas são próximas à Itaituba e, destas, apenas Barreiras apresenta dados atuais.

Comparadas a dados brasileiros, avaliados em mulheres em idade fértil na comunidade de Barreiras (próxima a Itaituba), as THg capilares encontradas aqui são menores (THg = 10,38 mg/kg), mas, maiores que as registradas no período de 1999 a 2012 (THg = $1,07 \pm 0,03$ mg/kg).

Figura 7 - Trecho do artigo adaptado correspondente ao da Figura 6

- Condensação de dados de estudos anteriores, como, por exemplo, o exposto na Figura 8 (artigo original) e Figura 9 (trecho adaptado).

Previous studies have shown that non-piscivorous fish from the Tapajós River basin have considerably lower THg concentrations than piscivorous fish: 0.18 vs 1.66 mg/kg (8), 0.03–0.30 mg/kg vs 0.40–1.51 mg/kg (40), 0.095 vs 0.297 mg/kg (36), 0.05–0.08 vs 0.37–0.84 mg/kg (39), and 0.01–0.04 vs 0.12–0.66 mg/kg (89), respectively.

Figura 8 - Trecho extraído da seção Resultados e Discussão do artigo original
Fonte: Bezerra de Oliveira *et al.* (2022)

Foram apresentados muitos valores de referência e de maneira distintas (valores absolutos ou intervalos).

Estudos prévios mostraram que espécies não-piscívoras do Rio Tapajós possuem concentrações de THg consideravelmente menores que espécies piscívoras (variam entre 0,03 e 0,3 mg/kg em não-piscívoras; e entre 0,03 e 1,66 mg/kg para as piscívoras).

Figura 9 - Trecho do artigo adaptado correspondente ao da Figura 8

Identifiquei os valores mínimos e máximos e estabeleci um novo intervalo abrangendo todos os valores apresentados para cada um dos tipos de espécie.

- Compilação de dados em forma de tabela, como, por exemplo, o exposto na Figura 10 (artigo original) e Figura 11 (trecho adaptado).

range and even below those measured in our study: lower cognitive scores in six month-old US children associated with maternal hair THg concentration of 0.55 mg/kg (78, 79), impairment in behavioural ability in Chinese newborns associated with maternal hair THg concentration of 1.25 mg/kg (80), and lower psychomotor development index in 30-month-old Seychelles children associated with maternal hair THg concentration of 5.7 mg/kg (81). In indigenous Suriname communities, preterm birth (<37 weeks) was associated with maternal hair THg concentration of 3.5 mg/kg (82), and Michigan women who delivered too early (<35 weeks) had hair THg concentrations between 0.55 and 2.5 mg/kg (83).

Figura 10 - Trecho extraído da seção Resultados e Discussão do artigo original
Fonte: Bezerra de Oliveira *et al.* (2022)


A forma como os dados são apresentados seguem um padrão: efeito adverso, local e a THg associada, mas fica confuso ao lermos o texto corrido.

Efeitos adversos, no entanto, já foram relatos em concentrações inferiores às encontradas, como mostra a Tabela 8 abaixo:

Tabela 8 - Relação entre THg capilar materna (mg/kg) e efeitos adversos observados mundialmente

Efeito adverso e local	THg capilar materna (mg/kg)
Baixa cognição em crianças (Estados Unidos)	0,55
Prejuízos nas habilidades comportamentais em recém-nascidos (China)	1,25
Baixo desenvolvimento psicomotores em crianças (Seychelles)	5,7
Parto prematuro anterior a 37 semanas em comunidades indígenas (Suriname)	3,5
Parto prematuro anterior a 35 semanas em mulheres do estado de Michigan (Estados Unidos)	0,55 a 2,5

Figura 11 - Trecho do artigo adaptado correspondente ao da Figura 10



A apresentação dos dados na forma de tabela facilita a visualização e comparação entre os parâmetros.

Para reescrever a seção *Métodos* preservei a maior parte da subdivisão do artigo original, retirando apenas a descrição da análise estatística (não é compatível como o que é aprendido por alunos do Ensino Médio).

Omiti detalhes como o nome dos reagentes, como os peixes foram cortados, a que temperatura foram armazenados etc. Preservei do artigo original um mapa para situar a localização da área de estudo e um gráfico com a variação do nível do rio, que é um dado que é apresentado na seção *Resultados*. Todas permaneceram em língua inglesa, com a tradução apenas de legenda.

Aqui também foi inserida uma figura de um esquema elaborado por mim. Para a análise de mercúrio, o texto apenas menciona que foi utilizado um analisador direto de mercúrio, fazendo a descrição da máquina e citando valores de referência. Não se explica, porém, o processo em si (apenas cita brevemente as etapas) e isso se alinha com o que escrevi na página 14, sobre a seção *Métodos*: o que foi apresentado seria de conhecimento básico para o cientista que irá reproduzir esse experimento, mas que não é sabido pelo nosso público-alvo, o aluno.

Em alguns casos, como foi este, também não é de conhecimento de quem adapta o artigo. Portanto, procurei entender: busquei o manual de instruções (por meio de uma pesquisa na *internet*) e, com isso, construí a Figura 12 a seguir.

Analizador direto de mercúrio

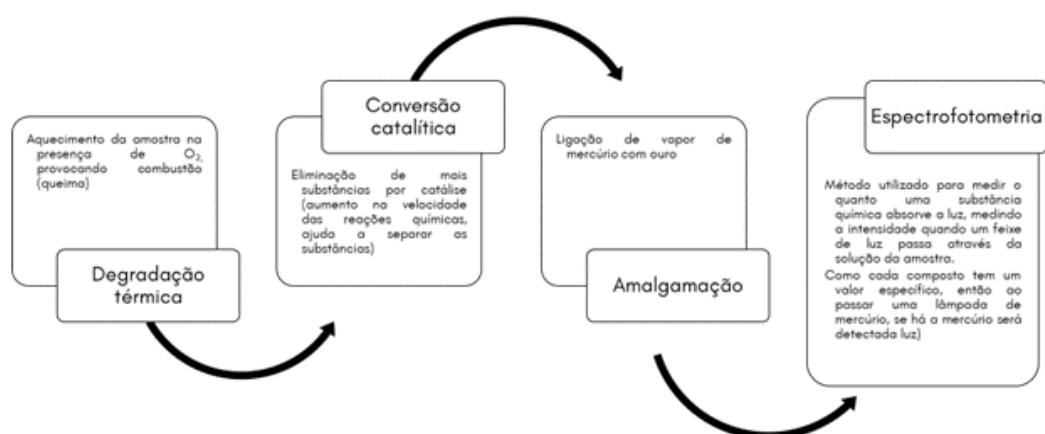


Figura 12 - Esquema explicando o funcionamento do analisador direto de mercúrio

É um esquema bem simplificado, com explicações gerais extraídas do manual de instruções do fabricante da máquina.

Sugestão:

A escolha da apresentação do analisador foi pessoal (considere interessante explicar como funciona). Mas, devido à complexidade dos processos, considere outras duas possibilidades: suprimir o esquema ou apresentar uma explicação vinda de você, professor ou de algum colega de outra área de conhecimento (é importante buscarmos a interdisciplinaridade!).

Observação:

Com a inserção de elementos extras (figuras, tabelas e quadros), atente-se a renumeração das que serão aproveitadas no artigo adaptado.



Para a Introdução do artigo adaptado, iniciei tratando do geral, contaminação por mercúrio da água, e cheguei ao particular, que é a contaminação por mercúrio em mulheres grávidas. Foi preciso acrescentar informações como riscos à saúde humana e como ocorre a contaminação em seres humanos para interligar os dois tópicos.

Após o estabelecimento destas conexões, apresentei o objetivo do estudo (estabelecer a THg no tucunaré e na pescada branca durante o período de 12 meses e comparar com a THg dos cabelos de mães que deram à luz no Hospital Municipal de Itaituba, no Pará) e o problema de pesquisa (a exposição ao mercúrio aumenta o risco à saúde de mulheres grávidas e seus futuros recém-nascidos?).

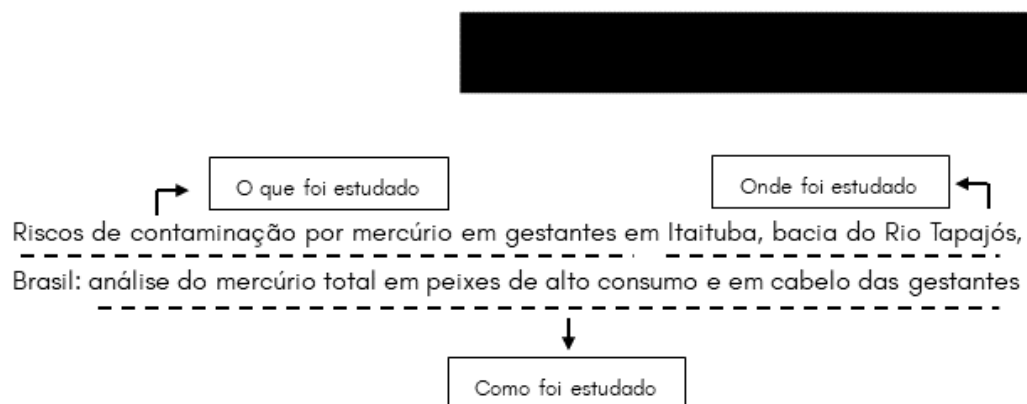
A reescrita da Conclusão seguiu o que foi apresentado nas páginas 23 e 24: responder se o objetivo foi alcançado e/ou se o problema de pesquisa foi respondido; recomendações e sugestões futuras. As limitações do estudo foram apresentadas originalmente na seção Resultados e Discussão, mas achei conveniente deslocar para a Conclusão.

A tradução literal do Título do artigo original se apresentaria desta maneira:

Hábitos de consumo de peixes em gestantes em Itaituba, bacia do Rio Tapajós, Brasil: riscos de contaminação por mercúrio detectados pela medição de mercúrio total em espécies de peixes piscívoros de alto consumo e em cabelo de gestantes

Tendo em mente os três pontos necessários mencionados na página 24: o que é o estudo e onde e como ele foi feito, o título do artigo adaptada ficou assim:





A reescrita do Resumo/Abstract seguiu o que mencionei na página 13 e reforçado na página 24: uma ou duas frases, agora utilizando o artigo adaptado como base.

Artigo adaptado: versão expandida

Riscos de contaminação por mercúrio em gestantes em Itaituba, bacia do Rio Tapajós, Brasil: análise do mercúrio total em peixes de alto consumo e em cabelo das gestantes

Resumo

A mineração artesanal de ouro na região Amazônica gera diversos impactos no ambiente, especialmente devido à contaminação da água dos rios com mercúrio. Neste estudo, foram avaliados o hábito de consumo de peixes de 110 gestantes da cidade de Itaituba e a exposição delas ao mercúrio, medindo o nível de concentração de mercúrio total (THg) em seus cabelos. Também foram avaliadas as THg de duas espécies (tucunaré e pescada branca) muito consumidas pelas participantes, nas estações seca e chuvosa. Durante a estação seca não há diferença significativa na THg entre as duas espécies, porém o tucunaré apresentou variação entre as duas estações, tendo uma redução de THg na chuvosa. A média de THg registrada no cabelo das gestantes ($1,6 \pm 1,5$ mg/kg) está acima da dose de referência determinada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USA EPA), que é de 1,0 mg/kg. As concentrações registradas na pescada branca em ambas as estações e no tucunaré na seca também estão acima do limite de segurança determinados pelo mesmo órgão, de 0,5 mg/kg. Os resultados indicam que gestantes devem evitar o consumo desses peixes durante a gravidez e que é necessário um programa contínuo de monitoramento de mercúrio na região.

Abstract

Artisanal gold mining in the Amazon region causes several impacts on the environment, especially due to the contamination of river water with mercury (Hg). In this study, the fish consumption habits of 110 pregnant women in the city of Itaituba and their exposure to Hg were evaluated, measuring the level of total mercury concentration (THg) in their hair. The THg of two species (tucunaré and pescada branca) highly consumed by the participants were evaluated in both dry and rainy seasons. During the dry season, there is no significant difference in THg between the two species, but tucunaré showed variation between the two seasons, with a reduction of THg in the rainy one. The average THg recorded in the hair of pregnant women (1.6 ± 1.5 mg/kg) is above the reference dose determined by the United States Environmental Protection Agency (USA EPA), which is 1.0 mg/kg. The concentrations recorded in pescada branca in both seasons and in tucunaré in the dry season are also above the safety limit determined by the same agency (0.5 mg/kg). These results indicate that pregnant women should avoid consuming these fish during pregnancy and that a regular program to monitor Hg levels is needed in the region.

Introdução

A mineração artesanal de ouro na região Amazônica gera diversos impactos no ambiente. Além do desflorestamento e da degradação da floresta, esta prática lança, desde 1970, 200 toneladas de mercúrio (Hg) por ano no ambiente. Quando lançado nos rios, o mercúrio usado na extração de ouro passa por um processo chamado metilação, formando um composto altamente tóxico chamado de metilmercúrio (MeHg), que sofre biomagnificação.

Biomagnificação: é o acúmulo de substâncias químicas ao longo da cadeia alimentar.

O MeHg é neurotóxico e atravessa barreiras biológicas como a hematoencefálica e a placenta. Há estudos na bacia Amazônica que relatam prejuízos cognitivos em crianças, nas funções motoras e visuais, no sistema imune, causam genotoxicidade e mudanças na pressão sanguínea. Mulheres grávidas e seus fetos são particularmente mais susceptíveis a esses riscos de saúde.

Barreira hematoencefálica é uma estrutura composta por três tipos de células que reveste os vasos sanguíneos, funcionando como um filtro e permitindo que algumas poucas substâncias entrem em contato direto com o cérebro.

Genotoxicidade é a capacidade que algumas substâncias têm de induzir alterações no material genético de organismos a elas expostos.

A principal fonte de transferência de MeHg para humanos é por meio da biota aquática e dos peixes, com cerca de 85 a 95% da concentração de mercúrio total (THg) encontrada nos tecidos de peixes herbívoros e piscívoros. Além da mineração de ouro, existem outras formas de poluição aquática por mercúrio, como a construção de barragens e a presença natural de mercúrio no solo - liberado por meio da erosão e uso da terra para agricultura. Com a estação chuvosa, o nível dos rios aumenta e ocorre alagamento de grandes áreas. Essas áreas alagadas, segundo estudos, podem aumentar o nível de MeHg no ambiente aquático.

O grande tamanho da região, o uso intensivo da terra, as queimadas nas florestas, a mineração artesanal de ouro: todos esses fatores dificultam o cálculo dos possíveis riscos à saúde da população local em contato direto com Hg. Os peixes, porém, podem ser úteis para o seu biomonitoramento no ambiente, pois são a principal fonte de proteína para a população local (seu consumo pode chegar até nove refeições por

semana). Estabelecer a THg pode fornecer uma estimativa razoável de exposição ao MeHg, uma vez que ele representa mais de 95% da THg em peixes piscívoros na região.

Entre os peixes da região, alguns são mais consumidos que outros (saborosos e em grande quantidade) como tucunará (*Cichla* spp.) e a pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*), que foram as espécies escolhidas para este estudo - ambos são piscívoros e estão disponíveis o ano inteiro.

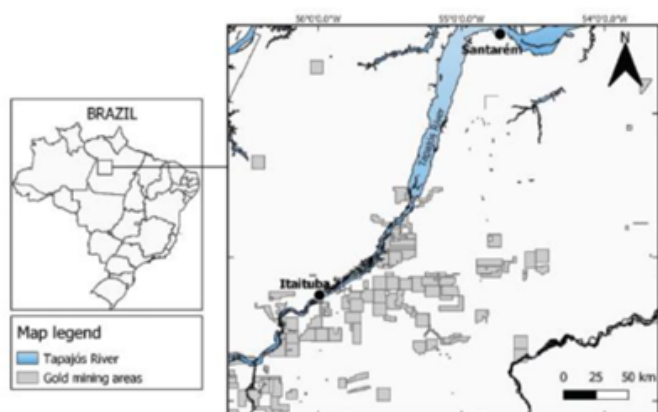
O objetivo do trabalho foi estabelecer a THg no tucunará e na pescada branca durante o período de 12 meses e comparar com a THg dos cabelos de mães que deram à luz no Hospital Municipal de Itaituba, no Pará. Assim, pode se verificar se a exposição ao mercúrio aumenta o risco à saúde de mulheres grávidas e seus futuros recém-nascidos.

Métodos

Área do estudo

O município de Itaituba fica na bacia do Rio Tapajós, na região sudoeste do estado do Pará, no Brasil. É centro de referência de saúde para outros municípios (Aveiro, Jacarecanga, Novo Progresso, Rurópolis e Trairão) e recebe pacientes de comunidades ribeirinhas, zona rural, floresta e áreas de mineração (Figura 1).

Figura 1 - Posição geográfica de Itaituba



Participantes da pesquisa

Participaram do estudo 110 mulheres grávidas (idade entre 18 e 40 anos), que deram entrada no hospital municipal de Itaituba para o parto. Elas responderam um questionário que coletou:

- Dados sociodemográficos: residência, idade, escolaridade, estado civil, etnia, profissão.
- Estado de saúde: peso, altura, pressão arterial.
- Informação sobre consumo de peixes: qual espécies eram consumidas e qual a quantidade estimada (em gramas) por semana.

Amostragem do cabelo

Foram coletados 4 cm dos fios de cabelo das participantes do estudo, para a análise de concentração de mercúrio, obtendo a média de concentração de mercúrio dos últimos quatro meses de gestação (o cabelo cresce em média 1 cm por mês).

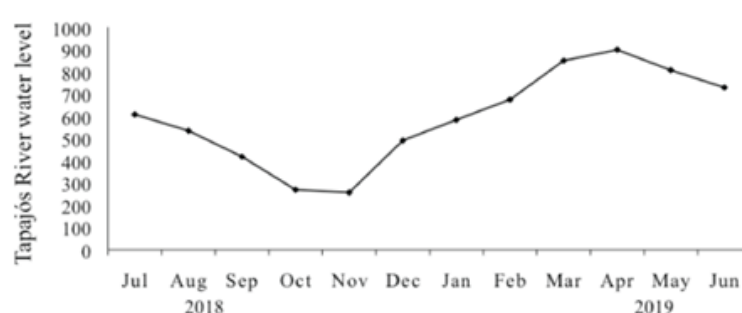
Amostragem de peixes e informações do nível do rio

Foram escolhidas duas espécies de peixe para serem analisadas: o tucunaré (*Cichla* spp.) e a pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*). São peixes predominantemente piscívoros e são vendidos nos mercados durante o ano todo.

Todas as amostras foram compradas dos mesmos pescadores, que relatam ter pescado nos pequenos lagos em torno da vila de São Luiz do Tapajós (próximo a Itaituba). Essa área recebe água de pequenos afluentes da região onde ocorre mineração de ouro artesanal.

Os peixes foram comprados no período de julho de 2018 a junho de 2019, e foram divididos em dois grupos: período seco e período chuvoso (nível baixo e nível alto do rio). A Figura 2 apresenta a variação do nível de água do rio neste período.

Figura 2 - Variação do nível d'água do Rio Tapajós (cm) em Itaituba, entre julho 2018 e junho de 2019

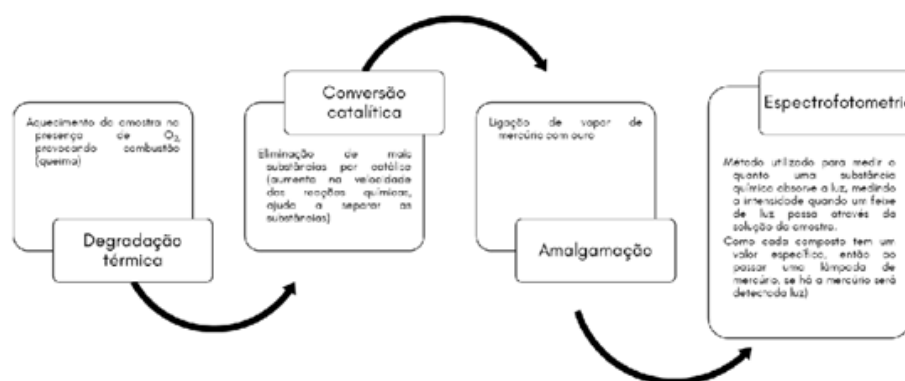


Análise de mercúrio total

As amostras de cabelo e peixe foram inseridas em um analisador direto de mercúrio, que funciona como no esquema abaixo:

Figura 3 - Esquema explicativo das fases do funcionamento do analisador direto de mercúrio

Analisador direto de mercúrio



Cálculo de avaliação do risco

Para cada mulher, o risco de contaminação foi calculado dividindo a THg encontrada no cabelo delas com dois valores:

- A RfD, que é a dose de referência proposta pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USA EPA) e tem valor de 1,0 mg/kg.

- A LOAHC, que é a menor concentração encontrada no cabelo para o menor efeito adverso possível (no caso, efeito adverso no desenvolvimento neurológico dos fetos causado por MeHg ingerido pelas mães) e tem valor de 0,3 mg/kg.

Resultados e Discussão

Consumo de peixes

As participantes da pesquisa declararam consumir 21 espécies de peixes durante a gestação, que estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Espécies de peixes consumidas por gestantes (n=110) de Itaituba, Brasil

Nome do peixe (nome científico)	Participantes que comem o peixe listado (n)	Porcentagem (%)	Classificação do peixe conforme a alimentação
Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	90	82	Frugívoro
Pescada branca (<i>Plagioscion squamosissimus</i>)	74	67	Piscívoro
Pacú (<i>Serrasalmidae</i> spp.)	60	54	Frugívoro
Tucunaré (<i>Cichla</i> spp.)	49	44	Piscívoro
Aracú (<i>Leporinus</i> spp.)	41	37	Omnívoro
Caratinga (<i>Geophagus</i> spp.)	40	36	Omnívoro
Surubim (<i>Pseudoplatystoma</i> spp.)	37	33	Piscívoro
Charutinho (<i>Hemiodus</i> spp.)	33	30	Omnívoro
Dourada (<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>)	33	30	Carnívoro
Filhote (<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>)	33	30	Carnívoro
Pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>)	30	27	Piscívoro
Curimatá (<i>Prochilodus nigricans</i>)	28	25	Detritívoro
Acari (<i>Pterygoplichthys</i> spp.)	22	20	Detritívoro
Matrinxã (<i>Brycon</i> spp.)	22	20	Omnívoro
Aruanã (<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>)	21	19	Carnívoro
Pirarara (<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>)	21	19	Omnívoro
Apapá (<i>Pellona</i> spp.)	18	16	Carnívoro
Piau (<i>Anostomidae</i> spp.)	16	14	Detritívoro
Pirapitinga (<i>Piaractus brachipomus</i>)	16	14	Frugívoro
Jaraqui (<i>Semaprochilodus</i> spp.)	2	2	Detritívoro
Mapará (<i>Hypophthalmus</i> spp.)	2	2	Planctívoro

Observou-se que tanto o tucunaré (*Cicla* spp.) quanto a pescada branca (*Plagioscion squamosissimus*) estão entre as principais espécies consumidas.

Concentração de mercúrio total em peixes

A Tabela 2 apresenta o peso e tamanho dos peixes nas estações seca e chuvosa.

Tabela 2 - Parâmetros biométricos de duas espécies piscívoras da bacia do Rio Tapajós

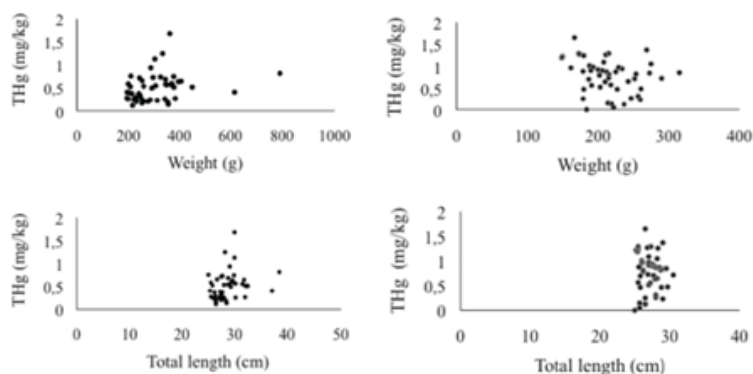
Espécies	Parâmetros biométricos	Estação seca		Estação chuvosa	
		Média ± DP	Min - Max	Média ± DP	Min - Max
Pescada branca	Peso (g)	224 ± 40	150 - 315	207 ± 32	149 - 261
	Tamanho total (cm)	27,2 ± 0,5	25,0 - 30,5	27,1 ± 1,2	25,4 - 29,7
Tucunaré	Peso (g)	344 ± 129	195 - 792	271 ± 69	194 - 406
	Tamanho total (cm)	29,4 ± 3,1	25,0 - 38,5	27,8 ± 2,0	25,5 - 32,1

DP: Desvio padrão; Min: mínimo; Max: máximo

Para os peixes analisados não houve diferenças de peso e tamanho entre as duas estações.

A Figura 4 demonstra a relação entre a THg e peso/tamanho do peixe.

Figura 4 - Relação entre a concentração de mercúrio total e o peso e comprimento total de peixes consumidos em Itaituba



Gráficos à esquerda: tucunaré; Gráficos à direita: pescada branca

Não há correlação significativa entre os parâmetros, o que contraria estudos anteriores, que afirmavam que peixes maiores e mais pesados acumulavam mais Hg.

A Tabela 3 mostrou a THg para ambas as espécies, nas duas estações (seca e chuvosa).

Tabela 3 - Concentração de mercúrio total (mg/kg) em tucunaré e pescada branca do Rio Tapajós

	Estação seca (jun. - dec. 2018)		Estação chuvosa (jan. - jun. 2019)	
	Tucunaré	Pescada branca	Tucunaré	Pescada branca
Média ± DP	0,62 ± 0,35	0,73 ± 0,37	0,39 ± 0,21*	0,54 ± 0,37
Min - Max	0,17 - 1,68	0,05 - 1,37	0,12 - 0,94	0,25 - 1,65

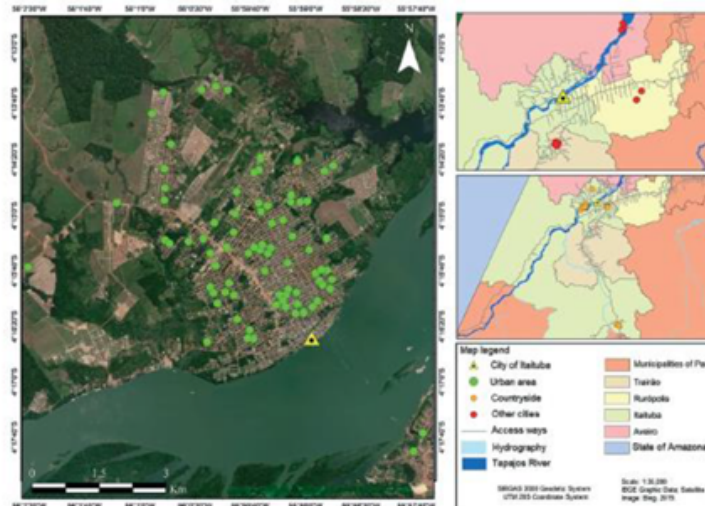
* diferença significativa

Na estação seca não há diferença significativa entre as duas espécies, nem entre as duas estações para a pescada branca. Porém, para o tucunaré, houve uma redução de THg na estação chuvosa. O encontrado aqui neste estudo é compatível com outros que avaliaram em outro momento peixes de Itaituba (0,19 mg/kg para tucunaré e 0,09 a 1,35 mg/kg para pescada branca), mas, uma vez que a concentração máxima de Hg em peixe fresco para mulheres grávidas/lactantes e crianças abaixo dos 12 anos de idade é de 0,5mg/kg (padrão também estabelecido pela US EPA), pode-se observar que as concentrações detectadas em todos os peixes nas duas estações estão acima do limite recomendado.

Concentração de mercúrio total no cabelo e riscos associados

A distribuição da população está apresentada no mapa da Figura 5.

Figura 5 - Distribuição de participantes da pesquisa por residência dentro e em torno de Itaituba, ao longo do Rio Tapajós



À esquerda: os pontos verdes equivalem às residências; à direita: representação das proximidades de Itaituba.

A maior parte dos participantes do estudo mora na área urbana (n=75) de Itaituba, seguidos de moradores de áreas rurais (n=17) e de outras cidades próximas à Itaituba (n=10). Não houve diferença na THg no cabelo entre esses três grupos, que foi de uma média de $1,6 \pm 1,5$ mg/kg, variando entre 0,09 e 17,97 mg/kg.

A Tabela 4 apresenta os níveis de THg dos cabelos das participantes das participantes da pesquisa classificados de acordo com os critérios: idade, escolaridade, estado civil, etnia e profissão; a Tabela 5 apresenta relação com o parâmetro índice de massa corporal (IMC) e a Tabela 6, a pressão sanguínea.

Tabela 4 - Relação entre os critérios sociodemográficos das gestantes entrevistadas em Itaituba e a THg capilar (mg/kg)

		n	%	THg capilar (Média ± DP)
Idade	18 - 20	40	36,4	2,30 ± 3,50
	21 - 30	57	51,8	1,60 ± 1,40
	31 - 40	13	11,8	1,50 ± 2,30
Escolaridade	Ensino fundamental	54	49,2	2,10 ± 2,30
	Ensino médio	38	34,5	1,70 ± 2,10
	Ensino superior	18	16,3	1,50 ± 2,30
Estado civil	Casada/União estável	85	77,2	1,50 ± 1,70
	Solteira	25	22,8	2,50 ± 4,30
Etnia	Branca	2	1,8	0,60 ± 0,01
	Preta	7	6,3	3,90 ± 6,30
	Miscigenada	101	91,9	1,70 ± 1,90
Profissão	Dona de casa	90	81,9	1,80 ± 2,00
	Estudante	7	6,3	3,60 ± 6,40
	Outra	13	11,8	1,30 ± 1,50

Tabela 5 - Relação entre o índice de massa corporal (IMC) das gestantes de Itaituba e a THg capilar (mg/kg)

IMC	Classificação	n	THg capilar (Média ± DP)
18,5 - 24,9	Normal	33	1,9 ± 2,8
25,0 - 29,9	Sobrepeso	49	1,8 ± 2,7
30,0 - 39,9	Obesidade	24	1,8 ± 1,4
≥ 40,0	Obesidade mórbida	4	1,4 ± 0,6

$$\text{Cálculo do IMC} = \frac{\text{peso (kg)}}{\text{altura}^2 \text{ (kg}^2\text{)}}$$

Tabela 6 - Relação entre a pressão sanguínea (mmHg) das gestantes de Itaituba e a THg capilar (mg/kg)

Pressão sanguínea (mmHg)		n	Consumo de peixe (g/semana)	THg capilar (mg/kg) (Média ± DP)
Sistólica	Diastólica			
101 ± 7	65 ± 6	40	0 - 100	1,10 ± 0,90
103 ± 8	68 ± 8	26	101 - 200	1,70 ± 1,30
101 ± 10	67 ± 5	23	201 - 400	1,60 ± 1,30
101 ± 12	69 ± 10	21	401 - 800	2,43 ± 2,22

° Dados de pressão sanguínea equivalem a média dos cinco últimos meses de gestação

A pressão arterial é a tensão que o sangue exerce contra a superfície das artérias, decorrente do movimento de bombeamento do coração.

Ela apresenta duas medidas: a sistólica, que marca a contração do músculo cardíaco (quando ele bombeia sangue para o corpo) e a diastólica que é a do momento de repouso (quando os vasos permanecem abertos para o sangue passar).

A hipertensão arterial ou pressão alta corre quando a medida da pressão se mantém frequentemente acima de 140 por 90 mmHg

Nenhum desses fatores influenciou a THg no cabelo e os dados coletados foram abaixo de outros encontrados em estudos feitos em pequenas vilas ao longo do rio Tapajós, mas acima do valor RfD (1 mg/ kg por fio de cabelo).

A Tabela 7 mostrou a THg no cabelo comparado ao consumo de peixe semanal e apresentou o cálculo de risco à saúde, utilizando os parâmetros RfD e o LOAEHC.

Tabela 7 - Níveis de THg nas gestantes de Itaituba e as taxas de risco à saúde decorrentes da exposição a Hg devido ao consumo de peixes

Consumo de peixes (g/semana)	THg capilar (mg/kg) (Média ± DP)	Taxa de risco baseada na RfD ^a	Taxa de risco baseada no LOAEHC ^b
0 - 100	1,1 ± 0,9	0,7 (33%)	2,3 (83%)
101 - 200	1,7 ± 1,3	1,7 (58%)	5,7 (87%)
201 - 400	1,6 ± 1,3	1,1 (54%)	3,8 (100%)
≥ 400	2,4 ± 2,2*	1,2 (57%)	3,9 (100%)

* Diferença significativa em relação ao grupo de gestantes que consome de 0 a 100 g de peixe por semana; ^a: dose de referência = 1,0 mg/kg; ^b: menor concentração encontrada no cabelo para o menor efeito adverso possível = 0,3 mg/kg; As os percentagens em parênteses referem-se a mulheres acima destes limites de segurança

Apenas o grupo que consome mais de 400 g de peixe por semana tem THg significativamente maior que o grupo que consome a menor quantidade de peixe. Em relação ao RfD, o risco à saúde aumentou em 33% em mulheres consumindo até 100g dos peixes estudados por semana e em mais da metade naquelas que consomem mais que este valor; considerando o parâmetro LOAEHC, os riscos neurológicos para o feto aumentaram em mais de 80% nas mulheres que consomem até 200 g de peixe por semana e em todas as mulheres que consomem mais que isso.

As concentrações aqui em encontradas são compatíveis com as encontradas em Porto Rico (THg = 0,66 mg/kg), Suécia (THg = 0,77 mg/kg) e Marrocos (1,18 mg/kg), mas em nenhum desses estudos apresentou uma RfD superior à 50%. Comparadas a dados brasileiros, avaliados em mulheres em idade fértil na comunidade de Barreiras (próxima

a Itaituba), as THg capilares encontradas aqui são menores (THg = 10,38mg/kg), mas, maiores que as registradas no período de 1999 a 2012 (THg = 1,07 ± 0,03 mg/kg).

Efeitos adversos, no entanto, já foram relatos em concentrações inferiores às encontradas, como mostra a Tabela 8 abaixo:

Tabela 8 - Relação entre THg capilar materna (mg/kg) e efeitos adversos observados mundialmente

Efeito adverso e local	THg capilar materna (mg/kg)
Baixa cognição em crianças (Estados Unidos)	0,55
Prejuízos nas habilidades comportamentais em recém-nascidos (China)	1,25
Baixo desenvolvimento psicomotores em crianças (Seychelles)	5,7
Parto prematuro anterior a 37 semanas em comunidades indígenas (Suriname)	3,5
Parto prematuro anterior a 35 semanas em mulheres do estado de Michigan (Estados Unidos)	0,55 a 2,5

Estudos anteriores conduzidos em mulheres em vilas localizadas na bacia do Rio Tapajós mostram maior consumo de peixe do que nesse estudo: a média varia entre 80 ± 25 g em Açaituba a 147 ± 72 g em São Luiz do Tapajós, considerando em uma refeição. As duas espécies de peixes avaliadas aqui neste estudo são mais caras que outras espécies e os participantes da pesquisa possuem renda menor e, isso sugere que, mulheres de renda mais alta tem maior risco de exposição ao mercúrio que aquelas de baixa renda.

Estudos prévios mostraram que espécies não-piscívoras do Rio Tapajós possuem concentrações de THg consideravelmente menores que espécies piscívoras (variam entre 0,03 e 0,3 mg/kg em não-piscívoras; e entre 0,03 e 1,66 mg/kg para as piscívoras).

Uma vez que o consumo de peixes é benéfico para humanos, espécies não-piscívoras seriam a melhor escolha, especialmente durante a gestação. O fornecimento de peixes não-piscívoros produzidos por aquicultura aumentou em Itaituba nos últimos anos, como por exemplo o tambaqui, consumido pela maioria dos participantes desta pesquisa. A THg nele é inferior (segundo estudos, não ultrapassa 0,12 mg/kg) e, assim, pode ser uma alternativa mais saudável a um custo menor. Outra opção seria aumentar o consumo de outras fontes proteicas, o que vem acontecendo, pois Itaituba atualmente está conectada ao resto do país por estradas (aumenta a diversidade de oferta de alimentos) e passa por uma expansão do número de fazendas na região (aumenta a

oferta de carne bovina e frango a preços inferiores aos dos peixes). Isso, no entanto, não é válido para a vilarejos pequenos ao longo do Rio Tapajós.

Conclusão

O consumo de tucunaré e pescada branca deve ser evitado completamente por gestantes, uma vez que essas espécies apresentam níveis de THg superiores a 0,5 mg/kg, colocando em risco a saúde de seus bebês. Porém, comer peixe é um hábito alimentar saudável, especialmente para mulheres grávidas: assim, uma alternativa seria o consumo de espécies não-piscívoras, que apresentam níveis de THg mais baixos.

Esse estudo, no entanto, tem algumas limitações: uma delas é o fato de o número de participantes ser pequeno. Outro fator limitante é o número de espécies analisadas: em um experimento ideal, todas as espécies consumidas deveriam ser analisadas. Dados de consumo de cada participante (peso consumido por semana ou mês, para cada espécie) também deveriam ser coletados, mas só foi possível obter uma estimativa aproximada, uma vez que as participantes não quiseram pesar cada peixe de suas refeições.

A implementação de um programa de biomonitoramento contínuo de mercúrio na bacia do Rio Tapajós é essencial para dar continuidade às análises de risco à saúde feitas aqui.

Habilidades da BNCC que podem ser trabalhadas com o artigo

(EM13CNT104) Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos.

(EM13CNT105) Analisar a ciclagem de elementos químicos no solo, na água, na atmosfera e nos seres vivos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.

(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

(EM13CNT207) Identificar e analisar vulnerabilidades vinculadas aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando as dimensões física, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.


(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos - interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental.


(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.



Uma reflexão importante...

Como se pode perceber, o artigo adaptado, seguindo o que foi proposto tem um problema: ele é extenso e, não seria possível do jeito que está, por exemplo, tratar do assunto em apenas uma aula. A retenção de alguns aspectos do original (como gráficos, tabelas, imagens) preservam a forma, mas podem dificultar a compreensão do conteúdo.

Assim, para cada um dos artigos, foram feitas versões mais condensadas que podem ser apresentadas aos estudantes, utilizando como referência as diretrizes do *Science Journal for Kids*, periódico online dedicado a publicação de artigos adaptados para crianças e adolescentes, que são:

- Tamanho total do texto principal que caiba em quatro ou cinco páginas, e cada seção:
 - Resumo/Abstract: máximo 150 palavras.
 - Introdução: 150 a 250 palavras.
 - Métodos: 150 a 200 palavras.
 - Discussão: 150 a 200 palavras.
 - Conclusão: 100 palavras.
 - O Título apresentado na forma de questão aberta, curta, que não pode ser respondida apenas com sim ou não.
 - Use destaque no vocabulário desconhecido e faça um glossário ao final do texto (ou próximo ao termo, se for mais conveniente).
 - O uso de números ou marcadores em lista nos Métodos ou Resultados pode facilitar a leitura.
- 



Existem prós e contras para cada o uso de cada uma destas versões. Se por um lado a versão completa é extensa, ela apresenta os dados de uma maneira quase inalterada e isso permite que o próprio aluno desenvolva suas próprias conclusões. Já o artigo condensado é mais simples, e sem os devidos cuidados, pode torná-lo quase um texto de livro didático ou VRJ.

Como este Manual é apenas um guia exemplificado, a fórmula de adaptação não é fechada e rígida e fica a seu critério julgar o que seria mais adequado à sua prática docente.



Artigo adaptado: versão condensada

Quais são os riscos de contaminação por mercúrio em gestantes?

Resumo

A mineração artesanal de ouro na região Amazônica gera diversos impactos no ambiente, especialmente devido à contaminação da água dos rios com mercúrio. Neste estudo, foram avaliados o hábito de consumo de peixes de 110 gestantes da cidade de Itaituba e a exposição delas ao mercúrio, medindo o nível de concentração de mercúrio total (THg) em seus cabelos. Também foram avaliadas as THg de duas espécies (tucunaré e pescada branca) muito consumidas pelas participantes, nas estações seca e chuvosa. Durante a estação seca não há diferença significativa na THg entre as duas espécies, porém o tucunaré apresentou variação entre as duas estações, tendo uma redução de THg na chuvosa. A média de THg registrada no cabelo das gestantes ($1,6 \pm 1,5$ mg/kg) está acima da dose de referência determinada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USA EPA), que é de 1,0 mg/kg. As concentrações registradas na pescada branca em ambas as estações e no tucunaré na seca também estão acima do limite de segurança determinados pelo mesmo órgão, de 0,5 mg/kg. Os resultados indicam que gestantes devem evitar o consumo desses peixes durante a gravidez e que é necessário um programa contínuo de monitoramento de mercúrio na região.

Abstract

Artisanal gold mining in the Amazon region causes several impacts on the environment, especially due to the contamination of river water with mercury (Hg). In this study, the fish consumption habits of 110 pregnant women in the city of Itaituba and their exposure to Hg were evaluated, measuring the level of total mercury concentration (THg) in their hair. The THg of two species (tucunaré and pescada branca) highly consumed by the participants were evaluated in both dry and rainy seasons. The average THg recorded in the hair of pregnant women (1.6 ± 1.5 mg/kg) is above the reference dose determined by the United States Environmental Protection Agency (USA EPA), which is 1.0 mg/kg. The concentrations recorded in pescada branca in both seasons and in tucunaré in the dry season are also above the safety limit determined by the same agency (0.5 mg/kg). These results indicate that pregnant women should avoid consuming these fish during pregnancy and that a regular program to monitor Hg levels is needed in the region.

Introdução

O mercúrio é um elemento químico utilizado na mineração artesanal de ouro que gera diversos impactos ambientais na Região Amazônica. Quando ele entra em contato com a água, forma o metilmercúrio (MeHg), que é extremamente tóxico e representa um risco maior à saúde de mulheres grávidas e seus fetos. O mercúrio também está presente de forma natural no solo e é liberado por meio da erosão e do uso da terra para

agricultura. Com a estação chuvosa, o nível dos rios aumenta, ocorre alagamento de grandes áreas e com isso há um aumento do nível de MeHg no ambiente aquático.

A principal fonte de transferência de MeHg para humanos é por meio da biota aquática, especialmente os peixes. Esses animais, especialmente os peixes **piscívoros**, seriam úteis para monitorar a exposição das pessoas ao risco, já que são a principal fonte de proteína alimentar da população local, que tem um consumo que pode chegar até nove refeições por semana.

O quanto perigoso seria, então, para mulheres grávidas comerem peixes da região Amazônica?

Piscívoros: são animais que se alimentam de peixes.

Métodos

1. O estudo foi feito em Itaituba, na bacia do Rio Tapajós, Pará. A cidade é centro de referência de saúde para outros municípios ao redor e recebe pacientes de comunidades ribeirinhas, zona rural, floresta e áreas de mineração
2. Participaram do estudo 110 mulheres grávidas (idade entre 18 e 40 anos), que deram entrada no hospital municipal de Itaituba para o parto. Elas responderam o seu consumo de peixes: qual espécie eram consumidas e qual a quantidade estimada - em gramas - por semana.
3. Foram calculadas as concentrações de mercúrio total (THg) tanto no cabelo das participantes e quanto nos peixes tucunaré e a pescada branca.
4. Para cada mulher, o risco de contaminação foi calculado utilizando dois valores:
 - a. RfD, que é a dose de referência proposta pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USA EPA) e tem valor de 1,0 mg/kg;
 - b. a LOAEHC, que é a menor concentração encontrada no cabelo para o menor efeito adverso possível (no caso, efeito adverso no desenvolvimento neurológico dos fetos causado por MeHg ingerido pelas mães) e tem valor de 0,3 mg/kg.

Resultados

Consumo de peixes: as participantes da pesquisa declararam consumir 21 espécies de peixes durante a gestação e tanto o tucunaré quanto a pescada branca (dois peixes piscívoros) estão entre as principais espécies consumidas. O peso do tucunaré variou entre 194 e 792g e o de pescada branca, de 149 e 315g.

THg nos peixes: não há relação entre o tamanho dos peixes e o valor da THg. Na estação seca não há diferença significativa entre as duas espécies, nem entre as duas estações para a pescada branca. Porém, para o tucunaré, houve uma redução de THg na estação chuvosa.

THg capilar: a média foi de $1,6 \pm 1,5$ mg/kg, variando entre 0,09 e 17,97 mg/kg; esses valores não foram influenciados nem pelos critérios sociodemográficos nem pelo estado de saúde.

THg capilar X consumo de peixes semanal X risco à saúde: apenas o grupo que consome mais de 400 g de peixe por semana tem THg capilar maior que o grupo que consome a menor quantidade de peixe; em relação ao RfD, o risco à saúde aumentou em 33% em mulheres consumindo até 100g dos peixes estudados por semana e em mais da metade daquelas que consomem mais que este valor; considerando o LOAHC, os riscos neurológicos para o feto aumentaram em mais de 80% nas mulheres que consomem até 200 g de peixe por semana e em todas as mulheres que consomem mais que isso.

Discussão

THg dos peixes: é compatível com outros que avaliaram em outro momento peixes de Itaituba (0,19 mg/kg para tucunaré e 0,09 a 1,35 mg/kg para pescada branca), mas, são altas para o consumo por gestantes (a concentração máxima de Hg em peixe fresco que podem ser consumidos por mulheres grávidas/lactantes e crianças abaixo dos 12 anos de idade é de 0,5mg/kg em padrão estabelecido pela US EPA).

THg capilar: foi abaixo de outros encontrados em estudos feitos em pequenas vilas ao longo do rio Tapajós, mas acima do valor RfD; comparado com dados de Barreiras, cidade próxima de Itaituba, as THg capilares encontradas aqui são menores (THg = 10,38mg/kg), mas, maiores que as registradas no período de 1999 a 2012 (THg = $1,07 \pm 0,03$ mg/kg). Valores encontrados em Porto Rico (THg = 0,66 mg/kg), Suécia (THg

= 0,77 mg/kg) e Marrocos (1,18 mg/kg) também são compatíveis com os encontrados aqui, mas em nenhum deles apresentou uma RfD superior à 50%.

Efeitos adversos em crianças: já foram relatos em concentrações inferiores às encontradas: baixa cognição (Estados Unidos, THg = 0,55 mg/kg); prejuízos nas habilidades comportamentais em recém-nascidos (China, THg = 1,25 mg/kg); parto prematuro anterior a 37 semanas (Suriname, THg = 3,5 mg/kg).

Consumo de peixes: estudos anteriores mostram maior consumo de peixe do que nesse estudo (média varia entre 55 e 219 g), considerando em uma refeição. As duas espécies de peixes avaliadas aqui neste estudo são mais caras que outras espécies e os participantes da pesquisa possuem renda menor e, isso sugere que, mulheres de renda mais alta tem maior risco de exposição ao mercúrio que aquelas de baixa renda.


Peixes piscívoros X peixes não piscívoros: estudos prévios mostraram que espécies não-piscívoras do Rio Tapajós possuem concentrações de THg consideravelmente menores que espécies piscívoras como as que são apresentadas aqui nesse estudo (variam entre 0,03 e 0,3 mg/kg em não-piscívoras; e entre 0,03 e 1,66 mg/kg para as piscívoras).

Como evitar a contaminação: o consumo de peixes é benéfico para humanos e, assim, espécies não-piscívoras seriam a melhor escolha, especialmente durante a gestação. O tambaqui, por exemplo, é consumido pela maioria dos participantes desta pesquisa, tem um custo menor e a THg nele é inferior (segundo estudos, não ultrapassa 0,12 mg/kg). Outra opção seria aumentar o consumo de outras fontes proteicas como carne bovina e frango, que tem preços inferiores aos dos peixes.

Conclusão

O consumo de tucunaré e pescada branca deve ser evitado completamente por gestantes, colocando em risco a saúde de seus bebês. Porém, comer peixe é um hábito alimentar saudável, especialmente para mulheres grávidas: assim, uma alternativa seria o consumo de espécies não-piscívoras, que apresentam níveis de THg mais baixos.

A implementação de um programa de biomonitoramento contínuo de mercúrio na bacia do Rio Tapajós é essencial para dar continuidade às análises de risco à saúde feitas aqui.



Artigo original: Mercury Contamination: A Growing Threat to Riverine and Urban Communities in the Brazilian Amazon

Link para acesso: <https://doi.org/10.3390/ijerph19052816>

Escrito por Meneses e colaboradores, foi publicado no periódico *International Journal of Environmental Research and Public Health* em fevereiro de 2022.


A adaptação do artigo

Identifiquei como conhecimento prévio que fosse importante ao aluno, noções de Bioquímica (biomoléculas, em especial, glicose e enzimas) e a sua relação com as atividades do corpo humano.

O estudo teve dois objetivos identificados: avaliar e comparar os níveis de Hg nas amostras de sangue dos residentes das áreas urbanas e ribeirinhas do Rio Tapajós e descrever o quadro de saúde destas pessoas.

Para a versão expandida, na escolha dos resultados novamente preservei as tabelas apresentadas, com alterações mínimas (removi novamente a análise estatística).

Segui também a forma de apresentação dos Resultados como no artigo anterior: breve introdução, apresentação das tabelas e comentário. No entanto, há um volume maior de dados apresentados no texto corrido e, assim, procurei me concentrar nas comparações entre os dois grupos populacionais, ribeirinho e urbano, remetendo aos objetivos do trabalho. Algumas informações, desta forma, foram omitidas do texto corrido, mas sem prejuízo para o texto, pois estavam apresentadas nas Tabelas.



Não houve muitas modificações em relação à seção Métodos: mantive a única figura que mostra a região estudada e a subdivisão da seção do artigo original. Ainda, reaproveitei o esquema explicativo do analisador direto de mercúrio (Figura 12, da página 32), que fiz para o artigo anterior e que também é utilizado aqui.

A seção Introdução permanece apresentando as bases para o entendimento do artigo, partindo de um quadro geral (contaminação por Hg) para o particular: (contaminação por Hg em humanos no Rio Tapajós) e os objetivos do estudo.

A Discussão, como havia mencionado anteriormente, se apresenta separada dos Resultados neste artigo. A melhor maneira de adaptar essa seção é, tendo em mente os objetivos do trabalho, apresentar de forma breve os resultados que levam a eles e fazer comentários e apresentar outros estudos que comprovam ou contradizem os dados.

Por questões de organização e clareza, também transformei alguns dados em tabela, e adicionei algumas caixas de comentários semelhantes às da Introdução para explicação de alguns termos apresentados.

A Conclusão deste artigo foi estruturada da mesma forma que o artigo anterior: responder os objetivos da pesquisa, destacando os resultados que permitem a avaliar e comparar os níveis de Hg nas comunidades ribeirinhas e de área urbana e descrever o quadro de saúde destas populações. Também foram adicionadas as limitações da pesquisa (originalmente escritas na seção Discussão) e recomendações para estudos futuros.

O Título não precisou ser reescrito, pois apresentou de maneira direta e sucinta do que o trabalho se tratava, chamando atenção a leitura.



Para a escrita do Resumo/Abstract repetiu-se o que foi descrito para o artigo anterior.

A versão condensada seguiu o mesmo padrão do artigo anterior.



Artigo adaptado: versão expandida

Contaminação por mercúrio: uma ameaça crescente às comunidades ribeirinhas e urbanas na Amazônia

Resumo

O mercúrio (Hg) representa um risco à saúde pública e seu uso intensivo e indiscriminado na mineração artesanal de ouro vem ameaçando a floresta Amazônica. Neste estudo, foram analisados e comparados os níveis de Hg detectados no sangue em duas populações da bacia do rio Tapajós - urbana e ribeirinha - e estabelecida a associação entre exposição ao Hg e parâmetros bioquímicos específicos. Foram selecionados 462 adultos de oito comunidades ribeirinhas e uma cidade (Santarém) e 75,6% deles apresentaram níveis de Hg superiores ao limite de segurança de 10 µg/L. A exposição ao Hg foi maior na população ribeirinha (90%) do que na área urbana (57,1%), que apresentaram níveis médios de Hg de 50,6 µg/L e 21,8 ± 30,9 µg/L, respectivamente. Indivíduos com idade entre 41 e 60 anos apresentaram os maiores níveis médios de Hg em ambas as populações, mas os ribeirinhos apresentaram o dobro do valor registrado nos indivíduos da área urbana. A população urbana registrou os maiores níveis de glicose e marcadores hepáticos; já a população ribeirinha apresentou níveis elevados de marcadores renais. Os resultados aqui apresentados indicam que a contaminação por Hg continua a afetar as comunidades ribeirinhas, mas também representa desafio para a população de Santarém, importante cidade da região.

Abstract

Mercury (Hg) poses a risk to public health and its intensive and indiscriminate use in artisanal gold mining has been threatening the Amazon rainforest. In this study, the levels of Hg detected in the blood of two populations in the Tapajós River basin - urban and riverine - were analyzed and compared, and the association between Hg exposure and specific biochemical parameters was established. A total of 462 adults from eight riverine communities and one city (Santarém) were selected, and 75.6% of them had Hg levels above the safety limit of 10 µg/L. Hg exposure was higher in the riverine population (90%) than in the urban area (57.1%), which had mean Hg levels of 50.6 µg/L and 21.8 ± 30.9 µg/L, respectively. Individuals aged between 41 and 60 years old had the highest mean levels of Hg in both populations, but riparian residents had double the value recorded in individuals from the urban area. The urban population recorded the highest levels of glucose and liver markers; in turn, the riverine population presented high levels of renal markers. The results presented here indicate that Hg contamination continues to affect riverine communities, but also represents a challenge for the population of Santarém, an important city in the region.

Introdução

O mercúrio (Hg) é um dos elementos químicos mais nocivos da Terra e representa um desafio para a saúde pública. Embora seja um elemento encontrado na natureza, atividades humanas aumentaram a concentração atmosférica total de Hg em aproximadamente 450% acima da ocorrência natural. Na América Latina, a mineração artesanal de ouro permanece sendo a fonte primária de emissão e contaminação por Hg. Associada às queimadas e ao desflorestamento, representa a maior parte do Hg lançado na Amazônia.

O uso de Hg para a extração de ouro ainda é comum na América do Sul pois é um processo fácil e barato. Nos últimos 40 anos, o seu uso amplo e irregular na mineração artesanal lançou milhares de toneladas de resíduos contaminados por mercúrio no bioma Amazônia, sendo responsável não só pela contaminação ambiental, mas pela exposição de animais e humanos ao elemento. Devido à ilegalidade da atividade, não há dados precisos sobre a quantidade de Hg lançada no ambiente e, como consequência, estimar os danos causados. Para os habitantes da Amazônia, o consumo de peixes é a principal fonte de exposição, o que prejudica a segurança alimentar e o sustento das comunidades tradicionais da região.

A exposição ao Hg pode causar diversos problemas de saúde: danos aos sistemas nervoso, cardiovascular, imune e digestório, danos em órgãos como pulmões, rins, pele e olhos. Formas orgânicas do Hg, como o metilmercúrio (MeHg) são particularmente tóxicos para os humanos, pois são rapidamente absorvidos pelo corpo, amplamente distribuídos pelos tecidos e eliminados de forma lenta. A exposição materna ao Hg está associada a uma série de efeitos no desenvolvimento embrionário e podem causar doenças crônicas ao longo da vida. Essa toxicidade tão diversa se traduz em uma variedade grande de manifestações de sintomas, o que complica os estudos sobre o assunto.

A bacia do rio Tapajós é o quinto maior afluente da bacia Amazônica e tem importante papel social, cultural e econômico. Ela vem sendo impactada, no entanto, pelo aumento na mineração na região, causado por instabilidade política e aumento do preço do ouro no mercado internacional; uma consequência é que a taxa de desflorestamento causada pelo garimpo aumentou em mais de 90% entre 2017 e 2020.

Devido à ilegalidade da atividade, há uma desconexão entre o sistema de informação de saúde e os casos de contaminação por Hg na região Amazônica, o que impede a formulação de estratégias que combatam o problema. Desde 1980, vários estudos foram conduzidos nesta área para determinar a contaminação humana por Hg. Poucos deles, no entanto, avaliam a população urbana, provavelmente devido à priorização das comunidades ribeirinhas e indígena, mais vulneráveis devido ao baixo acesso ao sistema de saúde e a alta dependência do peixe como principal fonte de proteína.

Os objetivos deste estudo foram avaliar e comparar os níveis de Hg em amostras de sangue dos residentes da área urbana e ribeirinha da bacia do rio Tapajós, além de descrever a situação de saúde destes indivíduos. Com isso, deseja-se qualificar a dimensão da contaminação por Hg na Amazônia e apoiar o desenvolvimento de estratégias para gerir esta questão, bem como apresentar evidências indicando a ameaça ao bem-estar humano na região.

Métodos

Participantes da pesquisa

Participaram do estudo 462 adultos (maiores de 18 anos, exceto mulheres grávidas e habitantes das comunidades indígenas) de oito comunidades ribeirinhas do rio Tapajós (Vila Franca, Maripá, Pedra Branca, Surucacá, Parauá, Surucucá, São Tomé e Boim) e uma do Rio Amazonas (Tapará Grande), além da área urbana de Santarém (Figura 1).

Figura 1 - Mapa da área de estudo indicando os locais de coleta dos dados



Durante o período de 2015 a 2019, foram realizadas entrevistas com os participantes, onde se determinou que nenhum deles possuía envolvimento com mineração artesanal de ouro. Foram coletados, assim:

- Dados sociodemográficos: gênero, idade, frequência de consumo de peixe e nível de escolaridade, por meio da resposta de um questionário;
- Peso e altura, para o cálculo do índice de massa corporal (IMC), que é dado por $IMC = \frac{\text{peso (kg)}}{\text{altura}^2 \text{ (kg}^2\text{)}}$ e pressão sanguínea.

Os participantes foram categorizados por:

- Escolaridade: analfabetos; educação básica (até 12 anos de estudo); e educação superior (mais de 12 anos de estudo);
- Consumo de peixe: diário; regular (1 a 3 vezes por semana); e ocasional (máximo de 2 vezes por mês).

Análise do sangue

Foram coletados 10 mL de sangue de cada participante, dos quais 5 mL foram destinados à análise de Hg e 5 mL para análise dos biomarcadores renais e hepáticos.

A concentração total de Hg foi analisada no analisador direto de mercúrio, que funciona como no esquema abaixo:

Figura 2 - Esquema explicativo das fases do funcionamento do analisador direto de mercúrio



Os níveis de exposição de Hg seguem o determinado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e são divididos em duas categorias: baixa exposição, sendo $\leq 10 \mu\text{g/L}$ (microgramas por litro de sangue) ou alta exposição, $\geq 10 \mu\text{g/L}$.

Quanto aos marcadores bioquímicos foram determinadas concentrações de glicose (sem jejum), ureia e creatinina para avaliar as funções renais. Para as funções hepáticas, os biomarcadores escolhidos a alanina aminotransferase (ALT) e a aspartato aminotransferase (AST).

A AST e a ALT são enzimas presentes nas células do fígado (hepatócitos) e que são liberadas no sangue em consequência de lesão hepática de naturezas diversas.

Resultados

Níveis de Hg foram detectados em todos os 203 indivíduos da cidade de Santarém e em 259 participantes das comunidades ribeirinhas avaliadas neste estudo.

A Tabela 1 apresenta os níveis de Hg detectados nos participantes da pesquisa classificados de acordo com os critérios: idade, gênero, escolaridade, frequência no

consumo de peixes e residência, além de dividi-los em dois grupos: baixa e alta exposição (de acordo com o limite de segurança estabelecido pela OMS).

Tabela 1 - Características epidemiológicas dos participantes de acordo com os níveis de Hg, Bacia do Rio Amazonas, 2015-2019

Variáveis	Baixa exposição		Alta exposição		Nível total de Hg no sangue (µg/L) ¹			
	n	%	N	%	Média	DP	Min	Max
Faixa etária (n=451)								
18 - 20 (n=21)	10	47,6	11	52,4	20,9	27,6	3,7	129,6
21 - 40 (n=178)	54	30,3	124	69,7	32,1	49,6	1,4	288,3
41 - 60 (n=190)	37	19,5	153	80,5	44,3	59,3	1,6	296,5
> 61 (n=62)	10	16,1	52	83,9	39,7	49,6	3,3	271,9
Gênero (n=462)								
Feminino (n=303)	80	26,4	223	73,6	32,7	47,3	1,4	296,5
Masculino (n=159)	35	20,8	126	79,2	48,1	63,9	1,7	288,3
Escolaridade (n=457)								
Analfabeto (n=12)	3	25,0	9	75,0	45,8	50,9	7,3	185,5
Básica (n=334)	52	15,6	282	84,4	44,7	58,5	1,4	296,5
Superior (n=111)	57	51,4	54	48,6	17,3	31,6	1,6	296,5
Consumo de peixe (n=457)								
Diário (n=146)	5	3,4	141	96,6	48,1	59,9	7,0	296,5
Regular (n=235)	57	24,3	178	75,7	40,7	56,1	1,4	296,5
Ocasional (n=76)	47	61,8	29	38,2	12,1	14,2	1,6	80,1
Local de residência (n=462)								
Ribeirinha (n=105) (Rio Amazonas)	16	15,2	89	84,7	45,3	55,2	3,3	271,9
Ribeirinha (n=154) (Rio Tapajós)	10	6,5	144	93,5	54,3	69,3	1,4	296,5
Urbana (n=203)	87	42,9	116	57,1	21,8	30,9	1,7	247,1

¹: micrograma por litro de sangue; DP: Desvio padrão

A prevalência de exposição ao Hg foi maior na população ribeirinha (90%) que na população urbana (57,1%). Na população urbana, o nível médio de Hg foi de 21,8 ± 30,9 µg/L e o maior valor detectado deste grupo foi de 247,1 µg/L. Já na população ribeirinha, o nível médio de Hg foi de 50,6 µg/L e o maior nível dos dois grupos (296,5 µg/L) foi detectado em uma mulher de 47 anos desta população, que é 30 vezes maior que o limite de segurança.

Prevalência é a proporção de uma população que apresenta a doença (ou condição) em um determinado local ou período.

Entre as populações ribeirinhas estudadas, a prevalência de exposição ao Hg foi maior na população do rio Tapajós (59,5%) do que na população do Rio Amazonas (40,5%).

A Tabela 2 apresenta os níveis de Hg detectados nos participantes da pesquisa classificados de acordo com os mesmos critérios da Tabela 1, porém separando-os entre população ribeirinha e população urbana.

Tabela 2- Perfil epidemiológico dos participantes de acordo com o local de residência, bacia do Rio Amazonas, 2015-2019

Variáveis	Local de Residência	N	%	Nível total de Hg no sangue ($\mu\text{g/L}$)			
				Média	DP	Min	Max
Faixa etária							
18 - 20	Ribeirinha	12	57,1	30,4	33,6	6,9	129,6
(n=21)	Urbana	9	42,9	8,2	6,1	3,7	23,8
21 - 40	Ribeirinha	98	55,1	45,7	58,7	1,4	288,3
(n=178)	Urbana	80	44,9	15,4	27,9	2,3	222,7
41 - 60	Ribeirinha	112	58,6	55,6	68,8	1,6	296,5
(n=191)	Urbana	79	41,4	28,7	37,3	1,7	247,1
> 61	Ribeirinha	31	50,0	53,8	64,9	5,8	271,9
(n=62)	Urbana	31	50,0	24,7	21,1	3,3	80,1
Gênero							
Feminino	Ribeirinha	166	54,8	43,6	59,1	1,4	296,5
(n=303)	Urbana	137	45,2	19,5	20,0	2,3	102,4
Masculino	Ribeirinha	93	58,5	63,3	70,4	3,3	288,3
(n=159)	Urbana	66	41,5	26,5	46,0	1,7	247,1
Escolaridade							
Analfabeto	Ribeirinha	7	58,4	50,9	66,8	7,3	185,5
(n=12)	Urbana	5	41,7	38,6	18,1	21,1	67,3
Básica	Ribeirinha	226	67,7	52,2	64,5	1,4	296,5
(n=334)	Urbana	108	32,4	28,9	39,0	1,7	247,1
Superior	Ribeirinha	22	19,8	37,8	63,2	1,6	296,5
(n=111)	Urbana	89	80,2	12,2	12,8	2,3	82,8
Consumo de Peixe							
Diário	Ribeirinha	128	87,7	50,0	60,6	6,7	296,5
(n=146)	Urbana	18	12,3	34,8	54,6	8,4	247,1
Regular	Ribeirinha	123	47,7	52,9	68,9	1,4	296,5
(n=235)	Urbana	112	52,3	27,2	32,5	1,7	222,7
Ocasional	Ribeirinha	7	9,2	28,6	24,3	1,6	74,9
(n=76)	Urbana	69	90,8	10,4	11,8	2,4	80,1

O nível médio de Hg foi mais elevado nos participantes com idade entre 41 e 60 anos, tanto na área urbana ($28,7 \pm 37,3 \mu\text{g/L}$) como na ribeirinha ($55,6 \pm 68,8 \mu\text{g/L}$), sendo esta última quase duas vezes maior que a primeira.

Para ambos os gêneros, foram observados níveis de Hg mais altos na população ribeirinha se comparados à população urbana. Embora as duas áreas tenham mais mulheres (64% da população ribeirinha, 67% da urbana) submetidas a um maior risco de exposição, níveis de Hg foram superiores nos homens nos dois casos (ribeirinha = $63,4 \pm 70,7 \mu\text{g/L}$; urbana = $26,5 \pm 46,0 \mu\text{g/L}$).

A maior parte dos participantes nas duas áreas estão classificados no grupo educação básica, mas dos 111 indivíduos que possuem educação superior, 89 são da área urbana e possuem o menor nível médio de Hg ($12,2 \pm 12,8 \mu\text{g/L}$). Nas áreas ribeirinhas, participantes que estão nos grupos educação básica e superior apresentaram níveis mais elevados de Hg.

A Tabela 3 mostra os marcadores bioquímicos indicadores da qualidade da saúde dos participantes em comparação com níveis de referência, para cada um dos locais de residência.

Tabela 3 - Análise descritiva das concentrações dos marcadores bioquímicos das amostras de sangue dos participantes de acordo o local de residência, bacia do Rio Amazonas, 2015-2019

Marcadores Bioquímicos	Valores de referência	Local de Residência	n	Nível detectado no sangue ($\mu\text{g/L}$)			
				Média	DP	Min	Max
Glicose (mg/dL)	<160: normal	Ribeirinha	102	122,9	37,9	67,0	339,0
	> 160: anormal	Urbana	123	118,7	54,3	62,0	429,0
Ureia (mg/dL)	10 - 45 (mulheres)	Ribeirinha	100	34,5	15,3	13,9	115,7
	10 - 45 (homens)	Urbana	131	28,3	8,7	10,0	77,0
Creatinina (mg/dL)	0,51 - 1,10 (mulheres)	Ribeirinha	100	0,9	0,4	0,2	4,4
	0,7 - 1,20 (homens)	Urbana	131	0,9	0,3	0,3	2,3
AST (U/L)	10 - 37 (mulheres)	Ribeirinha	100	23,0	9,9	3,0	59,0
	11 - 39 (homens)	Urbana	131	33,6	22,1	12,0	232,0
ALT (U/L)	10 - 47 (mulheres)	Ribeirinha	100	19,8	12,0	2,0	53,0
	11 - 45 (homens)	Urbana	131	29,1	20,6	11,0	143,0

Aspartato aminotransferase; ALT: Alanina aminotransferase; U: unidade internacional

A unidade internacional (U) é a quantidade de enzima que catalisa a transformação de um micromol de substrato por minuto, nas condições padrões por ela recomendadas.

A comparação mostra que os valores médios dos biomarcadores se encontram dentro da faixa dos valores de referência. Os maiores nível de glicose e dos biomarcadores hepáticos foram encontrados na população urbana; já os maiores níveis dos biomarcadores renais foram observados nos participantes das comunidades ribeirinhas.

A Tabela 4 acrescenta os parâmetros pressão sanguínea e índice de massa corporal (IMC) e reapresenta os marcadores bioquímicos para as duas localidades, classificando todos em relação à normalidade.

Tabela 4 - Análise descritiva dos indicadores de saúde de acordo com o local de residência, bacia do Rio Amazonas, 2015-2019

Indicadores de saúde		Área urbana		Área ribeirinha		Total
		n	%	n	%	
Glicose (n= 225)	Normal	108	54,0	92	46,0	200
	Anormal	15	60,0	10	40,0	25
Ureia	Normal	128	60,4	84	39,6	212
	Anormal	3	15,8	16	84,2	19
Creatinina	Normal	130	57,8	95	42,2	225
	Anormal	1	16,7	5	83,3	6
AST	Normal	109	52,9	97	47,1	206
	Anormal	22	88,0	3	12,0	25
ALT	Normal	114	53,5	99	46,5	213
	Anormal	17	94,4	1	5,6	18
Pressão sanguínea	Normal	103	39,5	158	60,5	261
	Anormal	22	52,4	20	47,6	42
	Abaixo do peso	3	25,0	9	75,0	12
IMC	Normal	33	26,0	94	74,0	127
	Sobrepeso	39	42,4	53	57,6	92
	Obesidade	50	65,8	26	34,2	76

Em relação aos biomarcadores renais, mais de 80% dos participantes que apresentaram níveis alterados são da área ribeirinha. Os maiores níveis desses dois biomarcadores (ureia = 115,7 mg/dL; creatinina = 4,4 mg/dL) foram observados na mesma participante, uma mulher de 65 anos da área ribeirinha, com nível de Hg de 122,8 µg/L.

Em relação aos biomarcadores hepáticos, mais de 85% dos participantes que apresentaram níveis alterados foram da população urbana. Duas mulheres desta área, uma de 44 anos (nível de Hg = 50,2 µg/L) e outra de 53 anos (nível de Hg = 42,4 µg/L) apresentaram níveis elevados de AST e ALT: para a primeira 101,0 U/L de AST e 143,0 U/L de ALT; para a segunda: 232,0 U/L de AST e 120,0 U/L de ALT.

A glicose, a pressão sanguínea e o IMC foram medidos em 191 participantes (98 ribeirinhos; 93 da área urbana): 24 deles tinham níveis de glicose alterados, dos quais 15 também apresentavam níveis de Hg superiores à 10 µg/L); 28 deles apresentaram pressão sanguínea alterada, dos quais 23 estavam expostos à níveis elevados de Hg; em relação ao IMC, 113 participantes apresentaram alterações no peso, dos quais 90 apresentaram níveis de Hg elevados.

Discussão

Poucos são os estudos que avaliam a exposição ao Hg em indivíduos residentes nas áreas urbanas da Amazônia, a maioria focando na população ribeirinha ou indígena. Os resultados aqui apresentados indicam que a contaminação por Hg permanece uma ameaça para essas populações tradicionais, mas também impacta as populações urbanas da bacia do rio Tapajós: todos os participantes apresentaram níveis altos de concentração de Hg e mais de 75% deles exibiram níveis acima do limite de segurança estabelecido pela OMS.

Quatro estudos anteriores tiveram a cidade de Santarém como objeto de estudo. Porém foram utilizados outros marcadores de exposição e, assim, não são comparáveis. Os anos, tipos de amostras e valores médios de Hg registrados estão na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados de estudos anteriores sobre concentração de Hg na cidade de Santarém

Ano do estudo	Tipo de amostra	Nível de Hg
1995	Cabelo	2,7 µg/g ¹
2000	Urina	57,5 µg/L ²
2003	Cabelo	0,8 a 3,1 µg/g ¹
2010	Cabelo	1,5 µg/g ^{1a} ; 2,52 µg/g ^{1b}

¹: micrograma de mercúrio por grama de cabelo; ²: micrograma de mercúrio por litro de urina; ^a: mulheres; ^b: homens

O grupo classificado como de alto risco apresenta taxas quase quatro vezes maiores que o limite de segurança, atingindo quase 30 vezes o valor em uma participante analisada. Isso demonstra que, embora a população urbana também esteja exposta, a população ribeirinha permanece a mais vulnerável a contaminação por Hg. Uma possível explicação para esse fenômeno são os hábitos alimentares, pois o peixe permanece sendo a principal fonte proteica da população ribeirinha enquanto indivíduos que vivem na cidade tem acesso a uma variedade maior de comida. Alerta-se também para questões de segurança alimentar: entre essas populações dependentes de peixes, a prevalência da exposição ao Hg é maior na população ribeirinha (90%) que na população urbana (57,1%).

Tanto os hábitos alimentares quanto a bioacumulação podem explicar os níveis de Hg mais elevados em homens mais velhos. O grupo de 40 a 60 anos exibiu valores mais altos que os do grupo de 21 a 40 anos, com homens apresentando níveis mais altos que as mulheres. Uma vez que a contaminação por Hg é bioacumulativa, homens normalmente comem refeições maiores, então é razoável interpretar que, ao longo dos

anos, consumo frequente e diário de peixe, especialmente por pescadores, levaria a um maior nível de Hg nesses homens.

Entre as mulheres participantes, 64,7% estão em idade fértil (18 a 49 anos) e

Bioacumulação é o processo no qual os organismos podem adquirir contaminantes mais rapidamente do que seus corpos podem eliminá-los.

destas, 69,9% apresentaram nível médio de Hg de 36,2 µg/L. Isso levanta sérias preocupações, considerando que elevados riscos de malformação em recém-nascidos de mães expostas ao Hg durante a gestação. O MeHg pode atravessar as barreiras placentária e hematoencefálica e causar danos ao sistema nervoso central da criança e em pequenas quantidades já induzem problemas no desenvolvimento fetal. É de fundamental importância, portanto, monitorar o nível de Hg em mulheres férteis, grávidas e seus recém-nascidos para prevenir os efeitos de exposição à Hg nessas crianças.

Barreira hematoencefálica é uma estrutura composta por três tipos de células que reveste os vasos sanguíneos, funcionando como um filtro e permitindo que algumas poucas substâncias entrem em contato direto com o cérebro.

Os níveis de Hg analisados no sangue são representações de contaminações recentes e atuais. Considerando que as amostras foram coletadas entre 2015 e 2019, pode-se assumir que os resultados aqui apresentados não representam o cenário atual da bacia do rio Tapajós, que pode ter piorado nos últimos dois anos (pesquisas e reportagens indicam um aumento de zonas de mineração em áreas próximas, aumentando o uso indiscriminado de Hg na área estudada). Além disso, a crise econômica e social desencadeada pela pandemia do coronavírus (COVID-19) levou a população local a buscar fontes mais baratas de proteína, aumentando a pesca tradicional e o consumo de peixes, com níveis aumentados de Hg.

Poucos estudos examinaram os efeitos da exposição de Hg nos rins e fígado. A situação aqui analisada indica que ambas as populações (ribeirinha e urbana) apresentam alterações nos biomarcadores destes órgãos e, embora eles não sejam os mais frequentemente usados para associar Hg com danos, os níveis mais altos de AST e ALT foram registrados nas pessoas com níveis altos de Hg.

Em relação à pressão sanguínea, participantes com hipertensão foram observados em ambas as populações. Estudos anteriores indicam uma relação positiva entre níveis de Hg capilares e hipertensão e, considerando que 85,7% de indivíduos com

pressão alta também apresentaram níveis altos de Hg no sangue, é razoável que isso também seja válido aqui.

Conclusão

Os habitantes de comunidades da região Amazônica têm sido expostos ao Hg por décadas, por meio da ingestão de peixes contaminados por mercúrio. Utilizando um biomarcador de exposição recente, os resultados aqui evidenciam níveis altos de Hg entre os participantes. Todos os indivíduos analisados, tanto da área urbana como a ribeirinha, que reportaram consumo frequente de peixes locais apresentam níveis detectáveis de Hg e foram, conseqüentemente, expostos à riscos de saúde. Níveis elevados deste metal foram encontrados em pessoas de todos os grupos de idade, ambos os gêneros e em todos os níveis de escolaridade. Entretanto, os níveis mais altos registrados foram naqueles que reportaram consumo de peixes, indicando que a exposição ao Hg é influenciada pelos hábitos alimentares e não apenas pelo local de residência.

A cidade de Santarém não apresenta locais de garimpo próxima a ela e, no entanto, sua população avaliada neste estudo está exposta a níveis diferentes de Hg. Desta forma, conclui-se que a exposição ao mercúrio não é restrita a áreas de garimpo, podendo ocorrer em grande parte da bacia do rio que é impactada pela atividade mineradora.

Algumas limitações devem ser consideradas: uma delas é o extenso período de coleta de dados, que pode não refletir a realidade do cenário atual; outra é a comparação dos dados obtidos com biomarcadores distintos (urina e cabelo), apresentados na maioria dos estudos sobre o tema; por fim, há diferenças relevantes entre o consumo de peixe em regiões urbanas e rurais e entre regiões do Brasil, sendo necessário, portanto, aprofundar a análise das diferenças nos hábitos alimentares das comunidades ribeirinhas e das áreas urbanas.

Também são necessários mais estudos que identifiquem a contaminação por Hg por outras fontes além do peixe, como emissões atmosféricas e desflorestamento. É fundamental avaliar, também, os impactos desta contaminação em comunidades locais, para se ter evidências científicas que auxiliem na construção de políticas de contenção

efetivas e para o desenvolvimento de programas de vigilância em saúde adaptados à realidade local. Assim, sim será possível reduzir os impactos nocivos desta grave ameaça a população humana.

Habilidades da BNCC que podem ser trabalhadas com o artigo

(EM13CNT104) Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos.

(EM13CNT105) Analisar a ciclagem de elementos químicos no solo, na água, na atmosfera e nos seres vivos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.

(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

(EM13CNT207) Identificar e analisar vulnerabilidades vinculadas aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando as dimensões física, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos - interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental.

(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

Artigo adaptado: versão condensada

Qual o risco de contaminação por mercúrio em Santarém, no Pará?

Resumo

O mercúrio (Hg) representa um risco à saúde pública e seu uso intensivo e indiscriminado na mineração artesanal de ouro vem ameaçando a floresta Amazônica. Neste estudo, foram analisados e comparados os níveis de Hg detectados no sangue em duas populações da bacia do rio Tapajós - urbana e ribeirinha - e estabelecida a associação entre exposição ao Hg e parâmetros bioquímicos específicos. Foram selecionados 462 adultos de oito comunidades ribeirinhas e uma cidade (Santarém) e 75,6% deles apresentaram níveis de Hg superiores ao limite de segurança de 10 µg/L. A exposição ao Hg foi maior na população ribeirinha (90%) do que na área urbana (57,1%), que apresentaram níveis médios de Hg de 50,6 µg/L e $21,8 \pm 30,9$ µg/L, respectivamente. Indivíduos com idade entre 41 e 60 anos apresentaram os maiores níveis médios de Hg em ambas as populações, mas os ribeirinhos apresentaram o dobro do valor registrado nos indivíduos da área urbana. A população urbana registrou os maiores níveis de glicose e marcadores hepáticos; já a população ribeirinha apresentou níveis elevados de marcadores renais. Os resultados aqui apresentados indicam que a contaminação por Hg continua a afetar as comunidades ribeirinhas, mas também representa desafio para a população de Santarém, importante cidade da região.

Abstract

Mercury (Hg) poses a risk to public health and its intensive and indiscriminate use in artisanal gold mining has been threatening the Amazon rainforest. In this study, the levels of Hg detected in the blood of two populations in the Tapajós River basin - urban and riverine - were analyzed and compared, and the association between Hg exposure and specific biochemical parameters was established. A total of 462 adults from eight riverine communities and one city (Santarém) were selected, and 75.6% of them had Hg levels above the safety limit of 10 µg/L. Hg exposure was higher in the riverine population (90%) than in the urban area (57.1%), which had mean Hg levels of 50.6 µg/L and 21.8 ± 30.9 µg/L, respectively. Individuals aged between 41 and 60 years old had the highest mean levels of Hg in both populations, but riparian residents had double the value recorded in individuals from the urban area. The urban population recorded the highest levels of glucose and liver markers; in turn, the riverine population presented high levels of renal markers. The results presented here indicate that Hg contamination continues to affect riverine communities, but also represents a challenge for the population of Santarém, an important city in the region.

Introdução

O mercúrio (Hg) é um dos elementos químicos mais nocivos da Terra e representa um desafio para a saúde pública. Embora seja um elemento encontrado na natureza, atividades humanas aumentaram a concentração atmosférica total de Hg em aproximadamente 450% acima da ocorrência natural. Na América Latina, a mineração artesanal de ouro permanece sendo a fonte primária de emissão e contaminação por Hg e lançou milhares de toneladas de resíduos contaminados por mercúrio no bioma Amazônia. É responsável não só pela contaminação ambiental, mas pela exposição de animais e humanos ao elemento: para os habitantes da Amazônia, o consumo de peixes é a principal fonte de exposição, o que prejudica a segurança alimentar e o sustento das comunidades tradicionais da região.

Desde 1980, vários estudos foram conduzidos na Amazônia para determinar a contaminação humana por Hg. Poucos deles, no entanto, avaliam a população urbana, provavelmente devido à priorização das comunidades ribeirinhas e indígena, mais vulneráveis devido ao baixo acesso ao sistema de saúde e a alta dependência do peixe como principal fonte de proteína.

Será que existe risco para a população urbana desta região?

Métodos

1. Participaram do estudo 462 adultos (maiores de 18 anos, exceto mulheres grávidas e habitantes das comunidades indígenas) de oito comunidades ribeirinhas do rio Tapajós e uma do Rio Amazonas, além da área urbana de Santarém.
2. Foram realizadas entrevistas com os participantes, onde foram coletados dados sociodemográficos: (gênero, idade, frequência de consumo de peixe e nível de escolaridade), peso, altura e pressão sanguínea.
3. Foram coletados 10 mL de sangue de cada participante, dos quais 5 mL foram destinados à análise de THg e 5 mL para análise dos biomarcadores renais e hepáticos.
 - a. Os níveis de exposição de Hg seguem o determinado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e são divididos em duas

categorias: baixa exposição, sendo $\leq 10 \mu\text{g/L}$ (microgramas por litro de sangue) ou alta exposição, $\geq 10 \mu\text{g/L}$.

- b. Quanto aos marcadores bioquímicos foram determinadas concentrações de glicose (sem jejum), ureia e creatinina para avaliar as funções renais. Para as funções hepáticas, os biomarcadores escolhidos a alanina aminotransferase (ALT) e a aspartato aminotransferase (AST).

A AST e a ALT são enzimas presentes nas células do fígado (hepatócitos) e que são liberadas no sangue em consequência de lesão hepática de naturezas diversas.

Resultados

THg Zona urbana X THg Ribeirinha: A prevalência de exposição ao Hg foi maior na população ribeirinha (90%) que na população urbana (57,1%); na população urbana, o nível médio de Hg foi de $21,8 \pm 30,9 \mu\text{g/L}$ e o maior valor detectado deste grupo foi de $247,1 \mu\text{g/L}$; já na população ribeirinha, o nível médio de Hg foi de $50,6 \mu\text{g/L}$ e o maior nível dos dois grupos ($296,5 \mu\text{g/L}$).

Prevalência é a proporção de uma população que apresenta a doença (ou condição) em um determinado local ou período.

THg Ribeirinha X THg Ribeirinha: a prevalência de exposição ao Hg foi maior na população do rio Tapajós (59,5%) do que na população do Rio Amazonas (40,5%).

THg X Faixa etária: o nível médio de Hg foi mais elevado nos participantes com idade entre 41 e 60 anos, tanto na área urbana ($28,7 \pm 37,3 \mu\text{g/L}$) como na ribeirinha ($55,6 \pm 68,8 \mu\text{g/L}$).

THg X Gênero: para ambos os gêneros, foram observados níveis de Hg mais altos na população ribeirinha se comparados à população urbana. Embora as duas áreas tenham mais mulheres (64% da população ribeirinha, 67% da urbana) submetidas a um maior risco de exposição, níveis de Hg foram superiores nos homens nos dois casos (ribeirinha = $63,4 \pm 70,7 \mu\text{g/L}$; urbana = $26,5 \pm 46,0 \mu\text{g/L}$).

THg X Nível de escolaridade: dos 111 indivíduos que possuem educação superior, 89 são da área urbana e possuem o menor nível médio de Hg ($12,2 \pm 12,8 \mu\text{g/L}$). Nas áreas ribeirinhas, participantes que estão nos grupos educação básica e superior apresentaram níveis mais elevados de Hg.

Biomarcadores: Os maiores nível de glicose e dos biomarcadores hepáticos foram encontrados na população urbana; já os maiores níveis dos biomarcadores renais foram observados nos participantes das comunidades ribeirinhas.

THg X Biomarcadores renais: mais de 80% dos participantes que apresentaram níveis alterados são da área ribeirinha. Os maiores níveis desses dois biomarcadores foram observados na mesma participante, uma mulher de 65 anos da área ribeirinha, com nível de Hg de 122,8 µg/L.

THg X Biomarcadores hepáticos: mais de 85% dos participantes que apresentaram níveis alterados foram da população urbana. Duas mulheres desta área, uma de 44 anos (nível de Hg = 50,2 µg/L) e outra de 53 anos (nível de Hg = 42,4 µg/L) apresentaram níveis elevados de AST e ALT.

THg X Glicose, pressão sanguínea e peso: foram medidos em 191 participantes (98 ribeirinhos; 93 da área urbana): 24 deles tinham níveis de glicose alterados, dos quais 15 também apresentavam níveis de Hg superiores à 10 µg/L); 28 deles apresentaram pressão sanguínea alterada, dos quais 23 estavam expostos à níveis elevados de Hg; em relação ao peso, 113 participantes apresentaram alterações, dos quais 90 apresentaram níveis de Hg elevados.

Discussão

Os resultados aqui apresentados indicam que a contaminação por Hg permanece uma ameaça para essas populações tradicionais, mas também impacta as populações urbanas da bacia do rio Tapajós: todos os participantes apresentaram níveis altos de concentração de Hg e mais de 75% deles exibiram níveis acima do limite de segurança estabelecido pela OMS.

Embora a população urbana também esteja exposta, a população ribeirinha permanece a mais vulnerável à contaminação por Hg. Uma possível explicação para esse fenômeno são os hábitos alimentares, pois o peixe permanece sendo a principal fonte proteica da população ribeirinha enquanto indivíduos que vivem na cidade tem acesso a uma variedade maior de comida.

Tanto os hábitos alimentares quanto a bioacumulação podem explicar os níveis de Hg mais elevados em homens mais velhos. O grupo de 40 a 60 anos exibiu valores mais altos que os do grupo de 21 a 40 anos, com homens apresentando níveis mais altos

que as mulheres. Homens normalmente comem refeições maiores, então é razoável interpretar que, ao longo dos anos, consumo frequente e diário de peixe, especialmente por pescadores, levaria à **bioacumulação** nesses indivíduos.

Bioacumulação é o processo no qual os organismos podem adquirir contaminantes mais rapidamente do que seus corpos podem eliminá-los.


Poucos estudos examinaram os efeitos da exposição de Hg nos rins e fígado. A situação aqui analisada indica que ambas as populações (ribeirinha e urbana) apresentam alterações nos biomarcadores destes órgãos e, embora eles não sejam os mais frequentemente usados para associar Hg com danos, os níveis mais altos de AST e ALT foram registrados nas pessoas com níveis altos de Hg.

Em relação à pressão sanguínea, participantes com hipertensão foram observados em ambas as populações. Estudos anteriores indicam uma relação positiva entre níveis de Hg capilares e hipertensão e, considerando que 85,7% de indivíduos com pressão alta também apresentaram níveis altos de Hg no sangue, é razoável que isso também seja válido aqui.

Conclusão

Os habitantes de comunidades da região Amazônica têm sido expostos ao Hg por décadas, por meio da ingestão de peixes contaminados por mercúrio. Todos os indivíduos analisados, tanto da área urbana como a ribeirinha, que reportaram consumo frequente de peixes locais apresentam níveis detectáveis de Hg e foram, conseqüentemente, expostos à riscos de saúde. Níveis elevados deste metal foram encontrados em pessoas de todos os grupos de idade, ambos os gêneros e em todos os níveis de escolaridade. Entretanto, os níveis mais altos registrados foram naqueles que reportaram consumo de peixes, indicando que a exposição ao Hg é influenciada pelos hábitos alimentares e não apenas pelo local de residência.

A cidade de Santarém não apresenta locais de garimpo próxima a ela e, no entanto, sua população avaliada neste estudo está exposta a níveis diferentes de Hg. Desta forma, conclui-se que a exposição ao mercúrio não é restrita a áreas de garimpo, podendo ocorrer em grande parte da bacia do rio que é impactada pela atividade mineradora.



Artigo original: Mercurial contamination: a consumer health risk assessment concerning seafood from a eutrophic estuary in southeastern Brazil

Link para acesso: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.765323>

Escrito por Rodrigues e colaboradores, foi publicado no periódico *Frontiers in Marine Science* em maio de 2022.

A adaptação do artigo


Identifiquei como conhecimentos prévios que fossem importantes ao aluno: conceitos em Ecologia (cadeia alimentar, níveis tróficos) e noções de Bioquímica (biomoléculas, pH).

O objetivo do estudo era calcular o risco à saúde relativo ao consumo de diferentes espécies de siris, camarões e lulas capturados em diferentes pontos da Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro.

Para a versão expandida, na escolha dos resultados novamente preservei as tabelas apresentadas (sem alterações, apenas tradução). Quanto à única figura, considerei apresentar os dados em uma tabela, de maneira a simplificá-los. Porém, decidi manter em forma de box plot, como forma de mostrar os resultados de maneira distinta.

Sugestão:


Aqui, no lugar de usar uma caixa de comentário explicativa, coloque seu aluno para pensar: peça que ele te explique o que ele compreendeu do gráfico.



Na reescrita dos Resultados/Discussão foi utilizada a mesma estrutura básica do primeiro artigo aqui apresentado, com utilização de caixas de comentários explicativas para esclarecer pontos da Discussão. Duas alterações relevantes foram: a inserção de caixas de comentários, explicando em linhas gerais processos fisiológicos (no hepatopâncreas dos crustáceos e na musculatura dos frutos do mar); mostrar cinco estudos diferentes em forma de quadro no lugar do texto corrido, o que facilitou na concisão e na clareza da apresentação dos dados.

A reescrita da seção Métodos (aqui denominada Material e Métodos) continua sendo feita conforme o exposto para os artigos anteriores: desconsiderei as análises estatísticas complexas, mantive a figura e a tabela com alterações mínimas e apresentei também esquema explicativo do analisador direto de mercúrio (Figura 12, página 32 deste manual). Por fim, uma novidade que este artigo apresenta em relação aos demais é a apresentação de equações matemáticas. Aqui ponderei muito se deveria mantê-las na adaptação. Ao final, considerei que, além de auxiliar na interpretação dos dados, também poderiam servir, por exemplo, para contextualizar o uso da matemática na realidade do aluno. Com isso, as equações foram mantidas no artigo adaptado.

A seção Introdução apresentou novamente as bases para o entendimento do artigo: o ponto de partida (ideia geral) foi a contaminação por Hg e suas consequências na saúde, justificou-se que a contaminação pela alimentação é alta, que existem muitos estudos sobre peixes e poucos estudos sobre frutos do mar para chegar no objetivo (ideia particular): avaliar o risco à saúde devido ao consumo de frutos do mar contaminados por Hg na Baía de Guanabara.



A Conclusão foi estruturada da mesma forma que os artigos anteriores, porém não identifiquei limitações da pesquisa (nem deslocados na seção Resultados e Discussão), apenas recomendações tanto de políticas públicas a serem implantadas quanto de estudos futuros.

○ Título original, se traduzido literalmente, se apresentaria desta forma:

Contaminação por mercúrio: uma avaliação do risco à saúde do consumidor em relação a frutos do mar de um estuário eutrofizado no sudeste do Brasil

Embora existam os três elementos que considero essencial para um título (o que, onde e como foi estudo), alguns termos ficariam mais claros se fossem modificados (vale observar que o texto foi escrito de maneira a fazer um leitor não brasileiro compreender do que se trata o estudo). Assim, o Título do artigo adaptado ficou assim:

Contaminação por mercúrio: avaliação dos riscos à saúde do consumidor de frutos do mar coletados na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro

Enfim, não houve nenhuma diferença no processo de reescrita do Resumo/Abstract em relação aos artigos anteriores.

Artigo adaptado: versão expandida

Contaminação por mercúrio: avaliação dos riscos à saúde do consumidor de frutos do mar coletados na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro

Resumo

A contaminação de ambientes aquáticos por mercúrio (Hg) é uma questão preocupante, especialmente se forem considerados os efeitos tóxicos deste metal na saúde de consumidores de frutos de mar. Uma fonte importante de contaminação da água por Hg é a emissão de esgoto industrial e doméstico e existem poucos estudos que avaliam animais que não sejam os peixes. Assim, o objetivo deste estudo foi calcular o risco à saúde em pessoas que consomem siris, camarões e lulas provenientes da Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro. Para isso, determinou-se a ingestão mensal estimada (EMI), a taxa máxima de ingestão mensal (IRmm) e o quociente de risco (HQ), considerando os três grupos de animais, ambos os gêneros e as idades dos consumidores. As EMI obtidas (0,001 a 0,006 mg/kg/mês) estão abaixo da IRmm (10,3 a 34,8 kg/mês), o que indica que grandes quantidades de frutos do mar podem ser ingeridas pelos participantes, desde que não se tenha atingido o limite de consumo mensal de Hg. O HQ (0,4 a 1,4) indica potenciais riscos à saúde em crianças que consomem siris e lulas e em mulheres jovens consumidoras de siris. Para a identificação dos potenciais riscos à saúde, portanto, é necessário considerar outras variáveis de consumo e não apenas as concentrações de Hg, uma vez que no presente estudo, estas estavam abaixo dos limites de segurança estabelecidos.

Abstract

Contamination of aquatic environments by mercury (Hg) is a matter of concern, especially if one considers the toxic effects of this metal on the health of seafood consumers. An important source of water contamination by Hg is the emission of industrial and domestic sewage and there are few studies that evaluate animals other than fish. Thus, the aim of this study was to calculate the health risk in people who consume crabs, shrimps, and squid from Guanabara Bay, in Rio de Janeiro. For this, the estimated monthly intake (EMI), the maximum monthly intake rate (IRmm) and the hazard quotient (HQ) were determined, considering the three groups of animals, all genders, and consumers' ages. The EMI obtained (0.001 to 0.006 mg/kg/month) are below the IRmm (10.3 to 34.8 kg/month), which indicates that substantial amounts of seafood can be ingested by the participants, if the monthly Hg consumption limit has not been reached. The HQ (0.4 to 1.4) indicates potential health risks in children who consume crab and squid and in young women who consume crab. To identify potential health risks, therefore, it is necessary to consider other consumption variables and not just Hg concentrations, since in the present study, these were below the established safety limits.

Introdução

A contaminação de ambientes aquáticos por mercúrio (Hg) é uma questão preocupante, especialmente se forem considerados os efeitos deletérios deste metal na saúde de consumidores de frutos de mar causados pela bioacumulação e toxicidade.

Bioacumulação é o processo no qual os organismos podem adquirir contaminantes mais rapidamente do que seus corpos podem eliminá-los.

O Hg é um metal que pode ser encontrado naturalmente no ambiente, seja por atividade vulcânica ou desgaseificação atmosférica, ou ser lançado por atividades humanas poluidoras, como a mineração e a queima de combustíveis fósseis. Destaca-se também como ação antrópica, a emissão de esgoto tanto industrial quanto doméstico, fazendo com que o estuário da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro) seja considerado uma área importante de contaminação por Hg.

A toxicidade do Hg é alta, especialmente nas suas formas orgânicas como o metilmercúrio (MeHg), pois são mais biodisponíveis para absorção e excretados de maneira mais lenta. Seja qual for a sua natureza, o Hg pode sofrer tanto bioacumulação como biomagnificação e ser responsável por vários efeitos deletérios na saúde animal e humana, especialmente nos sistemas nervoso e sensorial.

Biomagnificação: é o acúmulo de substâncias químicas ao longo da cadeia alimentar.

Em humanos, esses efeitos surgem após exposição contínua, sendo a alimentação a principal forma de contaminação. Os frutos do mar se destacam como importante fonte de Hg para humanos pois este metal é amplamente distribuído no ambiente aquático.

Diversos são os estudos que avaliam a relação entre consumo de peixes e contaminação por Hg, mas devido a popularidade na culinária global, o nível trófico ocupado e o habitat, também se faz necessário avaliar outros animais como os crustáceos (como por exemplo: siris, caranguejos, camarões) e moluscos (como por exemplo: lulas). Os crustáceos ocupam níveis tróficos mais baixos, compreendendo organismos bentônicos que vivem em contato próximo do sedimento e, uma vez que o Hg afunda, isso favorece a contaminação dos animais. As lulas são organismos pelágicos que pertencem a níveis tróficos mais elevados (em alguns casos, no mesmo que peixes) e sendo predadoras, podem bioacumular e biomagnificar o Hg em seus

corpos. Desta forma, é importante analisar potenciais riscos à saúde decorrentes do consumo destes animais.

Organismos bentônicos são aqueles que vivem no fundo do mar; os organismos pelágicos, em contraste, são aqueles que se localizam na coluna d'água (afastada da área bentônica).

Os riscos à saúde muitas vezes podem ser subestimados quando se avaliam apenas as concentrações de metal nos frutos do mar; desta forma, fatores como a frequência de consumo, a quantidade consumida e o período de exposição devem ser levados em conta. Assim, o cálculo do quociente de risco (HQ) se apresenta uma importante ferramenta, pois considera em seus cálculos diferentes fatores de interferência e refletindo, portanto, os riscos à saúde humana de maneira mais precisa.

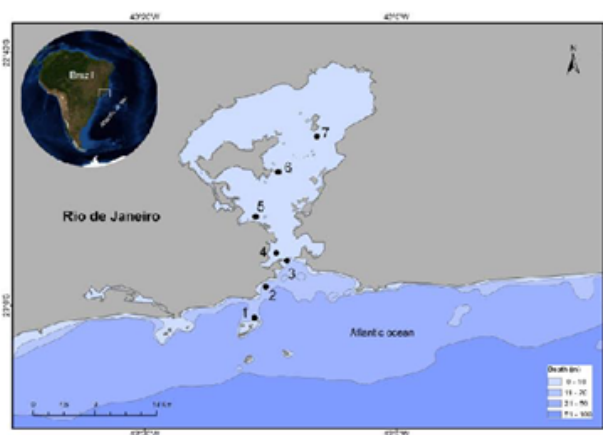
O objetivo deste trabalho foi, então, calcular o risco à saúde decorrente do consumo de diferentes espécies de siris, camarões e lula capturados em diferentes locais da Baía de Guanabara.

Material e Métodos

Área de estudo

Todos os animais foram coletados por redes de arrasto de fundo, no estuário da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro em sete pontos distintos (Figura 1). Presença de atividade portuária, fluxo de embarcações, eliminação de efluentes, turismo e lazer e atividades pesqueiras foram alguns dos critérios considerados para a seleção dos locais.

Figura 1 - Pontos de coleta de siris, camarões e lulas na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro



P1: Ilha Cagarras; P2: Praia de Copacabana; P3: Praia da Urca; P4: Praia do Flamengo; P5: Porto do Rio de Janeiro; P6: Engenho/São Gonçalo; P7: Ilha de Paqueta

Animais coletados

Um total de 125 animais foram capturados nos sete pontos de coleta, que foram divididos em três grupos: siris, camarões e lulas. As espécies encontradas e suas respectivas quantidades estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Espécies de siris, camarões e lulas coletadas na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro

Grupo	Espécie	Número
Siris	<i>Callinectes sapidus</i>	16
	<i>Achelous spinimanus</i>	30
	<i>Achelous spinicarpus</i>	2
Camarões	<i>Farfantepenaeus brasiliensis</i>	24
	<i>Farfantepenaeus paulensis</i>	12
	<i>Litopenaeus schmitti</i>	22
Lulas	<i>Doryteuthis sanpaulensis</i>	16
	<i>Doryteuthis plei</i>	1
	<i>Lolliguncula brevis</i>	2

Esses animais tiveram sua musculatura dissecada para a quantificação de Hg, uma vez que este é o principal tecido desses três grupos destinado à alimentação.

Quantificação de mercúrio

Para determinar os níveis de concentração total de mercúrio (THg), as amostras das musculaturas dissecadas foram inseridas em um analisador direto de mercúrio, que funciona como no esquema abaixo:

Figura 2 - Esquema explicativo das fases do funcionamento do analisador direto de mercúrio



Cálculo de avaliação de risco

Foram calculados três parâmetros para se determinar o risco à saúde:

- A ingestão mensal estimada (EMI), que verifica se a concentração de Hg presente na quantidade média de frutos do mar consumidos ultrapassará o limite de consumo mensal permitido (PTMI) e é calculada pela equação:

$$EMI = \frac{C \times IR}{BW}$$

C é a concentração de Hg (em mg/kg); IR é a taxa de ingestão (0,093 kg/semana ou 0,372 kg/mês) e BW é o peso corporal

O PTMI foi estabelecido pelo Comitê Misto da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) e OMS (Organização Mundial de Saúde) em aditivos alimentares.

- A taxa máxima de ingestão mensal (IRmm), que identifica a quantidade máxima de frutos do mar que pode ser consumida para que não se ultrapasse o PTMI, que é calculada pela equação:

$$IRmm = \frac{PTMI \times BW}{C}$$

PTMI é o limite de consumo mensal permitido (0,017 mg/kg/mês); BW é o peso corporal e C é a concentração de mercúrio (mg/kg)

- O quociente de risco (HQ) que indica o potencial dano a saúde do consumidor se apresentar valores superiores a 1, e é dado pela equação:

$$HQ = \frac{EF \times ED \times IR \times C}{RfD \times BW \times TA}$$

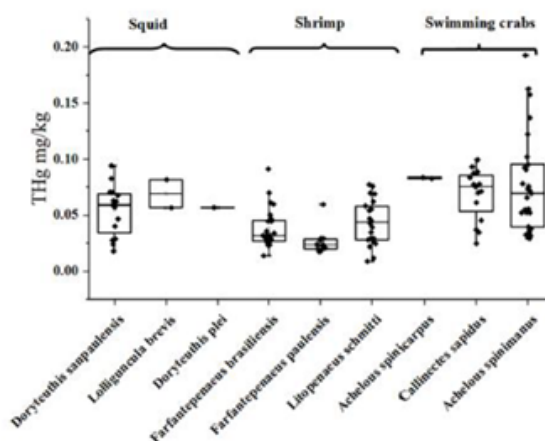
EF é a frequência de exposição (48 dias/ano); ED é a duração da exposição (12, 24 ou 54 anos); RfD é a estimativa de uma exposição oral diária segura (para o Hg é igual 0,0001 mg/kg/dia); BW é peso corporal e TA é o tempo de exposição médio a não cancerígenos

Como se pode observar, todas os cálculos acima levam em consideração o peso corporal do consumidor. Assim, para se obter uma avaliação de risco para diferentes faixas etárias e que também reflita as diferenças entre homens e mulheres, foram utilizados o peso médio de três grupos de idade, informados na plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para indivíduos nascidos no Rio de Janeiro: crianças de 12 anos (42 kg = meninos, 46 kg = meninas); jovens de 24 anos (72 kg = homens; 59 kg = mulheres) e adultos de 54 anos (78 kg = homens; 66 kg = mulheres).

Resultados e Discussão

As diferenças entre as THg detectadas nas espécies estudadas estão apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Concentrações de mercúrio total (THg) detectadas em diferentes espécies de lulas, camarões e siris na Baía de Guanabara



Essas concentrações de Hg estão abaixo dos limites brasileiro (0,5 mg/kg para espécies não predadoras; 1,0 mg/kg para predadoras) e internacional (0,5 mg/kg). Não foram identificadas diferenças significativas entre espécies do mesmo tipo de animal, porém os três grupos são distintos entre si.

Bioturbação é a alteração ou mistura da estrutura sedimentar provocada pela ação de seres vivos.

Os siris apresentaram maior contaminação, o que pode ser atribuída ao seu habitat bentônico, em contato próximo com o sedimento contaminado. Soma-se a isso o movimento de bioturbação provocados por esses animais, que resulta na ressuspensão de sedimento e permitindo que Hg previamente imobilizado se torne disponível para absorção. Se comparados com camarões (que pertencem ao mesmo nível trófico), os siris apresentam valores maiores de Hg, pois possuem tanto taxas maiores de assimilação de metal quanto taxas menores de excreção.

Esperava-se que as lulas apresentassem valores mais elevados de Hg devido ao seu hábito predatório, mas isso não foi observado aqui. Isso pode ser atribuído ao fato destes animais serem tipicamente pelágicos e, assim, mantendo distância do sedimento de fundo contaminado (onde o Hg é tradicionalmente absorvido). Além disso, estudos anteriores descrevem que o processo de biomagnificação é mais eficiente em cadeias

bentônicas que em pelágicas, confirmando a concentração de Hg mais elevada nos siris, se comparadas com as lulas.

Diferenças metabólicas e fisiológicas, além da variação na contaminação dos pontos de coleta da Baía de Guanabara podem justificar também estas diferenças. Outros estudos indicam que crustáceos (especialmente siris e caranguejos) destacam-se como importantes bioacumuladores não só de Hg, mas também de outros metais, superando inclusive o efeito da biomagnificação.

A escolha da musculatura dos animais como amostra a ser analisada pode ter influenciado nas medidas das concentrações de Hg. A justificativa seria que esse tecido é geralmente o mais consumido por animais aquáticos, mas, no entanto, ele não apresenta o melhor tropismo para acumulação de metais, como o Hg. De fato, estudos indicam que os músculos são o terceiro órgão mais bioacumulador dos crustáceos, após o hepatopâncreas e as brânquias; em outros organismos aquáticos, como peixes e lulas, o fígado é o órgão que tem funções equivalentes ao hepatopâncreas, sendo, portanto, responsável pela bioacumulação.

O hepatopâncreas é um órgão do sistema digestório dos crustáceos que tem importante função no processo de desintoxicação de contaminantes, pois apresenta as metalotioneínas, proteínas citosólicas que são capazes de se ligar a metais.

Mesmo assim, a escolha da musculatura se torna relevante não só pelo seu consumo, mas também quando se considera este tecido um reservatório de longo prazo.

Mesmo com baixas concentrações de metalotioneínas, o Hg pode chegar ao músculo por ligação ao tiol (composto orgânico com alta afinidade com mercúrio).

Fatores abióticos, embora não avaliados aqui neste estudo, também influenciam nas concentrações dos contaminantes. A grande quantidade de matéria orgânica presente na água, por exemplo, se liga ao Hg, reduzindo sua biodisponibilidade. Estudos previamente publicados indicam que temperatura da água, salinidade, oxigenação e pH podem alterar a biodisponibilidade e toxicidade do Hg na Baía de Guanabara. A salinidade na região pode variar entre 31 e 35 mg/L (valor próximo da salinidade do mar) e a presença de sulfetos que se ligam ao Hg nesta água faz com que o metal se torne menos biodisponível. Já o pH é cerca de 8, o que indica um ambiente alcalino; porém, a biodisponibilidade de Hg é maior em ambientes ácidos. A temperatura da água na Baía de Guanabara varia entre 17 e 25 °C e influencia o metabolismo animal (temperaturas mais elevadas promovem mais excreção de metais como o Hg). Por fim, a oxigenação é

de 3 a 6 mg/L e quando esses valores são mais baixos, podem favorecer tanto uma maior captação do oxigênio (e, por consequência, uma maior absorção branquial de contaminante) quanto a formação de MeHg (uma vez que se melhoram as condições para a atividade de bactérias redutoras de sulfato responsáveis pelo processo). Desta forma, independente do fator de risco para consumo, as baixas concentrações de Hg na Baía de Guanabara se justificam devido a condições abióticas desfavoráveis.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de cada espécie de frutos do mar que pode ser consumida sem exceder os valores da IRmm e da EMI e a THg que pode ser consumida mensalmente por meio da ingestão dos frutos do mar estudados.

Tabela 2 - Ingestão mensal estimada (EMI), taxa máxima de ingestão mensal (IRmm) e concentração de mercúrio total (THg) para espécies de lula, camarão e siri coletadas na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro

Espécie	EMI (mg/kg/mês)						IRmm (kg/mês)					
	Criança		Jovem		Adulto		Criança		Jovem		Adulto	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Camarão	0,003	0,003	0,001	0,002	0,001	0,002	18,7	20,5	32,2	26,3	34,8	29,5
Lula	0,004	0,004	0,002	0,003	0,002	0,003	12,7	13,9	21,8	17,9	26,6	20,0
Siri	0,006	0,005	0,003	0,004	0,003	0,003	10,3	11,3	17,7	14,5	19,2	16,2

Espécie	THg (mg/kg) Média ± DP	n
Camarão	0,038 ± 0,003	58
Lula	0,056 ± 0,003	19
Siri	0,069 ± 0,003	43

DP: Desvio padrão; M: gênero masculino; F: gênero feminino; Criança (12 anos); Jovem (24 anos); Adulto (54 anos)

Os cálculos das IRmm indicam que a quantidade estimada de consumo permitida para não superar a PTMI do Hg é alta (34,8 kg para adultos e 10,3 kg para crianças); já as EMI registradas indicam que para todas as espécies, as THg consumidas na alimentação (93 g por semana, 372g por mês) têm níveis muito baixos e inferiores a PTMI. Isso demonstra a segurança no consumo, uma vez que a quantidade que é possivelmente consumida na região é muito baixa. Dados obtidos pelo IBGE indicam que consumo médio de frutos do mar (exceto peixes) por pessoa no Brasil é de 0,2 g/dia, representando 0,3% do consumo total destes alimentos. Não há estudos específicos do estado do Rio de Janeiro que demonstrem a quantidade e frequência de consumo dos grupos estudados aqui, assim os cálculos da EMI e do HQ foram feitos utilizando o valor de 93 g/mês (valor estimado para a população brasileira).

A Tabela 3 apresenta o cálculo do HQ para as três populações avaliadas, considerando ambos os gêneros e os três grupos de frutos do mar.

Tabela 3 - Quociente de risco (HQ) das três faixas etárias dos consumidores de lula, camarão e siri coletados na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro

Espécies	HQ					
	Criança		Jovem		Adulto	
	M	F	M	F	M	F
Camarão	0,8	0,7	0,4	0,5	0,4	0,5
Lula	1,1	1,0	0,7	0,8	0,6	0,7
Siri	1,4	1,3	0,8	1,0	0,7	0,9

A expectativa era que o resultado aqui encontrado estaria alinhado com outros estudos, que demonstraram que apesar das concentrações de Hg nessas espécies estarem abaixo do limite, ao se considerar a quantidade e a frequência consumida, o HQ indicaria existência de risco à saúde. Isso, porém, só se mostrou válido para os grupos de crianças (ambos os sexos) que consomem lulas e siris e de mulheres jovens que consomem siris.

O Quadro 1 abaixo apresenta os principais resultados obtidos de alguns estudos sobre frutos do mar, em relação ao cálculo do HQ.

Quadro 1 - Localização e principais resultados obtidos de estudos que analisam o quociente de risco (HQ) em peixes e frutos do mar

Local de estudo	Resultado obtido
Irã	Consumo mensal de camarões de 450 g para crianças e 990 g para adultos e HQ de 1,32 e 0,82 (respectivamente); comparando-se espécies de peixes e camarões de três cidades, foram reportados HQ superior a 1 apenas em crianças que consomem camarões e mulheres que consomem peixes.
Golfo da Catânia (mar Jônico, costa leste da ilha italiana da Sicília)	Concentração em frutos do mar dentro dos limites do JECFA, mas estes eram extrapolados quando se levava em consideração o tamanho das refeições; os valores de HQ eram superiores a 1 em alguns casos.
Pequim (China)	Peixes vendidos em grandes mercados exibiam valores de HQ maiores que o de lulas e camarões (com HQ inferior a 1).
Itália	Entre diferentes cefalópodes, peixes e crustáceos, nenhuma dessas espécies apresentou HQ superior a 1 e espécies de lula e polvo apresentaram os menores valores de HQ.
Índia	HQ inferior a 1 em caranguejos, camarões e bivalves.

Percebe-se que, em alguns casos, esses resultados são compatíveis com o estudado aqui, uma vez que não foram encontrados valores superiores a 1 associados com o consumo de camarão e só foi identificado risco para crianças que consomem lulas. O maior risco aqui apresentado é o associado ao consumo de siris, pois estes apresentam a maior concentração de Hg, se comparada com os outros animais.

É importante notar a diferença entre gênero e idade da população estudada. Crianças, por exemplo, tem mais chances de desenvolver problemas de saúde associados a ingestão de frutos do mar contaminados por Hg, pois possuem menor massa corporal e são organismos em fase de desenvolvimento. Isso é apoiado por um estudo chinês que identificou maiores riscos à saúde em um grupo de 2 a 7 anos de idade que consumia certas espécies de peixe, camarão e lula vindos de mercados contaminados por Hg em Pequim. Desta forma, o peso corporal é um importante fator que influencia a avaliação de risco, uma vez que nas populações avaliadas, os maiores HQ foram encontrados nos grupos de menor massa corporal (mulheres e crianças).

Mulheres em idade fértil (especialmente aquelas que tem entre 20 e 29 anos de idade) que estão grávidas ou tentando engravidar devem evitar o consumo de peixes, pois estes animais são fonte de metais como o Hg, que atravessam tanto a barreira placentária como a hematoencefálica. Isso é evidenciado em um estudo no México, que comparou mulheres de uma comunidade pesqueira: o grupo que tinha idade entre 40 e 49 anos estava submetido a um risco maior de contaminação por MeHg se comparados às mulheres de 20 a 29 de idade e, de acordo com os pesquisadores, é possível relacionar esse resultado à recomendação seguida, que provocou um consumo mais baixo de frutos do mar no segundo grupo. Estudos no Irã também identificaram riscos maiores em crianças e mulheres em idade fértil, dessa vez comparando mulheres de comunidades pesqueiras (que possuem níveis mais elevados de Hg devido ao consumo de peixes) com a população não pesqueiras.

Barreira hematoencefálica é uma estrutura composta por três tipos de células que reveste os vasos sanguíneos, funcionando como um filtro e permitindo que algumas poucas substâncias entrem em contato direto com o cérebro.

Uma questão não foi relatada, mas que merece ser destacada é o aquecimento que os frutos do mar são submetidos antes de serem consumidos. Geralmente, tratamentos que submetem à comida ao calor podem levar a perda direta de Hg

(volatilização) ou de forma indireta (transformar a metal em uma outra forma mais volátil). O calor também pode alterar a solubilidade do Hg e induzir a sua ligação com componentes biológicos. Diversos estudos, por exemplo, indicam que o tratamento com calor pode levar a uma digestibilidade reduzida, pois provocam mudanças estruturais nas proteínas associadas ao Hg, que conseqüentemente alteram a susceptibilidade a ação de proteases e diminuem a bioacessibilidade do metal durante a digestão. Considerando, portanto, os efeitos do calor, é possível indicar que os níveis mais baixos de Hg já encontrados aqui neste estudo, serão menores com o aquecimento destes frutos do mar no momento do cozimento ou fritura, por exemplo. Assim, os riscos à saúde podem também ser menores que os apresentados.

É surpreendente que o risco de contaminação por Hg devido ao consumo de frutos do mar seja baixo, especialmente se consideramos que a Baía de Guanabara e praias próximas possuem água imprópria para banho e que inúmeros pontos da baía possuem odores intensos de rejeitos o ano inteiro. Isso indica que a contaminação por esgoto doméstico pode estar causando mais impacto que o lançamento de resíduos industriais na água.

Conclusão

A contaminação por Hg em siris, lulas e camarões provenientes da Baía de Guanabara é abaixo dos limites propostos por leis brasileiras e internacionais. Entretanto, quando se considera a média de peso corporal da população, a frequência e a quantidade de consumo, evidencia-se um risco aumentado para crianças e mulheres jovens que ingerem espécies com as maiores concentrações deste metal.

É necessário reforçar tanto a importância de se considerar esses indicadores e não apenas determinar a concentração de Hg quanto a de se estudar outros animais, que não apenas o peixe.

O Hg é um elemento que bioacumula no corpo ao longo da vida, então não é possível descartar potenciais danos causados na saúde da população adulta. Desta forma, é fundamental que existam políticas públicas que controlem a contaminação por Hg e outros poluentes na Baía de Guanabara.

Habilidades da BNCC que podem ser trabalhadas com o artigo

(EM13CNT104) Avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos.

(EM13CNT105) Analisar a ciclagem de elementos químicos no solo, na água, na atmosfera e nos seres vivos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT202) Interpretar formas de manifestação da vida, considerando seus diferentes níveis de organização (da composição molecular à biosfera), bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, tanto na Terra quanto em outros planetas.

(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos e no corpo humano, interpretando os mecanismos de manutenção da vida com base nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia.

(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

(EM13CNT206) Justificar a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

(EM13CNT207) Identificar e analisar vulnerabilidades vinculadas aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando as dimensões física, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos - interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.

(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental.

(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

Artigo adaptado: versão condensada

Quais são os riscos à saúde de comer frutos do mar pescados na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro?

Resumo

A contaminação de ambientes aquáticos por mercúrio (Hg) é uma questão preocupante, especialmente se forem considerados os efeitos tóxicos deste metal na saúde de consumidores de frutos de mar. Uma fonte importante de contaminação da água por Hg é a emissão de esgoto industrial e doméstico e existem poucos estudos que avaliam animais que não sejam os peixes. Assim, o objetivo deste estudo foi calcular o risco à saúde em pessoas que consomem siris, camarões e lulas provenientes da Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro. Para isso, determinou-se a ingestão mensal estimada (EMI), a taxa máxima de ingestão mensal (IRmm) e o quociente de risco (HQ), considerando os três grupos de animais, ambos os gêneros e as idades dos consumidores. As EMI obtidas (0,001 a 0,006 mg/kg/mês) estão abaixo da IRmm (10,3 a 34,8 kg/mês), o que indica que grandes quantidades de frutos do mar podem ser ingeridas pelos participantes, desde que não se tenha atingido o limite de consumo mensal de Hg. O HQ (0,4 a 1,4) indica potenciais riscos à saúde em crianças que consomem siris e lulas e em mulheres jovens consumidoras de siris. Para a identificação dos potenciais riscos à saúde, portanto, é necessário considerar outras variáveis de consumo e não apenas as concentrações de Hg, uma vez que no presente estudo, estas estavam abaixo dos limites de segurança estabelecidos.

Abstract

Contamination of aquatic environments by mercury (Hg) is a matter of concern, especially if one considers the toxic effects of this metal on the health of seafood consumers. An important source of water contamination by Hg is the emission of industrial and domestic sewage and there are few studies that evaluate animals other than fish. Thus, the aim of this study was to calculate the health risk in people who consume crabs, shrimps, and squid from Guanabara Bay, in Rio de Janeiro. For this, the estimated monthly intake (EMI), the maximum monthly intake rate (IRmm) and the hazard quotient (HQ) were determined, considering the three groups of animals, all genders, and consumers' ages. The EMI obtained (0.001 to 0.006 mg/kg/month) are below the IRmm (10.3 to 34.8 kg/month), which indicates that substantial amounts of seafood can be ingested by the participants, if the monthly Hg consumption limit has not been reached. The HQ (0.4 to 1.4) indicates potential health risks in children who consume crab and squid and in young women who consume crab. To identify potential health risks, therefore, it is necessary to consider other consumption variables and not just Hg concentrations, since in the present study, these were below the established safety limits.

Introdução

O mercúrio (Hg) é um metal que pode ser encontrado naturalmente no ambiente ou ser lançado na água por atividades humanas poluidoras, como a mineração e a queima de combustíveis fósseis. Destaca-se também como ação antrópica, a emissão de esgoto tanto industrial quanto doméstico, fazendo com que o estuário da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro) seja considerado uma área importante de contaminação por Hg.

Em humanos, danos à saúde surgem após exposição contínua, sendo a alimentação a principal forma de contaminação. Os frutos do mar se destacam como importante fonte de Hg para humanos pois este metal é amplamente distribuído no ambiente aquático.

Diversos são os estudos que avaliam a relação entre consumo de peixes e contaminação por Hg, mas devido a popularidade na culinária global, o nível trófico ocupado e o habitat, também se faz necessário avaliar outros animais como os crustáceos (como por exemplo: siris, caranguejos, camarões) e moluscos (como por exemplo: lulas).

Consumir esses animais representa risco à saúde?

Material e Métodos

1. Foram coletados 125 animais, que foram divididos em três grupos: siris, camarões e lulas.
2. Para a avaliação de risco à saúde foram considerados diferentes faixas etárias e os diferentes gêneros. e calculados três parâmetros:
 - a. a ingestão mensal estimada (EMI), que verifica se a concentração de Hg presente na quantidade média de frutos do mar consumidos ultrapassará o limite de consumo mensal permitido (PTMI);
 - b. a taxa máxima de ingestão mensal (IRmm), que identifica a quantidade máxima de frutos do mar que pode ser consumida para que não se ultrapasse o PTMI;

O PTMI foi estabelecido pelo Comitê Misto da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) e OMS (Organização Mundial de Saúde) em aditivos alimentares.

- c. o quociente de risco (HQ) que indica o potencial dano à saúde do consumidor se apresentar valores superiores a 1.

Resultados

As **concentrações de Hg** detectadas nas espécies estudadas estão abaixo dos limites brasileiro (0,5 mg/kg para espécies não predadoras; 1,0 mg/kg para predadoras) e internacional (0,5 mg/kg). Não foram identificadas diferenças significativas entre espécies do mesmo tipo de animal, porém os três grupos são distintos entre si, com os siris apresentando maior contaminação.

Os cálculos das **IRmm** indicam que a quantidade estimada de consumo permitida para não superar a PTMI do Hg é alta (34,8 kg para adultos e 10,3 kg para crianças); já as EMI registradas indicam que para todas as espécies, as THg consumidas na alimentação (mês) têm níveis muito baixos e inferiores a PTMI. Isso demonstra a segurança no consumo, uma vez que a quantidade que é possivelmente consumida na região é muito baixa (valor estimado para a população brasileira foi utilizado porque não há estudos específicos do estado do Rio de Janeiro).

O cálculo do **HQ** só se mostrou superior à 1 em crianças (ambos os sexos) que consomem lulas e siris e de mulheres jovens que consomem siris.

Discussão

A maior contaminação nos siris, pode ser atribuída ao seu habitat **bentônico**, em contato próximo com o sedimento contaminado. Soma-se a isso o movimento de **bioturbação** provocados por esses animais, que resulta na ressuspensão de sedimento e permitindo que Hg previamente imobilizado se torne disponível para absorção. Se comparados com camarões (que pertencem ao mesmo nível trófico), os siris apresentam valores maiores de Hg, pois possuem tanto taxas maiores de assimilação de metal quanto taxas menores de excreção.

Organismos bentônicos são aqueles que vivem no fundo do mar.
Bioturbação é a alteração ou mistura da estrutura sedimentar provocada pela ação de seres vivos.

Esperava-se que as lulas apresentassem valores mais elevados de Hg devido ao seu hábito predatório, mas isso não foi observado aqui. Isso pode ser atribuído ao fato destes animais serem tipicamente **pelágicos** e, assim, mantendo distância do sedimento

de fundo contaminado (onde o Hg é tradicionalmente absorvido). Além disso, estudos anteriores descrevem que o processo de **biomagnificação** é mais eficiente em cadeias

Organismos pelágicos são aqueles que se localizam na coluna d'água (afastada da área bentônica). Biomagnificação: é o acúmulo de substâncias químicas ao longo da cadeia alimentar.

bentônicas que em pelágicas, confirmando a concentração de Hg mais elevada nos siris, se comparadas com as lulas.

A expectativa era que o HQ aqui encontrado estaria alinhado com outros estudos, que demonstraram que apesar das concentrações de Hg nessas espécies estarem abaixo do limite, ao se considerar a quantidade e a frequência consumida, indicaria existência de risco à saúde. Isso, porém, só se mostrou válido para os grupos de crianças (ambos os sexos) que consomem lulas e siris e de mulheres jovens que consomem siris. Outros estudos conduzidos em outros países (Itália, Irã, China) apresentam resultados são compatíveis com o estudado aqui, uma vez que não foram encontrados valores superiores a 1 associados com o consumo de camarão e só foi identificado risco para crianças que consomem lulas. O maior risco aqui apresentado é o associado ao consumo de siris, pois estes apresentam a maior concentração de Hg, se comparada com os outros animais.

Crianças tem mais chances de desenvolver problemas de saúde associados a ingestão de frutos do mar contaminados por Hg, pois possuem menor massa corporal e são organismos em fase de desenvolvimento. Isso é apoiado por um estudo chinês que identificou maiores riscos à saúde em um grupo de 2 a 7 anos de idade que consumia certas espécies de peixe, camarão e lula vindos de mercados contaminados por Hg em Pequim. Desta forma, o peso corporal é um importante fator que influencia a avaliação de risco, uma vez que nas populações avaliadas, os maiores HQ foram encontrados nos grupos de menor massa corporal (mulheres e crianças).

Mulheres em idade fértil (especialmente aquelas que tem entre 20 e 29 anos de idade) que estão grávidas ou tentando engravidar devem evitar o consumo de peixes, pois estes animais são fonte de metais como o Hg, que atravessam tanto a barreira placentária como a **hematoencefálica**. Isso é evidenciado em um estudo no México, que comparou mulheres de uma comunidade pesqueira: o grupo que tinha idade entre 40 e 49 anos estava submetido a um risco maior de contaminação por Hg se comparados às mulheres de 20 a 29 de idade e, de acordo com os pesquisadores, é possível relacionar

esse resultado à recomendação seguida, que provocou um consumo mais baixo de frutos do mar no segundo grupo. Estudos no Irã também identificaram riscos maiores em crianças e mulheres em idade fértil, dessa vez comparando mulheres de comunidades pesqueiras (que possuem níveis mais elevados de Hg devido ao consumo de peixes) com a população não pesqueiras.

Barreira hematoencefálica é uma estrutura composta por três tipos de células que reveste os vasos sanguíneos, funcionando como um filtro e permitindo que algumas poucas substâncias entrem em contato direto com o cérebro.

É surpreendente que o risco de contaminação por Hg devido ao consumo de frutos do mar seja baixo, especialmente se consideramos que a Baía de Guanabara e praias próximas possuem água imprópria para banho e que inúmeros pontos da baía possuem odores intensos de rejeitos o ano inteiro. Isso indica que a contaminação por esgoto doméstico pode estar causando mais impacto que o lançamento de resíduos industriais na água.

Conclusão

A contaminação por Hg em siris, lulas e camarões provenientes da Baía de Guanabara é abaixo dos limites propostos por leis brasileiras e internacionais. Entretanto, quando se considera a média de peso corporal da população, a frequência e a quantidade de consumo, evidencia-se um risco aumentado para crianças e mulheres jovens que ingerem espécies com as maiores concentrações deste metal.

É necessário reforçar tanto a importância de se considerar esses indicadores e não apenas determinar a concentração de Hg quanto a de se estudar outros animais, que não apenas o peixe.

O Hg é um elemento que **bioacumula** no corpo ao longo da vida, então não é possível descartar potenciais danos causados na saúde da população adulta. Desta forma, é fundamental que existam políticas públicas que controlem a contaminação por Hg e outros poluentes na Baía de Guanabara.

Bioacumulação é o processo no qual os organismos podem adquirir contaminantes mais rapidamente do que seus corpos podem eliminá-los.



POR FIM...

A intenção com a produção deste manual foi trazer nossos estudantes para uma ciência mais próxima da produzida por cientistas. E, assim como eles constituem um grupo heterogêneo - com diferentes contextos sociais, gostos, interesses - é incoerente não pensar que também terei professores que possuem habilidades e dificuldades distintas lendo o que escrevi aqui.

Pensando, então, no meu público-alvo (como repeti algumas vezes no processo de adaptação e que também é válido aqui), vejo dois possíveis problemas importantes que podem dificultar o processo: a falta de familiaridade com os textos de artigos científicos e a falta de proficiência em inglês.

Sei que por mais que o inglês seja uma língua global, a nossa realidade tanto quanto ao ensino quanto a aprendizagem dela é muito diferente. Hoje temos, também, ferramentas para suprir essas discrepâncias: use tradutores de textos, eles são eficientes para nos dar uma visão geral sobre o que está escrito. Minha ressalva é: não confie totalmente. Pesquise em outras fontes (você tem conhecimento para saber se a tradução está compatível ou não), para ver se faz sentido, consulte colegas da área de linguagens, por exemplo.

Enfatizo aqui a importância da leitura. Leia diferentes textos, de autores diferentes, na língua que for. É o que fará você se aproximar e compreender essa forma de comunicação.

REFERÊNCIAS


BEZERRA DE OLIVEIRA, R.; SILVA, D.M.; FRANCO, T.S.B.S.; VASCONCELOS, C.R.S.; SOUSA, D.J.A.; SARRAZIN, S.L.F.; SAKAMOTO, M; BORDINEAUD, J. Fish consumption habits of pregnant women in Itaituba, Tapajós River basin, Brazil: risks of mercury contamination as assessed by measuring total mercury in highly consumed piscivore fish species and in hair of pregnant women. **Archives of Industrial Hygiene and Toxicology**, vol. 73, n. 2, p. 131-142, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/aiht-2022-73-3611>. Acesso em: jul. 2022.

FALK, H.; BRILL, G.; YARDEN, A. Teaching a Biotechnology Curriculum Based on Adapted Primary Literature. **International Journal of Science Education**, vol. 30, n. 14, p. 1841-1866, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09500690701579553>. Acesso em: out. 2021.

GOLDMAN, S.R.; BIZANZ, G.L. Toward a functional analysis of scientific genres: implications for understanding and learning processes. In: OTERO, J.A.; LEÓN, J.; GRAESSER, A.C. (Eds.). **The psychology of science text comprehension**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2002. p. 19-50.

HOSKINS, S.G.; STEVENS, L.M.; NEHM, R.H. Selective Use of the Primary Literature Transforms the Classroom Into a Virtual Laboratory. **Genetics**, vol. 176, n. 3, p. 1381-1389, jul. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1534/genetics.107.071183>. Acesso em: out. 2021.

KOZERACKI, C.A.; CAREY, M.F.; COLICELLI, J.; LEVIS-FITZGERALD, M. An Intensive Primary-Literature-based Teaching Program Directly Benefits Undergraduate Science Majors and Facilitates Their Transition to Doctoral Programs. **CBE – Life Sciences Education**, vol. 5, p.340-347, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.06-02-0144>. Acesso em: out. 2021.



MENESES, H.N.M.; OLIVEIRA-DA-COSTA, M.; BASTA, P.C.; MORAIS, C.G.; PEREIRA, R.J.B.; SOUZA, S.M.S.; HACON, S.S. Mercury contamination: a growing threat to riverine and urban communities in the Brazilian Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 5, p. 2816, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19052816>. Acesso em: jul. 2022.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press, 2013. 283p.

NORRIS, S.P.; PHILLIPS, L.M. Reading as Inquiry. In: DUSCHL, R.A.; GRANDY, R.E (Eds.). **Teaching Scientific Inquiry: recommendation for research and implementation**. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. Cap. 17. p. 233-262.

RODRIGUES, P.A.; FERRARI, R.G.; ROSÁRIO, D.K.A.; HAUSER-DAVIS, R.A.; SANTOS, L.N.; CONTE-JUNIOR, C.A. Mercurial contamination: a consumer health risk assessment concerning seafood from a eutrophic estuary in southeastern Brazil. **Frontiers in Marine Science**, v. 9, p. 765323, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.765323>. Acesso em: jul. 2022.

TENOPIR, C.; KING, D.W.; BOYCE, P.; GRAYSON, M.; ZHANG, Y.; EBUEN, M. Patterns of Journal Use by Scientists through Three Evolutionary Phases. **D-Lib Magazine**, v. 9, n. 5, np., mai. 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1045/may2003-king>. Acesso em: ago. 2021.

YARDEN, A; NORRIS, S.P.; PHILLIPS, L.M. **Adapted Primary Literature: the use of authentic scientific texts in secondary schools**. [S.L]: Springer, 2015. 258 p

APÊNDICE D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB

Instituto de Ciências Biológicas – IB

Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Convidamos o(a) Senhor(a) a participar do projeto de pesquisa Manual de adaptação de artigos científicos em língua inglesa: uma ferramenta para a promoção de uma educação científica atualizada no Ensino Médio, sob a responsabilidade da pesquisadora Taíssa Mayumi Abe Gondim Lopes e orientação da Prof.^a Dr.^a Élide Geralda Campos. Esta pesquisa faz parte do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO, da Universidade de Brasília.

Considerando que: a introdução de artigos científicos escritos em língua inglesa no âmbito da Educação Básica, em especial no Ensino Médio, representaria um significativo avanço na educação científica dos estudantes, pois se apresentaria como um potente recurso didático; que a escolha preferencial pelo inglês como idioma se justificaria por essa ser a língua franca de comunicação científica, representando uma fonte numerosa e variada de informação; que a interdisciplinaridade entre inglês-ciência que decorre dessa questão traz a atenção para o papel do professor de Ciências, que como mediador da educação científica, teria o desafio de aproximar o vocabulário complexo dos textos originais, para que estes sejam compreensíveis aos seus alunos cujo nível de proficiência de inglês é reduzido, especialmente no contexto de escola pública; e que elevada carga de trabalho impõe limites no planejamento de novas atividades e impede que professores explorem e revisem materiais de qualidade. O objetivo desta pesquisa é avaliar a elaboração um manual com instruções para capacitar professores de Biologia na adaptação de artigos científicos originais escritos na língua inglesa para o uso no Ensino Médio.

O(a) senhor(a) receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não aparecerá sendo mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo(a).

A sua participação se dará por meio da avaliação do Manual, que você receberá por meio da disponibilização de link do Google Drive e um questionário online, disponibilizado por meio de Google Formulários, com perguntas sobre diferentes aspectos do manual que avaliará o potencial deste como material de apoio didático, além de espaço para as suas sugestões, as quais serão consideradas para o aperfeiçoamento do material. O tempo estimado para análise do Manual e resolução do questionário será de três semanas, a contar a partir da data de envio eletrônico do Manual. Todo este processo poderá ser realizado em sua casa sem custo e sem uso de materiais que lhe ofereça riscos.

Os riscos decorrentes de sua participação na pesquisa são possíveis desconforto, cansaço e gasto de tempo ao responder às questões. Como forma de minimizar estes, o questionário não ultrapassará o limite de 30 perguntas e será testado previamente para avaliar possíveis falhas existentes (inconsistências, ambiguidade, linguagem inacessível). Se você aceitar participar, estará contribuindo para a criação de uma ferramenta didática que possa ser auxiliar os professores na sua prática docente assim como uma futura aplicação do manual em sala de aula, que levará temas atualizados aos alunos, estimulando uma educação científica de qualidade.

O(a) Senhor(a) pode se recusar a responder (ou participar de qualquer procedimento) qualquer questão que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o(a) senhor(a).

Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo durante a leitura do Manual e a resposta do questionário avaliativo. Também não há compensação financeira relacionada a sua participação, que será voluntária.

Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação nessa pesquisa, você receberá assistência integral e gratuita, pelo tempo que for necessário, obedecendo os dispositivos legais vigentes no Brasil. Caso o(a) senhor(a) sinta algum desconforto relacionado aos procedimentos adotados durante a pesquisa, o senhor(a) pode procurar o pesquisador responsável para que possamos ajudá-lo.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Universidade de Brasília podendo ser publicados posteriormente. Os dados e materiais serão utilizados somente para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de cinco anos, após isso serão destruídos.

Se o(a) Senhor(a) tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor telefone para: Taíssa Mayumi Abe Gondim Lopes, no telefone 61 98410-3809, disponível inclusive para ligação a cobrar, ou pelo e-mail tats.magl@gmail.com ou entre em contato com Élide Geralda Campos, na Universidade de Brasília, no telefone 61 3107-2902 ou 61 99607-4859, disponível inclusive para ligação a cobrar ou pelo e-mail elida@unb.br.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde (CEP/FS) da Universidade de Brasília. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidos pelo telefone (61) 3107-1947 ou do e-mail cepfs@unb.br ou cepfsunb@gmail.com, horário de atendimento de 10:00hs às 12:00hs e de 13:30hs às 15:30hs, de segunda a sexta-feira. O CEP/FS se localiza na Faculdade de Ciências da Saúde, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Caso concorde em participar, pedimos que assine este documento que foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o Senhor(a).

Nome / assinatura

Pesquisador Responsável
Nome e assinatura

Brasília, ____ de _____ de _____.