



Vértices (Campos dos Goitacazes)
ISSN: 1415-2843
ISSN: 1809-2667
essentia@iff.edu.br
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense
Brasil

Determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn em chás pretos (Camellia sinensis L.) comercializados em supermercados de Campos dos Goytacazes/RJ

 Vieira, Hellen Gonçalves
 Venial, Henrique Jordem
 Silva, Francisco Luan Fonsêca da
 Lopes, Gisele Simone
 Matos, Wladiana Oliveira
 Almeida, Cibele Maria Stivanin de
 Souza, Murilo de Oliveira

Determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn em chás pretos (Camellia sinensis L.) comercializados em supermercados de Campos dos Goytacazes/RJ

Vértices (Campos dos Goitacazes), vol. 25, núm. 2, e25219110, 2023

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=625774959010>

DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n22023.19110>

Este documento é protegido por Copyright © 2023 pelos autores.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Artigos Originais

Determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn em chás pretos (Camellia sinensis L.) comercializados em supermercados de Campos dos Goytacazes/RJ

Determination of As, Cd, Cr, Cu, Pb and Zn in black teas (Camellia sinensis L.) sold in supermarkets in Campos dos Goytacazes, Brazil

Determinación de As, Cd, Cr, Cu, Pb y Zn en té negros (Camellia sinensis L.) vendidos en supermercados en Campos dos Goytacazes, Brasil

Notas de autor

- 1 Mestrado em andamento na área de Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) com bolsa UENF/FAPERJ - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: hellen.vieira.1984@gmail.com.
- 2 Doutor em Ciência Animal na área de Sanidade Animal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Técnico em Anatomia e Necropsia (Medicina Veterinária) na Universidade Federal do Espírito Santo - Alegre/ES - Brasil. E-mail: henriquevenial@hotmail.com.
- 3 Doutor em Química Analítica (2022) pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor Adjunto na Faculdade de Educação de Crateús (FAEC), Universidade Estadual do Ceará (UECE) - Crateús/CE - Brasil E-mail: fluan.fonseca@gmail.com.
- 4 Doutora em Química (2002) pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Pós-doutorado em Química Analítica no Metrology Group (Measurement Science and Standards) do National Research Council Canada (NRC) em Ottawa (2014). Professora Titular do Departamento de Química Analítica e Físico-Química da Universidade Federal do Ceará (UFC) - Fortaleza/CE - Brasil. E-mail: gslopes@ufc.br.
- 5 Doutora em Química Analítica (2011) pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Professora Associada I na Universidade Federal do Ceará na área de Química Analítica - Fortaleza/CE - Brasil. E-mail: wladianamatos@ufc.br.
- 6 Doutora em Química (Química Analítica Inorgânica) pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2012). Professora Associada na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: cibeles.uenf@gmail.com.
- 7 Doutor em Ciências Naturais na Universidade Estadual do Norte Fluminense (2021). Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF) Campus Itaperuna/RJ e Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais (PPGCN-UENF) - Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: m.quimic@gmail.com.

Hellen Gonçalves Vieira¹

Brasil

hellen.vieira.1984@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4683-1064>

Henrique Jordem Venial²

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

henriquevenial@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3313-2045>

Francisco Luan Fonsêca da Silva³

Universidade Estadual do Ceará (UECE), Brasil

fluan.fonseca@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3519-3191>

Gisele Simone Lopes⁴

Universidade Federal do Ceará (UFC), Brasil

gslopes@ufc.br

 <https://orcid.org/0000-0002-9495-1207>

Wladiana Oliveira Matos⁵

Universidade Federal do Ceará, Brasil

wladianamatos@ufc.br

 <https://orcid.org/0000-0002-7514-6034>

Cibele Maria Stivanin de Almeida⁶

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy

Ribeiro (UENF), Brasil

cibele.uenf@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8829-3036>

Murilo de Oliveira Souza⁷

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

Fluminense (IFF), Brasil

m.quimic@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5299-564X>

DOI: [https://doi.org/](https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n22023.19110)

10.19180/1809-2667.v25n22023.19110

Recepción: 04 Febrero 2023

Aprobación: 13 Julio 2023

Publicación: 11 Agosto 2023



Acceso abierto diamante

Resumo

A *Camellia sinensis* L. é um arbusto da família das Theaceae. A partir das suas folhas é produzido um chá que é a segunda bebida não alcoólica mais consumida no mundo. O chá dessa planta pode trazer vários benefícios à saúde, entretanto alguns elementos presentes nas folhas da *Camellia sinensis* L. são potencialmente tóxicos como, por exemplo, o As, Cd e Pb; uma vez que estão entre as dez substâncias químicas de maiores riscos à saúde. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar as concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn por espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES) após decomposição ácida de amostras comerciais de chá preto da planta *Camellia sinensis* L. adquiridas em supermercados de Campos dos Goytacazes/RJ. Os limites de detecção para os elementos foram de 0,5 mg kg⁻¹ para As; 0,003 mg kg⁻¹ para Cd; 0,02 mg kg⁻¹ para Cr; 1,2 mg kg⁻¹ para Cu; 0,09 mg kg⁻¹ para Pb e 0,04 mg kg⁻¹ para Zn. As concentrações encontradas dos elementos potencialmente tóxicos Cd e Pb nos chás pretos da *Camellia sinensis* L. estão abaixo das concentrações estabelecidas pela ANVISA (0,60 mg kg⁻¹ e 0,40 mg kg⁻¹, respectivamente).

Palavras-chave: *Camellia sinensis* L, chá preto, elementos potencialmente tóxicos, micronutrientes, ICP OES.

Abstract

Camellia sinensis L. is a small tree in the Theaceae family. From its leaves is produced a tea, which is the second most consumed non-alcoholic beverage in the world. The tea of this plant can bring several health benefits, however, some elements present in the leaves of *Camellia sinensis* L. are potentially toxic, for example, As, Cd and Pb; since they are among the ten chemical substances of major health risks. Thus, the objective of this work was to determine the concentrations of As, Cd, Cr, Cu, Pb and Zn by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES) after acid digestion of commercial samples of black tea from the plant *Camellia sinensis* L. acquired in supermarkets from Campos dos Goytacazes (Brazil). The detection limits for the elements were 0.5 mg kg⁻¹ for As; 0.003 mg kg⁻¹ for Cd; 0.02 mg kg⁻¹ for Cr; 1.2 mg kg⁻¹ for Cu; 0.09 mg kg⁻¹ for Pb and 0.04 mg kg⁻¹ for Zn. The concentrations found of the potentially toxic elements Cd and Pb in the black teas of *Camellia sinensis* L. are below the concentrations established by ANVISA (0.60 mg kg⁻¹ and 0.40 mg kg⁻¹, respectively).

Keywords: *Camellia sinensis* L, black tea, potentially toxic elements, micronutrients, ICP OES.

Resumen

Camellia sinensis L. es un arbusto de la familia Theaceae. De sus hojas se produce el té, la segunda bebida no alcohólica más consumida en el mundo. El té de esta planta tiene varios beneficios para la salud, sin embargo, algunos elementos presentes en las hojas de *Camellia sinensis* L. son potencialmente tóxicos, por ejemplo, As, Cd y Pb; ya que se encuentran entre las diez sustancias químicas con mayores riesgos para la salud. Así, el objetivo de este trabajo fue determinar las concentraciones de As, Cd, Cr, Cu, Pb y Zn mediante espectrometría de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente (ICP OES) después de la digestión ácida de muestras comerciales de té negro de la planta *Camellia sinensis* L. adquirida en supermercados en Campos dos Goytacazes (Brasil). Los límites de detección de los elementos fueron de 0,5 mg kg⁻¹ para el As; 0,003 mg kg⁻¹ para Cd; 0,02 mg kg⁻¹ para Cr; 1,2 mg kg⁻¹ para Cu; 0,09 mg kg⁻¹ para Pb y 0,04 mg kg⁻¹ para Zn. Las concentraciones encontradas de los elementos potencialmente tóxicos Cd y Pb en los té negros de *Camellia sinensis* L. están por debajo de las establecidas por la ANVISA (0,60 mg kg⁻¹ y 0,40 mg kg⁻¹, respectivamente).

Palabras clave: *Camellia sinensis* L, té negro, elementos potencialmente tóxicos, micronutrientes, ICP OES.

1 Introdução

A *Camellia sinensis* L. é um arbusto da família das Theaceae nativa do leste asiático (JESZKA-SKOWRON; KRWCZYAK; ZGOŁA-GRZESKOWIAK, 2015; YEMANE; CHANDRAVANSI; WONDIMU, 2008). A partir das suas folhas é produzido um chá imensamente popular (chá preto), sendo este a segunda bebida não alcoólica mais consumida no mundo (GÖRÜR *et al.*, 2011; GRAHAM, 1992; MILANI *et al.*, 2015; SCHULZKI; NÜßLEIN; SIEVERS, 2017; SZYMCZYCHA-MADEJA; WELNA; POHL, 2016). O interesse por esta bebida vem aumentando durante os anos e, segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2022), o consumo mundial deste chá foi de aproximadamente 6,4 milhões de toneladas no ano de 2021.

Além do sabor agradável, estudos epidemiológicos sugerem que o chá feito da *Camellia sinensis* pode aumentar a densidade mineral óssea e apresentar atividades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimutagênicas, anticarcinogênicas, antimicrobianas e hepatoprotetoras, intensificando ainda mais a busca por essa bebida (CABRERA; ARTACHO; GIMÉNEZ, 2006; JESZKA-SKOWRON; KRWCZYAK; ZGOŁA-GRZESKOWIAK, 2015; NISHIYAMA *et al.*, 2010).

Os elementos inorgânicos na *Camellia sinensis* (chá preto) são essenciais para o organismo humano participando de numerosos processos bioquímicos vitais à saúde. O cobre (Cu), por exemplo, tem sido reconhecido como um elemento essencial devido à sua presença em vários processos metabólicos importantes de enzimas e proteínas. Já o crômio (Cr) é um nutriente necessário para o metabolismo de açúcares e gorduras; e o zinco (Zn) está envolvido na síntese e degradação de ácidos nucleicos e proteínas. Entretanto, o excesso dos elementos essenciais Cu, Cr e Zn pode estar associado à síndrome de Menkes, hiperglicemia e anemia, respectivamente (PRASHANTH *et al.*, 2015). Em altas concentrações, esses elementos são potencialmente tóxicos ao organismo. Além disso, alguns elementos (As, Cd e Pb), mesmo em baixas concentrações, também são considerados potencialmente tóxicos à saúde humana (VITÓ *et al.*, 2020). O arsênio (As), o cádmio (Cd) e o chumbo (Pb) estão entre as dez substâncias químicas de maiores riscos à saúde pública, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2020).

Gibb *et al.* (2019) propuseram uma lista de várias doenças causadas pela exposição a As, Cd e Pb, sendo o elemento As o responsável por 96 % dessas doenças. Yaqub *et al.* (2018) avaliaram o risco de Zn, Cr e Cu (entre outros elementos inorgânicos) em diversas plantas cultivadas e em amostras de chás comerciais. O risco à saúde calculado pela *Target Risk Quotient (TRQ)* apresentou-se abaixo de 1 para Zn, Cr e Cu. Entretanto, para alguns elementos (como, por exemplo, Co e Mn), os resultados obtidos apresentaram-se acima de 1, um alerta para o fato de que o consumo excedente desses elementos pode representar um risco à saúde. Schwalfenberg, Genius e Rodushkin (2013) determinaram Pb em chás da planta *Camellia sinensis*, obtendo níveis de concentração acima dos indicados como seguros para o consumo durante a gravidez e lactação ($0,01 \text{ mg kg}^{-1}$) (MEMIC *et al.*, 2014). Sendo assim, o entendimento da composição química dos chás da *Camellia sinensis* permite compreender seus benefícios e malefícios à saúde, algo que é de grande interesse científico, econômico e social (DERUN, 2014; PRÜSS-USTÜN *et al.*, 2016; SOUZA; MORASSUTI; DEUS, 2018; TOMASZEWSKA *et al.*, 2016).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar as concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn por espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES) após decomposição ácida em amostras de chá preto da planta *Camellia sinensis*. Além disso, uma discussão acerca dos riscos à saúde causados por tais elementos foi levantada neste artigo. Finalmente, este trabalho pode contribuir para o entendimento da qualidade dos principais chás pretos comercializados em Campos dos Goytacazes e para preservação da saúde do consumidor.

2 Metodologia

2.1 Instrumentação

Um espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES) (Shimadzu Corporation, Modelo ICPE-9000, Japão) foi utilizado para a determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn. Para a comparação interlaboratorial foi usado um ICP OES (Perkin Elmer, Dual-view Optima 4300 DV, EUA). Os seguintes comprimentos de onda foram empregados para os equipamentos: As (167,081 nm), Cd (214,438nm), Cr (205,552 nm), Cu (213,598 nm), Pb (220,353 nm) e Zn (202,548 nm). Os parâmetros utilizados para realizar as análises estão listados na Tabela 1, todos na posição axial da Tocha.

Tabela 1.

Parâmetros operacionais dos ICP OES utilizados para quantificação de As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn em amostras de chá preto

Parâmetros operacionais do ICP OES	Laboratório A	Laboratório B
Câmara de nebulização	Ciclonic de Pyrex®	Double-pass spray chamber
Nebulizador	Coaxial de Pyrex®	Crossflow
Tocha	Quartzmini-torch	2,4 mm central tube internal-diameter torch
Potência de radiofrequência (W)	1200	1100
Taxa do gás do Plasma (L min ⁻¹)	10	15
Taxa de fluxo do gás nebulizador (L min ⁻¹)	0,70	0,80
Taxa de fluxo do gás auxiliar (L min ⁻¹)	0,60	0,50
Taxa de fluxo da amostra (mL min ⁻¹)	1,00	1,40

Fonte: Elaborada pelos autores (2023)

A decomposição ácida das amostras de chá foi realizada com dois blocos de digestão: Solab, modelo SL 25/40, Brasil, equipado com tubos de borossilicato (volume interno de 75 mL com Ø de diâmetro 25 x 250 mm) (Laboratório A) e TECNAL, modelo TE 00-7D, Brasil, equipado com 15 tubos de Teflon® com tampas (Laboratório B).

2.2 Materiais e reagentes

Os frascos e vidrarias utilizados nas análises de ICP OES e nas decomposições ácidas das amostras foram previamente lavados com água deionizada, imersos em 15% v v⁻¹ de ácido nítrico (HNO₃) por 24 horas e, finalmente, enxaguados com água ultrapura. A água ultrapura (com resistividade = 18,2 MΩ cm) foi preparada por um sistema de osmose reversa (Sartorius, arium® mini, Alemanha). Para as decomposições ácidas das amostras foram utilizados peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 30% m m⁻¹ (Cinética, Brasil) e HNO₃ 65% m m⁻¹ (Merck, Alemanha). As soluções-padrão de calibração foram preparadas após diluições sucessivas de 1000 mg L⁻¹ de As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn (Merck, Alemanha); todas preparadas com diluição adequada com água ultrapura. Além disso, foram usados tubos de polipropileno (importação CRAL, Tipo Falcon, China) com capacidade de 15,0 mL.

2.3 Decomposição ácida das amostras de chá

Para o desenvolvimento deste trabalho foram usadas seis amostras distintas das principais marcas de chá preto (S1 – S6) comercializadas em supermercados da cidade de Campos dos Goytacazes (Rio de Janeiro). A fim de evitar prejuízo para seu caráter distintivo, os nomes das marcas não foram disponibilizados. Apesar de comercializados no Brasil, os chás não possuem descrições quanto a suas origens geográficas. Todas as decomposições foram realizadas em duplicatas autênticas. A descontaminação dos papéis de filtro (diâmetro 9,0 cm e porosidade 3,0 µm) foi realizada lavando-se o material com HNO₃ 5 % v v⁻¹ aquecido a 80 °C por 3 vezes. Os papéis de filtro foram secos à temperatura ambiente.

Uma massa de 250 mg da amostra de chá foi pesada diretamente nos tubos de digestão. Após isso, adicionaram-se 5,0 mL de 65% v v⁻¹ de HNO₃ e 1,0 mL de 30% m m⁻¹ de H₂O₂. A mistura foi transportada para o bloco de digestão e permaneceu por 3 h a 120 °C (ponto de ebulição da mistura azeotrópica formada). Após a decomposição ácida, a amostra foi filtrada usando papel de filtro (15 µm) e diluída para 15 mL com água ultrapura. Os analitos foram quantificados por ICP OES.

2.4 Características de desempenho

A medição dos analitos (As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn) por ICP OES na amostra de chá (amostra S1) foi realizada em triplicata para avaliar a precisão do equipamento por meio do desvio-padrão (SD) e do desvio-padrão relativo (RSD). Os limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) foram calculados de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) por meio das seguintes equações (SOUZA *et al.*, 2020):

$$BEC = \frac{I_{branco}}{slope} \quad (1)$$

$$LD = \frac{3BEC \times RSD}{100} \quad (2)$$

$$LQ = \frac{10BEC \times RSD}{100} \quad (3)$$

Onde o “BEC” é a concentração equivalente no fundo, “I_{branco}” é a intensidade média da medição de 10 amostras em branco independentes, “slope” é o coeficiente angular da curva de calibração, “LD” é o limite de detecção, “LQ” é o limite de quantificação e o “RSD” é o desvio-padrão relativo de 10 amostras em branco independentes.

Para avaliar a exatidão do método, os analitos foram quantificados por ICP OES após a decomposição ácida de amostras de Materiais de Referência Certificados: (CRM) NIST SRM 1573. (Folhas de Tomate) e (CRM) NIST SRM 1515 (Folhas de Maçã). Além disso, uma comparação interlaboratorial dos resultados entre dois laboratórios (Laboratórios A e B) foi realizada. O procedimento de decomposição ácida empregado foi o mesmo em ambos os laboratórios seguidos por determinação usando o ICP OES.

3 Resultado e Discussão

3.1 Concentrações dos elementos químicos no chá preto

As propriedades farmacológicas, o aumento da densidade mineral no organismo e a participação em diversos processos bioquímicos vitais ao ser humano fazem com que o chá da planta *Camelliasinensis* seja intensamente consumido no mundo. Entretanto, para assegurar a qualidade desses chás comercializados, deve-se realizar uma avaliação criteriosa dos elementos químicos neles presentes. Na Tabela 2 são apresentadas as concentrações dos elementos Cu e Zn (mg kg⁻¹) determinados por ICP OES após a decomposição ácida das amostras de chá preto (S1–S6). Para os elementos As, Cd, Cr e Pb, as concentrações obtidas ficaram abaixo dos LDs.

Tabela 2.
Concentrações de Cu e Zn determinados por ICP OES nas amostras de chá após decomposição ácida por via úmida (média $\pm$ SD, n =2)

Amostras	Cu (mg kg ⁻¹)	RSD (%)	Zn (mg kg ⁻¹)	RSD (%)
S1	21,79 $\pm$ 0,03	4,1	27,2 $\pm$ 0,6	9,9
	23,1 $\pm$ 0,3		31,3 $\pm$ 0,5	
S2	19,2 $\pm$ 0,4	0,9	20,2 $\pm$ 0,5	5,2
	19,4 $\pm$ 0,4		21,7 $\pm$ 0,4	
S3	< LD	---	17,5 $\pm$ 0,4	2,1
	14,7 $\pm$ 0,4		17,0 $\pm$ 0,3	
S4	14,7 $\pm$ 0,4	2,1	17,7 $\pm$ 0,3	2,8
	14,3 $\pm$ 0,3		18,4 $\pm$ 0,3	
S5	16,1 $\pm$ 0,6	3,0	18,3 $\pm$ 0,3	0,01
	16,8 $\pm$ 0,2		18,3 $\pm$ 0,4	
S6	19,8 $\pm$ 0,2	2,1	22,4 $\pm$ 0,3	3,3
	20,4 $\pm$ 0,6		23,5 $\pm$ 0,7	

Fonte: Elaborada pelos autores (2023)

Nota: As concentrações dos elementos As, Cd, Cr e Pb ficaram abaixo dos LDs.

O órgão brasileiro responsável por delimitar as concentrações máximas de elementos químicos em alimentos é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Entretanto, para alguns elementos (como, por exemplo, Cr, Cu e Zn), não há um valor máximo estabelecido pela legislação brasileira, sendo importante uma avaliação criteriosa de sua presença nos chás. Os resultados obtidos para Cu ($14,3 - 23,1 \text{ mg kg}^{-1}$) e Zn ($17,0 - 31,3 \text{ mg kg}^{-1}$) neste trabalho (Tabela 2) estão concordantes com os encontrados na literatura. Segundo Prashanth *et al.* (2015), as concentrações de Cu variam de 4 a 20 mg kg^{-1} por peso seco da planta. Moreda-Piñeiro, Fisher e Hill (2003) encontraram concentrações para Cu ($12,35 - 21,26 \text{ mg kg}^{-1}$) e Zn ($24,40 - 27,86 \text{ mg kg}^{-1}$) em diferentes amostras de chá da *Camellia sinensis*. Além disso, Milani, Morgano e Cadore (2016) avaliaram diferentes chás comercializados no sudeste brasileiro e observaram concentrações médias para Cu (12 mg kg^{-1}) e Zn (21 mg kg^{-1}) similares às obtidas neste trabalho.

Vale destacar que, por passarem por um processo de infusão em água quente antes de serem consumidos, há, nos chás, uma redução das concentrações dos elementos biodisponíveis, ou seja, que são realmente ingeridos. Estudos indicam que, em comparação com sua concentração nas folhas secas de chá, dada a quelação desses elementos com ácido tânico e taninos durante a fervura do chá em infusões, pode ocorrer a diminuição dos micronutrientes. O fenômeno causa a redução da sua extração durante o preparo dos chás e, portanto, a diminuição da disponibilidade em solução aquosa (KARAK *et al.*, 2017). Lahiji *et al.* (2013) obtiveram uma extração de 22,75% de Cu e 54,43% de Zn do extrato seco (folhas do chá preto) para as infusões desses chás.

Na Tabela 3 os elementos As, Cd, Cr e Pb apresentaram resultados abaixo do limite de detecção nos dois laboratórios que realizaram as análises (Laboratórios A e B). Para Cu e Zn o grau de concordância entre os resultados é alto (média do RSD $\approx 10\%$), garantindo uma precisão adequada entre os resultados de Cu e Zn obtidos pelos dois laboratórios.

A Instrução Normativa IN Nº 160, de 1º de julho de 2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2022) determina que as concentrações máximas de As, Cd e Pb em chá, erva mate e outros vegetais para infusão sejam: $0,60 \text{ mg kg}^{-1}$, $0,40 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,60 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Neste trabalho, as concentrações de Cd e Pb estão abaixo das concentrações estabelecidas pela ANVISA. Para o As não é possível afirmar que a sua concentração no chá está abaixo do que é estabelecido pela ANVISA, visto que o limite de quantificação (LQ) obtido para esse elemento foi de $1,6 \text{ mg kg}^{-1}$ (maior que a concentração estabelecida pela ANVISA) (Tabela 3). Neste caso, seria necessário utilizar equipamentos mais sensíveis para a determinação de As como, por exemplo, a espectrometria de massa com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS).

A alta concentração de As provoca lesões e câncer de pele causados pela exposição a longo prazo. A alta concentração de Pb pode provocar danos aos rins e o aumento da pressão arterial. Além disso, a alta concentração de Cd pode causar disfunções renais, distúrbios no metabolismo do cálcio (redução de cálcio no organismo) e a formação de cálculos renais (PRÜSS-USTÜN *et al.*, 2016). Neste sentido, a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classificou o cádmio e seus derivados como carcinogênicos (TOMASZEWSKA *et al.*, 2016). Portanto, a fim de prevenir possíveis danos à saúde humana, deve-se realizar a avaliação da composição elementar dos chás da *Camellia sinensis*.

3.2 Características de desempenho

Os limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) são relatados para a massa seca da amostra de chá e foram calculados de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) e Souza *et al.* (2020) (Tabela 3).

Tabela 3.

Características de desempenho alcançadas para o procedimento experimental (amostra S1) (média $\pm$ SD, n =3)

Elementos	Linearidade	LD (mg kg ⁻¹)	LQ (mg kg ⁻¹)	Laboratório A	Laboratório B	RSD %
				Concentração (mg kg ⁻¹)	Concentração (mg kg ⁻¹)	
As	0,99987	0,5	1,6	< LD	< LD	---
Cd	0,99998	0,003	0,01	< LD	< LD	---
Cr	0,99999	0,02	0,07	< LD	< LD	---
Cu	0,99979	1,2	4	22,4 $\pm$ 0,03	19,1 $\pm$ 1,5	11,4
Pb	0,99994	0,09	0,3	< LD	< LD	---
Zn	0,99999	0,04	0,1	29,3 $\pm$ 0,5	33,5 $\pm$ 1,8	9,4

Fonte: Elaborada pelos autores (2023)

Nota: A amostra S1 foi usada para os estudos de exatidão e precisão.

Os elementos As, Cd, Cr e Pb apresentaram resultados abaixo do limite de detecção nos dois laboratórios que realizaram as análises (Laboratórios A e B). Para Cu e Zn o grau de concordância entre os resultados é alto ($RSD \approx 10\%$), garantindo uma precisão adequada entre os resultados de Cu e Zn obtidos pelos dois laboratórios.

As concentrações de Cd, Cr, Cu, Pb e Zn comparadas aos valores (CRM) NIST SRM 1573. (folhas de tomate) e (CRM) NIST SRM 1515 (folhas de maçã) são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4.

Características de desempenho para os procedimentos empregados no presente estudo

Elementos (mg kg ⁻¹)	Decomposição ácida	Valor certificado 1573 ^a (média ± SD)	Intervalo de confiança (t_2 , 95%) ^a	Decomposição ácida	Valor certificado 1515 (média ± SD)	Intervalo de confiança (t_2 , 95%) ^a
As	< LD	0,112 ± 0,004	0,100 – 0,124	ND	ND	ND
Cd	1,45 ± 0,06	1,52 ± 0,04	1,40 – 1,64	<LD	0,013 ± 0,001	0,009 – 0,018
Cr	ND	ND	ND	0,3 ± 0,1	0,3	0,3 – 0,3
Cu	4,4 ± 0,3	4,7 ± 0,1	4,3 – 5,1	5,8 ± 0,2	5,7 ± 0,1	5,3 – 6,1
Pb	ND	ND	ND	0,42 ± 0,03	0,47 ± 0,02	0,40 – 0,54
Zn	29,5 ± 0,4	30,9 ± 0,7	28,8 – 33,0	12,4 ± 1,3	12,4 ± 0,4	11,1 – 13,8

Fonte: Elaborada pelos autores (2023)

Nota: ^aO t_2 Student (2 graus de liberdade) foi calculado considerando o intervalo de 95% de confiabilidade para amostras em duplicatas (Intervalo em mg kg⁻¹). ND: não determinado.

O Teste t *Student* calculado (t_2) apresentado na Tabela 4 garante que as concentrações obtidas para os elementos presentes no material certificado estão dentro do intervalo com 95% de confiança. Os valores de referência para o As ($0,112 \pm 0,004$ mg kg⁻¹) e Cd ($0,013 \pm 0,001$ mg kg⁻¹) são muito baixos (abaixo dos LDs), portanto, não foi possível determinar suas concentrações usando o ICP OES.

4 Considerações finais

As concentrações dos elementos potencialmente tóxicos Cd e Pb nos chás pretos de *Camellia sinensis* L. estão abaixo das concentrações estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para elementos químicos em chá, erva mate e outros vegetais para infusão ($0,40$ mg kg⁻¹ e $0,60$ mg kg⁻¹, respectivamente). Para o As não é possível afirmar que a sua concentração no chá está abaixo do que é estabelecido pela ANVISA, visto que o limite de quantificação (LQ) obtido para este elemento foi maior que a concentração máxima estabelecida pela ANVISA.

A falta de legislações que estabeleçam limites máximos de consumo de Cr, Cu e Zn em alimentos é algo preocupante para a saúde da população, vistos os vários problemas associados a tais elementos quando em excesso. Entretanto, os resultados obtidos para Cu ($14,3 - 23,1$ mg kg⁻¹) e Zn ($17,0 - 31,3$ mg kg⁻¹) neste trabalho estão concordantes com os encontrados na literatura para amostras de chá. Finalmente, este trabalho pode contribuir para avaliar a qualidade dos chás brasileiros comerciais, assegurando um consumo consciente de tal bebida.

Referências

- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BR). Instrução Normativa IN Nº 160, de 1º de julho de 2022. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN_160_2022_.pdf/03a02bb0-7856-4da4-a6f8-6a1e99d487d9. Acesso em: 31 jul. 2023.
- CABRERA, C.; ARTACHO, R.; GIMÉNEZ, R. Beneficial Effects of Green Tea – A Review. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 25, n. 2, p. 79-99, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/07315724.2006.10719518>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.2006.10719518>. Acesso em: 20 jun. 2022.
- DERUN, E. M. Determination of essential mineral concentrations in some turkish teas and the effect of lemon addition. **Food Science and Biotechnology**, v. 23, p. 671-675, 30 jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0091-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-014-0091-7>. Acesso em: 19 maio 2022.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. International tea market: market situation, prospects and emerging issues. **Markets and Trade Division**, Rome, Italy, p. 1-10, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cc0238en/>. Acesso em: 11 dez. 2022.
- GIBB, H. J. *et al.* Estimates of the 2015 global and regional disease burden from four foodborne metals – arsenic, cadmium, lead and methylmercury. **Environmental Research**, v. 174, p. 188-194, jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.062>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935118306959>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- GÖRÜR, F. K. *et al.* Radionuclides and heavy metals concentrations in Turkish market tea. **Food Control**, v. 22, n. 12, p. 2065-2070, dez. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.06.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713511002349>. Acesso em: 23 nov. 2021.
- GRAHAM, H. N. Green Tea Composition, Consumption, and Polyphenol Chemistry. **Preventive Medicine**, v. 21, n. 3, p. 334-350, 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0091-7435\(92\)90041-F](https://doi.org/10.1016/0091-7435(92)90041-F). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/009174359290041F>. Acesso em: 4 jun. 2022.
- JESZKA-SKOWRON, M.; KRW CZYAK, M.; ZGOŁA-GRZESKOWIAK, A. Determination of antioxidant activity, rutin, quercetin, phenolic acids and trace elements in tea infusions: Influence of citric acid addition on extraction of metals. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 40, p. 70-77, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.12.015>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157515000290>. Acesso em: 20 out. 2022.
- KARAK, T. *et al.* Comparative Assessment of Copper, Iron, and Zinc Contents in Selected Indian (Assam) and South African (Thohoyandou) Tea (*Camellia sinensis* L.) Samples and Their Infusion: A Quest for Health Risks to Consumer. **Biological Trace Elements Research**, v. 175, p. 475-487, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0783-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-016-0783-3>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- LAHIJI, N. *et al.* Mineral Analysis the Infusion of Black Tea Samples by Atomic Absorption Spectrometry. **E3S Web of Conferences**, v. 1, n. 39006, p. 1-4, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20130139006>. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2013/01/e3sconf_ichm13_39006/e3sconf_ichm13_39006.html. Acesso em: 2 nov. 2022.
- MEMIC, M. *et al.* Comparison of different digestion methods of green and black tea at the Sarajevo market for the determination of the heavy metal content. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 8, p. 149-154, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-014-9175-6>.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-014-9175-6>. Acesso em: 8 out. 2022.

- MILANI, R. F. *et al.* Evaluation of Direct Analysis for Trace Elements in Tea and Herbal Beverages by ICP-MS. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, n. 6, p. 1211-1217, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20150085>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/9wws6DGsN3Myt7FywSrb8Gz/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 3 dez. 2022.
- MILANI, R. F.; MORGANO, M. A.; CADORE, S. Trace elements in *Camellia sinensis* marketed in southeastern Brazil: Extraction from tea leaves to beverages and dietary exposure. **Food Science and Technology**, v. 68, p. 491-498, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.041>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815303984>. Acesso em: 13 set. 2022.
- MOREDA-PINHEIRO, A.; FISHER, A.; HILL, S. J. The classification of tea according to region of origin using pattern recognition techniques and trace metal data. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 16, n. 2, p. 195-211, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(02\)00163-1](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(02)00163-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157502001631>. Acesso em: 5 ago. 2022.
- NISHIYAMA, M. F. *et al.* Chá verde brasileiro (*Camellia sinensis* var *assamica*): efeitos do tempo de infusão, acondicionamento da erva e forma de preparo sobre a eficiência de extração dos bioativos e sobre a estabilidade da bebida. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 191-196, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000500029>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/W4TCb8zGSsP6CwSYkv454Sy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 dez. 2022.
- PRASHANTH, L. *et al.* A review on role of essential trace elements in health and disease. **Journal of Dr. NTR University of Health Sciences**, v. 4, n. 2, p. 75-85, 2015. Disponível em: https://journals.lww.com/jntr/Fulltext/2015/04020/A_review_on_role_of_essential_trace_elements_in.2.aspx. Acesso em: 25 set. 2022.
- PRÜSS-USTÜN, A. *et al.* **Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks**. Genebra: World Health Organization, 2016. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204585/9789241565196_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 19 nov. 2022.
- SCHULZKI, G.; NÜßLEIN, B.; SIEVERS, H. Transition rates of selected metals determined in various types of teas (*Camellia sinensis* L. Kuntze) and herbal/fruit infusions. **Food Chemistry**, v. 215, p. 22-30, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.093>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616311153>. Acesso em: 21 nov. 2022.
- SCHWALFENBERG, G.; GENUIS, S. J.; RODUSHKIN, I. The Benefits and Risks of Consuming Brewed Tea: Beware of Toxic Element Contamination. **Journal of Toxicology**, v. 2013, p. 1-8, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/370460>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jt/2013/370460/>. Acesso em: 7 out. 2022.
- SOUZA, A. K. R.; MORASSUTI, C. Y.; DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. **ACTA Biomedica Brasiliensia**, v. 9, n. 3, p. 95-106, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18571/acbm.189>. Disponível em: <https://www.actabiomedica.com.br/index.php/acta/article/view/300>. Acesso em: 5 set. 2022.
- SOUZA, M. O. *et al.* Analytical validation using a gas mixing system for the determination of gaseous formaldehyde. **Analytical Methods**, v. 12, n. 43, p. 5247-5256, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1039/D0AY01363C>. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/ay/d0ay01363c/unauth>. Acesso em: 15 ago. 2022.
- SZYMCZYCHA-MADEJA, A.; WELNA, M.; POHL, P. Comparison and validation of different alternative sample preparation procedures of tea infusions prior to their multi-element analysis by FAAS and ICP OES. **Food Analytical Methods**, v. 9, p. 1398-1411, 2016. DOI: <https://doi.org/>

10.1007/s12161-015-0323-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-015-0323-3>. Acesso em: 21 nov. 2022.

TOMASZEWSKA, E. *et al.* Alteration in bone geometric and mechanical properties, histomorphometrical parameters of trabecular bone, articular cartilage, and growth plate in adolescent rats after chronic exposure to cadmium and lead in the case of supplementation with green, black, red and white tea. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 46, p. 36-44, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2016.06.027>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138266891630165X>. Acesso em: 14 dez. 2022.

VITÓ, C. V. G. *et al.* Inorganic content of rock dust wastes from northwest of Rio de Janeiro, Brazil: do environmental risks incur from its use as natural fertilizer? **Environmental Monitoring and Assessment**, v.192, n. 380, p. 1-9, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08348-5>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-020-08348-5>. Acesso em: 1 nov. 2022.

YAQUB, G. *et al.* Monitoring and risk assessment due to presence of heavy metal and pesticides in tea samples. **Food Science and Technology**, v. 38, n. 4, p. 625-628, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.07417>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/F9rCzC6677FPTBVF4m8pFBQ/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 3 ago. 2022.

YEMANE, M.; CHANDRAVANSI, B. S.; WONDIMU, T. Levels of essential and non-essential metals in leaves of the tea plant (*Camellia sinensis* L.) and soil of Wushwush farms, Ethiopia. **Food Chemistry**, v. 107, n. 3, p. 1236-1243, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.058>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814607009764?via%3Dihub>. Acesso em: 17 set. 2022.

WHO. World Health Organization. 10 Chemicals of Public Health Concern. **Newsroom**, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/photo-story/photo-story-detail/10-chemicals-of-public-health-concern>. Acesso em: 2 ago. 2021.

Información adicional

COMO CITAR (ABNT): VIEIRA, H. G. *et al.* Determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn em chás pretos (*Camellia sinensis* L.) comercializados em supermercados de Campos dos Goytacazes/RJ. *Vértices (Campos dos Goytacazes)*, v. 25, n. 2, e25219110, 2023. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n22023.19110>. Disponível em: <https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/19110>.

COMO CITAR (APA): Vieira, H. G., Venial, H. J., Silva, F. L. F., Lopes, G. S., Matos, W. O., Almeida, C. M. S. & Souza, M. O. (2023). Determinação de As, Cd, Cr, Cu, Pb e Zn em Chás Pretos (*Camellia sinensis* L.) comercializados em supermercados de Campos dos Goytacazes/RJ. *Vértices (Campos dos Goytacazes)*, 25(2), e25219110. <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n22023.19110>.