



Concentrações de metais pesados em amêndoas de cacau (*Theobroma cacao* L.) nativos da Amazônia

Heavy metal concentrations in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) native to the Amazon

DOI: 10.55905/revconv.16n.10-145

Recebimento dos originais: 11/09/2023

Aceitação para publicação: 11/10/2023

Iselino Nogueira Jardim

Doutor em Plantas Medicinais

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Altamira – PA, Brasil

E-mail: jardim@ufpa.br

Brenda de Azevedo Cury Rad

Graduada em Engenharia Agrônômica

Instituição: Universidade Federal do Pará

Endereço: Altamira – PA, Brasil

E-mail: brendacuryrad.S@gmail.com

RESUMO

O Brasil é um dos grandes produtores de amêndoas de cacau do mundo. Todavia, o acúmulo de metais pesados nas amêndoas de cacau representa um problema tanto para a comercialização quanto para a qualidade do chocolate. O objetivo deste estudo foi quantificar o teor de metais pesados (Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cd, Cr e Pb) em amêndoas de cacau, provenientes de lavouras comerciais do município de Pacajá, estado do Pará. Dez propriedades produtoras de cacau foram selecionadas e 15 frutos por propriedade foram coletados, totalizando 150 frutos de cacau. Cinzas de amêndoas de cacau foram submetidas à digestão por via úmida. O teor dos metais pesados foi determinado por ICP-OES. A análise de cinzas das amêndoas de cacau permitiu identificar que as amostras contêm os minerais Zn, Mn, Fe, Cu, Ni, Cr, Cd e Pb. O Zn foi o mineral presente em maior concentração em todas as amostras, seguido por manganês e ferro. Os resultados permitiram concluir que, as amostras de amêndoas de cacau analisadas, estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente no Brasil, consideradas aceitáveis para a comercialização.

Palavras-chave: meio ambiente, contaminantes, poluentes, chocolate, metais tóxicos.

ABSTRACT

Brazil is one of the largest producers of cocoa beans in the world. However, the accumulation of heavy metals in cocoa beans represents a problem for both the commercialization and quality of chocolate. The objective of this study was to quantify the content of heavy metals (Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cd, Cr and Pb) in cocoa beans, from commercial crops in the municipality of Pacajá, state of Pará. Ten cocoa-producing properties were selected and 15 fruits per property were collected, totaling 150 cocoa fruits. Cocoa bean ash was subjected to wet digestion. The heavy metal content was determined by ICP-OES. The analysis of ash from cocoa beans allowed us to



identify that the samples contain the minerals Zn, Mn, Fe, Cu, Ni, Cr, Cd and Pb. Zn was the mineral present in the highest concentration in all samples, followed by manganese and iron. The results allowed us to conclude that the samples of cocoa beans analyzed are within the standards established by current legislation in Brazil, considered acceptable for commercialization

Keywords: environment, contaminants, pollutants, chocolate, toxic metals.

1 INTRODUÇÃO

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é uma espécie nativa da Amazônia e pertence à família Malvaceae. O cacau é cultivado em vários países tropicais para a produção de sementes, matéria-prima da indústria mundial de chocolate (NIEVES-ORDUÑA *et al.*, 2023). O cacau é uma commodity amplamente valorizada no mundo, com um valor de mercado em plena expansão (VOORA *et al.*, 2019). Por isso ocorre aumento nas áreas de produção de cacau em todo o mundo.

No Brasil, as maiores áreas de cultivo estão localizadas nos estados do Pará e Bahia, sendo responsáveis por aproximadamente 94% de toda a produção nacional (IBGE, 2022). O Brasil é o sétimo maior produtor de cacau e ocupa o quinto lugar no processamento/moagem de cacau para obtenção dos principais derivados utilizados pela indústria do chocolate (licor/massa de cacau e manteiga de cacau) (HERNANDES *et al.*, 2022).

No Pará, a cacauicultura é majoritariamente formada por agricultores familiares de pequeno e médio porte. O “Polo da Transamazônica”, formado por nove municípios, sendo a região de maior produção de cacau do Pará, perfazendo um total de 83% de toda a produção de cacau do estado (VENTURIERE *et al.*, 2022).

O Brasil, também é um dos principais consumidores de chocolate do mundo, manifestando também o potencial de mercado interno da atividade cacauera (BRAINER, 2022). Nesse contexto, a pressão do mercado por mais amêndoa de cacau, também pressiona os produtores a aumentarem as áreas de plantio ou mesmo de elevar o rendimento das áreas já plantadas de cacau. Para tanto, muitos produtores de cacau utilizam alguns insumos como fertilizantes, herbicidas e fungicidas, que de modo geral, contribuem para elevar a produtividade de cacau em áreas de produção.

Amêndoas de cacau é a matéria-prima para a fabricação do chocolate, um dos alimentos mais populares do mundo, dotado de propriedades benéficas, conhecido por seu sabor e aroma



característicos (DEUS *et al.*, 2018). O chocolate é reconhecido por ser uma fonte de compostos bioativos com potenciais benefícios para a saúde (DEUS *et al.*, 2018). Por exemplo, a capacidade antioxidante, melhora os níveis de colesterol, prevenção de doenças autoimunes e hepatopatia, reduz a pressão arterial e apresenta efeitos antidepressivos e antiestresse (ASSA *et al.*, 2018).

Apesar de todos os benefícios para a saúde apontados nos últimos anos, o cacau também apresenta a presença de metais tóxicos que podem causar doenças (Lo DICO *et al.*, 2018; VILLA *et al.*, 2014). A exposição prolongada a elementos pesados pode causar efeitos adversos no fígado, coração, rins e cérebro, perturbando o funcionamento biológico normal. Uma vez que os metais pesados estão dentro dos sistemas biológicos, eles bloqueiam suas atividades vitais no corpo (REHMAN *et al.*, 2017). A alimentação é uma das principais fontes de exposição a esses contaminantes (LIPPI, 2013).

Neste estudo, os níveis de Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cd, Cr e Pb em amêndoas de cacau foram determinados através da Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). Tais quantificações podem ser utilizadas para avaliar a qualidade das amêndoas ao mesmo tempo ser uma ferramenta de monitoramento de poluição das áreas de plantios do cacau. Nesse contexto, estudos que tratem da determinação do teor de metais pesados em amêndoas de cacau são de grande importância, uma vez que amêndoas com teores de metais pesados acima do limite estabelecido pela legislação brasileira e/ou internacional pode inviabilizar a sua comercialização. Dessa forma, a presente pesquisa teve como objetivo quantificar os teores dos seguintes metais pesados: Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cd, Cr e Pb, em amêndoas de cacau do município de Pacajá, da região da Transamazônica, estado do Pará, utilizando a técnica de ICP-OES e comparar os resultados com os valores máximos permitidos pela legislações brasileira e/ou internacional para amêndoas de cacau e para alimentos de consumo geral.

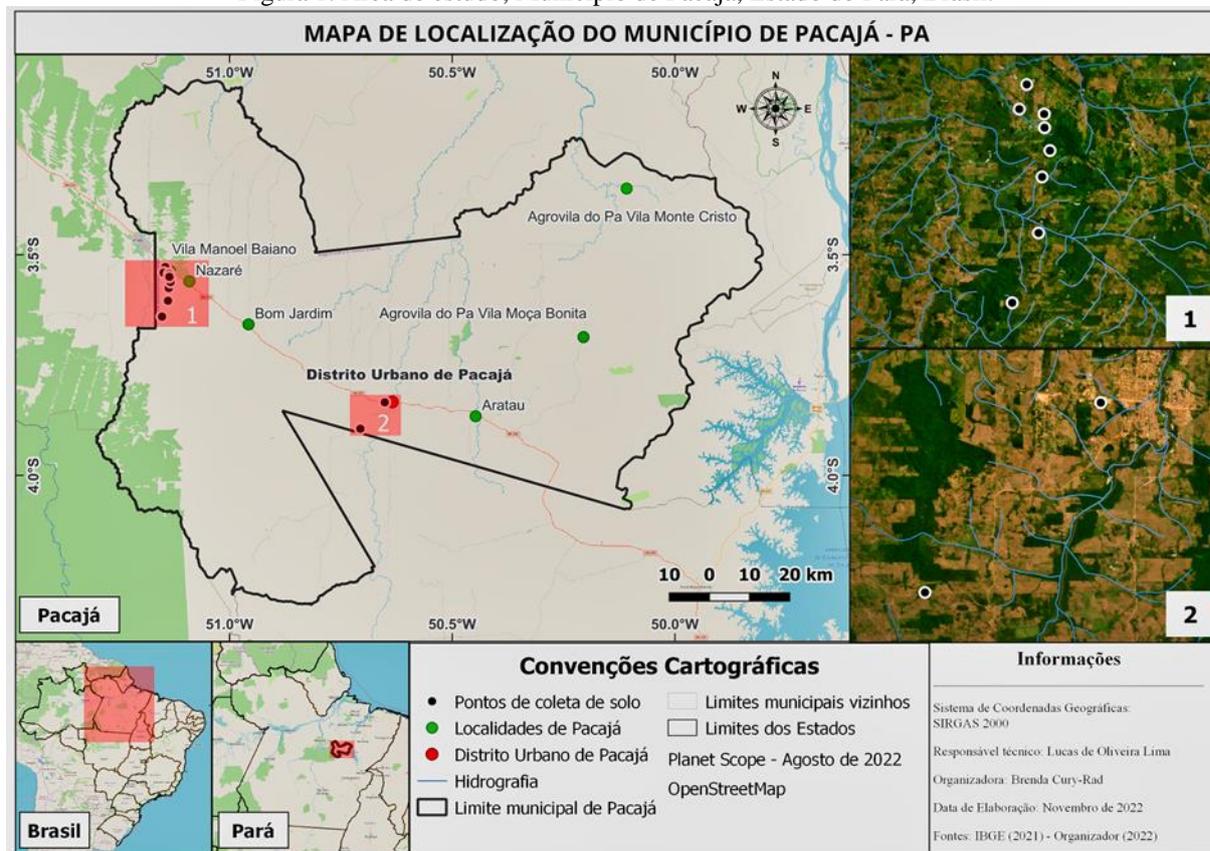
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Frutos de cacau foram coletados em 10 propriedades rurais, localizadas no município de Pacajá, estado do Pará, Brasil (Figura 1).



Figura 1. Área de estudo, Município de Pacajá, Estado do Pará, Brasil.



Fonte: Autores (2023)

O clima da região é do tipo tropical úmido Af, segundo a classificação de Köppen-Geiger apresentando temperatura mínima de 21°C e máxima de 32°C, umidade relativa do ar de 85 a 90% e índice de pluviosidade anual de 2.300 mm. No município predomina a floresta de terra firme no subtipo Floresta Densa dos Platos. No município predominam os solos: Podzólico e Latossolo ((IDESP, 2012). O solo é capaz de reter a água necessária para o cultivo de mandioca, milho, arroz e cacau que são cultivados nele. A amostragem e coleta de dados neste estudo foram divididas em amostragem de solo e amostragem de plantas de cacau.

2.2 AMOSTRAGEM E PREPARO DAS AMOSTRAS

Em cada propriedade de cacau, 15 frutos de cacau (três frutos por planta) foram coletados aleatoriamente para análise. Para efeito de análise de metais pesados, considerou-se as sementes dos 15 frutos misturadas. As sementes foram lavadas vigorosamente em água da torneira para retirada do excesso de mucilagem, em seguida lavada com água deionizada. As sementes foram secas em estufa a 70 °C por 72 h. Após secagem, as amostras foram trituradas em um processador



de alimento (liquidificador) e passada por uma peneira de 2 mm. Em seguida, 100 g de amêndoas trituradas foram colocadas em três cadinhos de porcelana e levados ao forno Mufla a 600 °C por quatro horas. Dez amostras de cinzas, correspondendo as coletas realizadas nas 10 propriedades foram devidamente acondicionadas em tubos Falcon de 15 mL de capacidade. As amostras foram encaminhadas para análises no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil.

2.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE METAIS PESADOS EM AMOSTRAS DE CACAU

A determinação dos teores de metais pesados (Mn, Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr e Pb) nas amostras de cinzas de amêndoas de cacau foi realizada por Espectrômetro ICP-OES Spectro Blue. Os parâmetros de operação e do sistema de indução da amostra são conforme indicação do fabricante: potência do plasma de 1400 W, vazão do gás de resfriamento de 12 L min⁻¹, vazão do gás auxiliar de 0,8 L min⁻¹ e vazão do gás no nebulizador de 0,85 L min⁻¹. O gás utilizado foi o argônio com pureza maior do que 99,999 %. As determinações são realizadas de forma multielementar e, desse modo, soluções padrão foram preparadas utilizando-se alíquotas de soluções padrão estoque de 1000 mg L⁻¹ (Specsol) dos elementos em estudo. As diluições para todas as soluções foram feitas com o solvente empregado no procedimento. A curva de calibração, para o método proposto, contém pelo menos cinco padrões de concentração conhecida variando de acordo com os elementos em questão. A quantidade de cinzas foi de 0,5 g e o método de abertura foi conforme descrito na metodologia USEPA 3051A (USEPA, 1998), em forno microondas.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram elaboradas planilhas eletrônicas no programa Excel. Todos os dados foram submetidos a análises estatísticas utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2011). Devido ao caráter exploratório dos dados obtidos, realizou-se estatística descritiva (média, mediana, mínimo, máximo e desvio-padrão).



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES PRODUTORAS DE CACAU

A cacauicultura é uma atividade de geração de renda que nos últimos anos vem aumentando a sua importância nos municípios do Polo da Transamazônica, estado do Pará.

No município de Pacajá, a produção de amêndoas de cacau, ocorre em propriedades com áreas que não excedem a 2,5 hectares. O pomar dessas propriedades em números de plantas varia entre 1.200 e 10.000 unidades com idade entre 5 e 40 anos. A mão de obra utilizada na atividade é predominantemente familiar em pleno acordo com a Lei 11.326/2006 que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais no Brasil.

Cerca de 70% das propriedades produtoras de cacau, utilizaram áreas de pasto ou de capoeira para o cultivo de cacau, comprovando a utilização da espécie na restauração de áreas degradadas (VENTURIERE *et al.*, 2022).

Também foi observado que 50% dos proprietários utilizam pesticidas no controle de pragas e doenças. O controle de plantas daninhas é feito por meio de herbicidas ou controle mecânico por meio do arranquio manual, uso de enxadas ou de roçadeiras. Na maioria das propriedades é utilizado fertilizantes e corretivos, porém, de forma empírica por 65% dos proprietários. A falta de assistência técnica, faz com que a experiência do produtor seja um fator decisivo durante o uso desses insumos. A carência de assistência técnica no município ocasiona baixa produção da cacau. Contudo, esse cenário tende a mudar, uma vez que, o mercado está em plena expansão na região de estudo.

3.2 CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS NAS AMÊNDOAS DE CACAU

A análise espectrométrica dos teores de metais pesados das amostras de amêndoas de cacau, está apresentada na tabela 2. A ordem de classificação em função dos teores médios de metais pesados nas amêndoas analisadas foi: Zn (22,39) > Mn (18,07) > Fe (13,49) > Cu (10,9) > Ni (1,70) > Pb (0,08) > Cr (0,02) ~ Cd (0,02) mg/kg.



Tabela 1. Teores médios, mediana e intervalo de concentrações de metais pesados, em mg de peso seco, obtidos neste trabalho para as amostras de amêndoas de cacau, município de Pacajá.

Propriedade	Metais pesados nas amêndoas de cacau							
	Mn	Fe	Zn	Cu	Ni	Cr	Cd	Pb
	mg/kg							
1	12,00b	14,08 b	23,49 b	9,897 b	1,005 c	0,018 a	0,009 b	0,057 b
2	6,195 c	7,329 c	13,70 b	4,152 c	0,408 c	0,009 b	0,006 b	0,042 b
3	14,29 b	11,05 b	19,00 b	9,915 b	2,007 b	0,015 a	0,018 a	0,069 b
4	22,64 b	10,07 b	14,87 b	10,84 b	2,034 b	0,009 b	0,009 b	0,060 b
5	40,52 a	17,28 a	28,78 a	10,62 b	2,280 b	0,021 a	0,018 a	0,099 b
6	10,37 b	10,24 b	18,30 b	8,418 c	1,152 c	0,015 a	0,006 b	0,066 b
7	25,07 b	14,43 b	23,27 b	12,83 b	2,193 b	0,021 a	0,012 a	0,090 b
8	12,20 b	7,491 c	13,37 b	6,876 c	0,699 c	0,018 a	0,006 b	0,057 b
9	13,54 b	17,62 a	31,88 a	12,93 b	0,834 c	0,030 a	0,006 b	0,084 b
10	23,82 b	25,30 a	37,26 a	22,53 a	4,386 a	0,021 a	0,027 a	0,129 a
Média	18,07	13,49	22,39	10,9	1,70	0,02	0,02	0,08
Mediana	13,92	12,56	21,14	10,27	1,58	0,02	0,01	0,07
Desvio padrão	10,07	5,52	8,13	4,97	1,16	0,01	0,01	0,03
Faixa	6,2- 40,52	7,33- 25,30	13,37- 37,26	4,15- 22,53	0,41- 4,39	0,01- 0,03	0,01- 0,03	0,04- 0,13
CV (%)	55,76	40,93	36,32	44,64	68,51	35,24	60,98	33,93

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Fonte: Autores (2023)

Zinco (Zn): O zinco foi o elemento mais abundante encontrado nas amêndoas de cacau (Tabela 2). O Zn é um elemento amplamente abundante na natureza, por isso a fonte de Zn é o próprio material formador do solo (ETENG E ESSIEN, 2020). O teor de zinco nas amêndoas variou significativamente ($p < 0,05$) de 13,37 a 37,26 mg kg⁻¹, com teor médio de 22,39 mg kg⁻¹ (Tabela 2). O teor de Zn obtida neste estudo foi menor do que aquele estabelecido pela legislação brasileira de 50 mg kg⁻¹ (PIGOZZI *et al.*, 2018). Eteng e Essien (2020), Aikpokpodion *et al.* (2013) e Arévalo-Gardini *et al.* (2017) relataram uma faixa de concentração de Zn em amêndoas de cacau de 12,14-22,81 mg kg⁻¹, 79-180 mg kg⁻¹ e 37,25-59,17 mg kg⁻¹, respectivamente. Aikpokpodion *et al.* (2013) sugeriram que elevados teores de Zn está relacionado à capacidade inerente do *Theobroma cacao* de absorver zinco do solo. A ingestão de Zn em grandes doses, mesmo por um curto período, pode causar náuseas, cólicas estomacais e vômitos (MOHAMMED *et al.*, 2019). Todavia, ainda há escassez de conhecimento sobre sua toxicidade em humanos.

Manganês (Mn): O manganês foi o segundo elemento mais abundante detectado nas amêndoas de cacau com uma faixa de 6,2-40,52 mg kg⁻¹ e um teor médio de 18,07 mg kg⁻¹ (Tabela 2). A legislação brasileira, não determina limite para esse metal, mas pela OMS/FAO o máximo permitido é de 50 mg/100g. Assim, o valor do teor de Mn encontrado nas amêndoas de cacau no presente estudo está abaixo do limite estabelecido pela OMS/FAO. Arévalo-Gardini *et*



al. (2017) e Amankwaah *et al.* (2015) relataram uma faixa de concentração de Mn de 13,33-28,5 mg kg⁻¹ e 4,45-72,64 mg kg⁻¹, respectivamente. Geralmente, o manganês é introduzido no organismo humano através da dieta. Pessoas que tem como base de sua dieta os vegetais, são mais vulneráveis a contaminação por manganês. Relatos indicam que o Mn se acumula no rim, pâncreas, fígado e glândulas supra-renais, causando maior impacto no sistema nervoso central (MOHAMMED *et al.*, 2019).

Ferro (Fe): O ferro foi o terceiro elemento mais abundante detectado nas amêndoas de cacau com uma faixa de 7,33-25,30 mg kg⁻¹, com teor médio de 13,49 mg kg⁻¹ (Tabela 2). Arévalo-Gardini *et al.* (2017) relataram uma faixa de concentração de Fe de 34-53,55 mg kg⁻¹ nas amêndoas de cacau no Peru. A menor concentração de Fe nas amêndoas de cacau pode ser atribuída a intensa interação entre manganês e cobre que impede a conversão de Fe²⁺ solúvel em Fe³⁺ insolúvel (ETENG e ESSIEN, 2020). Ressalta-se que acúmulo excessivo de ferro no corpo humano pode aumentar o risco de certos tipos de câncer, incluindo câncer de mama, e pode aumentar o risco de doença cardíaca (NNURO *et al.*, 2018). Para o Fe, não foram encontrados dados oficiais que pudessem ser comparados.

Cobre (Cu): O cobre ocupa a quarta posição em abundância nas amêndoas de cacau que variou significativamente de 4,15- 22,53 mg kg⁻¹, com média de 10,90 mg kg⁻¹ (Tabela 2). O teor de Cu existente nas amêndoas de cacau foi inferior ao limite máximo (30 mg kg⁻¹) estabelecido pela legislação brasileira (PIGOZZI *et al.*, 2018). Arévalo-Gardini *et al.* (2017) e Assa *et al.* (2018) relataram uma faixa de concentração de Cu de 18,75-30,41 mg kg⁻¹ e 10,391-19,343 mg kg⁻¹, respectivamente. Pesquisas mostram que um curto período de exposição a altos níveis de cobre pode causar sérios danos à saúde humana (NNURO *et al.*, 2018). A exposição ao Cu pode causar náuseas, vômitos, diarreias, e problemas estomacais, juntamente com danos nos rins e fígado (DEVI *et al.*, 2016).

A concentração de Cu nas amêndoas pode ser explicada pelo uso de fungicida à base de cobre, usado para prevenir doenças, como a podridão-parda (*Phytophthora* spp.). O uso destes fungicidas ao longo do tempo pode acumular níveis de Cu nos tecidos vegetais, especialmente nas sementes. A presença de maior acúmulo de Cu nos órgão vegetais, é oriundo de solo contaminado com Cu. Aikpokpodion *et al.* (2013) observaram que cerca de 15% dos fungicidas aplicados atingem o alvo, enquanto os 85% restantes acabam no solo e, portanto, pode-se sugerir



que, a aplicação contínua de fungicida à base de cobre resultará em níveis elevados de cobre no solo.

Níquel (Ni): O níquel foi detectado em todas as amostras de amêndoas cacau com uma faixa de 0,41-4,39 mg kg⁻¹, com concentração média de 1,70 mg kg⁻¹ (Tabela 2). O teor médio de Ni presente nas amêndoas de cacau foi inferior ao limite máximo de 5 mg kg⁻¹ permitido pela legislação brasileira, para alimentos de forma geral (BRASIL, 1965). Arévalo-Gardini *et al.* (2017) ao investigarem a composição das amêndoas de cacau no Peru verificaram que o teor de Ni variou entre 3,5 e 9,25 mg kg⁻¹. O Ni é essencial em pequenas quantidades, contudo, consumido em altas concentrações por longos períodos leva a doenças que geralmente afetam os rins, ossos e glândulas tireoides (SALAKO *et al.*, 2016).

Cromo (Cr): O cromo foi detectado em todas as amostras de amêndoas de cacau, variando de 0,01-0,03 mg kg⁻¹ com uma média de 0,02 mg kg⁻¹ (Tabela 2). O valor aferido para o teor de Cr nas amêndoas de cacau está abaixo do limite máximo (0,1 mg kg⁻¹) estabelecido pela legislação brasileira (PIGOZZI *et al.*, 2018). Estudos realizados em várias regiões do Peru, mostrou que as concentrações de cromo em amêndoas de cacau variaram entre 1,00 e 4,83 mg Kg⁻¹ (Arévalo-Gardini *et al.*, 2017). Na literatura existem relatos que apontam que a ingestão oral de cromo é muito perigosa para saúde humana. No entanto, sua toxicidade depende principalmente do estado de oxidação do Cr (AMJAD *et al.*, 2020). O cromo pode existir na forma divalente (Cr (II)), trivalente (Cr (III)) e hexavalente (Cr (VI)), em que a forma Cr (III) e Cr (VI) são suas formas mais estáveis e predominantes (KARIMI-MALEH *et al.*, 2021). Além disso, a forma Cr (III) é geralmente considerada não tóxico, enquanto o Cr (VI) é altamente tóxico (AMJAD *et al.*, 2021). O Cr (VI), geralmente, se apresenta como íons cromato (CrO₄²⁻) ou dicromato (Cr₂O₇²⁻) (KARIMI-MALEH *et al.*, 2021). O cromo pode ser absorvido pelo trato gastrointestinal em caso de ingestão oral, que pode causar danos ao DNA e mutações genéticas (KRUSZEWSKI *et al.*, 2018; AMJAD *et al.*, 2020). Contudo, outras pesquisa mostram o efeito benéfico do uso de cromo na dieta de pessoas portadoras de diabetes com deficiência em cromo (MOHAMMED *et al.*, 2019). Atualmente, o Cr (VI) está entre os 14 produtos químicos mais significativos que apresenta uma ameaça para os seres humanos, mesmo em quantidade de partes por bilhão (ppb) (KARIMI-MALEH *et al.*, 2021). Desse modo, o debate continua no meio acadêmico sobre o mecanismo e estrutura da forma biologicamente ativa do cromo.



Cádmio (Cd): O cádmio foi encontrado em todas as amêndoas de cacau coletados no município de Pacajá variando de 0,01-0,03 mg kg⁻¹ com uma média de 0,02 mg kg⁻¹ (Tabela 2). O valor verificado para o teor de Cd nas amêndoas de cacau está bem abaixo do limite máximo (0,3 mg kg⁻¹) estabelecido pelo Brasil e Mercosul, e, inferior ao estabelecido pela União Européia de 0,6 mg kg⁻¹ (OLIVEIRA *et al.*, 2021). Dados sobre resíduos de Cd em amêndoas de cacau são escassos no Brasil, provavelmente, devido ao fato de que a contaminação por Cd em solos agrícolas é rara. Recentemente, Oliveira *et al.* (2021) mostraram que 10% das amostras de amêndoas de cacau do estado do Pará (Brasil) apresentaram níveis de Cd superior ao estabelecido pela legislação oficial. Adicionalmente, estudos realizados em várias regiões do Peru, mostrou que 57% de todas as amostras de amêndoas de cacau estavam acima do limite crítico de 0,8 mg kg⁻¹ (ARÉVALO-GARDINI *et al.*, 2017). O cádmio é um elemento que representa um risco para a saúde humana, pois pode levar a insuficiência renal, problemas ósseos e dificuldades reprodutivas (AIKPOKPODION *et al.*, 2013).

Chumbo (Pb): O chumbo foi detectado em todas as amostras de amêndoas cacau com uma faixa de 0,04-0,13 mg kg⁻¹, com concentração média de 0,08 mg kg⁻¹ (Tabela 2). O valor obtido para o teor de Pb nas amêndoas de cacau é inferior ao estabelecido pela legislação brasileira de 0,5 mg kg⁻¹ (BRASIL, 2013) e do limite máximo de 1,0 mg kg⁻¹ estabelecido pela Comissão Europeia de Regulação nº 1881/2006 (ASSA *et al.*, 2018). Jung (2008) e Arévalo-Gardini *et al.* (2017) relataram uma faixa de concentração de Fe de 0,01-3,85 mg kg⁻¹ e 1,00 e 3,78 mg Kg⁻¹, respectivamente, para amêndoas de cacau. A toxicidade do chumbo pode causar doenças graves no sistema endocrinológico, neurológico, hematológico, cardiovascular, gastrointestinal e hepático (MOHAMMED *et al.*, 2019).

A análise de metais pesados permitiu caracterizar o teor desses elementos nas amêndoas de cacau coletadas no município de Pacajá-PA. A partir dos resultados apresentados foi possível verificar ausência de contaminação nas amêndoas de cacau produzidas nas propriedades do município.

4 CONCLUSÃO

A análise de cinzas das amêndoas de cacau produzidos no município de Pacajá, permitiu quantificar o teores dos minerais Zn, Mn, Fe, Cu, Ni, Cr, Cd e Pb. O Zn foi o mineral presente em maior concentração, seguido por manganês e ferro. Os resultados permitiram concluir que,



as amostras de amêndoas de cacau analisadas, estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente no Brasil, consideradas aceitáveis para a comercialização.



REFERÊNCIAS

Amjad, M.; Hussain, S.; Javed ,K.; Khan, A. R.; Shahjahan, M. The Sources, Toxicity, Determination of Heavy Metals and Their Removal Techniques from Drinking Water. *World*, v. 5, n. 2, p.34-40, 2020.

Amjad, M.; Hussain, S.; Baloch, Z. U. R.; Raza, A. Determination of Heavy Metals in Locally Available Chocolates in Lahore Region. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, v. 9, n. 6, p.1144-1153, 2021. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i6.1144-1153.4262>

Aikpokpodion, P. E.; Atewolara-Odule, O.C.; Osobamiro, T.; Oduwole, O. O.; Ademola, S. M. (2013). Asurvey of copper, lead, cadmium and zinc residues in cocoa beans obtained from selected plantations in Nigeria. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, v. 5, n. 6, p.88–98, 2013.

Amankwaah, D.; Nnuro, W. A.; Awudza, J.; Afful, S. Determination of heavy metals in cocoa beans from some major cocoa growing regions in Ghana. *Food Science and Technology*, v. 16, 2015.

Assa, A.; Noor, A.; Yunus, M. R.; Misnawi; Djide, M. N. Heavy metal concentrations in cocoa beans (*Theobroma cacao L.*) originating from East Luwu, South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Physics: Conf. Series* 979, 2018. Doi:10.1088/1742-6596/979/1/012011.

Arévalo-Gardini, E.; Arévalo-Hernández, C. O.; Baligar, V.C.; He, Z. L. Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao L.*) in major cacao growing regions in Peru. *Science of the Total Environment*, p.792-800, 2017.

Brainer, M. S. C. P. Cacaucultura - Ações para o desenvolvimento da atividade. *Caderno Setorial ETENE*. 2022. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1423/1/2022_CDS_239.pdf

Brasil. Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965. Altera o decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, que dispõe sobre as normas regulamentadoras do uso de aditivos alimentares, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962. *Diário Oficial da União do Brasil*. Abril, 1965. Seção 1, 3610.

Brasil. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013. Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. *Diário Oficial da União do Brasil*. Agosto de 2013.

Deus, V.; Cerqueira, M. B.; Maciel, L.; Miranda, L.; Hirooka, E.; Soares, S.; Bispo, E. Influence of drying methods on cocoa (*Theobroma cacao L.*): antioxidant activity and presence of ochratoxin. *Adv J Food Sci Technol*, v. 38, p.278–285, 2018.



Devi, P.; Bajala, V.; Garg, V. K.; Mor, S.; Ravindra, K. Heavy metal content in various types of candies and their daily dietary intake by children. *Environment Monit Assess*, v. 188, n. 86, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5078-1>

Eteng, E. U.; Essien, G. E. Distribution of heavy metals in cocoa bean and soils along toposequence of cocoa plantations. *Nigerian Agricultural Journal*, v. 51, p.181-188, 2022.

Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011. <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

Hernandes, G. M. C.; Efraim, P.; Silva, A. R. A.; Queiroz, G. C. Carbon footprint of Brazilian cocoa produced in Pará state. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 25, 2022. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.26320>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>

IDESP – Instituto de Desenvolvimento Econômico Social e Ambiental do Pará. Estatística Municipal de Pacajá. Núcleo de disseminação da informação, comunicação e suporte de decisão. IDESP, 2012.

Jung, M. C. Heavy metal concentrations in soils and factors affecting metal uptake by plants in the vicinity of a korean CU-W mine. *Sensors*, v. 8, p.2413-2423, 2008.

Karimi-Maleh, H.; Ayati, A.; Orooji, Y.; Ghanbari, S.; Tanhaei, B.; Karimi, F.; Alizadeh, M.; Rouhi, J.; Fu, L.; Sillanpää, M. Recent advances in removal techniques of Cr(VI) toxic ion from aqueous solution: A comprehensive review, *Journal of Molecular Liquids*, v. 329, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.115062>

Kruszewskia, B.; Obiedzińskib, M. W.; Kowalska, J. Nickel, cadmium and lead levels in raw cocoa and processed chocolate mass materials from three different manufacturers. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 66, p.127-135, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.12.012>

Lippi, D. Chocolate in history: Food, medicine, medi-food. *Nutrients*, v. 5, n. 5, p.1573-1584, 2013. <https://doi.org/10.3390/nu5051573>

Lo Dico, G. M.; Galvano, F.; Dugo, G.; D'ascenzi, C.; Macaluso, A.; Vella, A.; Giangrosso, G.; Cammilleri, G. Ferrantelli, V. Toxic metal levels in cocoa powder and chocolate by ICP-MS method after microwave-assisted digestion. *Food Chemistry*, v. 245, p. 1163-1168, 2018.

Mohammed, A. A.; Mohamed, H. O.; Muftah, E. K. Heavy Metals Contents in Some Commercially available Coffee, Tea, and Cocoa Samples in Misurata City – Libya. *Progress in Chemical and Biochemical Research*, v. 2, n. 3, p.99-107, 2019.



Nieves-Orduña, H. E.; Krutovsky, K. V.; Gailing, O. Geographic distribution, conservation, and genomic resources of cacao *Theobroma cacao* L. *Crop Science*, v. 63, p.1750–1778, 2023. <https://doi.org/10.1002/csc2.20959>

Nnuro, W. A.; Adjei, A.; Kankam, S. A.; Frimpong, B. O. Determination of the Levels of Some Heavy Metals in Cocoa Beans from Selected Cocoa- Growing Areas in Western and Ashanti Regions of Ghana. *Food Science and Quality Management*, v. 81, p. 13-39, 2018.

Oliveira, A. P. F.; Milani, R. F.; Efraim, P.; Morgano, M. A.; Tfouni, S. A. V. Cd and Pb in cocoa beans: Occurrence and effects of chocolate processin. *Food Control*, v. 119, p.1-6, 2021.

Pigozzi, M. T.; Passos, F. R.; Mendes, F. Q. Quality of Commercial Coffees: Heavy Metal and Ash Contents. *Journal of Food Quality*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5908463>

Rehman, K.; Fatima, F.; Waheed, I.; Akash, M. S. H. Prevalence of Exposure of Heavy Metals and Their Impact on Health Consequences. *Journal of Cellular Biochemistry*, v. 119, n. 1, p.157-184, 2017.

Salako, S. G.; Adekoyeni, O. O.; Adegbite, A. A.; Hammed, T. B. Determination of Metals Content of Alcohol and Non-alcoholic Canned Drinks Consumed at Idiroko Border Town Ogun State Nigeria. *British Journal of Applied Science & Technology*, v. 12, n. 6, p.1-8, 2016.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. 1998. Method 3051A: Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils, 2nd ed. Washington DC.

Venturiere, A.; Oliveira, R. R. S.; Igawa, T. K.; Fernandes, K. A.; Adami, M.; Oliveira Júnior, M. C. M.; Almeida, C. A.; Silva, L. G. T.; Cabral, A. I. R.; Pinto, J. F. K. C.; Menezes, A. J. BBIs Contribution to Altered Areas Recovery and Fire Reduction. *Journal of Geographic Information System*, v.14, p.294-313, 2022. <https://doi.org/10.4236/jgis.2022.143016>

Villa, J. E. L.; Peixoto, R. R. A.; Cadore, S. Cadmium and lead in chocolates commercialized in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 62, n. 34, p.8759-8763, 2014. <https://doi.org/10.1021/jf5026604>.

Voora, V.; Bermúdez, S.; Larrea, C. Global Market Report: Cocoa. International Institute for Sustainable Development, 2019. Disponível em: <https://www.iisd.org/publications/report/global-market-report-cocoa>