

## **Determinação de metais em alimentos vegetais produzidos nos perímetros irrigados Jacarecica I e Açude Macela em Sergipe**

**Determination of metals in plant foods produced in the irrigated perimeters Jacarecica I and Macela dam in Sergipe**

**Determinación de metales en alimentos vegetales producidos en los perímetros irrigados Jacarecica I y Açude Macela en Sergipe**

Recebido: 30/11/2022 | Revisado: 09/12/2022 | Aceitado: 10/12/2022 | Publicado: 17/12/2022

### **Carlos Alexandre Borges Garcia**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5260-5093>  
Federal University of Sergipe, Brazil  
E-mail: [cgarcia@academico.ufs.br](mailto:cgarcia@academico.ufs.br)

### **Marcos Santiago Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3228-7539>  
Federal University of Sergipe, Brazil  
E-mail: [marcos\\_santi1@hotmail.com](mailto:marcos_santi1@hotmail.com)

### **Iramaia Corrêa Bellin**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9156-495X>  
Federal University of Sergipe, Brazil  
E-mail: [iramaia@academico.ufs.br](mailto:iramaia@academico.ufs.br)

### **Érica Alves de Oliveira Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8155-5459>  
Federal University of Sergipe, Brazil  
E-mail: [ericavellyn\\_alves@hotmail.com](mailto:ericavellyn_alves@hotmail.com)

### **Silvânio Silvério Lopes da Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6094-209X>  
Federal University of Sergipe, Brazil  
E-mail: [silvanioslc@gmail.com](mailto:silvanioslc@gmail.com)

### **Helenice Leite Garcia**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1395-3543>  
Federal University of Sergipe, Brazil  
E-mail: [helenice@academico.ufs.br](mailto:helenice@academico.ufs.br)

### **Resumo**

O conhecimento sobre as interações entre as plantas e os metais pesados é muito importante, não só à segurança do meio ambiente, mas também para reduzir os riscos associados com a introdução desses elementos na cadeia alimentar. Este trabalho determinou a concentração de metais em cultivares produzidos nos perímetros irrigados Jacarecica I e Açude Macela, localizados na cidade de Itabaiana-SE. A quantificação dos metais Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Mn, Fe, Na, K, Mg e Ca foi feita por Espectrometria de Absorção Atômica. Os resultados das análises realizadas em hortaliças foram expressos em função da massa úmida. O conjunto de dados obtidos com as médias das concentrações das amostras de hortaliças foi submetido a técnicas exploratórias de dados, análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA), promovendo a separação das hortaliças de acordo com o seu tipo, mostrando que há uma predominância na concentração de metais nas hortaliças de raízes.

**Palavras-chave:** Alimentos vegetais; Jacarecica I; Açude Macela.

### **Abstract**

The knowledge about the interactions between plants and heavy metals is very important, not only had the safety of the environment, but also to reduce the risks associated with the introduction of these elements in the food chain. This study determined the concentration of metals in cultivars produced in irrigated areas Jacarecica I and Macela Dam in Itabaiana-SE. The quantification of metals Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Mn, Fe, Na, K, Mg and Ca was made by Atomic Absorption Spectrometry. The results in vegetables were expressed as a function of wet mass. The data set obtained with the mean concentrations in vegetables was subjected to exploratory data techniques, principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) promoting the separation of vegetables according to their type, showing that there is a predominance in metal concentrations in vegetables of roots.

**Keywords:** Heavy metals; Jacarecica I; Macela dam.

## Resumen

El conocimiento de las interacciones entre plantas y metales pesados es muy importante, no solo para la seguridad del medio ambiente, sino también para reducir los riesgos asociados a la introducción de estos elementos en la cadena alimentaria. Este trabajo determinó la concentración de metales en cultivos producidos en los perímetros irrigados Jacarecica I y Açude Macela, ubicados en la ciudad de Itabaiana-SE. La cuantificación de los metales Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Mn, Fe, Na, K, Mg y Ca se realizó por Espectrometría de Absorción Atómica. Los resultados de los análisis realizados en hortalizas se expresaron en función de la masa húmeda. El conjunto de datos obtenidos con las concentraciones medias de las muestras de hortalizas se sometió a técnicas exploratorias de datos, análisis de componentes principales (PCA) y análisis de conglomerados jerárquicos (HCA), promoviendo la separación de las hortalizas según su tipo, demostrando que existe una predominancia en la concentración de metales en tubérculos.

**Palabras clave:** Alimentos vegetales; Jacarecica I; Embalse de Macela.

## 1. Introdução

Nos últimos anos a preocupação mundial com o ambiente tem aumentado. A sociedade vem pressionando os governos em busca de uma melhor qualidade de vida. O desenvolvimento tecnológico e o crescimento populacional têm levado o homem a explorar cada vez mais os recursos naturais do planeta Terra para satisfação de suas necessidades. Contudo, essa exploração não tem sido feita de forma racional, mas de maneira predatória, degradando os recursos naturais, comprometendo assim a qualidade de vida da geração presente e futura (Garcia et al., 2009).

Com o crescimento populacional, é necessário incrementar a produção de alimentos, porém a área de terras cultiváveis no mundo não cresce na mesma velocidade que a população. Dessa forma, aumentar a produção de alimentos torna-se possível com intensificação da agricultura nas áreas disponíveis, através da utilização de insumos como fertilizantes, agroquímicos, energia fóssil e técnicas de irrigação (Derisio, 2017).

O ser humano exerce grande influência sobre o meio ambiente. Enquanto as alterações geológicas e biológicas sobre a superfície da Terra são vagarosas, as mudanças introduzidas ou estimuladas pelo homem têm sido extremamente rápidas e acumulativas nos últimos anos (Almeida, et al., 2022; Santos & Sousa, 2020).

Atualmente, um dos problemas mais sérios que afetam o meio ambiente é a poluição química de natureza orgânica ou inorgânica, decorrente dos despejos residenciais e industriais. Define-se como poluição qualquer alteração física, química ou biológica que produza modificação no ciclo biológico normal, interferindo na composição da fauna e da flora do meio. A poluição aquática, uma das mais sérias, provoca mudanças nas características físicas, químicas e biológicas das águas, as quais interferem na sua qualidade, impossibilitando o seu uso para o consumo humano (Ribeiro et al., 2021; Silva et al. 2020).

Todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais pesados, umas mais e outras menos, dependendo da dose e da forma química. Assim sendo, a maior preocupação com estes elementos está relacionada à sua bioacumulação pela flora e fauna aquáticas que acaba por atingir o homem, produzindo efeitos subletais e letais, decorrentes de disfunções metabólicas.

Os teores de metais pesados presentes em solos e disponíveis às plantas são fundamentais na avaliação do risco de entrada desses elementos potencialmente tóxicos na cadeia alimentar (Alves, et al., 2021; Souza, et al., 2021).

O conhecimento sobre as interações entre as plantas e os metais pesados é muito importante, não só à segurança do meio ambiente, mas também para reduzir os riscos associados com a introdução desses elementos na cadeia alimentar (May et al., 2020; Benavides et al. 2005; Alves et al., 2021).

Todas as espécies de plantas respondem ao aumento das concentrações de metais no solo, sejam esses nutrientes essenciais ou não, e a absorção e subsequente acúmulo dependem principalmente do movimento dos metais da solução do solo para as raízes das plantas (Garcia, et al., 2012; Garcia, et al., 2020, Andrade, 1995). As concentrações de metais nas espécies vegetais são diferentes dependendo, entre outras coisas, da disponibilidade do elemento no solo (biodisponibilidade), da espécie vegetal e da parte da planta analisada (Kachinski, et al., 2020). A absorção de metais por plantas cultivadas em solos

contaminados tem sido extensivamente estudada. Todos os resultados mostraram que altos níveis de metais no solo fizeram com que as plantas absorvessem mais metais. No entanto, devido a uma variedade de fatores como tipo de solo, solubilidade de metais nele, distribuição de metais em diferentes tecidos vegetais e características específicas das espécies vegetais, a concentração no solo geralmente não apresenta forte relação com as espécies vegetais, interferindo na transferência dos contaminantes do solo para o vegetal (Brasil, 1965). Nesse caso, altos níveis de poluentes no solo nem sempre se correlacionam com altos níveis nas plantas, mas vários estudos mostraram que o acúmulo específico de chumbo nas plantas ocorre apenas em altas concentrações do metal no solo (May, et al., 2020; Asgari & Cornelis, 2015).

Também é importante ressaltar que alguns tipos de alimento possuem uma facilidade de carregar alguns elementos ao longo de toda sua extensão como, por exemplo, a alface (Sibeko, et al., 2019), o tomate e o pimentão, que apresentam grande acúmulo dos mesmos em suas raízes (Lima, et al., 2019), apresentando maior a contaminação em outros alimentos.

O presente trabalho teve como objetivo determinar a concentração de metais em culturas produzidas nos perímetros irrigados da Jacarecica I e Açude Macela, e avaliar se os teores de metais pesados encontrados nos alimentos estão de acordo com os níveis permitidos pela legislação.

## **2. Metodologia**

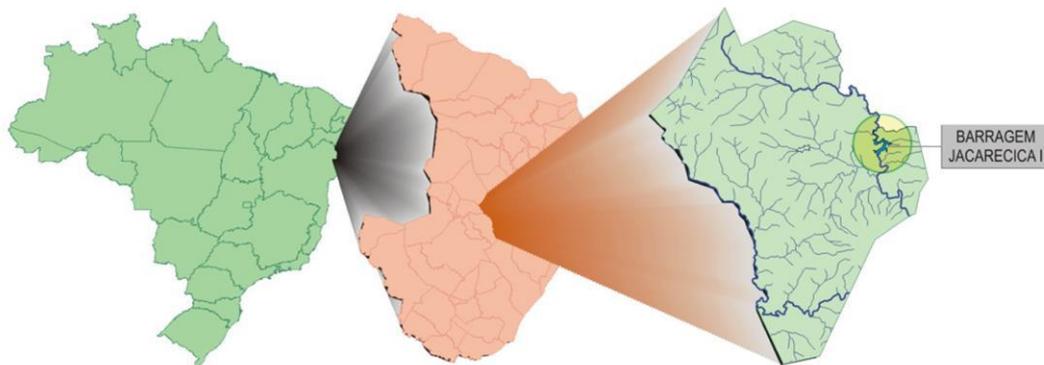
### **2.1 Área de estudo**

O presente trabalho foi realizado no município de Itabaiana, sendo que a escolha deste decorreu devido a importante participação que o mesmo tem na economia agrícola de Sergipe, representada, principalmente, pela olericultura, praticada em áreas de perímetros irrigados e de sequeiro. É considerado um dos municípios mais economicamente desenvolvidos do Estado de Sergipe. E este fato não se deve somente à sua condição de “celeiro agrícola”, mas também pelo desenvolvimento de outros setores, como comércio e serviços. Além disso, possui um das maiores feiras do Estado, com destaque na comercialização dos alimentos (FEPLAN, 1977).

### **2.2 Perímetro irrigado Jacarecica I**

O Perímetro Irrigado de Jacarecica I é um projeto que foi implantado pelo Departamento Estadual de Recursos Hídricos e Irrigação de Sergipe em 1987, no município de Itabaiana, Sergipe (Sergipe, 1984). A barragem que abastece o perímetro, está incluída na sub-bacia hidrográfica do rio Jacarecica, afluente da bacia do Rio Sergipe pela margem direita, entre as coordenadas 10° 44' S e 37° 20' O, Figura 1.

**Figura 1** - Localização do perímetro irrigado de Jacarecica I, em Itabaiana-SE.



Fonte: Autores (2022).

A água é usada predominantemente para irrigação, dessedentação de animais e, eventualmente, uso doméstico, além disso, os habitantes da região utilizam para recreação (banhos). A Figura 2 mostra a barragem Jacarecica I.

**Figura 2** - Vista da Barragem Jacarecica I.



Fonte: Autores (2022).

A área irrigável do perímetro é de 252 ha, com lotes de 2,0 ha, sendo predominantes os pequenos agricultores familiares. Os beneficiários desse perímetro são pequenos agricultores assentados. A cultura predominante é batata-doce, seguida das outras culturas olerícolas. A Figura 3 dá uma visão geral deste perímetro.

**Figura 3** - Aspecto da área de cultivo de hortaliças, no perímetro irrigado Jacarecica I.

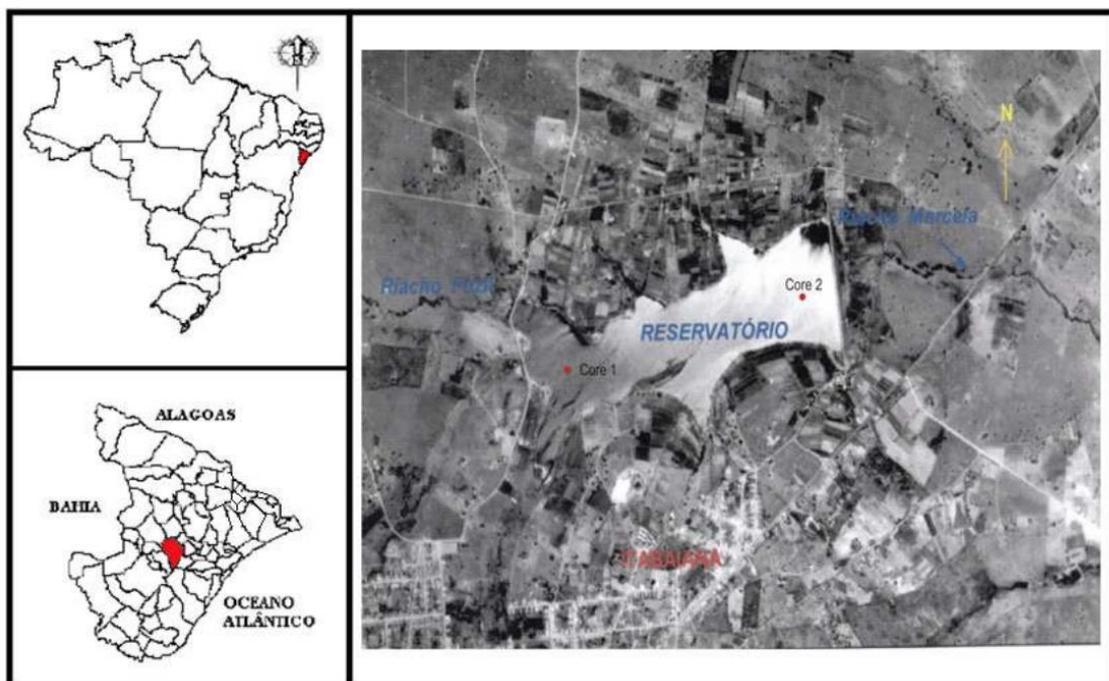


Fonte: Autores (2022).

### 2.3 Perímetro irrigado Açude Macela

A construção do açude Macela teve início em 1953, tendo suas obras concluídas somente em 1957. Segundo Borges (1995), o açude foi construído para combater a seca na região semiárida de Sergipe, especialmente em Itabaiana, Figura 4.

**Figura 4** - Localização do Açude Macela. Fonte: Fotografia Aérea - 1:25.000 - FAB/INEP – 1989.



Fonte: Autores (2022).

Foi projetado para fornecer água de irrigação a 156 hectares, utilizando sistemas de aspersão convencional (Andrade, 1999). Nesta região, que tem capacidade de aproximadamente dois milhões de metros cúbicos de água, desenvolve-se uma agricultura intensiva à base de irrigação e com elevado nível de insumos, Figura 5.

**Figura 5** - Aspecto da área de cultivo de hortaliças, no perímetro irrigado do Açude da Macela.



Fonte: Autores (2022).

#### 2.4 Coleta das amostras

As amostras foram coletadas em duas etapas. Na primeira etapa, no perímetro irrigado Jacarecica I, foram coletadas amostras de batata inglesa (*Solanum tuberosum*), alface olho d'água (*Lactuca sativa*), alface cachado (*Lactuca sativa* var.), alface crespo (*Lactuca sativa* L.), cebolinha (*Allium schoenoprasum*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*) e tomate (*Solanum lycopersicum*). Na segunda etapa, no perímetro irrigado Açude da Macela, foram coletadas amostras de inhame (*Dioscorea trifida*), macaxeira (*Manihot esculenta* Crantz), alho (*Allium sativum*), amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e cheiro verde (*Petroselinum crispum*). Totalizando 12 amostras.

A escolha das hortaliças foi realizada de forma aleatória, pois dependia da disponibilidade no momento da coleta.

### 3. Resultados e Discussão

Quanto aos padrões de qualidade das hortaliças em relação aos níveis de metais, o Decreto da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) N° 55.871, de 26 de março de 1965 (Brasil, 1965) determina os limites máximos de tolerância (LMT) para os metais estudados, Tabela 1.

**Tabela 1** - Limite Máximo de Tolerância (LMT) para alguns metais em alimentos.

Contaminante Inorgânico	LMT (mg/kg)
Cádmio	1,0
Chumbo	0,5
Cobre	30,0
Cromo	0,1
Níquel	5,0
Zinco	50,0

Fonte: Adaptado de Brasil (1965).

Em relação à presença de metais nesses alimentos, os resultados obtidos nesse trabalho referem-se somente as amostras analisadas, não servindo como uma resposta definitiva sobre a qualidade das verduras produzidas nas regiões estudadas.

Os resultados das análises realizadas em hortaliças estão expressos em função da massa úmida.

Dos metais analisados, em comparação com os níveis estabelecidos pela legislação, todas as amostras analisadas apresentaram níveis abaixo do limite máximo de tolerância.

Serão apresentados e discutidos, a seguir, os resultados encontrados dos metais analisados nas amostras de alimentos nos perímetros irrigados Jacarecica I e Açude Macela, em Itabaiana-SE (Tabelas 2, 3, 4 e 5).

**Tabela 2** - Valores da concentração em massa úmida (mg/kg) referentes as determinações dos metais (micronutrientes) em alimentos no perímetro irrigado Jacarecica I.

Hortaliças	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Mn	Fe
<b>Raízes</b>							
Casca da Batata	2,84±0,22	3,40±0,06	0,45±0,07	< LQ	< LQ	0,69±0,06	11,88±2,60
Batata	3,12±0,04	1,92±0,04	< LQ	< LQ	< LQ	1,09±0,07	12,01±0,64
Cebolinha	1,05±0,25	0,15±0,04	< LQ	< LQ	< LQ	0,24±0,03	1,45±0,07
<b>Frutosas</b>							
Quiabo	2,95±0,13	0,61±0,01	< LQ	< LQ	< LQ	1,24±0,04	1,23±0,18
Tomate	0,65±0,13	0,34±0,01	< LQ	< LQ	< LQ	0,35±0,01	4,67±0,07
<b>Folhosas</b>							
Alface Olho	0,66±0,08	0,11±0,01	< LQ	< LQ	< LQ	2,07±0,49	3,36±0,08
Alface Crespo	0,58±0,06	0,11±0,01	< LQ	< LQ	< LQ	0,80±0,18	3,50±0,12
Alface Cachado	1,11±0,01	0,23±0,03	< LQ	< LQ	< LQ	2,21±0,28	4,29±1,06
Talo da cebolinha	0,18±0,10	0,17±0,01	< LQ	< LQ	< LQ	0,65±0,09	1,54±0,18
<b>*LMT-ANVISA (mg/kg)</b>	<b>50,00</b>	<b>30,00</b>	<b>5,00</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	-	-

Notas: (1) Os valores referem-se à coleta realizada em 14/03/2011 no perímetro irrigado Jacarecica I. (2) LQ – Limite de quantificação (mg/L): Zinco – 0,01; Cobre – 0,04; Ni – 0,06; Cr – 0,10; Pb – 0,11; Mn – 0,07; Fe – 0,08. (3) \*Limite Máximo de Tolerância segundo ANVISA - Decreto Nº 55871, de 26 de março de 1965. Fonte: Autores (2022).

A Tabela 3 mostra a distribuição das concentrações dos metais (macronutrientes) nos alimentos estudados. Como pode ser observado, não há, por parte do Decreto Nº 55871, de 26 de março de 1965-ANVISA, Limite Máximo de Tolerância para esses elementos (Fahad, et al., 2015).

**Tabela 3** - Valores da concentração em massa úmida (mg/kg) referentes as determinações dos metais (macronutrientes) em alimentos no perímetro irrigado Jacarecica I.

Hortaliças	Na	K	Mg	Ca
<b>Raízes</b>				
Casca da Batata	976,85±54,93	3.420 ±77	246,10±4,08	1.127,26±15,37
Batata	1.150,05±95,04	2.616,45±438,03	190,26±8,85	297,54±87,01
Cebolinha	30,76±1,02	3.638,86±69,25	50,94±5,48	494,05±70,16
<b>Frutosas</b>				
Quiabo	100,17±3,33	176,31±61,47	335,97±14,94	325,44±12,96
Tomate	37,44±0,34	1.036,95±65,91	50,50±2,93	151,72±11,65
<b>Folhosas</b>				
Alface Olho	403,81±55,09	968,66±169,11	147,85±34,68	277,93±87,42
Alface Crespo	217,06±11,30	842,31±96,61	88,21±7,17	223,62±7,65
Alface Cachado	355,98±12,18	1.881,24±19,82	141,63±8,25	421,59±69,85
Talo da cebolinha	7,39±0,66	944,69±18,33	134,34±7,21	460,77±19,70
*LMT-ANVISA (mg/kg)	-	-	-	-

Notas: (1) Os valores referem-se à coleta realizada em 14/03/2011 no perímetro irrigado Jacarecica I. (2) LQ – Limite de quantificação (mg/L): Zinco – 0,01; Cobre – 0,04; Ni – 0,06; Cr – 0,10; Pb – 0,11; Mn – 0,07; Fe – 0,08. (3)\*Limite Máximo de Tolerância segundo ANVISA - Decreto N° 55871, de 26 de março de 1965. Fonte: Autores (2022).

Nossos resultados sugerem que vegetais cultivados de forma convencional contêm níveis de macronutrientes menores em comparação com vegetais cultivados de forma orgânica, conforme é demonstrado por Głodowska & Krawczyk (2019). É bem conhecido que os fertilizantes, sejam minerais ou orgânicos, podem afetar significativamente o conteúdo elementar do solo e dos tecidos vegetais. Outros fatores muito importantes são as propriedades físico-químicas do solo e as condições climáticas.

**Tabela 4** - Valores da concentração em massa úmida (mg/kg) referentes as determinações dos metais (micronutrientes) em alimentos no perímetro irrigado Açude Macela.

Hortaliças	Zn	Cu	Ni	Cr	Pb	Mn	Fe
<b>Raízes</b>							
Casca da Macaxeira	7,48±0,27	0,66±0,02	0,70±0,12	< LQ	0,41±0,06	5,37±0,11	58,37±3,12
Polpa da Macaxeira	2,15±0,20	0,39±0,01	0,35±0,07	< LQ	<LQ	0,83±0,04	3,01±0,17
Casca do Inhame	3,32±0,10	1,20±0,03	< LQ	< LQ	0,26±0,03	2,86±0,35	49,91±2,54
Polpa de Inhame	1,25±0,29	0,33±0,01	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	1,64±0,10
Alho	3,57±0,55	0,79±0,09	< LQ	< LQ	< LQ	1,63±0,54	3,75±0,78
<b>Frutosa</b>							
Amendoim	8,63±0,02	2,12±0,09	0,47±0,08	< LQ	0,39±0,05	2,29±0,07	6,96±0,43
<b>Folhosa</b>							
Cheiro Verde	0,45±0,04	0,29±0,01	0,03±0,01	< LQ	< LQ	0,24±0,01	1,70±0,09
*LMT-ANVISA (mg/kg)	50,00	30,00	5,00	0,1	0,5	-	-

Notas: (1) Os valores referem-se à coleta realizada em 10/05/2011 no perímetro irrigado Açude Macela. (2) LQ – Limite de quantificação (mg/L): Zinco – 0,01; Cobre – 0,04; Ni – 0,06; Cr – 0,10; Pb – 0,11; Mn – 0,07; Fe – 0,08. (3) \*Limite Máximo de Tolerância segundo ANVISA - Decreto N° 55871, de 26 de março de 1965. Fonte: Autores (2022).

Os resultados obtidos estão de acordo com estudos realizados por Bojtor et al. (2022), encontrando valores inferiores desses macronutrientes em espécies vegetais cultivadas no campus experimental da Universidade Debrecen, Hungria.

**Tabela 5** - Valores da concentração em massa úmida (mg/kg) referentes as determinações dos metais (macronutrientes) em alimentos no perímetro irrigado Açude Macela.

Hortalças	Na	K	Mg	Ca
<b>Raízes</b>				
Casca da Macaxeira	77,72±5,18	2.365,41±194,99	276,76±21,46	1.952,86±89,91
Polpa de Macaxeira	45,88±3,43	1.340,88±162,43	95,83±4,81	832,13±61,79
Casca Inhame	50,92±5,13	7.410,76±421,99	172,49±3,81	650,94±31,54
Polpa Inhame	7,22±0,91	1.243,93±50,35	61,37±7,41	457,33±61,94
Alho	43,02±2,62	1.266,80±220,84	330,32±20,08	1.602,73±111,36
<b>Frutosa</b>				
Amendoim	13,54±0,58	1265,21±66,4	461,60±18,02	975,62±112,83
<b>Folhosa</b>				
Cheiro Verde	17,71±0,39	835,94±13,16	80,76±5,04	179,81±36,42
<b>*LMT-ANVISA (mg/kg)</b>	-	-	-	-

Notas: (1) Os valores referem-se à coleta realizada em 10/05/2011 no perímetro Açude da Macela. (2) LQ – Limite de quantificação (mg/L): Zinco – 0,01; Cobre – 0,04; Ni – 0,06; Cr – 0,10; Pb – 0,11; Mn – 0,07; Fe – 0,08. (3) \*Limite Máximo de Tolerância segundo ANVISA - Decreto N° 55871, de 26 de março de 1965. Fonte: Autores (2022).

### 3.1 Técnicas exploratórias de dados

O conjunto de dados obtidos com as médias das concentrações das amostras de hortaliças foi submetido a técnicas exploratórias de dados, tais como análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA).

A matriz de dados foi construída usando as concentrações dos elementos determinados como colunas e as amostras analisadas de hortaliças como linhas (matriz 16 x 8). O programa computacional Statistica 6.0 foi utilizado para o processamento dos dados e geração dos gráficos. Os dados foram inicialmente preprocessados para que todas as variáveis tivessem a mesma relevância, sendo para este fim aplicado o autoescalamento.

### 3.2 Análise de componentes principais

A utilização das três primeiras componentes principais (PCs), cuja soma de contribuição é 85,4%, foi suficiente para descrever os dados. Sendo que, a primeira componente principal (PC1) explicou 46,7% da variância total dos dados e os maiores pesos nesta PC são atribuídos para concentrações de Zn (-0,897), Mn (-0,785), Fe (-0,787), Mg (-0,676) e Ca (-0,813) nas amostras de hortaliças. A segunda componente principal explicou 21,3% da variância total dos dados, sendo observados a predominância das concentrações de Cu (0,763) e Na (0,869). A terceira componente principal explicou 17,4% da variância total dos dados, sendo dominada principalmente pela concentração de K (0,785). Na Tabela 6 estão sumariamente apresentados os pesos para as três primeiras PCs.

**Tabela 6** - Valores de pesos para as três primeiras componentes principais.

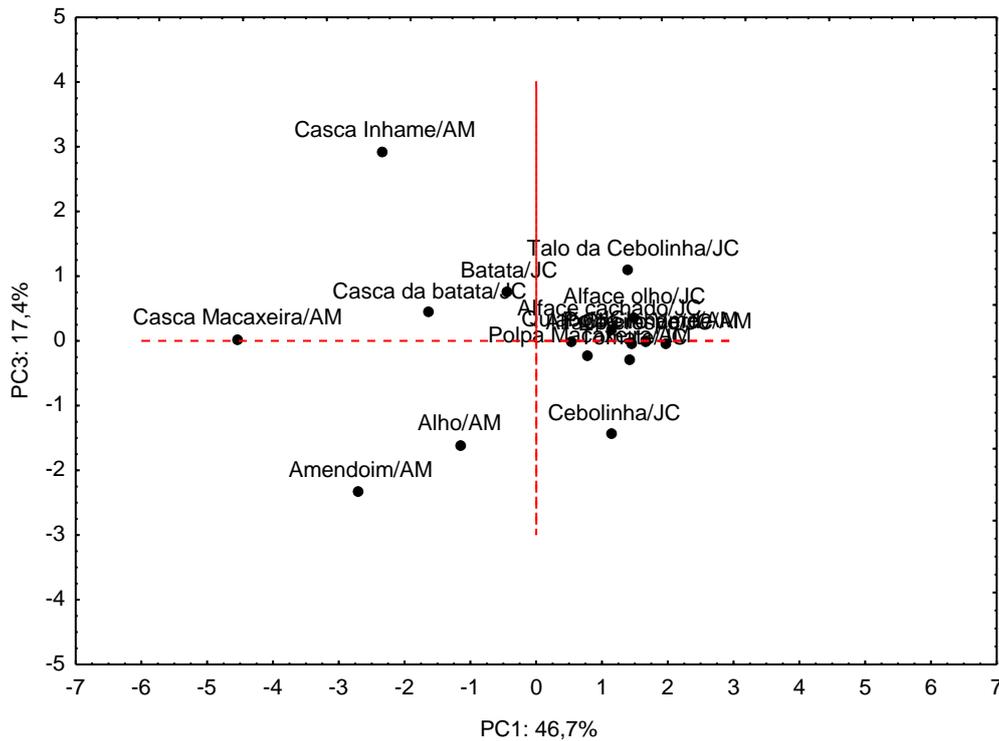
VARIÁVEIS	PC1	PC2	PC3
Zn	<b>-0,897</b>	-0,021	-0,307
Cu	-0,586	<b>0,763</b>	0,017
Mn	<b>-0,785</b>	-0,450	0,131
Fe	<b>-0,787</b>	-0,304	0,459
Na	-0,135	<b>0,869</b>	0,209
K	-0,469	0,095	<b>0,785</b>
Mg	<b>-0,676</b>	0,193	-0,594
Ca	<b>-0,813</b>	-0,157	-0,238
Total de variância (%)	46,7	21,3	17,4
Total de variância acumulada (%)	<b>46,7</b>	<b>68,0</b>	<b>85,4</b>

Fonte: Autores (2022).

Na Figura 6, a projeção do gráfico de escores de PC1 versus PC2 representa 68,0% da variância acumulada. Pode-se



**Figura 7** - Gráfico de escores de PC1 versus PC3 para as amostras de hortaliças.



Fonte: Autores (2022).

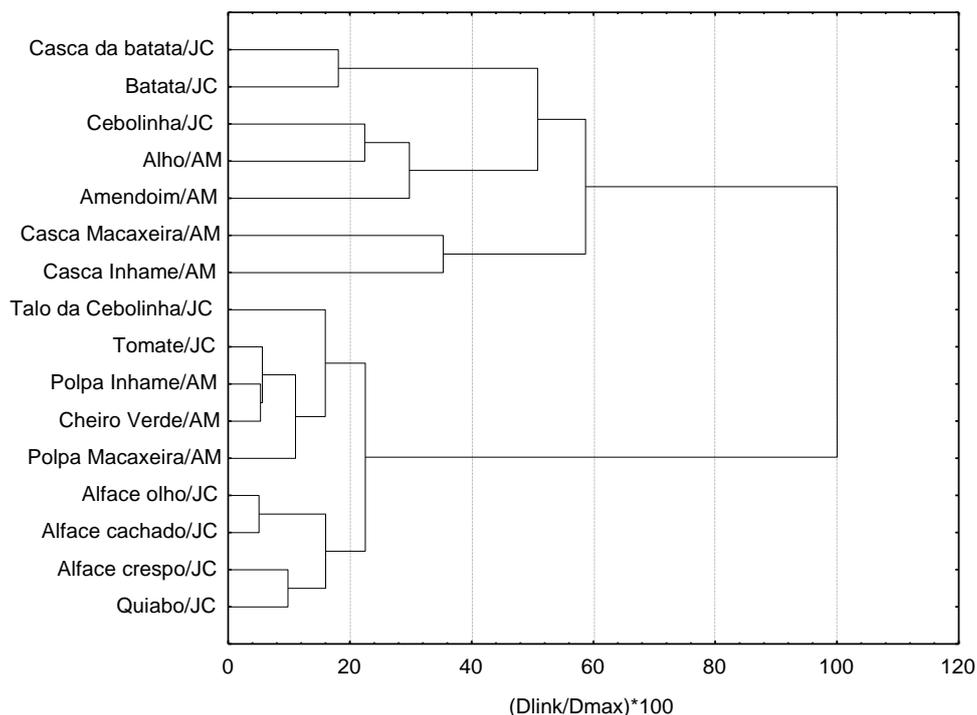
### 3.3 Análise de agrupamento hierárquico (HCA)

A análise de agrupamento hierárquico também foi aplicada aos dados, sendo calculada a medida da distância Euclidiana e o método de ligação Ward's para verificar a similaridade entre as amostras de hortaliças. A Figura 8 mostra o dendograma no qual se destaca dois grupos, perfazendo um total de 40% de similaridade e 60% de dissimilaridade.

No primeiro grupo pode-se observar sete amostras, sendo elas predominante do tipo hortaliças raízes, com exceção do amendoim (frutosa). No segundo grupo, foram incluídas nove amostras, formadas principalmente por hortaliças frutosas e folhosas. Neste grupo também foi observada a inclusão de tipos diferente de hortaliças tais como polpas do inhame e macaxeira (raízes), provavelmente a inclusão dessas polpas se deve a semelhança da sua composição com as demais amostras do grupo.

Os resultados obtidos com a HCA complementam aqueles obtidos por PCA, fornecendo uma visão de conjunto de todas as amostras e como as mesmas se assemelham, com algumas exceções discutidas anteriormente.

**Figura 8** - Dendrograma: Cálculo da medida da distância Euclidiana e método de ligação Ward's.



Fonte: Autores (2022).

#### 4. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos pode-se observar que, de uma forma geral, não está ocorrendo, até o presente momento, de contaminação nos perímetros irrigados Jacarecica I e Açude Macela, nenhum dos metais analisados neste trabalho apresentou concentrações, com níveis superiores aos teores máximos permitidos pela ANVISA ou citados por outros autores.

Entretanto, vale ressaltar que estes são resultados preliminares e, portanto, mais estudos precisam ser realizados para que se conheça o teor biodisponível desses elementos e sua real absorção pelo organismo, pois há ainda a necessidade de saber a biodisponibilidade do nutriente mineral, ou seja, a proporção do nutriente mineral que é absorvido e utilizado pelo organismo.

O emprego da Análise de Componente Principal/Análise de agrupamento hierárquico (ACP/HCA) promoveu separar as hortaliças de acordo com o seu tipo, mostrando que há uma predominância na concentração de metais nas hortaliças de raízes.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro da CAPES, CNPq and FAPITEC.

#### Referências

- Almeida, T. de P., Macena, D. Ângelo., Simões, J. S. T., Mareco, E. A., Calciolari Rossi, R., & Favareto, A. P. A. (2022). Análise de parâmetros de qualidade da água e teste de genotoxicidade em peixes da bacia hidrográfica do rio Pirapozinho – SP, Brasil. *Research, Society and Development*, 11(3), e46711319309. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.19309>.
- Alves, P. F. S., Albuquerque, H. C. de, Sampaio, R. A., Zuba Junio, G. R., Fernandes, L. A. & Rodrigues, M. N. (2021). Heavy metals and sodium concentrations in soil and sunflower crops fertilized with sewage sludge. *Research, Society and Development*, 10(12), e436101220734. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20734>.

- Andrade, A. C. (1999). Caracterização da qualidade da água do reservatório Macela em Itabaiana-SE. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe. Monografia de Especialização em Manejo de Solos e Água em Bacias Hidrográficas.
- Asgari, K., & Cornelis, W. M. (2015). Heavy metal accumulation in soils and grains, and health risks associated with use of treated municipal wastewater in subsurface drip irrigation. *Environmental monitoring and assessment*, 187(7), 410. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4565-8>.
- Benavides, M. P., Gallego, S. M. & Tomaro, M. L. (2005). Cadmium toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 17, 21 - 34.
- Bojtor, C., Mousavi, S. M. N., Illés, Á., Golzardi, F., Széles, A., Szabó, A., Nagy, J., & Marton, C. L. (2022). Nutrient Composition Analysis of Maize Hybrids Affected by Different Nitrogen Fertilisation Systems. *Plants*, 11(12), 1593. <https://doi.org/10.3390/plants11121593>.
- Brasil. (1965). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Decreto da ANVISA Nº 55871, de 26 de março de 1965. Dispõe sobre Normas Técnicas Especiais Reguladoras do Emprego de Aditivos Químicos a Alimentos. Brasília: Anvisa.
- Derisio, J. C. (2017). Introdução ao controle de poluição ambiental. (5a ed.). Oficina de texto.
- Fahad, S. M., Islam, A. F. M. M., Ahmed, M., Uddin, N., Alam, M. R., Alam, M. F., Khalik, M. F., Hossain, M. S., Hossain, M. L., & Abedin, M. J. (2015). Determination of elemental composition of Malabar spinach, lettuce, spinach, hyacinth bean, and cauliflower vegetables using Proton Induced X-ray Emission technique at Savar subdistrict in Bangladesh. *BioMed Research International*, 2015, 128256. <https://doi.org/10.1155/2015/128256>.
- FEPLAN. (1977). Manual de Olericultura. Ed. FEPLAN.
- Garcia, C. A. B., Santos, G. P. & Garcia, H. L. (2009). Análise dos Parâmetros Físico-químicos dos Viveiros de Camarão na Grande Aracaju, Sergipe, Brasil. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 11 (2), 209-225.
- Garcia, C. A. B., Sousa, I. F., Monteiro, A. S. C. & Santana, N. R. F. (2020). Caracterização ambiental e hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Jacarecica. Vol. 1. Belo Horizonte - MG: Editora Poisson.
- Garcia, H. L., Silva, V. L., Marques, L. P., Garcia, C. A. B., Alves, J. P. H., Silva, M. G. & Carvalho, F. O. (2012). Nível trófico do reservatório de Jacarecica I – Sergipe – Brasil. *Revista Scientia Plena*. 8 (7), 1-9.
- Głodowska, M. and Krawczyk, J. (2019) Difference in the Concentration of Macro Elements between Organically and Conventionally Grown Vegetables. *Agricultural Sciences*, 10, 267-277. doi: 10.4236/as.2019.103023.
- Kachinski, W. D., Titski, L. H. K., Petranski, P. H., Matos, K. K. B. L. de, Muller, M. M. L., & Ávila, F. W. (2020). Zinc and iron concentration in grains of wheat cultivars under foliar zinc spraying. *Research, Society and Development*, 9(6), e96963482. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3482>.
- Lima, C. A. I, Pestana, I. A., Azevedo, L. S., Ribeiro, D. P., Almeida, M. G., Prins, C. L., Marciano, C. R. & Souza, C. M. M. (2019). Bioconcentration and translocation of Cd and Hg in a tomato (*Solanum lycopersicum*) from cultivated soils in southeastern Brazil. *Environ Monit Assess*. 26;191 (2)103. doi:10.1007/s10661-019-7242-5.
- Machado, A. L. D. L., Barcelos, M. D. F. P., Teixeira, A. H. R. & Nogueira, D. A. (2009). Avaliação de componentes químicos em brotos de Fabaceae para o consumo humano. *Ciencia e Agrotecnologia*. 33, 1071–1078.
- May, A., Silva, E. H. F. M. da, Santos, M. de S. dos, Viana, R. da S., Santos, F. C. dos, & Albuquerque Filho, M. R. de. (2020). Uso do sorgo biomassa para biorremediação de ambientes contaminados com metais pesados. *Research, Society and Development*, 9(9), e95996770. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.6770>.
- Nunes, J. V. D., Nóbrega, L. H. P., Cruz-Silva, C. T. A. da, & Pacheco, F. P. (2015). Comparison among beans species for food sprouts yield. *Bioscience Journal*, 31(6), 1682–1691. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n6a2015-29167>.
- Pająk, P., Socha, R., Broniek, J., Królikowska, K., & Fortuna, T. (2019). Antioxidant properties, phenolic and mineral composition of germinated chia, golden flax, evening primrose, phacelia and fenugreek. *Food Chemistry*, 275, 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.081>.
- Ribeiro, M. C., Ramos, A. M., Ferreira, V. A., Lucchese, G., & Fante, C. A. (2021). Assessment and monitoring of contamination levels by pesticide residues in foods of plant origin marketed in the State of Minas Gerais, Brazil. *Research, Society and Development*, 10(2), e44610212802. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12802>.
- Santos, C.S. Silva, B., Valente, L.M.P., Gruber, S. & Vasconcelos, M.W. (2020). The Effect of Sprouting in Lentil (*Lens culinaris*) Nutritional and Microbiological Profile. *Food*. 9, 400. <https://doi.org/10.3390/foods9040400>.
- Santos, L. V. A., & Souza, B. S. (2020). Diagnóstico ambiental e aplicação da análise de risco de um tributário do rio Poxim, Sergipe-Brasil. *Research, Society and Development*, 9(11), e3299119926. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9926>.
- Sergipe. (1984). Departamento estadual de recursos hídricos e irrigação de sergipe. Projeto Jacarecica: Levantamento de solos e classes de terra para irrigação.
- Sibeko MT, Masarirambi MT, Wahome PK, Oseni TO (2019) Heavy Metal Accumulation in Lettuce (*Lactuca Sativa L.*) Amended with Different Amounts of Fresh Broiler Poultry Manure. *J Agron Agri Sci* 2: 016.
- Silva, M. A. da, Vargas, P. H. B., Martins, A. L. da S., & Nascimento, K. de O. do. (2020). Evaluation of quality control of fruits and vegetables commercialized at the free fair in Valença/RJ. *Research, Society and Development*, 9(11), e1109119346. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9346>.
- Souza, D. R. de., Benedito, E. M. de M., Sales, J. V. de P., Silva, L. Z. da., Silva, N. S., Yamato, M. A. C., Colombo, S. de M., Pedro, A. C., & Cardoso, M. A. P. (2021). Avaliação do Potencial de Adsorção de Cromo (VI) através da semente da Moringa oleifera. *Research, Society and Development*, 10(2), e40610212591. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12591>.