

## Eficiência de absorção de nutrientes em *Amaranthus* spp.

João Barcellos Xavier, Douglas Goulart Castro, Diogo Mendes da Silva, Rafael Azevedo Arruda de Abreu, Douglas Correa de Souza, Maria Ligia de Souza Silva

Universidade Federal de Lavras, *Campus* universitário, S/N, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil. E-mails: bxjoao@yahoo.com.br, douglasgoulartcastro@gmail.com, diogo.ufrb@gmail.com, rafaelarruda.agro@gmail.com, douglascorrea@ymail.com, marialigia.silva@dcs.ufla.br.

**Resumo:** O gênero *Amaranthus* apresenta um extraordinário potencial a ser explorado na alimentação humana e animal, no entanto, informações sobre suas espécies, propriedades nutricionais e para o cultivo são limitadas. Objetivou-se com este trabalho determinar a resposta de *Amaranthus* spp. à adubação química em cultivo com solução nutritiva de Hoagland & Arnon, além de verificar as constituições nutricionais das folhas das diferentes espécies. Foram estudadas sete espécies: *A. cruentus*, *A. retroflexus* (variedade 1), *A. deflexus*, *A. retroflexus* (variedade 2), *A. viridis*, *A. hybridus* e *A. spinosus*, em solução nutritiva. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições. Os caracteres agrônômicos e nutricionais foram avaliados mediante a determinação do comprimento de parte aérea e raiz, teor de clorofila, peso seco e fresco da parte aérea e da raiz, e análise de macro e micronutrientes. As análises estatísticas foram realizadas por meio de teste de médias e análise dos componentes principais. Diante dos resultados, concluiu-se que *A. spinosus* apresenta-se mais propícia a esse método de cultivo, e foi observado um maior incremento de matéria fresca. Nas espécies *A. retroflexus* (variedade 2) e *A. hybridus* foram observados maiores teores de nutrientes, contudo, estas espécies não produziram proporcionalmente ao acúmulo destes. Observou-se a formação de grupos similares de acordo com os teores dos nutrientes foliares. As correlações fortes e positivas encontradas neste trabalho foram a do *A. retroflexus* (variedade 2) com o K e Mn, a do *A. viridis* com o Zn, e *A. hybridus* com o B e Zn.

**Palavras chave:** Hortaliças não convencionais, Solução de Hoagland & Arnon, Nutrição mineral.

## Nutrient absorption efficiency in *Amaranthus* spp.

**Abstract:** The genus *Amaranthus* presents an extraordinary potential to be explored in human and animal food, however, information about its species, nutritional and cultivation properties are limited. The objective of this work was to determine the response of *Amaranthus* spp. to the chemical fertilization in cultivation with nutritional solution of Hoagland & Arnon, besides checking the leaves nutritional constitutions of different species. Seven species in nutritional solution were studied: *A. cruentus*, *A. retroflexus* (variety 1), *A. deflexus*, *A. retroflexus* (variety 2), *A. viridis*, *A. hybridus* and *A. spinosus*. The experiment was conducted in a greenhouse, in a completely randomized design with 4 replicates. The agronomic and nutritional characteristics were evaluated by determining root and shoot length, chlorophyll content, dry and fresh weight of shoot and root, and macro and micronutrient analysis. Statistical analyses were performed using the means test and main component analysis. In view of the results, it was concluded that *A. spinosus* is more propitious to this cultivation method, and a greater increase of fresh matter was observed, which is a source of human food. In the species *A. retroflexus* (variety 2) and *A. hybridus*, higher nutrient contents were observed, however, these species did not produce proportionally to their accumulation. The formation of similar groups according to the foliar nutrient content was observed. The strong and positive correlations found in this work were *A. retroflexus* (variety 2) with K and Mn, *A. viridis* with Zn, and *A. hybridus* with B and Zn.

**Keywords:** Unconventional vegetables, Hoagland & Arnon solution, Mineral nutrition.

## Introdução

O gênero *Amaranthus* é composto por aproximadamente 70 espécies, com enorme variedade morfológica (Kinupp & Lorenzi, 2014). Apresentam características vegetais muito interessantes, como a ampla adaptação climática e alta capacidade de produção de biomassa, desenvolvendo-se bem em ambientes desfavoráveis a cereais e leguminosas. Além disso, possui grande capacidade de utilização de água, luz e nutrientes, devido ao seu sistema radicular profundo que garante sua sobrevivência em períodos secos (Spehar & Trecanti, 2011).

Embora ainda citadas no meio agrícola como espécies invasoras, estudos preliminares realizados por Samartini (2015) concluíram que as espécies *A. spinosus*, *A. deflexus* e *A. retroflexus* apresentaram eficiência no sequestro de radicais livres, comprovando que a atividade antioxidante destas pode ser equiparada com outras culturas convencionais, como a batata, couve-flor e tomate. Em relação aos teores de vitamina C, *A. spinosus* e *A. hybridus*, apresentaram níveis mais elevados do que diversas hortaliças, como alface, chicória, repolho, tomate, cenoura e couve. Estes trabalhos comprovam o potencial destas espécies como alimentos altamente nutritivos possibilitando a sua utilização na dieta humana.

Outros estudos comprovaram sua versatilidade e alguns autores apontam o gênero como o alimento do futuro em virtude de suas propriedades nutricionais e funcionais, como atividades antidiabéticas, alto conteúdo de antioxidantes, quantidades significativas de nutrientes, vitaminas, aminoácidos, ferro, selênio, fósforo, além de baixos níveis de substâncias tóxicas (Amaya-Farfán et al., 2005, Ferreira et al., 2007 & Xavier et al., 2018). No Brasil, algumas espécies do gênero *Amaranthus* são classificadas como hortaliças não convencionais. Essas hortaliças, apesar do potencial alimentar, social, ambiental, etnobotânico e cultural econômico a ser explorado, apresentam carência de pesquisas científicas principalmente com relação ao cultivo, pelo fato de expressiva parte da produção ser consumida diretamente pelos próprios produtores, sem apelo comercial (Souza et al., 2016a, Silva et al., 2017, Silva et al., 2018 & Souza et al., 2019).

Diante a escassez de estudos fitotécnicos

que contribuam para o cultivo comercial destas espécies, objetivou-se com este trabalho determinar a resposta de *Amaranthus* spp. à adubação química em cultivo com solução nutritiva Hoagland & Arnon, além de verificar as constituições nutricionais das folhas das diferentes espécies.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido entre setembro a janeiro de 2016/2017 no município de Lavras (latitude 21°14'S, longitude 45°00'W e altitude de 918 metros), no estado de Minas Gerais, Brasil. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cwa, apresentando um período seco entre os meses de abril a setembro, e chuvosos de outubro a março. A região apresenta pluviosidade média de 1.034 mm anuais, umidade relativa média de 76% e temperatura média anual de 19,3 °C (Álvares et al., 2013).

Visando explorar a variabilidade genética das espécies de *Amaranthus*, foram realizadas coletas de sementes em municípios localizados na região do Sul de Minas Gerais, com o propósito de encontrar espécies potenciais para a produção de folhas e grãos na região. Os materiais coletados foram incorporados no banco de germoplasma de hortaliças não convencionais da Universidade Federal de Lavras [UFLA] (Tabela 1).

Foram enviadas exsiccatas de sete variedades de *Amaranthus* para o herbário da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais [EPAMIG], fiel depositário de amostras do patrimônio genético nacional. Após as espécies serem identificadas o material foi herborizado, registrado e incluído no acervo do herbário.

Após identificação, as espécies foram semeadas em bandeja utilizando vermiculita como substrato. Após 30 dias as mudas foram transferidas para uma bandeja em *floating*, em casa de vegetação, utilizando 25% da solução de Hoagland e Arnon (1950). A concentração da solução nutritiva foi elevada gradualmente (25% em 25%) para melhor ambientação das espécies ao meio de cultivo de acordo com o desenvolvimento das plantas.

**Tabela 1** - Identificação das espécies de *Amaranthus* spp. e número de registro de depósito em herbário.

Nome comum	Nome científico	Número de registro
Amaranto vermelhão	<i>Amaranthus cf. cruentus</i> L.	57998
Amaranto comercial	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.(variedade 1)	57999
Amaranto verde sem mancha	<i>Amaranthus deflexus</i> L.	58000
Amaranto com espinho na flor	<i>Amaranthus retroflexus</i> L. (variedade 2)	58001
Amaranto verde com mancha na folha	<i>Amaranthus viridis</i> L.	58002
Amaranto de flor vermelha	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	58003
Amaranto com espinho	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	58004

A solução nutritiva utilizada foi proposta por Hoagland e Arnon (1950), sendo preparado com 1,6 litros de nitrato de potássio ( $KNO_3$ ), 1,1 litros de nitrato de cálcio ( $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ), 0,6 litros de sulfato de magnésio ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ), 0,3 litros de fosfato de amônio ( $NH_4H_2PO_4$ ), 0,3 litros de solução A (micronutrientes) e 0,3 litros de Fe EDTA, portanto um total de 4,2 litros de solução estoque.

As sete espécies foram distribuídas em quatro repetições, sendo que em cada vaso foram transplantadas duas mudas, não realizando o desbaste, totalizando assim 28 tratamentos. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), devido ao experimento ser realizado em casa de vegetação, local onde as condições ambientais são homogêneas.

Para realização do experimento preparou-se a solução com 100% de sua concentração para ser utilizada durante o período que as mudas já estariam em vasos, foram utilizados 56 litros de solução por semana, em vasos de 2 litros (protegidos da radiação solar e com sistema de oxigenação). A cada semana era realizada a troca da solução nos vasos, assim as plantas ficaram mantidas neste sistema (45 dias) para serem avaliados os caracteres agrônomicos e nutricionais.

O comprimento das partes aérea, do colo da planta até a folha mais alta (parte aérea) e do colo até o ponteiro da raiz foram calculados em cm, utilizando-se régua graduada. O teor de clorofila foi avaliado realizando-se três leituras por planta (nas

folhas da parte inferior, mediana e superior) através do equipamento SPAD-502 plus. Este aparelho mede como um índice de intensidade de cor verde ou de concentração relativa de clorofila, a diferença de luz transmitida na folha por meio de dois detectores nos comprimentos de 650 e 940 nm.

Os pesos seco e fresco, da parte aérea, e da raiz foram mensurados por meio de pesagem em balança de precisão. O peso seco foi obtido após a secagem das plantas em estufa a 65 °C, com circulação forçada de ar até atingir massa constante e os resultados expressos em g por planta.

A análise de macro e micronutrientes foi realizada com a folha triturada em moinho sendo conduzido em laboratório, onde as amostras foram submetidas ao método de análise de tecidos vegetais para avaliação da fertilidade, via digestão úmida (Malavolta et al., 1997), que permite utilizar as mesmas unidades de pipetagem, equipamentos e bandejas para análises de solo e material vegetal. Este sistema utiliza diluições de reagentes, depósitos comuns de laboratórios, para ambos os tipos de análise, e elimina diluições em frascos volumétricos. A preparação das amostras teve início com a secagem do tecido vegetal em estufa com circulação de ar a 65 °C até o peso constante, após esta etapa elas foram moídas em moinho de aço (Willey) para passar na peneira de 1 mm de malha de 20 meschs. Concluindo os procedimentos ocorreram duas fases de digestão por via úmida,

finalizando com a prova em branco para cada série de digestão.

As análises estatísticas aconteceram com o auxílio do software Sisvar® (Ferreira, 2011). As médias dos tratamentos, frente às variáveis respostas, foram comparadas pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. Efetuou-se também uma comparação de Pearson entre a matéria seca total e as concentrações foliares de nutrientes obtidas nas espécies.

Também compôs o estudo uma análise dos componentes principais (PCA), com auxílio do pacote estatístico R versão 3.3.0, sendo esta uma ferramenta de estatística multivariada que tem como princípio estudar o comportamento de muitas variáveis simultaneamente, reduzindo-as por meio de critérios matemáticos, o que permite visualizar

nos gráficos bidimensionais somente os principais componentes variáveis mais representativos dos conjuntos de dados, Pereira et al. (2014).

## Resultados e discussão

Após a avaliação das análises do desenvolvimento das espécies de *Amaranthus* spp. Observou-se diferenças nas respostas das diversas variedades ao cultivo em solução nutritiva. Onde inferiu-se que algumas espécies apresentam melhores respostas a esse tipo de cultivo em comparação com as outras (Tabela 2).

**Tabela 2** - Peso fresco da parte aérea (PFRPA), peso seco da parte aérea (PSPA), peso seco de raízes (PSR) e clorofila total de sete espécies de *Amaranthus* spp. Conduzidas em solução nutritiva de Hoagland & Arnon.

Espécies	PFRPA (g)	PSPA (g)	PSR (g)	Clorofila Índice SPAD
A1	44,64 b	10,86 b	3,24 b	56,71 a
A2	26,61 c	7,11 b	1,96 c	54,73 a
A3	6,66 c	2,02 c	0,50 d	49,5 a
A4	8,26 c	2,17 c	0,51 d	42,53 a
A5	41,79 b	8,18 b	1,65 c	54,54 a
A6	17,46 c	3,05 c	0,84 d	41,70 a
A7	66,87 a	14,96 a	5,63 a	49,60 a
CV (%)	36,30	36,10	23,40	15,82

\*Médias, seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott,  $p < .05$ .  
Legenda: A1 – *A. cf. cruentus* A2 – *A. retroflexus* (variedade 1), A3 – *A. deflexus*, A4 – *A. retroflexus* (variedade 2), A5 – *A. viridis*, A6 – *A. hybridus* e A7 – *A. spinosus*.

Para a variável peso fresco da parte aérea (PFRPA), considerando as folhas, nota-se que a espécie *A. spinosus* obteve maior resultado, sendo 33% superior a segunda espécie que mais desenvolveu matéria fresca (*A. cf. cruentus*), demonstrando assim a adaptação e bom desenvolvimento em relação às outras estudadas. As espécies *A. retroflexus* (variedade 1), *A. deflexus*, *A. retroflexus* (variedade 2) e *A. hybridus*

foram respectivamente 60, 90, 88 e 74% inferiores a espécie de maior crescimento. Entre estas, *A. deflexus* e *A. retroflexus* (variedade 2) obtiveram o desempenho de menor relevância em solução nutritiva.

Os resultados obtidos para peso seco da parte aérea (PSPA) corroboram os resultados do peso fresco, evidenciando o aporte de matéria seca nas espécies, demonstrando que o *A. spinosus* é a

espécie que melhor adaptou-se a condição de nutrição por meio de solução nutritiva. As raízes dessa espécie também alcançaram o maior incremento de matéria seca, o que pode explicar uma maior absorção de nutrientes da solução, como também ter influenciado no melhor desenvolvimento em relação às demais espécies. Esta diferença no crescimento fica evidente na Figura 1 onde há divergências das seis espécies comparadas ao *A. spinosus*.

A avaliação de clorofila não obteve diferenças estatísticas. Como são espécies que pertencem à mesma família, além de terem sido cultivadas em uma mesma solução nutritiva e no mesmo ambiente, isso pode ter influenciado na produção equivalente de clorofila em todas as plantas em estudo.

Foram avaliadas também as distribuições dos nutrientes essenciais na parte aérea das espécies estudadas (Tabela 3). Por meio dos dados médios analisados, observa-se que a espécie *A. spinosus* diferente da avaliação de aporte de matéria seca, apresenta os menores valores de acúmulo de nutrientes. Com exceção ao boro, cobre e o ferro, o crescimento mais destacado e a maior produção de matéria seca podem explicar a escassez de nutrientes na parte aérea dessa espécie; o efeito de diluição também não está descartado já que a massa fresca se apresentou muito maior que as demais espécies. *A. spinosus* é aparentemente uma espécie rústica, exigindo menos nutrientes para se obter uma maior produção de biomassa.

Os resultados demonstram que a espécie *A. hybridus* e *A. retroflexus* (variedade 2) apresentaram maiores teores de macronutrientes, entretanto a segunda espécie apresentou menor incrementos de massa fresca e seca, ou seja, seu desempenho agrônômico não foi condizente aos resultados da análise nutricional.

Achigan-Dako et al. (2014) ao estudarem espécies do gênero *Amaranthus*, cultivado em campo, destaca que as folhas são ricas em proteínas e nutrientes como ferro, zinco e cálcio corroborando com os dados apresentados neste estudo. Em outras pesquisas com o gênero foram quantificados 4,11 g kg<sup>-1</sup> de potássio, 0,67 g kg<sup>-1</sup> de fósforo e 2,67 g kg<sup>-1</sup> de cálcio (Cole, 1979). Para as folhas de *A. muricatus*: 0,0021 g kg<sup>-1</sup> de zinco, 0,014 g kg<sup>-1</sup> de ferro, 15,33 g kg<sup>-1</sup> de cálcio, 2,57 g kg<sup>-1</sup> de fósforo total, 4,50 g kg<sup>-1</sup> de sódio e 2,00 g kg<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> de potássio (Escudero,1999), valores esses inferiores aos observados no presente trabalho, provavelmente devido a nutrição da planta.

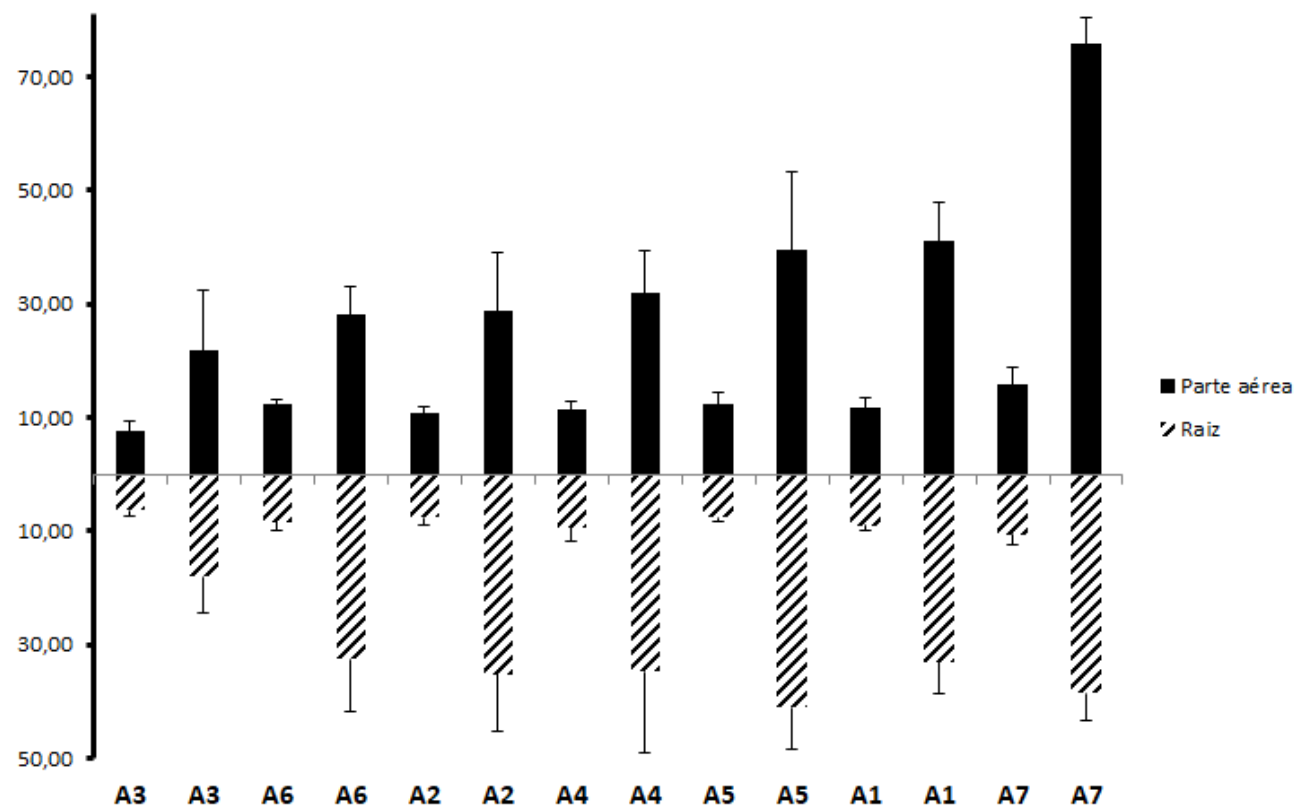
Segundo Mofunanya et al. (2015), ao realizarem um estudo comparando o efeito do uso de fertilizantes em *A. spinosus*, observaram que os fertilizantes influenciaram as características fitoquímicas, bromatológicas e nutricional.

Importante dizer que a concentração de ferro encontrada nas espécies de *Amaranthus* em estudo é mais elevada do que a maioria das hortaliças e frutos. A principal função do ferro no metabolismo humano está ligada a respiração celular, sendo componente da hemoglobina, mioglobina, citocromos e das enzimas catalase e peroxidase. As necessidades de ferro variam de 10 mg a 15 mg dependendo da idade da pessoa e de suas características metabólicas e fisiológicas. Sendo as principais fontes de origem animal, em nozes, feijões, figos, aspargos e espinafres (Chitarra & Chitarra, 2005), sendo o *Amaranthus* uma alternativa viável para o suprimento deste nutriente.

Buratto (2012) ao estudar teores de minerais e proteínas em grãos de feijão comum, apresenta valores de 8,9 a 161,50 ppm de ferro e de 11,5 a 69,9 ppm de zinco nos grãos. Estes valores estão intimamente ligados com o genótipo das cultivares. A deficiência destes nutrientes na dieta humana é algo considerado problemático, afetando a saúde de milhares de pessoas no mundo. Outro estudo realizado na Índia, avaliou 51 genótipos de feijão comum, encontrando uma variação no teor de 7,1 a 72,2 ppm de ferro e 4,3 a 19,3 ppm de zinco (Mahajan et al., 2015). Portanto, os valores de ferro e zinco, encontrados na literatura, para diferentes espécies vegetais, são bem inferiores aos encontrados nas espécies de *Amaranthus* em estudo.

Observou-se uma grande variação na concentração de nutrientes de acordo com cada espécie, obtendo valores bem diferenciados de acordo com a parte vegetal em estudo, como folhas e grãos, e o ambiente em que foi submetido o desenvolvimento das plantas, cultivado em solo, solução nutritiva ou em ambiente selvagem. Todos estes fatores influenciam fortemente a concentração de macros e micronutrientes nas plantas.

**Figura 1** - Partição de matéria seca da parte aérea e raízes em duas avaliações (plantio e colheita), de sete espécies de *Amaranthus* spp.



**Legenda:** A1 – *A. cf. cruentus*, A2 – *A. retroflexus* (variedade 1), A3 – *A. deflexus*, A4 – *A. retroflexus* (variedade 2), A5 – *A. viridis*, A6 – *A. hybridus* e A7 – *A. spinosus*.

**Tabela 3** - Concentração foliar de macro e micronutrientes em sete espécies de *Amaranthus* spp.

Espécies	Nutrientes										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg <sup>-1</sup> -----										
<b>A1</b>	24,5 c	4,9 b	19,8 b	18,6 a	5,9 b	2,1 b	44,6 b	4,8 a	229,4 a	115,7 c	15,7 c
<b>A2</b>	29,5 b	4,5 b	25,4 a	18,4 a	6,4 b	2,0 b	35,8 b	4,3 a	124,5 b	105,9 c	23,8 b
<b>A3</b>	31,5 b	5,6 a	21,3 b	20,7 a	7,8 a	2,2 b	36,8 b	3,2 a	127,3 b	113,8 c	28,6 b
<b>A4</b>	41,4 a	6,1 a	27,8 a	24,6 a	7,9 a	3,1 a	65,0 a	4,5 a	129,9 b	207,7 a	41,1 a
<b>A5</b>	31,7 b	6,0 a	21,3 b	22,8 a	6,9 a	2,2 b	55,5 a	3,3 a	220,3 a	153,5 b	22,1 b
<b>A6</b>	38,8 a	7,2 a	26,2 a	20,9 a	7,7 a	1,8 b	45,2 b	5,7 a	159,8 b	150,1 b	39,6 a
<b>A7</b>	21,7 c	4,2 b	17,1 b	12,8 b	4,8 b	1,5 b	68,6 a	3,5 a	246,6 a	65,1 d	13,6 c
<b>CV (%)</b>	18,0	15,4	19,4	15,0	12,9	16,5	27,4	31,4	18,6	21,8	26,7

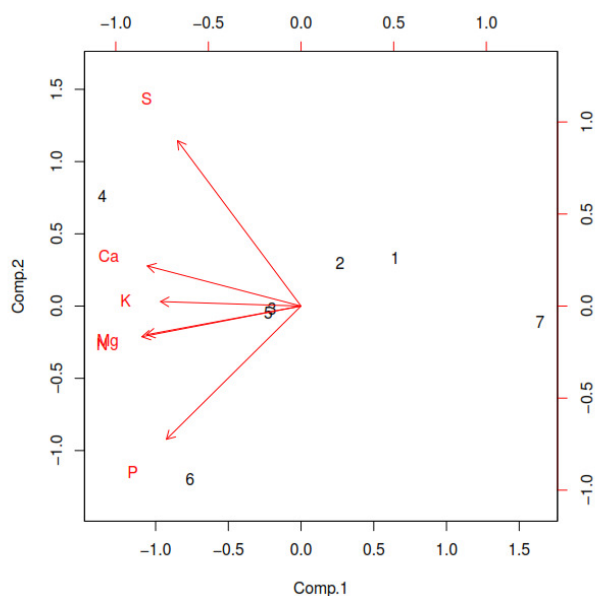
\*Médias, seguidas de mesmas letras nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knott,  $p < .05$ .

Legenda: A1 – *A.cf. cruentus*, A2 – *A. retroflexus* (variedade 1), A3 – *A. deflexus*, A4 – *A. retroflexus* (variedade 2), A5 – *A. viridis*, A6 – *A. hybridus* e A7 – *A. spinosus*.

As análises multivariadas dos componentes principais, em relação aos constituintes nutricionais presentes nas folhas das sete espécies de

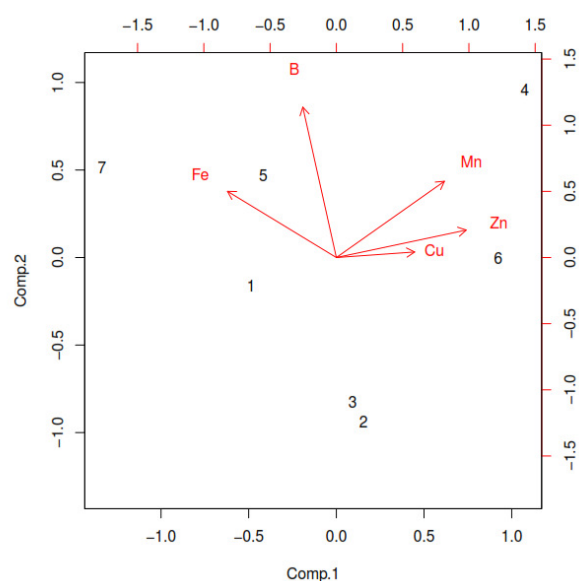
*Amaranthus*, permitiram caracterizar grupos de similaridades nutricionais entre as espécies (Figura 2 e 3).

**Figura 2** - Biplot da análise dos componentes principais das sete espécies de *Amaranthus* spp. em relação com a concentração foliar dos macronutrientes.



**Legenda:** 1 – *A. cf. cruentus*, 2 – *A. retroflexus* (variedade 1), 3 – *A. deflexus*, 4 – *A. retroflexus* (variedade 2), 5 – *A. viridis*, 6 – *A. hybridus* e 7 – *A. spinosus*.

**Figura 3** - Biplot da análise dos componentes principais das sete espécies de *Amaranthus* spp. em relação com a concentração foliar dos micronutrientes.



**Legenda:** 1 – *A. cf. cruentus*, 2 – *A. retroflexus* (variedade 1), 3 – *A. deflexus*, 4 – *A. retroflexus* (variedade 2), 5 – *A. viridis*, 6 – *A. hybridus* e 7 – *A. spinosus*.



Na Figura 2 estão representadas nas análises dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) a explicação da variância total atribuída aos dois fatores acumulados foi de 83,30%. Observa-se a formação de três grupos distintos, onde o primeiro grupo (A4 e A6) tem forte ligação com os macronutrientes, obtendo os maiores teores foliares. O segundo grupo (A1, A2, A3 e A5), obteve valores intermediários nos teores foliares destes nutrientes. Já o terceiro grupo composto apenas por uma espécie (A7), se distanciou devido ao seu baixo teor foliar dos macronutrientes se comparado às outras espécies, porém esta espécie apresentou o maior incremento de biomassa.

Na Figura 3 estão representadas nas análises dos micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) a explicação da variância total atribuída aos dois fatores acumulados foi de 80%. Observa-se a formação de três grupos distintos, onde o primeiro grupo (A1, A5 e A7) tem forte ligação com os micronutrientes Fe e B, obtendo teores foliares elevados destes nutrientes. O segundo grupo (A4 e A6), obteve teores foliares elevados dos nutrientes Mn, Zn e Cu. Já o terceiro grupo (A2 e A3), se distanciou devido ao seu baixo teor foliar dos micronutrientes se comparado às outras espécies. Em ambos os gráficos biplots, nota-se variabilidade da constituição nutricional das espécies, isto deve ser devido à diferença genética existente entre as espécies e variedades de *Amaranthus* utilizadas neste estudo, tendo-se em vista, que não houve estímulos ambientais diferentes nos tratamentos.

A correlação de Pearson indica a relação entre 2 variáveis lineares e os valores sempre serão entre +1 e -1. O sinal indica a direção, se a correlação é positiva ou negativa, e o tamanho da variável indica a força da correlação, ou seja, quanto mais próximo de 1 independentemente do sinal, mas forte é a sua correlação.

Ao analisar a correlação entre matéria seca total e as concentrações foliares dos nutrientes nas espécies de *Amaranthus* (Tabela 4), observou-se que a maioria das correlações não são significativas, não tendo uma correlação concreta

entre o acúmulo de matéria seca da planta com o seu teor foliar de nutriente.

Dentre as correlações significativas, a maioria apresentou sinal negativo, representando uma queda proporcional do acúmulo da matéria seca de acordo com o aumento do teor foliar do nutriente. Este resultado nos leva a supor que existem diversas relações entre os nutrientes dentro da solução nutritiva que são desconhecidas, podendo um nutriente influenciar na disponibilidade do outro, assim como também a influência genética da planta sobre estes nutrientes. Outro fator relevante, é a relação destas raízes com esta solução nutritiva, como ocorre à absorção e as trocas de íons nestas espécies. Podendo ser também um sinal de fitotoxidez.

Segundo estudos de Croft et al. (2017) ao avaliarem a produção de *A. cruentus* em hidroponia, obtiveram como resultado que de acordo com a solução nutritiva há uma alteração na concentração dos nutrientes no tecido vegetal. Os autores observaram variações na concentração de zinco, ferro e carotenoides, porém não há um incremento dos três simultaneamente. Portanto, existem interações entre os nutrientes de acordo com a solução nutritiva, ocasionando em diferentes concentrações na planta. Fator este que pode ter interferido nas concentrações dos nutrientes das diferentes espécies utilizadas neste trabalho.

As correlações fortes e positivas neste trabalho, como a do *A. retroflexus* (variedade 2) com o K e Mn, a do *A. viridis* com o Zn e a do *A. hybridus* com o B e Zn, nos leva a sugerir que o enriquecimento da solução nutritiva com estes minerais para cada espécie, devem aumentar proporcionalmente, até certo nível, o incremento da matéria seca total.

Portanto, há necessidade de um padrão para comparação de acúmulo de nutrientes nestas espécies alimentícias, apesar de serem pertencentes a um mesmo gênero. Aponta-se para a necessidade de mais estudos sobre a produção destas espécies em solução nutritiva em virtude de poucos trabalhos acerca do tema.

**Tabela 4** - Estimativas dos coeficientes de correlação de Pearson entre a matéria seca total e as concentrações foliares de nutrientes obtidas nas espécies de *Amaranthus* spp. conduzidas em solução nutritiva de Hoagland & Arnon.

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
A1	-0,79 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	-0,88 <sup>ns</sup>	-0,88*	-0,94*	-0,96*	-0,96**	-0,7 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-0,93*	-0,94*
A2	-0,59 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	-0,31 <sup>ns</sup>	-0,95*	-0,75 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	-0,16 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>
A3	0,86 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	-0,36 <sup>ns</sup>	-0,99**	0,34 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
A4	0,85 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,94*	-0,09 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	-0,62 <sup>ns</sup>	-0,43 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,99**	-0,20 <sup>ns</sup>
A5	-0,99**	-0,97**	0,04 <sup>ns</sup>	-0,95**	-0,91**	-0,99**	-0,4 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>	-0,79 <sup>ns</sup>	1,00**
A6	-0,96**	-0,97**	-0,82 <sup>ns</sup>	-0,83 <sup>ns</sup>	-0,8 <sup>ns</sup>	-0,94**	0,91**	0,79 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	-0,98**	1,00**
A7	0,75 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	-0,22 <sup>ns</sup>	-0,89**	-0,84 <sup>ns</sup>	-0,96**	0,86 <sup>ns</sup>	-0,83 <sup>ns</sup>	-0,57 <sup>ns</sup>	-0,74 <sup>ns</sup>	-0,98 <sup>ns</sup>

\*e \*\* significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Legenda: A1 – *A. cf. cruentus*, A2 – *A. retroflexus* (variedade 1), A3 – *A. deflexus*, A4 – *A. retroflexus* (variedade 2), A5 – *A. viridis*, A6 – *A. hybridus* e A7 – *A. spinosus*.

## Conclusão

A espécie *A. spinosus* apresentou-se mais propícia ao cultivo realizado, onde pode ser observado um maior incremento de matéria fresca pelas folhas que é fonte de alimentação humana.

Nas espécies *A. retroflexus* (variedade 2) e *A. hybridus* foram observados maiores teores de nutrientes. Contudo, elas não produziram proporcionalmente o mesmo acúmulo de nutrientes nas plantas.

Observou-se a formação de grupos similares de acordo com o teor dos nutrientes foliares nas diferentes espécies avaliadas. As correlações fortes e positivas encontradas neste trabalho foram a do *A. retroflexus* (variedade 2) com o K e Mn, a do *A. viridis* com o Zn e a do *A. hybridus* com o B e Zn.

## Referências

- Achigan-Dako, E. G., Sogbohossou, O. E. D., & Maundu, P. (2014). Current knowledge on *Amaranthus* spp.: research avenues for improved nutritional value and yield in leafy amaranths in sub-Saharan Africa. *Euphytica*, 197 (3), 303-317.
- Álvares, C. A., Stape, J.L., Sentelhas, P. C., Goncalves, J.L.M., & Sparovek, G. (2013). Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22 (1), 711–728.
- Amaya-Farfan, J., Marcílio, R., & Spehar, C. R. (2005). Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do amaranto (*Amaranthus* sp.). *Segurança alimentar e nutricional*, 12 (1), 47-56.
- Buratto, J. S. (2012). *Teores de minerais e proteínas em grãos de feijão e estimativas de parâmetros genéticos*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.
- Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio* (2 ed. rev. e ampl., 785p). Lavras: UFLA.
- Croft, M. M., Hallett, S. G., & Marshall M. I. (2017). Hydroponic production of vegetable Amaranth (*Amaranthus cruentus*) for improving nutritional security and economic viability in Kenya. *Renewable Agriculture and Food Systems* 32 (6), 552-561.
- Cole, J.N. (1979). *Amaranth: from the Past, for the Future*. Emmaus, Pa: Rodale Press.
- Escudero, N.L., Albarracín, G., Fernández, S., De Arellano, L.M., & Mucciarelli, S. (1999). Nutrient and antinutrient composition of *Amaranthus muricatus*. *Plant Foods for Human Nutrition* 54 (4), 327–336.
- Ferreira, D.F. (2011). Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35 (6), 1039-1042.
- Ferreira, T. A. P. C., Matias, A. C. G., & Arêas, J. A. G. (2007). Características nutricionais e funcionais do Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Nutrire*, 32 (2), 91 – 116.
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). *The water culture method for growing plants without soil* (Circular, n. 347). Berkeley: College of Agriculture University of California.
- Kinupp, V. F., & Lorenzi, H. (2014). Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora.
- Mahajan, R., Zargar, S. M., Aezum, A. M., Farhat, S., Gani, M., Hussain, A., Agrawal, G. K., & Rakwal, R. (2015). Evaluation of Iron, Zinc, and Protein Contents of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes: A Collection from Jammu & Kashmir, India. *Legume Genomics and Genetics*, 6 (2), 1-7.
- Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. (1997). Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. (2 ed., 319p). Piracicaba: POTAFOS.

- Mofunanya, A. A. J., Ebigwai, J.K., Bello, O.S., & Egbe, A.O. (2015). Comparative Study of the Effects of Organic and Inorganic Fertilizer on Nutritional Composition of *Amaranthus spinosus* L. *Asian Journal of Plant Sciences* 14 (1), 34-39.
- Pereira, P.C. S., De Freitas, C. F., Chaves, C.S., Estevão, B.M., Pellosi, D.S., Tessaro, A.L., Batistela, V.R., Scarminio, I.S., Caetano, W., & Hioka, N. (2014) A quimiometria nos cursos de graduação em química: Proposta do uso da análise multivariada na determinação de pKa. *Quimica Nova*, 37 (8), 1417-1425.
- Samartini, C. Q. (2015). *Conteúdo de DNA nuclear, número cromossômico e compostos de interesse nutricional em Amaranthus spp.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.
- Silva L. F. L., Souza D. C., Resende L.V., Gonçalves, W. M., Costa G. M., & Martins I.A. (2017). Mineral nutrition, planting density, biometric and phenological characterization of the lamb's ear. *Magistra*, 29 (2), 192-199.
- Silva, L.F.L., Souza, D.C., Resende, L.V., Nassur, R.C.M.R., Samartini, C.Q., & Gonçalves W.M. (2018). Nutritional Evaluation of Non-Conventional Vegetables in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90 (2) 1775-1787.
- Souza, D.C., Silva, L.F.L., Resende, L.V., Costa P.A., Guerra T.S., Gonçalves W.M., & Pereira T.A.R. (2016a). Conservação pós-colheita de araruta em função da temperatura de armazenamento. *Magistra*, 28 (3/4), 403-410.
- Souza, D.C., Costa, P.A., Silva, L.F.L., Guerra T.S., Resende, L.V., & Pereira J. (2019). Productivity of rhizomes and starch quantification in cultures of different vegetative propagules of arrowroot. *Journal of Agricultural Science*, 11 (5), 419-425.
- Spehar, C. R., & Trecenti, R. (2011) Agronomic performance of traditional and innovative species for double and dry season cropping in the Brazilian savannah high lands. *Journal of Biosciences*, 27(1), 102-111.
- Xavier J.B., Souza, D.C., Souza, L.C., Guerra, T.S., Resende, L.V., & Pereira, J. (2018). Nutritive potential of amaranth weed grains. *African Journal of Agricultural Research*. 13 (22) 1140-1147.

Recebido em: 25/02/2019

Aceito em: 08/08/2019