

Uso de duas espécies de macrófitas aquáticas na vermicompostagem

Karolina Kotsubo^{1*} , Marcela Bianchessi da Cunha Santino² 

1 Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos Rodovia Washington Luiz Km 235, São Carlos -São Paulo – Brasil, 13565-905

2 Departamento de Hidrobiologia. Universidade Federal de São Carlos. Via Washington Luiz, km 235. Cx. Postal 676. 13565-905. São Carlos, SP, Brasil.

* Autor para correspondência: karol.kotsubo@gmail.com

Recebido em 16 de fevereiro de 2021.

Aceito em 12 de julho de 2021.

Publicado em 15 de julho de 2021.

Resumo - Em ambientes eutrofizados, as macrófitas aquáticas se reproduzem rapidamente e ocupam extensas áreas, impedindo os usos múltiplos dos recursos hídricos. Assim, testou-se o uso da biomassa dessas plantas como alternativa para a vermicompostagem. Considerando as composições químicas das macrófitas *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata*, consideramos que *E. crassipes* seja uma melhor alternativa para a vermicompostagem quando comparada à *S. auriculata*. O composto gerado por *E. crassipes* mostrou maior fertilidade, eficiência no consumo (1,29 vezes maior) e maior taxa C/N (3 vezes maior). A condutividade elétrica aumentou dada à liberação de íons no composto e, concomitantemente, houve diminuição no pH. A condutividade elétrica foi 1,7 vezes maior para o composto gerado por *E. crassipes*, indicando uma maior disponibilidade de íons. Os testes de metais pesados não mostraram valores relevantes. Os resultados mostram maior eficiência no uso de *E. crassipes*, corroborando a hipótese proposta. Os compostos apresentaram elevada quantidade de micronutrientes, o que contribui para o uso do composto. Portanto, o uso da biomassa das duas espécies de macrófitas aquáticas constitui uma alternativa para a vermicompostagem, uma vez que a composição química dessas plantas contém os requisitos (nutrientes e matéria orgânica) necessários para a formação de húmus.

Palavras-chave: Planta aquática. *Eisenia fetida*. Eutrofização. Nutrientes. Metais pesados.

Use of two species of aquatic macrophytes in vermicomposting

Abstract - In highly eutrophicated environments, aquatic macrophytes reproduce rapidly and occupy extensive areas, hindering the multiple uses of water resources. Thus, the use of the biomass of these plants was tested as an alternative for vermicomposting. Considering the chemical compositions of the macrophytes *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*, we consider that *E. crassipes* is a better alternative for vermicomposting when compared to *S. auriculata*. The compost generated from *E. crassipes* showed higher fertility, consumption efficiency (1.29 times higher) and higher C/N ratio (3 times higher). The electrical conductivity increased due to the release of ions in the compost and, concomitantly, there was a decrease in pH. The electrical conductivity was 1.7 times higher for the compost generated by *E. crassipes*, indicating a greater availability of ions. The tests for heavy metals showed no relevant values. The results show higher efficiency in the use of *E. crassipes*, corroborating the proposed hypothesis. The composts presented a high quantity of micronutrients,

which contributes to the use of the compost. Therefore, the use of the biomass from both species of aquatic macrophytes constitutes an alternative for vermicomposting, as the chemical composition of these plants contains the requirements (nutrients and organic matter) necessary for the formation of humus.

Key-words: Aquatic plant. *Eisenia fetida*. Eutrophication. Nutrients. Heavy metals

Utilización de dos especies de macrófitas acuáticas en el vermicompostaje

Resumen - En los ambientes eutrofizados, los macrófitos acuáticos se reproducen rápidamente y ocupan extensas áreas, impidiendo los múltiples usos de los recursos hídricos. Así, se probó el uso de la biomasa de estas plantas como alternativa para el vermicompostaje. Teniendo en cuenta las composiciones químicas de los macrófitos *Eichhornia crassipes* y *Salvinia auriculata*, consideramos que *E. crassipes* es una mejor alternativa para el vermicompostaje en comparación con *S. auriculata*. El compost generado por *E. crassipes* mostró mayor fertilidad, eficiencia de consumo (1,29 veces mayor) y mayor relación C/N (3 veces mayor). La conductividad eléctrica aumentó debido a la liberación de iones en el compost y, concomitantemente, hubo una disminución del pH. La conductividad eléctrica fue 1,7 veces mayor para el compost generado por *E. crassipes*, lo que indica una mayor disponibilidad de iones. Las pruebas de metales pesados no mostraron valores relevantes. Los resultados muestran una mayor eficiencia en el uso de *E. crassipes*, corroborando la hipótesis propuesta. Los compostadores presentaban una elevada cantidad de micronutrientes, lo que contribuye al aprovechamiento del compost. Por lo tanto, el uso de la biomasa de las dos especies de macrófitos acuáticos constituye una alternativa para el vermicompostaje, ya que la composición química de estas plantas contiene los requisitos (nutrientes y materia orgánica) necesarios para la formación de humus.

Palabras clave: Planta acuática. *Eisenia. Fetida*. Eutrofización. Nutrientes. Metales pesados.

Introdução

As macrófitas aquáticas são plantas que apresentam grande importância ecológica pela sua elevada produção primária, por representar um habitat e refúgio para várias espécies e ser capaz de absorver nutrientes e metais (Bento et al. 2007). Dadas suas características reprodutivas, essas plantas podem se reproduzir rapidamente e ocupar grandes áreas, principalmente quando os corpos d'água se encontram eutrofizados, causando diversos impactos ecológicos e socioeconômicos negativos (Chapungu et al. 2018; Zhang et al. 2019).

O uso da biomassa excedente como matéria-prima para vermicompostagem consiste, assim, em uma possibilidade de redução de um problema ambiental pela aplicação dessa biomassa em técnicas sustentáveis (Najar 2017), sendo aplicável em grande escala (Najar e Khan 2013). As macrófitas aquáticas são majoritariamente compostas de água, mas possuem também em sua composição macro e micronutrientes. Esse fator, associado à presença de matéria orgânica na biomassa, aponta para o uso dessas plantas como matéria prima para a vermicompostagem.

A formação de um composto nutritivo a partir do processamento pela micro ou mesofauna é uma importante característica desse tipo de tratamento. A utilização do composto fértil, denominado húmus, gerado pela compostagem ou vermicompostagem possui diversas vantagens, além de ser compatível com a produção agrícola sustentável. O uso do composto pode neutralizar

o esgotamento da matéria orgânica nos solos e contribuir para a estabilidade do mesmo (Albreght et al. 2011). A vermicompostagem consiste em um processo biológico que envolve a interação entre microorganismos e macroorganismos, como as minhocas, que convertem diferentes tipos de resíduos orgânicos em um composto nutritivo (Sharma e Carg 2018). Para a formação de um bom composto algumas variáveis como pH, temperatura e condutividade elétrica devem ser monitoradas.

Segundo Banerjee e Matai (1990), *S. auriculata* possui cerca de 25% da sua composição por fibras, enquanto *E. crassipes* possui uma porcentagem de 20,8%. As fibras dificultam a decomposição, como pode ser exemplificado por Guerrero et al. (2014), sendo a *S. auriculata* considerada uma boa provedora de nutrientes para a alimentação de animais, porém a quantidade de fibras presente na sua composição dificulta a palatabilidade da planta pelos mesmos.

Considerando as composições químicas das macrófitas *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, 1883 e *Salvinia auriculata* Aubl., esse estudo considerou que *E. crassipes* seja uma melhor alternativa no processo de compostagem quando comparada à *S. auriculata*.

Assim, testou-se a eficiência do uso de macrófitas aquáticas como alternativa de nutrição para a *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) no processo de vermicompostagem e avaliar a qualidade do húmus gerado a partir do fornecimento de matéria orgânica de suas espécies de plantas aquáticas.

Material e métodos

Os exemplares de macrófitas aquáticas utilizadas no estudo foram coletados no reservatório do Monjolinho, localizado no *campus* da UFSCar em São Carlos-SP e no Jardim Experimental do Departamento de Botânica (DB). A parte inicial deste estudo consistiu na montagem do minhocário. Para tanto, foram sobrepostas três caixas de 4 litros cada, entre as quais existem orifícios que permitem a passagem das minhocas. Foram adicionadas ao minhocário alíquotas de substrato inerte e posteriormente as minhocas, que foram mantidas por 24h para adaptação. Foram adicionados 50 indivíduos de *E. fetida* dos quais a biomassa total e foi determinada em balança de precisão (marca Boeco, modelo BPB 31) antes e após cada réplica. O número de indivíduos foi contabilizado no final do período da vermicompostagem.

Na etapa seguinte, as amostras das duas espécies de macrófitas aquáticas (*S. auriculata* e *E. crassipes*) foram lavadas, tiveram sua massa inicial determinada em balança de precisão (marca Boeco, modelo BPB 31) e foram adicionadas ao minhocário onde foram mantidas por cerca de quatro semanas. O processo de vermicompostagem no minhocário foi repetido 3 vezes para cada espécie. O minhocário deve conter tanto materiais carbonatados como nitrogenados para evitar a umidade em excesso. Assim, a biomassa foi adicionada nas formas fresca e seca na proporção 1/3 como sugerido (EMBRAPA 2019).

Após a experimentação, os detritos remanescentes foram retirados do minhocário e sua massa foi determinada em balança de precisão antes e após ser levada à estufa. A partir desses dados foi determinada a eficiência da vermicompostagem pela biomassa consumida.

Durante o processo de compostagem as seguintes variáveis foram monitoradas: temperatura (termômetro de mercúrio), umidade (método gravimétrico de acordo com Embrapa, 1979), pH e condutividade elétrica (método potenciométrico), varredura de comprimentos de onda (método espectrofotométrico em Ultrospec 2100 pro), todas com uma frequência de

2 vezes por semana, sendo obtidas 3 réplicas de cada variável. Para determinação do pH foi utilizado pHmetro DIGIMED, modelo DMPH-2 e para a condutividade elétrica foi utilizado condutivímetro DIGIMED DM3.

O composto gerado teve os teores de carbono determinados gravimetricamente e foi convertido em carbono orgânico (C). Para o cálculo do carbono no composto produzido a partir da análise de matéria orgânica, foi utilizada a equação CT (carbono total) = $0,463 \times MO$ (matéria orgânica) – 0,550 (Lopes do Carmo e Silva, 2012), o nitrogênio e fósforo foram determinados após digestão seca por quimioluminescência (TOC/TN Shimadzu, TNM-L) pelo método espectrofotométrico com vanadato-molibdato de amônio (Zenebon et al., 2008), respectivamente.

A biomassa de ambas as espécies foi utilizada para análises de metais pesados. Após a digestão da biomassa, as concentrações de cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), cromo (Cr), níquel (Ni), manganês (Mn) e zinco (Zn) foram determinadas por meio de espectroscopia de absorção atômica (CETESB 1994). Também foi determinado o teor desses metais no húmus gerado da compostagem de *S. auriculata* e *E. crassipes*. As variáveis monitoradas na vermicompostagem com as duas espécies de macrófitas foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) a fim de verificar a normalidade e a homogeneidade das variâncias, na sequência foram comparadas pelo Teste t de Student ($p < 0,05$) a fim de verificar se houve diferença estatisticamente relevante entre elas.

Resultados e Discussão

A eficiência da vermicompostagem consiste em um importante indicativo não só da viabilidade da utilização da biomassa de macrófitas aquáticas para vermicompostagem como também indica a efetividade de sua utilização (Tabela 1). Notou-se que a taxa de consumo diária foi superior na compostagem de *S. auriculata*; entretanto, a eficiência do consumo se mostrou maior para a compostagem de *E. crassipes*. O valor referente à eficiência do consumo da biomassa consiste no principal indicativo para corroboração da hipótese de que a espécie *E. crassipes* possui maior consumo por *E. fetida* quando comparada a *S. auriculata*.

Tabela 1. Comparação da eficiência e taxa diária de consumo em média e desvio padrão (DP) entre a vermicompostagem utilizando biomassa de *S. auriculata* e *E. crassipes*.

Espécie	<i>Salvinia auriculata</i>		<i>Eichhornia crassipes</i>	
	Média	DP	Média	DP
Eficiência (%)	22,86	16,02	29,50	11,10
Taxa diária de consumo (%)	2,59	0,53	1,04	0,34

Os valores médios, mínimos e máximos de temperatura, pH, CE, umidade, contagem e medição dos indivíduos de *E. fetida* referentes aos compostos gerados pelas duas espécies estão elencados na Tabela 2. A temperatura para os dois experimentos (*S. auriculata* e *E. crassipes*) sofreu pouca variação, não havendo diferença entre as espécies ($p = 0,0742$). O mesmo foi observado para a variável pH, que indicou acidez do composto formado, não sendo encontrada diferença significativa entre as macrófitas aquáticas ($p = 0,0691$). Quanto à CE, a média obtida para *E. crassipes* foi muito superior (1,7 vezes) à obtida para *S. auriculata*, indicando diferença

entre as espécies na liberação de íons ($p < 0,0001$); esse valor indicou a formação de um composto mais rico no que se refere à disponibilidade de íons, que consiste em mais um indicativo de corroboração da hipótese de maior fertilidade do composto obtido pela vermicompostagem de *E. crassipes*. A umidade apresentou grande variação ao longo do experimento para ambas as espécies.

Tabela 2. Comparação dos valores médios (média e desvio padrão) das variáveis temperatura (oC), pH, CE (mS/cm), teor de umidade (%), nº de indivíduos e tamanho (cm) de *E. fetida* entre as duas espécies analisadas.

	<i>Salvinia auriculata</i>				<i>Eichhornia crassipes</i>			
	Média	DP	Mín	Máx	Média	DP	Mín	Máx
Temperatura	25,58	0,51	24,00	28,00	25,27	1,03	23,00	27,50
pH	5,38	0,14	4,47	7,63	5,46	0,30	3,59	7,34
CE	509,7	130,0	170,9	1018,0	850,0	67,2	213,0	1875,0
Teor de Umidade	51,63	7,24	38,01	77,08	60,99	1,68	35,11	86,93
Nº de indivíduos	44,83	0,94	37,00	50,00	43,67	3,09	32,00	20,00
Tamanhos dos indivíduos	5,33	0,24	1,50	10,00	6,70	1,74	1,00	18,00

A composição da biomassa seca de *S. auriculata* e *E. crassipes*, pode ser observada na Tabela 3. A biomassa viva das minhocas é constituída por cerca de 65% de proteína, dessa forma, esses organismos necessitam de grande quantidade de N em sua dieta para que possam se desenvolver (Aquino e Assis 2005), sendo assim a biomassa das duas espécies de macrófitas (Tabela 3) considerada uma fonte nutricional adequada. Compostos com baixos teores de N necessitam ser fertilizados pela adição de outros componentes orgânicos ricos em N, para fornecer nutrientes e inóculo de microrganismos ao processo de vermicompostagem (Aquino e Assis 2005).

Tabela 3. Composição média (DP) bromatológica (N, P, C, C/N, conteúdo de matéria orgânica, fração de parede celular e umidade) da biomassa seca de *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes*.

	<i>S. auriculata</i>		<i>E. crassipes</i>	
	Média	DP	Média	DP
Nitrogênio (%)	2,5	0,4	1,1	0,2
Fósforo (%)	0,7	0,1	0,3	0,1
Carbono (%)	32,8	4,9	43,1	2,3
C/N	13	-	39	-
Fração de parede celular (%)	56,9	1,3	82,5	2,4
Conteúdo de matéria orgânica (%)	75,9	0,8	78,2	2,3
Umidade (%)	91,9	0,4	89,9	0,6

A relação C/N da biomassa inicial utilizada na vermicompostagem variou de 13 a 39 (Tabela 4), indicando uma elevada proporção entre C e N para o composto produzido por *E. crassipes*. Essa espécie apresenta 47,2% de fibras (Moozhiyil e Pallauf 1986), seu conteúdo de N e P, correspondem a 0,84% e 0,21%, respectivamente (Williams 1956), valores próximos ao encontrado no presente estudo. Os valores médios de N, P, C matéria orgânica do vermicomposto estão mostrados na Tabela 4.

Tabela 4. Composição média \pm DP (C, N e P) do vermicomposto de *S. auriculata* e *E. crassipes* utilizando as três réplicas.

	<i>Salvinia auriculata</i>		<i>Eichhornia crassipes</i>	
Nitrogênio (%)	0,3	0,2	0,4	0,1
Fósforo (%)	0,2	0,4	0,1	0,1
Matéria orgânica (%)	27,9	9,8	19,1	3,0
Carbono (%)	12,3	4,6	9,0	5,0

A Tabela 5 mostra os teores de metais (Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn) na biomassa seca e composto de *S. auriculata* e de *E. crassipes*. Os metais Cr e Ni apresentaram teores abaixo do limite de detecção (0,005 e 0,008 mg/L, respectivamente) nas biomassas e vermicompostos de ambas macrófitas. Na biomassa de seca de *E. crassipes*, o Pb não foi detectado (limite de detecção: 0,01 mg/L).

Tabela 5. Teores de metais (mg/g) na biomassa das macrófitas aquáticas e nos composto formado por *S. auriculata* e *E. crassipes*.

	<i>S. auriculata</i>	Composto de <i>S. auriculata</i>	<i>E. crassipes</i>	Composto de <i>E. crassipes</i>
Cd	0,005	0,002	0,002	0,001
Pb	0,004	0,004	-	0,001
Cu	0,0191	0,003	0,013	0,012
Cr	-	-	-	-
Fe	6,100	12,335	0,071	10,041
Mn	1,217	0,240	0,296	0,184
Ni	-	-	-	-
Zn	0,578	0,054	0,123	0,039

Os teores de referência de qualidade (e de prevenção) de acordo com o CETESB (Decisão da Reitoria 045-2014) para Cd, Pb, Cu e Zn são respectivamente: < 0,5 (1,3), 17 (72), 35 (60) e 60 (86) mg/kg. Para o Fe e Mn, os teores de referências ou prevenção não são legislados para solo. Os teores para os compostos de *S. auriculata* e *E. crassipes* apresentam-se acima dos valores de referência ao se considerar apenas o Cd para o composto de *S. auriculata*; entretanto o valor de intervenção para solo agrícola é 3,6 mg/kg, ou seja, 1,8 maior que o encontrado. Para os demais metais pesados, os valores

obtidos foram menores tanto para o composto de *S. auriculata* quanto de *E. crassipes*. Nesse sentido, em relação aos metais pesados, os vermicompostos podem ser utilizados na agricultura. De forma geral, houve uma diminuição ou manutenção dos teores de metais pesados entre a biomassa das macrófitas aquáticas e o composto gerado, exceto para o Fe em que os vermicompostos apresentaram valores de Fe mais elevados. Na vermicompostagem utilizando como substrato inicial o esterco de búfalo e de bovino houve um aumento do teor de Fe de 22 vezes (Rodrigues et al. 2003). Os valores elevados obtidos para o Fe podem estar relacionados com a acidez do solo como é descrito por Faquin (1994). O autor afirma que a disponibilidade de Fe é maior em solos ácidos, como ocorreu nos compostos formados por *S. auriculata* e *E. crassipes*. Além dos testes realizados no presente estudo, também foram feitos testes de fertilidade complementarmente (Tabela 6) pela TechSolo Agricultura de Precisão.

Tabela 6. Resultados das análises químicas (K, MO, Saturação por bases, Cu, Fe, Mn, Zn e B) dos compostos gerados por *E. crassipes* e *S. auriculata*.

	<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Salvinia auriculata</i>
Potássio (mmolc/dm ⁻³)	5,02	9,86
Matéria orgânica (g/dm ³)	75	52
Saturação por bases (%)	51	31
Cobre (mg/dm ⁻³)	2,0	2,7
Ferro (mg/dm ⁻³)	203	172
Manganês (mg/dm ⁻³)	24,3	23
Zinco (mg/dm ⁻³)	6,9	7,2
Boro (mg/dm ⁻³)	0,19	0,41

O resultado obtido para a análise do potássio (K) foi 5,02 mmolc/dm⁻³ e 9,86 mmol/dm⁻³ para o composto gerado por *E. crassipes* e *S. auriculata*, respectivamente. Segundo Aguiar Neto et al. (2014) o valor de referência para o K indica que o composto obtido com a compostagem utilizando biomassa de *S. auriculata* pode ser classificado como muito alto enquanto o composto obtido por *E. crassipes* é considerado alto. Quanto ao teor de matéria orgânica, os resultados indicam, respectivamente, 75g/dm³ e 52 g/dm³ para o composto obtido utilizando *E. crassipes* e *S. auriculata*. Raj et al. (1997) explica que o teor de matéria orgânica está relacionado com a textura do mesmo. Segundo sua classificação, o composto gerado por *E. crassipes* possui uma concentração de matéria orgânica (maior que 60g/dm³) considerada muito alta, representando acúmulo da mesma.

O valor referente à saturação por bases (%) classifica solos eutróficos e distróficos. Os resultados obtidos mostram um valor de 31 para *S. auriculata* e 51 para *E. crassipes*. Segundo Freire et al. (2008), valores entre 20 e 40 são considerados baixos enquanto valores entre 41 e 60 são considerados médios. Os resultados obtidos para os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn foram comparados segundo a padronização feita por Freire et al. (2008). Todos os valores foram considerados muito bons/muito altos para ambas as espécies. Quanto ao micronutriente B (Tabela 6), a concentração foi considerada baixa para ambas as espécies, segundo classificação do mesmo autor.

Conclusões

A utilização de diferentes resíduos na vermicompostagem representa uma oportunidade de minimização da degradação ambiental, uma vez que utiliza recursos orgânicos que seriam descartados na produção de húmus. Assim, diante dos resultados obtidos concluímos que o uso da biomassa de macrófitas aquáticas como uma alternativa no processo de vermicompostagem foi viável.

Os resultados obtidos para o uso da biomassa de *E. crassipes* na vermicompostagem mostram uma maior eficiência no uso desse recurso por *E. fetida*, corroborando a hipótese inicialmente proposta neste estudo. O composto gerado com a utilização de *E. crassipes* mostrou-se mais nutritivo do ponto de vista de fertilidade. Apesar da taxa de consumo diária ter apresentado um valor maior para *S. auriculata*, o composto obtido por *E. crassipes* teve maior eficiência no consumo (1,29 vezes maior). A relação C/N também foi 3 vezes maior para *E. crassipes* em comparação com *S. auriculata*.

A temperatura e a umidade não se mostraram limitantes ao processo de vermicompostagem. A condutividade elétrica aumentou com o passar do tempo dada à liberação de íons no composto e, concomitantemente, houve diminuição no pH resultando em um composto ácido. Para comparação mais eficiente dos resultados obtidos para as duas espécies foram realizados testes estatísticos com a intenção de verificar se há diferença significativa entre as espécies. Não houve diferença significativa para os indicadores temperatura e pH. A condutividade elétrica foi 1,7 vezes maior para o composto gerado por *E. crassipes*, o que indica maior fertilidade do composto gerado pela maior disponibilidade de íons. Os resultados obtidos para os testes de metais mostram que não houve quantidade significativa nas amostras, ou seja, não há limitação para o uso do composto gerado como fertilizante. O teste de fertilidade realizado indicou também quantidade elevada de micronutrientes, reafirmando a fertilidade dos compostos gerados e a possibilidade de utilização como fertilizante orgânico.

Participação dos autores: KK - idealização e design do estudo, redação do manuscrito, preparação do material, investigação e coleta de dados; MBCS - idealização e design do estudo, redação do manuscrito, controle do financiamento do projeto, supervisão e análises.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: Não se aplica

Disponibilidade dos dados: os dados não estão disponíveis em bases de dados ou repositórios.

Fomento: o estudo foi financiado pela FAPESP (Processos: 2017/06625-3 e 2018/00348-0).

Conflito de Interesses: os autores afirmam não haver conflito de interesses.

Referências

Albrecht R, Le Petit J, Terrom G, Périssol C. 2011. Comparison between UV spectroscopy and nirs to assess humification process during sewage sludge and green wastes co-composting. *Bioresource Technology*. 102(6): 4495-4500. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.12.053>

Aguiar Neto P, Grangeiro LC, Mendes AMS, Costa ND, Marrocos STP, Sousa, VFL. 2014. Crescimento e acúmulo de macronutrientes na cultura da cebola em Baraúna (RN) e Petrolina (PE). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 18(4): 370-380. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000400003>

- Aquino AM, Assis RL. 2005. Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 517p.
- Banerjee A, Matai S. 1990. Composition of Indian aquatic plants in relation to utilization as animal forage. *Journal of Aquatic plant management*. 28(15):69-73.
- Bento L, Marotta H, Enrich-Prast A. 2007. O papel das macrófitas aquáticas emersas no ciclo do fósforo em lagos rasos. *Oecologia Brasiliensis*. 11(4):582-589. <https://doi.org/10.4257/oeco.2007.1104.10>
- Chapungu L, Mudzazhezha OC, Mudzengi B, 2018. Socio-ecological impacts of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) under dry climatic conditions: the case of Shagasha River in Masvingo, Zimbabwe. *Journal of Environmental Science and Public Health*. 2(1):36-52. doi: 10.26502/jesph.96120027
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. 1994 [viewed 9 August 2019]. Norma Técnica L5600. Sólidos: determinação de metais por espectrofotometria de absorção atômica - método da digestão ácida com água regia - método de ensaio [online]. São Paulo. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/normas-revogadas-310117-1-1.pdf>>.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB. Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo (Decisão de diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005).
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Agrobiologia – EMBRAPA AGROBIOLOGIA. 2001 [visto em 9 de Agosto de 2019]. *Compostagem* [online]. Serapédica- RJ. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/27180/1/cot050.pdf>>.
- Faquin V. 1994. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras: ESAL/FAEPE. 186p.
- Freire FM, Pitta GVE, Alves VMC, França GE, Coelho AM. 2009. Fertilidade de solos. Interpretação de resultados de análise do solo. Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de Produção. Versão Eletrônica - 5ª edição. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/>>. Acesso em 17/10/2018.
- Guerrero C, Magdalena E, Pedro AA, Rosario MY, de Jesus MRJ, Rafael GM, Rocio PH. 2014. Nutritional characterization of *Salvinia auriculata* fodder, grown in aquaponics for rabbit feed, preliminary results. In: Congresso Americano de Conicultura, V., 2014, México. Anais...México.
- Carmo DL, Silva CA. 2012. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 36(4):1211-1220. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000400015>
- Moozhiyil M, Pallauf J. 1986. Chemical composition of the water fern, *Salvinia molesta*, and its potential as feed source for ruminants. *Economic Botany*. 40(3):375-383.
- Najar IA, Khan AB. 2013. Management of freshwater weeds (macrophytes) by vermicomposting using *Eisenia fetida*. *Environmental Science and Pollution Research*. 20(9):6406-6417. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1687-9>
- Najar IA. 2017. Vermicomposting of aquatic weeds: a quick review. *Plant Science Today*. 4(3):133-136. <https://doi.org/10.14719/pst.2017.4.3.311>
- Raij B, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC. 1997. Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/IAC, 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- Rodrigues VC, Theodoro VCA, Andrade IF, Neto AI, Rodrigues VN, Alves FV. 2003. Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. *Ciência e Agrotecnologia*. 27(6):1408-1418. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542003000600028>
- Sharma K, Garg VK. 2018. Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earthworm *Eisenia fetida* (Sav.). *Bioresource technology*. 250:708-715. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.101>

Williams RH. 1956. *Salvinia auriculata* Aubl.: the chemical eradication of a serious aquatic weed in Ceylon. *Tropical Agriculture*. 33:145-157.

Zenebon O, Pascuet NS, Taglea P. 2008. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 1020 p.

Zhang Y, Ma R, Liang Q, Guan B, Loisel S. 2019. Secondary impacts of eutrophication control activities in shallow lakes: Lessons from aquatic macrophyte dynamics in Lake Taihu from 2000 to 2015. *Freshwater Science*. 38(4):802-817. <https://doi.org/10.1086/706197>



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.