

# Avaliação Do Efeito Do Papel Como Adubo Na Qualidade Da Chicória (*Eryngium Foetidum*) Produzida Em Boa Vista-Rr

Rosivaldo Ferreira De Sousa<sup>1</sup>, Bárbara Victória Grigorio Barbosa<sup>1</sup>,  
Aloisio Alcantara Vilarinho<sup>2</sup>, Francisco Dos Santos Panero<sup>1</sup>,  
Mirla Janaina Augusta Cidade<sup>1</sup>

(Departamento De Química/Universidade Federal De Roraima, Brasil-Roraima)  
(Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária/Embrapa/Rr, Brasil-Roraima)

---

## **Resumo:**

**Contexto:** A busca por práticas agrícolas sustentáveis tem estimulado o uso de resíduos orgânicos como alternativa aos fertilizantes convencionais. O papel descartado, por ser um resíduo celulósico rico em matéria orgânica, pode atuar como adubo alternativo, desde que não promova contaminação do solo ou das plantas.

**Materiais e Métodos:** O estudo avaliou o efeito da compostagem de papel A4 descartado, incorporado ao solo, utilizando minhocas da espécie *Eisenia fetida* como agentes decompositores. Após 50 dias de compostagem, foi realizado o cultivo da chicória (*Eryngium foetidum* L.) por 20 semanas. Foram analisados o crescimento da planta, teor de umidade e cinzas, e a concentração de Na, Li e K nas folhas por fotometria de chama, além de Al, Cu, Cr, Cd e Zn no solo e na planta por espectrometria MP-AES.

**Resultados:** A adubação com papel promoveu maior crescimento da parte aérea e radicular da chicória, aumento do teor de cinzas e das concentrações de Na, Li e K nas folhas. No solo, houve elevação de Al, Cu, Cr e Zn, mas sem exceder os limites de segurança estabelecidos pela legislação ambiental (CONAMA 420/2009). As diferenças entre os grupos com e sem papel foram estatisticamente significativas para Cu, Zn, Na e K ( $p < 0,05$ ).

**Conclusão:** A compostagem de papel descartado mostrou-se eficiente, promovendo melhora na qualidade nutricional da chicória sem causar contaminação do solo, sendo uma alternativa viável e sustentável de adubação, em consonância com os princípios da Química Verde.

**Palavras-chave:** Papel, Resíduo, Adubo, Chicória.

---

Date of Submission: 16-08-2025

Date of Acceptance: 26-08-2025

---

## I. Introdução

A alimentação exerce papel determinante na prevenção e no controle de doenças crônicas não transmissíveis, como câncer, obesidade e doenças cardiovasculares. Estudos recentes apontam que dietas ricas em vegetais, leguminosas e grãos integrais estão associadas à redução significativa desses agravos (CHANDRASEKARA, 2011; BUI et al., 2024; SAWICKI et al., 2024). Os minerais presentes nesses alimentos são essenciais para diversas funções metabólicas, incluindo a ativação enzimática e a regulação do equilíbrio ácido-base no organismo (LIANG et al., 2024).

Contudo, muitos elementos essenciais, como ferro, zinco e cobre, apresentam estreita margem entre as concentrações benéficas e tóxicas, o que ressalta a necessidade de monitoramento da composição química de alimentos (LUOMA, 1983).

A Chicória (*Eryngium foetidum* L.) é uma planta perene, nativa da América Tropical e das Índias Ocidentais, conhecida por seu uso culinário e medicinal (PAUL; SEAFORTH; TIKASINGH, 2011). Amplamente empregada na culinária da Região Norte do Brasil, suas folhas e caules são utilizados como condimentos e ervas aromáticas. A planta apresenta bom desenvolvimento em ambientes com altas temperaturas, umidade relativa elevada e solos levemente ácidos, condições predominantes na Amazônia (SILVA et al., 2016).

A crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis tem impulsionado o uso de fertilizantes orgânicos, como compostos de estercos, restos vegetais e húmus de minhoca. Tais práticas aumentam a matéria orgânica, melhoram a estrutura do solo e promovem a ciclagem de nutrientes (TURNER; WHEELER; OLIVER, 2022; Ho et al., 2022).

A compostagem de resíduos orgânicos tem demonstrado múltiplos benefícios agrônômicos, como melhoria na capacidade de troca catiônica, retenção de nutrientes e estruturação do solo (LANNA et al., 2017; REZENDE, 2005; MANEA et al., 2024; ZAREZADEH et al., 2025).

Entre os resíduos orgânicos, os resíduos celulósicos, como papel reciclado e lodo de papel, têm se destacado como fontes viáveis de matéria orgânica (FARIA et al., 2015; FADIGAS et al., 2002; MAEDA; BOGNOLA, 2013). Pesquisas apontam que sua aplicação contribui para o aumento da biomassa, retenção de umidade e melhoria da capacidade de troca catiônica do solo (TURNER; WHEELER; OLIVER, 2022; MAO et al., 2022; LEE et al., 2023).

Apesar dos benefícios, o uso de resíduos celulósicos levanta preocupações quanto à possível presença de metais pesados ou compostos tóxicos no solo e nas plantas. Por isso, seu uso deve seguir os princípios da Química Verde, priorizando segurança ambiental, biodegradabilidade e uso eficiente de recursos (LENARDÃO et al., 2003; TURNER; WHEELER; OLIVER, 2022; ZIMMERMAN et al., 2020).

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da adubação com papel sobre o desenvolvimento da chicória, determinando parâmetros os seguintes parâmetros: a compostagem do papel utilizando agentes decompositores (minhocas da região); o crescimento da parte aérea e do sistema radicular da chicória com o adubo de papel; determinar o teor de cinzas e umidade da chicória cultivada; quantificar Na, Li e K na folha da chicória por fotometria de chama e quantificar Al, Cu, Cr, Cd e Zn no solo e na folha da chicória por MP AES, de modo a verificar a viabilidade do papel como adubo orgânico alternativo.

## **II. Materiais E Métodos**

Todos os materiais utilizados (vidro, plásticos e porcelana) foram devidamente descontaminados em banho de HNO<sub>3</sub> a 10% v/v por 24 horas, seguidos de enxágue com água destilada. Os materiais volumétricos foram aferidos antes do uso. Os reagentes utilizados apresentavam um grau de pureza analítica (PA), e os equipamentos foram previamente calibrados conforme especificações dos respectivos fabricantes. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

### **Compostagem**

Papel A4 usado foi picado manualmente, umedecido com água destilada e incorporado ao solo, em vasos plásticos, na proporção de 10% de papel e 90% de solo, totalizando 4,0 kg de mistura (tratamento denominado SCP - solo com papel). Posteriormente, foram adicionadas aproximadamente 200 minhocas da espécie *Eisenia fetida*, oriundas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/RR. A mistura foi revolvida semanalmente até atingir completa compostagem (aproximadamente 50 dias).

Um segundo grupo de vasos, contendo apenas solo (sem papel), foi preparado com os mesmos procedimentos, excetuando-se a adição do papel, servindo como controle experimental (tratamento SSP - solo sem papel).

### **Análise do solo**

Para análise da concentração de metais (Al, Cu, Cr, Cd e Zn), foram pesados 3 g de solo de cada tratamento (SCP e SSP) e adicionados 15 mL de água régia. A mistura permaneceu em repouso por 48 horas, seguida de sonicação por 30 minutos em banho ultrassônico (AAKER, Cristófoli, China). Após filtração, os extratos foram analisados por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido por micro-ondas (MP-AES 4100, Agilent Technologies).

### **Cultivo da chicória**

Após o término da compostagem, as minhocas foram removidas e realizaram-se as sementeiras. Foram adicionadas 20 sementes de chicória em cada vaso (SCP e SSP), com irrigação diária utilizando água destilada. O crescimento das plantas foi monitorado ao longo de aproximadamente 20 semanas.

### **Análise da chicória**

A determinação da umidade e do teor de cinzas das folhas de chicória foi realizada de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (1985). As amostras foram secas em estufa com circulação de ar (TE-394/2, TECNAL, Brasil) a 65 °C por 48 horas. Em seguida, as amostras secas foram calcinadas em forno tipo mufla (3P-S, EDG, Brasil) a 550 °C por 3 horas, até a obtenção de cinzas brancas.

Para análise dos elementos inorgânicos, as amostras foram submetidas à digestão ácida. Pesou-se 0,5 g da amostra seca de chicória, adicionando-se 3 mL de ácido nítrico concentrado, permanecendo em repouso por 24 horas. Após esse período, as amostras foram aquecidas a 120 °C até a liberação completa de NO<sub>2</sub>. Posteriormente, adicionaram-se 2 mL de peróxido de hidrogênio a 30% e o aquecimento foi mantido a 180 °C por 2 horas. O digestado foi completado para 25 mL com água destilada.

As análises dos elementos K, Ca, Li e Na foram realizadas por fotometria de chama (Digimed, modelo DM-61, Brasil), enquanto as determinações de Al, Cd, Cu, Cr e Zn foram feitas por espectrometria de emissão atômica com plasma induzido por micro-ondas (MP-AES). Os resultados foram submetidos a testes estatísticos t e F, com nível de significância de 5% (p < 0,05).

### III. Resultados E Discussões

A compostagem utilizando minhocas como agentes decompositores foi concluída em aproximadamente 50 dias, um tempo consideravelmente inferior ao ciclo natural de degradação do papel, que varia entre 3 a 12 meses. Essa aceleração do processo comprova a eficiência do método adotado (Figura 1).

**Figura 1:** Etapas do processo de compostagem do papel: (a) mistura de solo com papel picado e umedecido; (b) introdução das minhocas; (c) solo após a decomposição completa.



A Tabela 1 apresenta as concentrações dos metais Al, Cu, Cr, Zn e os respectivos coeficientes de variação (CV%) nas amostras de solo com papel (SCP) e solo sem papel (SSP), determinadas por MP-AES.

**Tabela 1:** Concentração de Al, Cu, Cr, Cd e Zn (mg/kg) no solo e seus respectivos CV (%).

Amostra	Al	Cu	Cr	Zn
SSP	471,44 (8,3)	7,26 (2,4)	1,16 (10,8)	45,99 (6,89)
SCP	513,59 (6,3)	8,91 (4,6)	1,58 (9,71)	64,01 (5,7)

A comparação estatística entre os tratamentos, por meio do teste t de Student ( $p < 0,05$ ), demonstrou diferenças significativas para os elementos Cu e Zn, evidenciando o efeito da adição do papel na elevação desses metais no solo. A concentração de Cd não foi quantificada em ambos os tratamentos.

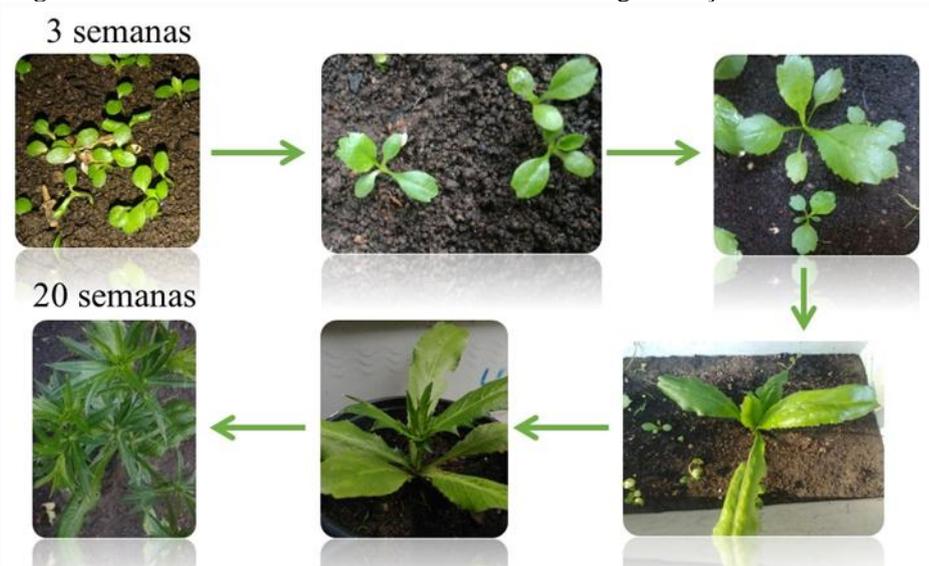
No território do brasileiro, devido a sua grandiosa diversidade geológica, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), estabelece na resolução de número 420, de 29 de dezembro de 2009, os critérios e os valores apropriados para a qualidade do solo, quanto à presença de substâncias químicas. Essa resolução apresenta os valores orientadores das concentrações de metais pesados para o solo e para águas subterrâneas, onde, para Cu, Cr, Zn e Cd as concentrações são 200, 150, 450 e 03 mg/kg, respectivamente. Para o elemento Al, a resolução não estabelece a concentração adequada.

Altas concentrações de Cd, Cu e Cr no solo pode-se tornar risco ecológico. A toxicidade das plantas podem se dar a partir das seguintes concentrações dessas espécies em mg/kg: Cd 3-8; Cr 75-100; Cu 60-125; Zn 70 (ROSS, 1994). Com base nessas concentrações estabelecidas pode-se supor que a presença do papel usado no solo não tangencia a contaminação do solo com os presentes metais estudado. Desta forma, a utilização do papel como adubo na agricultura domestica para o cultivo de plantas alimentícias e/ou ornamentais, não acarreta a contaminação do cultivado.

Durante o cultivo, a germinação das sementes iniciou-se na terceira semana. Após 20 semanas, parte das plantas atingiu a fase adulta, com floração e produção de sementes. Em média, 15 das 20 sementes germinaram por vaso, porém apenas de 6 a 8 indivíduos completaram o ciclo.

A Figura 2 apresenta um fluxograma com os registros fotográficos e fenológicos da chicória cultivada no solo com papel.

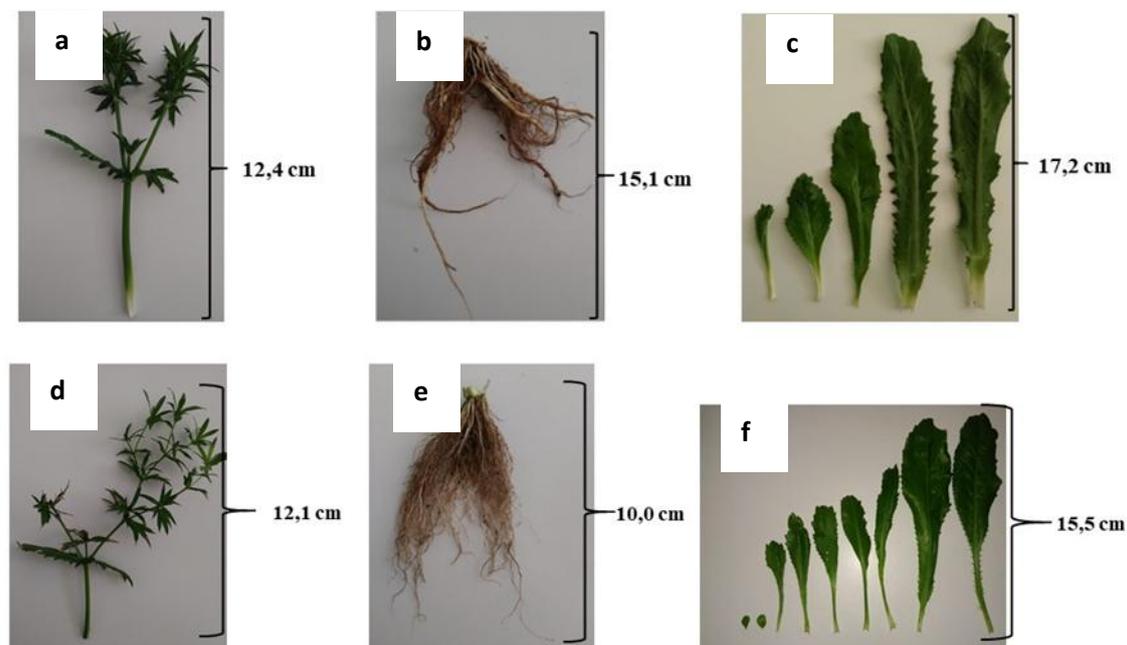
**Figura 2:** Desenvolvimento da chicória no SCP desde a germinação até a fase adulta.



Destaca-se que a chicória é uma hortaliça que apresenta elevada exigência hídrica e baixa tolerância à incidência direta de luz solar intensa. Dessa forma, observou-se que as plantas cultivadas sob condições de menor irradiação e com irrigação controlada apresentaram coloração mais verde e maior vigor vegetativo. Tal desempenho pode estar relacionado tanto à capacidade fisiológica da espécie em recuperar-se durante o ciclo de desenvolvimento quanto às características do solo em cultivo orgânico, que, por estar protegido de chuvas diretas, mantém maior estabilidade da matéria orgânica e melhores condições físico-químicas do substrato (SOUZA et al., 2020).

Comparando-se o crescimento das chicórias entre as cultivadas no SCP e o SSP, notou-se diferença no tamanho das folhas e de suas raízes como é mostrado na Figura 3. Foram analisadas três plantas de cada vaso, totalizando nove plantas cultivadas no SCP e nove plantas cultivadas no SSP.

**Figura 3:** Comparação morfológica: (a-c) flores, raízes e folhas no SCP; (d-f) mesmas estruturas no SSP.



As chicórias plantadas no SCP apresentaram maior crescimento nas flores (a), raízes (b) e folhas (c), em média 12,4; 15,1 e 17,2 cm, respectivamente. Já as chicórias cultivadas no SSP, apresentaram comprimentos inferiores da chicória cultivada no SCP, com 12,1, 10,0 e 15,5 cm, para flores (d), raízes (e) e folhas (f), respectivamente. A diferença foi estatisticamente significativa para raízes e folhas ( $p < 0,05$ ), conforme o teste t.

O crescimento superior das chicórias plantadas no SCP pode estar relacionado a uma maior captação de nutriente e que, mesmos sendo cultivadas em mesmas condições as chicórias do SCP sofreram alguma influência.

Feltrim et al., 2008 observou que o uso do polipropileno como cobertura das plantas de chicória proporcionou maior crescimento em altura, número de folhas, massa seca e fresca da parte aérea, independente da cultivar.

A análise físico-química das folhas indicou menor teor de umidade (73,4%) e maior teor de cinzas (11,3%) na chicória cultivada com SCP, em comparação ao SSP (78,4% e 10,3%, respectivamente). Isso mostra que houve uma influência na composição da hortalíça estudada quando se utilizou o SCP no cultivo da chicória, que provavelmente se deve pelo aumento da concentração dos minerais na sua composição.

Esse comportamento está associado à maior concentração de minerais, resultado confirmado pelas análises inorgânicas (Tabela 2).

**Tabela 2:** Concentração de Na, Li e K (mg/100g) e seus respectivos C.V (%).

Amostra	Na	Li	K
SSP	35,8 (3,5)	ND	1.757,3 (2,0)
SCP	50,7 (4,9)	1,0 (0,1)	2.028,7 (1,6)

Legenda: ND: não determinado.

Os coeficientes de variação para os elementos analisados ficaram entre 0,1% e 5,9%, o que confirma a precisão das medidas. A concentração de Li no SSP não foi determinada por estar abaixo do limite de quantificação do equipamento (2,0 mg/L).

Os testes t e F indicaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para os teores de Na e K entre os tratamentos, evidenciando o impacto positivo do papel compostado na composição mineral da planta. Isso também justifica o aumento no teor de cinzas observado na chicória cultivada no SCP.

Resultados semelhantes foram relatados por Lanna et al. (2017), ao observarem maior acúmulo de matéria seca e nutrientes em áreas de alta fertilidade adubadas com composto orgânico. Isso se deve ao fato de a área de alta fertilidade apresentar maiores quantidades iniciais de nutrientes quando comparada à área de baixa fertilidade. Assim, com doses mais baixas do composto, a necessidade das plantas poderia ter sido suprida na área de alta fertilidade.

Feltrim et al., (2008) observou que as chicórias cobertas com TP por todo período pós-transplante, foi a que apresentou maior matéria fresca da parte aérea e acumulou 836; 515; 205; 144; 90 e 65 mg/planta de N, K, Ca, Mg, S e P, respectivamente. Já Lanna et al., (2017) verificaram que a ordem decrescente dos acúmulos pela parte aérea da planta de chicória foi:  $K > N > Ca > P > S > Mg$ , com valores máximos de 1.269, 471, 185, 91, 53 e 35 mg/planta, respectivamente.

Esses achados demonstram que o uso de resíduos sólidos, como papel, apresenta elevado potencial agrônomo, promovendo não apenas melhorias no crescimento vegetal, mas também contribuindo para a ciclagem de nutrientes e redução da necessidade de fertilizantes inorgânicos. Trata-se, portanto, de uma estratégia alinhada aos princípios da agricultura sustentável e da Química Verde.

#### IV. Conclusões

Mediante aos resultados obtidos, podemos verificar que o papel influenciou no aumento das concentrações de Na, Li e K presente na chicória, com isso, o adubo de papel pode ser utilizado na agricultura local e doméstica. Desta forma o consumo da chicória cultivado no solo com papel pode proporcionar benefícios à saúde devido enriquecimento de Li e K.

Pode-se observar também que o papel contribui na concentração de Al, Cu, Cr e Zn, porém essa contribuição não dispõe de contaminação, podendo assim ser utilizado como adubo para o cultivo de plantas alimentícias, tendo em vista que as concentrações obtidas estão abaixo dos valores de periculosidades descritos na literatura para o solo.

Além do mais, a prática de compostagem está de acordo com a Química verde, pois atende uns dos seus princípios que é a economia verde, ou, também chamada de economia de átomos, onde esse ajuda a economizar dinheiro de forma simples e sustentável, principalmente nas cidades que não possuem indústria de reciclagem, livrando o ecossistema de tais contaminações.

## Referencias

- [1] Bui, L. P., Pham, T. T., Wang, F., Chai, B., Sun, Q., Hu, F. B., Lee, K. H., Guasch-Ferre, M., Willett, W. C. Planetary Health Diet Index And Risk Of Total And Cause-Specific Mortality In Three Prospective Cohorts. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 120, 1, 80–91, 2024.
- [2] Chandrasekara, N.; Shahidi, F. Antioxidative Potential Of Cashew Phenolics In Food And Biological Model Systems As Affected By Roasting. *Food Chemistry*, 129, 1388–1396, 2011.
- [3] Embrapa Centro Nacional De Pesquisa De Solos. Manual De Métodos De Análises De Solos. 2 Ed. Ver. E Atual. Rio De Janeiro: Embrapa, 89-92, 1997.
- [4] Fadigas, F. S., Amaral-Sobrinho, N. M. B., Mazur, N., Anjos, L. H. C., Freixo, A. A. Concentrações Naturais De Metais Pesados Em Algumas Classes De Solos Brasileiros. Solos E Irrigação, Bragantia, 61, 2, 2002.
- [5] Faria, A. B. C.; Ângelo, A. C.; Auer, C. G.; Costa, E. R. O. Recycled Paper Sludge As An Input For Agriculture And Forestry. *Scientia Agraria*, 16, 1, 41-47, 2015.
- [6] Feltrim A, L; Cecílio Filho A, B; Rezende B, L, A; Barbosa J, C. Crescimento E Acúmulo De Macronutrientes Em Chicória Coberta E Não Coberta Com Polipropileno. *Horticultura Brasileira*, 26, 050-055, 2008.
- [7] Ho, T. T. K., Tra, V. T., Le, T. H., Nguyen, N.-K.-Q., Tran, C.-S., Nguyen, P.-T., Vo, T.-D.-H., Thai, V.-N., Bui, X.-T. Compost To Improve Sustainable Soil Cultivation And Crop Productivity. *Case Studies In Chemical And Environmental Engineering*, 6, 100211, 2022.
- [8] Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas Do Instituto Adolfo Lutz. V. 1: Métodos Químicos E Físicos Para Análise De Alimentos, 3. Ed. São Paulo: Imesp, 21-22, 1985.
- [9] Lanna, N, B, L; Silva, P, N, L; Colombari, L, F; Freitas-Nakada, P, G; Cardoso, A, I, I. Doses Of Organic Compost On Yield And Accumulation Of Macronutrients On Endive. *Horticultura Brasileira*, 35, 621-627. 2017.
- [10] Lee, C.-Y., Kim, C.-H., Park, H.-H., Park, M.-S., Lee, C.-H., Park, J.-H. Potential Use Of Paper Mill Sludge In Improving Soil Quality For Plant Growth. *Applied Sciences*, 13, 15, 8723, 2023.
- [11] Lenardão, E, J; Freitag, R, A; Dabdoub, M, J; Batista, A, C, F; Silveira, C, C. “Green Chemistry” – Os 12 Princípios Da Química Verde E Sua Inserção Nas Atividades De Ensino E Pesquisa. *Química Nova*, 26, 1, 123-129, 2003.
- [12] Liang, J., Wen, Y., Yin, J.; Zhu, G., Wang, T. Utilization Of Plant-Based Foods For Effective Prevention Of Chronic Diseases: A Longitudinal Cohort Study. *Npj Science Of Food*, 8, 113, 2024.
- [13] Luoma, S.N. Bioavailability Of Trace Metals To Aquatic Organisms – A Review. *Science Of The Total Environment*, 28, 1-22, 1983.
- [14] Maeda, S.; Bognola, I. A. Propriedades Químicas De Solo Tratado Com Resíduos Da Indústria De Celulose E Papel. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33, 74, 169-177, 2013.
- [15] Manea, E. E., Bumbac, C., Dinu, L. R., Bumbac, M., Nicolescu, C. M. Composting As A Sustainable Solution For Organic Solid Waste Management: Current Practices And Potential Improvements. *Sustainability*, 16, 15, 6329, 2024.
- [16] Mao, L., Keenor, S. G., Cai, C., Kilham, S., Murfitt, J., Reid, B. J. Recycling Paper To Recarbonise Soil. *Science Of The Total Environment*, 847, 157473, 2022.
- [17] Ministério Do Meio Ambiente, Conselho Nacional Do Meio Ambiente Resolução- Conama, No 420, De 28 De Dezembro De 2009.
- [18] Paul, J, H, A; Seaforth, C, E; Tikasingh, T. *Eryngium Foetidum* L.: A Review. *Fitoterapia*, 82, 302-308, 2011.
- [19] Rezende, C. I. O. Influência Da Aplicação Do Lodo De Esgoto (Biossólido) Sobre A Concentração E O Estoque De Nutrientes Na Biomassa Do Sub-Bosque, Na Serapilheira E No Solo De Um Talhão De E. Grandis. Dissertação De Mestrado, Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, 2005.
- [20] Ross, S.M. *Toxic Metals In Soil-Plant Systems*. Chichester: John Willey & Sons, 469, 1994.
- [21] Sá, G, D, Reghin, M, Y. Desempenho De Duas Cultivares De Chicória Em Três Ambientes De Cultivo. *Ciência E Agrotecnologia, Lavras*, 32, 2, 378-384, 2008.
- [22] Sawicki, C. M., Ramesh, G., Bui, L., Nair, N. K., Hu, F. B., Rimm, E. B., Stampfer, M. J., Willett, W. C., Bhupathiraju, S. N. Planetary Health Diet And Cardiovascular Disease: Results From Three Large Prospective Cohort Studies In The Usa. *The Lancet Planetary Health*, 8, 9, 2024.
- [23] Silva, V. A.; Silva, A. N.; Seabra Júnior, S.; Borges, L. S.; Souza, A. M. Levantamento Do Cultivo Do Coentrão (*Eryngium Foetidum* L.) Nas Áreas Produtoras De Cáceres-Mt. *Revista Cultivando O Saber*, 9, 1, 70 –83, 2016.
- [24] Souza, L, G, S; Ferreira, R, L, F; Araújo Neto, S, E; Silva, N, M; Uchôa, T, L; Almeida, W, A. Chicory Yield Influenced By Seedling Quality And Growing Environment. *Horticultura Brasileira*, 38, 224-229. 2020.
- [25] Turner, T., Wheeler, R., Oliver, I. W. Evaluating Land Application Of Pulp And Paper Mill Sludge: A Review. *Journal Of Environmental Management*, 317, 115439, 2022.
- [26] Zarezadeh, S., Zheng, Y., Jenkins, S. N., Mercer, G. D., Moheimani, N. R., Singh, P., Mickan, B. S. Sustainable Soil Management In Agriculture Under Drought Stress: Utilising Waste-Derived Organic Soil Amendments And Beneficial Impacts On Soil Bacterial Processes. *Applied Soil Ecology*, 206, 105870, 2025.
- [27] Zimmerman, J. B., Anastas, P. T., Erythropel, H. C., Leitner, W. Designing For A Green Chemistry Future. *Science*, 367, 6476, 397–400, 2020.