

DESEMPENHO BIOMÉTRICO DE AÇAIZEIRO (*Euterpe oleracea Mart.*) EM CULTIVO ORGÂNICO NA AMAZÔNIA

BIOMETRIC PERFORMANCE OF AÇAÍ PALM (*Euterpe oleracea Mart.*) IN ORGANIC CULTIVATION IN THE AMAZON

Layse Barreto De Almeida Abreu¹
Amanda Magda Gomes Da Silva²
Jessica Mayla Reis Serra³
Cinthia Mota Veiga⁴
João Eduardo Pereira Cardoso⁵
Ingrid Melissa do Amaral Araújo⁶
Antônia Benedita Da Silva Bronze⁷

Área Temática Desenvolvimento Rural Sustentável, Dinâmica Territoriais e Conhecimentos Tradicionais
Modalidade: Artigo Científico

Resumo

O açaizeiro (*Euterpe oleracea Mart.*) é uma espécie nativa da Amazônia brasileira com elevado potencial comercial, graças às excelentes propriedades nutricionais de seus frutos. Apesar da domesticação de cultivares de açaí, como BRS-Pará e BRS-Pai d'Égua, facilitar o cultivo em larga escala, o aumento da demanda por alimentos pressiona a intensificação da produção, exigindo maior eficiência agrícola. No entanto, o uso excessivo de fertilizantes minerais ameaça a sustentabilidade do solo, tornando crucial a adoção de alternativas como a adubação orgânica para equilibrar produtividade e preservação ambiental. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desempenho biométrico do açaizeiro em cultivo orgânico na Amazônia, utilizando diferentes doses de composto orgânico (4 kg, 8 kg e 12 kg por planta) e adubação química (controle). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, Cada tratamento consistiu em 3 repetições e 2 plantas, totalizando 24 plantas com avaliações de altura, diâmetro do coleto, número de folhas e perfilhos. Os resultados demonstraram que a dose de 12 kg de composto orgânico promoveu o maior crescimento em altura (259,50 cm) e diâmetro do coleto (85,43 mm), superando significativamente ($p < 0,05$) a adubação química. O número de folhas não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, enquanto o número de perfilhos mostrou tendência de aumento com doses mais elevadas de composto orgânico ($p = 0,058$). Conclui-se que a adubação orgânica, especialmente em doses elevadas, é uma estratégia eficaz para o cultivo sustentável do açaizeiro, melhorando seu desenvolvimento vegetativo e reduzindo a dependência de insumos químicos.

Palavras-Chave: Cultivo, adubação orgânica, crescimento vegetativo, sustentabilidade, fertilizante.

¹ Universidade Federal Rural Da Amazônia almeidablays@gmail.com

² Universidade Federal Rural Da Amazônia; magdaamanda1415@gmail.com

³ Universidade Federal Rural Da Amazônia; jessicamayla2022@gmail.com

⁴ Universidade Federal Rural Da Amazônia veigacinthia367@gmail.com

⁵ Universidade Federal Rural Da Amazônia joaoeduardo1011ha@gmail.com

⁶ Universidade Federal Rural Da Amazônia amaralingrid739@gmail.com

⁷ Universidade Federal Rural Da Amazônia antonia.silva@ufrpa.edu.br

Abstract

The açai palm (*Euterpe oleracea Mart.*) is a native species of the Brazilian Amazon with high commercial potential due to the excellent nutritional properties of its fruits. Although the domestication of açai cultivars, such as BRS-Pará and BRS-Pai d'Égua, has facilitated large-scale cultivation, increasing food demand puts pressure on production, requiring greater agricultural efficiency. However, the excessive use of mineral fertilizers threatens soil sustainability, making the adoption of alternatives such as organic fertilization crucial to balance productivity and environmental preservation. Therefore, this study aimed to evaluate the biometric performance of açai palms under organic cultivation in the Amazon, using different doses of organic compost (4 kg, 8 kg, and 12 kg per plant) and chemical fertilization (control). The experimental design was randomized blocks, with each treatment consisting of 3 replicates and 2 plants, totaling 24 plants. Evaluations included height, stem diameter, number of leaves, and tillers. The results showed that the 12 kg dose of organic compost promoted the greatest growth in height (259.50 cm) and stem diameter (85.43 mm), significantly outperforming ($p < 0.05$) chemical fertilization. The number of leaves did not show significant differences between treatments, while the number of tillers showed an increasing trend with higher doses of organic compost ($p = 0.058$). It was concluded that organic fertilization, especially at higher doses, is an effective strategy for the sustainable cultivation of açai palms, improving vegetative growth and reducing dependence on chemical inputs.

Key words: Cultivation, organic fertilization, vegetative growth, sustainability, fertilizer.

1. Introdução

O açazeiro (*Euterpe oleracea Mart.*) é uma espécie nativa da Amazônia brasileira com elevado potencial comercial, graças às excelentes propriedades nutricionais de seus frutos (OLIVEIRA et al., 2019). Nos últimos anos, o açai tem ganhado crescente interesse e demanda devido ao seu valor calórico, alto teor de proteínas, fibras, lipídeos, vitamina E e minerais, que trazem diversos benefícios à saúde (SILVA et al., 2027).

Assim como em qualquer monocultura, os plantios comerciais de açai enfrentam desafios específicos desse sistema, apresentando características biológicas e agrônômicas distintas em comparação com os açazais nativos e essa transição do extrativismo para o cultivo planejado exige novos conhecimentos e pesquisas que possam orientar o manejo adequado desses plantios (SANTANA et al., 2008).

A domesticação da espécie, como as cultivares BRS-Pará e BRS-Pai d'Égua, adaptadas às condições de terra firme, facilitou seu cultivo em grandes extensões de terra (EMBRAPA, 2019; HOMMA et al., 2006). No entanto, os desafios futuros relacionados à produção de alimentos geram preocupações, especialmente devido ao crescimento populacional (LAL, 2020; MYERS et al., 2017).

Para isso, um desempenho agrícola eficiente é essencial nos dias atuais, pois melhora a fertilidade do solo e mantém a produtividade das culturas, assegurando a segurança alimentar da sociedade (BAI et al., 2018; BOKOR et al., 2021; LAL, 2020). Entretanto, o uso excessivo e contínuo de fertilizantes minerais pode desencadear problemas ambientais, como contaminação e empobrecimento do solo, comprometendo assim a sustentabilidade da produção de açazeiros em terras firmes (CAMPBELL et al., 2018; HOSSAIN et al. 2022).

Nesse cenário, a adubação orgânica surge como uma alternativa vantajosa, pois além de fornecer matéria orgânica - um verdadeiro reservatório de nutrientes - também disponibiliza elementos essenciais para o desenvolvimento vegetal (PINHEIRO, 2024). Essa prática ainda melhora as propriedades físicas do solo e estimula a atividade microbiana, favorecendo processos biológicos fundamentais (BRICHI et al., 2023; DENG, 2017; HAN et al., 2022; WU et al., 2021). Dessa forma, o cultivo orgânico do açazeiro apresenta-se como uma estratégia eficaz para melhorar a fertilidade do solo, particularmente através da aplicação de compostos orgânicos, além de contribuir para o manejo sustentável desta palmeira.

Mediante o exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho dos parâmetros biométricos do açazeiro (*Euterpe oleracea Mart.*) em desenvolvimento vegetativo cultivado em diferentes doses de composto orgânico em uma comunidade orgânica na Amazônia.

2. Metodologia

2.1 Localização experimental

O estudo foi realizado na comunidade orgânica Campo Limpo, localizada no município de Santo Antônio do Tauá/PA (1°9'7" S, 48°7'44"W) durante o período de 2021. O clima predominante da região é classificado como do tipo Af - tropical úmido (classificação de Köppen-Geiger), com a temperatura média anual em torno de 26° C e precipitação pluviométrica anual comumente variando de 2500 a 3000 mm (PINHEIRO, 2024).

A área experimental possui cultivo orgânico de açazeiros da cultivar BRS Pai d'Égua, no espaçamento 5x5, em uma área de aproximadamente 4200 m².

Foi realizada a análise do solo de acordo com a caracterização físico-química (Tabela 1), e feita a respectiva correção do solo, tendo como referência o livro de Recomendação de

Adubação e Calagem para o Estado do Pará (BOTELHO et al., 2020). O calcário utilizado para a correção do solo foi o dolomítico com o PRNT 98%.

Tabela 1- Caracterização dos atributos físicos e químicos do solo

pH (CaCl₂)	Un.	4.9
Ca	cmolc/dm ³	1.8
Mg	cmolc/dm ³	0.5
Ca+Mg	cmolc/dm ³	2.3
Al	cmolc/dm ³	0.00
H+Al	cmolc/dm ³	2.8
CTC	cmolc/dm ³	5.23
P (Mehlich I)	mg/dm ³	33.0
K	cmolc/dm ³	0.128
K	mg/dm ³	50
Na	mg/dm ³	2
S	mg/dm ³	4
B	mg/dm ³	0.28
Cu	mg/dm ³	1.8
Fe	mg/dm ³	25
Mn	mg/dm ³	14
Zn	mg/dm ³	1.8
Mat. Org.	%	1.0
Mat. Org.	g/kg	10.0
Sat. Al (M%)	%	0
Sat. Base (V%)	%	47
Ca/Mg	.	3.6
Ca/CTC	%	34.6
Mg/CTC	%	9.6
(H+Al)/CTC	%	53.8
K/CTC	%	2.5
Argila	%	25
Argila	g/kg	250.0
Silte	%	6
Silte	g/kg	60.0
Areia	%	69
Areia	g/kg	690.0
Rec.	Un	1

Metodologia aplicada para as análises: *SOLO: Manual de Métodos de Análise de Solo Embrapa Solos 2017

Fonte: Autores (2025)

Na composição dos tratamentos, foi utilizado composto orgânico proveniente da comunidade orgânica Campo Limpo, resultado da compostagem da cama de aviário com os resíduos agroindustriais de culturas de açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.), mamona (*Ricinus communis* L.), maracujá (*Passiflora edulis*), priprioça (*Cyperus articulatus* L.) e andiroba (*Carapa guianensis*), os quais foram adquiridos após a trituração e prensagem da matéria prima nas agroindústrias e realizada a compostagem, obedecendo a proporção de 1:1 de cada resíduo. Todo o processo de compostagem levou em torno de 90 dias.

As amostras do composto foram encaminhadas ao Laboratório, para caracterização físico-química, que consistiu na avaliação de pH, densidade, umidade, matéria orgânica, carbono orgânico, relação C/N, assim como os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na, Mo e Al), conforme a Tabela 2.



Tabela 2- Caracterização dos atributos físicos e químicos do composto orgânico.

ANÁLISES	UNIDAD E	BASE SECA - 65°C	UMIDADE NATURAL
pH CaCl ₂ 0,01 M (Ref. 1:2,5)	pH	6,36	---
Densidade	g/dm ³	0,59	---
Umidade à 60-65°C	%	---	58,63
Materiais Inertes	%	0,00	0,00
Nitrogênio Total	%	2,38	0,98
Matéria Orgânica Total	%	54,77	22,66
Matéria Orgânica Compostável (Titulação)	%	34,57	14,30
Matéria Orgânica Resistente a Compostagem	%	20,20	8,36
Carbono Total (Orgânico e Mineral)	%	31,84	13,17
Carbono Orgânico	%	20,10	8,31
Resíduo Mineral Total	%	45,23	18,71
Relação C/N (C Total e N Total)	---	13,40/1	---
Relação C/N (C Orgânico e N Total)	---	8,44/1	---
Fósforo Total (P ₂ O ₅ Total)	%	27,62	11,43
Potássio (K ₂ O Total)	%	16,61	6,87
Cálcio (Ca Total)	%	20,70	8,56
Magnésio (Mg Total)	%	6,20	2,56
Enxofre (S Total)	%	21,82	9,03
Boro (B Total)	mg/kg	68,50	28,34
Cobre (Cu Total)	mg/kg	120,94	50,03
Ferro (Fe Total)	mg/kg	3054,88	1263,80
Manganês (Mn Total)	mg/kg	391,83	162,10
Zinco (Zn Total)	mg/kg	343,86	142,25
Sódio (Na Total)	mg/kg	1980,05	819,15
Molibdênio (Mo Total)	mg/kg	18,43	7,62
Alumínio (Al Total)	mg/kg	6110,48	2527,91

Observações: Teste realizado conforme Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos, 2017. Resíduos: Gravimétricos N - (N - Total) = Liga de Raney P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo e Al = Dig. Nítrica; Dt. ICP-OES Carbono Orgânico - Método Volumétrico Dicromato de Potássio. ns = não solicitado
Fonte: Autores (2025)

2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em três doses de composto orgânico (4kg, 8kg e 12kg), bem como o tratamento controle (adubação química). Cada tratamento consistiu em 3 repetições e 2 plantas, totalizando 24 plantas, conforme a tabela 3.

A adubação química levou-se em consideração o livro de Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado do Pará (BOTELHO et al., 2020) para a cultura do açaizeiro.

Tabela 3- Descrição dos tratamentos

Tratamentos	Descrição
T1	4Kg de composto orgânico
T2	8 Kg de composto orgânico
T3	12 Kg de composto orgânico
T4	Adubação química

Fonte: Autores (2025)

2.3 Avaliações biométricas da parte aérea

As análises biométricas foram realizadas ao término no segundo semestre (dezembro de 2021). As variáveis analisadas foram: altura da planta, diâmetro do coleto, número de folhas e número de perfilhos.

A altura da planta foi mensurada através do comprimento da parte aérea (cm) correspondendo à base do solo até a extremidade da última folha, com o auxílio de trena. O diâmetro do coleto foi realizado pela medição (em mm) na base do coleto. A análise do número de folhas foi feita pela contagem de todas as folhas vivas durante o período avaliado. Já a contagem de perfilho foi feita levando em consideração a quantidade de perfilhos brotando na touceira das plantas.

2.4 Avaliação estatística

Os tratamentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK), $P < 0,05$, usando o software R versão 3.1.

3. Resultados/Discussões

Os resultados descritos na tabela 4 evidenciaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos para altura da planta e diâmetro do coleto. O tratamento com maior dose de composto orgânico (T3: 12 kg) promoveu o maior incremento em altura (259,50 cm), seguido pelo controle químico (T4: 238,25 cm), enquanto a menor dose (T1: 4 kg) resultou em plantas menos desenvolvidas nesta variável (181,48 cm). Padrão semelhante foi observado para o

diâmetro do colete, com T4 apresentando a maior média (85,43 mm), significativamente superior ao T1 (66,48 mm).

Esses achados corroboram com estudos que demonstram a eficácia da adubação orgânica no crescimento vegetal. Segundo Yang et al. (2021), a matéria orgânica melhora a estrutura do solo, aumentando a retenção de água e a disponibilidade gradual de nutrientes, o que favorece o desenvolvimento radicular e a parte aérea. Além disso, Han et al. (2022) destacam que compostos orgânicos estimulam a atividade microbiana, facilitando a ciclagem de nutrientes como nitrogênio e fósforo, essenciais para o alongamento celular e divisão mitótica, demonstrando o efeito positivo do composto orgânico no desenvolvimento vegetativo do açazeiro.

O desempenho inferior do tratamento químico (T4) em relação ao T3 pode ser atribuído ao efeito residual limitado dos fertilizantes sintéticos, que, embora forneçam nutrientes rapidamente, não melhoram a estrutura do solo a longo prazo (BAI et al., 2018). Em contraste, o composto orgânico promove a formação de agregados estáveis, reduzindo a lixiviação e aumentando a eficiência do uso de nutrientes (LAL, 2020).

Tabela 4 - Análise de variância e média por tratamento com teste SNK das variáveis Altura e Diâmetro do coleto

Variável	F-value	p-value	Significância	Médias por Tratamento (SNK)
Altura (cm)	4.57	0.023*	Significativo	T3: 259.50 (a)
				T4: 238.25 (ab)
				T2: 218.67 (bc)
				T1: 181.48 (c)
Diâmetro do Coleto (mm)	5.32	0.012*	Significativo	T3: 85.43 (a)
				T2: 77.93 (ab)
				T4: 75.87 (ab)
				T1: 66.48 (b)

Nota: T3 e T4 > T1; T2 intermediário para altura e T3 > T1; T2 e T4 intermediários

Fonte: Autores (2025)

Para o número de folhas (tabela 5), não houve diferenças significativas ($p = 0,182$), com médias variando de 5,67 (T4) a 7,00 (T3). Esse resultado sugere que a produção foliar é menos sensível às variações na adubação, possivelmente devido à priorização de recursos para o crescimento vertical em condições de competição por luz (CAMPBELL et al., 2018). Já o número de perfilhos apresentou tendência marginal ($p = 0,058$), com T3 (3,50) superando T1 (1,17) (tabela 5). Essa resposta pode estar ligada ao maior aporte de potássio e cálcio no composto orgânico (Tabela 2), nutrientes críticos para a brotação de gemas laterais (YU et al., 2019). A matéria orgânica também modula a produção de fitormônios como citocininas, que estimulam a formação de perfilhos (BRICHI et al., 2023).

Estudos em palmeiras tropicais, como o dendê, relatam que a adubação orgânica incrementa a emissão de perfilhos em até 40% devido à melhoria na disponibilidade de micronutrientes como zinco e cobre (SILVA et al., 2017). Contudo, a ausência de significância estatística pode refletir o curto período de avaliação (6 meses), já que a formação de perfilhos em açaizeiros é um processo lento (HOMMA et al., 2006).

Tabela 5: Análise de variância e média por tratamento com teste SNK das variáveis nº de folhas e nº de perfilhos.

Variável	F-value	p-value	Significância	Médias por Tratamento (SNK)		
Nº de Folhas	1.89	0.182	Não significativo	T3:	7.00	(a)
				T2:	6.67	(a)
				T1:	6.50	(a)
				T4:	5.67	(a)
Nº de Perfilhos	3.12	0.058	Marginal (próximo a 0.05)	T3:	3.50	(a)
				T2:	2.67	(ab)
				T4:	2.17	(ab)
				T1:	1.17	(b)

Nota: Sem diferenças significativas para a variável nº de folhas enquanto T3 tende a ser > T1 para nº de perfilhos

Fonte: Autores (2025)

4. Considerações Finais

Os resultados comprovam que o uso de doses elevadas de composto orgânico (12 kg/planta) otimiza o crescimento em altura e diâmetro do açaizeiro, superando a adubação química. Embora o número de folhas não tenha variado significativamente, a tendência de maior brotação de perfilhos sob adubação orgânica reforça seu potencial para sistemas sustentáveis. Dessa forma, o uso de composto orgânico é uma alternativa viável para o cultivo orgânico de açaizeiro na Amazônia, resultando uma agricultura mais sustentável.

5. Referências Bibliográficas

AL-SUHAIBANI, N.; SELIM, M.; ALDERFASI, A.; EL-HENDAWY, S. Comparative performance of integrated nutrient management between composted agricultural wastes, chemical fertilizers, and 664 biofertilizers in improving soil quantitative and qualitative properties and crop yields under arid conditions. *Agronomy*, v. 10, n. 10, p. 1503, 2020. <https://doi-666.org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.3390/agronomy10101503>

BAI, Z.; CASPARI, T.; GONZALEZ, M. R.; BATJES, N. H.; MÄDER, P.; BÜNEMANN, E. K.; TÓTH, Z. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 265, p. 1-7, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.028>

BOTELHO, S. M. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. **Belém: EMBRAPA**, 2020.

BOKOR, B.; SANTOS, C. S.; KOSTOLANI, D.; MACHADO, J.; SILVA, M. N.; CARVALHO, S. M.; VASCONCELOS, M. W. Mitigation of climate change and environmental hazards in plants: Potential role of the beneficial metalloid silicon. *Journal of Hazardous Materials*, v. 416, p. 126193, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126193>

BRICHI, L.; FERNANDES, J. V.; SILVA, B. M.; VIZÚ, J. D. F.; JUNIOR, J. N. G.; CHERUBIN, M. R. Organic residues and their impact on soil health, crop production and sustainable agriculture: A review including bibliographic analysis. *Soil Use and Management*, v. 39, n. 2, p. 686-706, 2023. <https://doi.org/10.1111/sum.12892>

CAMPBELL, A. J.; CARVALHEIRO, L. G.; MAUÉS M. M.; JAFFÉ, R.; GIANNINI, T. C.; FREITAS M. A. B.; COELHO, B. W. T.; MENEZES C. Anthropogenic disturbance of tropical forests threatens pollination services to açai palm in the Amazon River delta. *Journal of Applied Ecology*, v. 55, n. 4, p. 1725-1736, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13086>

DENG, Z. Utilization of agricultural waste resources utilization strategy of developing agricultural. *Recycling economy. Agricultural science and technology*, v. 5, p. 161-162, 2017.

EMBRAPA. BRS Pai d'égua, cultivar de açai para terra firme com suplementação hídrica. Comunicado Técnico 317. Belém. 2019.

HAN, Z.; XU, P.; LI, Z.; LIN, H.; ZHU, C.; WANG, J.; ZOU, J. Microbial diversity and the abundance of keystone species drive the response of soil multifunctionality to organic substitution and biochar amendment in a tea plantation. *GCB Bioenergy*, v. 14, n. 4, p. 481-495, 2022. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12926>

HOMMA, A. K. O. NOGUEIRA, O. L.; MENEZES, A. J. E. A.; CARVALHO, J. D., NICOLI, C. M. L.; MATOS, G. D. Açai: novos desafios e tendências. *Amazônia: ciência & desenvolvimento*, v. 1, n. 2, p. 7-23, 2006.

HOSSAIN, Mohammad Enayet; SHAHRUKH, Saif; HOSSAIN, Shahid Akhtar. Chemical Fertilizers and Pesticides: Impacts on Soil Degradation, Groundwater, and Human Health in Bangladesh. In: Environmental Degradation: Challenges and Strategies for Mitigation. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 63-92.

LAL, R. Food security impacts of the “4 per Thousand” initiative. Geoderma, v. 374, p. 114427, 2020

MYERS, S.; SMITH, M. R.; GUTH, S.; GOLDEN, C. D.; VAITLA, B.; MUELLER, N. D.; HUYBERS, P. Climate change and global food systems: potential impacts on food security and undernutrition. Annual review of public health, v. 38, p. 259-277, 2017. <https://doi.org.ez4.periodicos.capes.gov.br/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356>

OLIVEIRA, Paula Sara et al. Produção de mudas de açaizeiro em substratos a base de caule decomposto de babaçu. *Agrarian Academy*, v. 6, n. 11, 2019.

PINHEIRO, Valdeci Junior Fonseca et al. Aspectos Agronômicos do açaizeiro em função da adubação orgânica. 2024.

SANTANA, A. C.; CARVALHO, D. F.; MENDES, F. A. T. Análise sistêmica da fruticultura paraense: organização mercado e competitividade empresarial. 1. ed. Belém: Banco Amazônia, 2008. 255 p

SILVA, A. C. D.; SMIDERLE, J. O.; OLIVEIRA, J. M. F.; SILVA, T. J. Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. *Advances in Forestry Science*, v. 4, n. 4, p. 151-156, 2017. Disponível em: doi: 10.34062/afs.v4i4.4590

WU, J.; Sha, C.; Wang, M.; Ye, C.; Li, P.; Huang, S. Effect of organic fertilizer on soil bacteria in maize fields. *Land*, v. 10, n. 3, p. 328, 2021. <https://doi.org/10.3390/land10030328>

YANG, Q.; ZHOU, H.; BARTOCCI, P.; FANTOZZI, F.; MAŠEK, O.; AGBLEVOR, F. A.; MCELROY, M. B. Prospective contributions of biomass pyrolysis to China's 2050 carbon reduction and renewable energy goals. *Nature communications*, v. 12, n. 1, p. 1698, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21868-z>

YU, H.; ZHAO, Y.; ZHANG, C. WEI.; WU, J.; ZHAO, X.; HAO, J.; WEI, J.; Driving effects of minerals on humic acid formation during chicken manure composting: Emphasis on the carrier role of bacterial community. *Bioresource technology*, v. 294, p. 122239, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2019.122239>