

ÁREA TEMÁTICA: Reciclagem

PARÂMETROS DE QUALIDADE APLICÁVEIS AO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS COMPOSTÁVEIS ORIUNDOS DE RSU

Carlos Atalla Hidalgo Hijazin (carloshijazin@hotmail.com), Rayssa Rossatt de Souza Xavier (rayssarossatt@gmail.com), Pedro Jorge Walburga Keglevich de Buzin (pedrobuzin@gmail.com), Rejane Maria Candiota Tubino (rejane.tubino@ufrgs.br)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

RESUMO

O estabelecimento de parâmetros-limite para garantia do controle do processo e da qualidade do composto estabilizado, oriundo da compostagem de resíduos orgânicos compostáveis, faz-se necessário tendo em vista a proteção dos compartimentos ambientais. O produto final da compostagem deve ser introduzido no ambiente de forma natural, podendo ser utilizado para a agricultura, plantações, estabilização de solos e/ou recuperação de áreas degradadas. Por esta razão, parâmetros físicos, químicos, microbiológicos, macronutrientes, micronutrientes e metais pesados, devem ser avaliados, ao longo do processo de compostagem, visando garantir a qualidade do composto mineralizado de forma que ele possa ser introduzido de forma eficiente e segura no meio ambiente. A correta segregação na fonte e o manejo adequado dos resíduos sólidos urbanos (RSU), nas usinas de compostagem, influenciam diretamente na qualidade do composto formado e constituem-se em um dos principais desafios na gestão destes resíduos. Este trabalho objetivou, através da realização de uma revisão bibliográfica, apresentar e discutir os parâmetros de qualidade que influenciam no processo de obtenção de um composto rico em nutrientes e adequado para o uso no solo, conhecido como húmus.

Palavras-chave: compostagem, parâmetros de qualidade, resíduos sólidos urbanos.

QUALITY PARAMETERS APPLICABLE TO THE COMPOSTABLE ORGANIC WASTE COMPOSTING PROCESS FROM MSW

ABSTRACT

The establishment of limit parameters to guarantee the process control and the quality of the stabilized compost, resulting from the composting of compostable organic waste, is necessary in order to protect the environmental compartments. The final product of composting must be introduced into nature in a natural way and can be used for agriculture, plantations, soil stabilization and / or recovery of degraded areas. For this reason, physical, chemical, microbiological, macro-nutrient, micronutrient and heavy metal parameters must be assessed, throughout the composting process, in order to guarantee the quality of the mineralized compound so that it can be introduced into the environment in an efficiently and safely way. The correct segregation at the source and the proper management of Municipal Solid Waste (MSW), in composting plants, directly influence the quality of the compost formed and constitute one of the main challenges in the management of this waste. This work aimed, through a bibliographic review, to present and discuss the quality parameters that influence the process of obtaining a compound rich in nutrients and suitable for use in the soil, known as humus.

Keywords: composting, quality parameters, municipal solid waste.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento dos parâmetros de qualidade existentes para avaliação do processo de compostagem de resíduos orgânicos compostáveis, principalmente quando advindos da fração orgânica de RSU, constitui-se em fator primordial para a normalização e garantia de controle de qualidade ambiental da matéria orgânica compostável e do húmus produzido.

Estabelecer quais são os parâmetros mais adequados a serem avaliados no processo de compostagem, constituem-se em um dos grandes desafios atuais para as usinas de compostagem dos diversos países do mundo, devido à heterogeneidade dos diferentes locais onde estão instaladas. Bidone e Povinelli (1999) afirmam que as características físicas, químicas e biológicas dos compostos orgânicos variam de local para local, devido à grande diversidade de condições sociais, influências temporais (flutuações na economia) e culturais de cada região.

Associado a estas características, pode-se ainda incluir outros aspectos que interferem nos parâmetros de qualidade dos compostos, tais como: aspectos de sazonalidade; climáticos e a educação ambiental de cada povo ou nação.

Outros fatores que influenciam diretamente na composição e na qualidade do composto são a responsabilidade compartilhada envolvendo cada cidadão, relacionada à correta separação na fonte dos resíduos orgânicos domiciliares. Concorre também a gestão dos RSU, nas usinas de compostagem. Compostos orgânicos de qualidade podem ser utilizados na agricultura, como fertilizantes, substrato para plantas ou como condicionador de solos. Compostos orgânicos humificados, com menor qualidade, podem ser utilizados para recuperação de áreas degradadas, sendo necessário, no entanto, uma avaliação prévia da sua qualidade e condições de utilização para evitar a contaminação do solo.

No Brasil, a Instrução Normativa (IN) publicada pela secretaria de defesa agropecuária (SDA), IN SDA nº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2009), faz distinção entre os compostos organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Nesta IN os compostos são classificados em ordem decrescente de qualidade como pertencentes às classes: A, B, C e D. Esta mesma IN também estabelece limites mínimos de macronutrientes primários, secundários e micronutrientes para aplicação no solo destes compostos via foliar, fertirrigação e hidroponia.

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei 12.305/2010), no inciso V do art.36, prevê a articulação com os agentes econômicos e sociais dos titulares dos serviços de compostagem de resíduos sólidos orgânicos, de modo a estabelecer formas de utilização do composto produzido (BRASIL, 2010). Desta forma, entende-se que a promoção da compostagem da fração orgânica dos resíduos, está vinculada à viabilização do uso do composto. Assim, fatores como a implantação da coleta seletiva e da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, estão intimamente ligados à qualidade do composto e fazem parte do rol das obrigações dos municípios.

No que se refere a normas de qualidade para compostos orgânicos, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) publicou, em outubro de 2017, a Resolução nº481 do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA 481/2017¹) (BRASIL, 2017). Esta norma tem como objetivo a adoção de critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de

¹ Esta resolução não se aplica para produtos comercializados diretamente com o consumidor final ou quando o composto é utilizado para uso próprio, salvo resíduos orgânicos industriais.

resíduos orgânicos e a proteção do meio ambiente, reestabelecendo o ciclo natural da matéria orgânica e o seu papel de fertilizar solos. Os parâmetros mencionados nesta resolução para a qualidade ambiental são a temperatura (parâmetro físico) e o tempo (grandeza física). Estes dois parâmetros são citados como fundamentais para a higienização dos resíduos sólidos orgânicos, durante o processo de compostagem. Há ainda a relação C/N (carbono/nitrogênio) adequada para o composto humificado (parâmetro químico) e por fim a granulometria (parâmetro físico) para o composto.

A Resolução CONAMA 481 (BRASIL, 2017) no seu art.8, estabelece que o procedimento para análise do parâmetro físico granulometria para o composto orgânico, tal como o apresentado nesta resolução, não deve ser realizado quando a sua finalidade for para: fabricação de substratos para plantas, condicionadores de solos e matéria-prima para fertilizantes organominerais, não identificando quais seriam as especificações granulométricas para estes casos, tampouco a legislação pertinente para consulta. No entanto, esta situação é contornada pela IN SDA nº 25, do MAPA (BRASIL, 2009), que apresenta estas especificações para diferentes naturezas físicas de fertilizantes: granulado, farelado e farelo grosso.

Em relação aos parâmetros biológicos, a resolução CONAMA 481/2017 (BRASIL, 2017) não apresenta valores orientadores para investigação de organismos biológicos para o processo de compostagem. Esta resolução apenas cita faixas de temperatura e tempo para a fase termofílica da compostagem, com vistas ao processo de tratamento de redução de patógenos para sistemas abertos e fechados. Lima (2004) define sistemas abertos de compostagem como aqueles realizados a céu aberto, em pátio de maturação e sistemas fechados como sendo aqueles onde a compostagem é feita através de dispositivos especiais tais como digestores, bioestabilizadores, torres e células de fermentação. É importante ressaltar que alguns pontos desta resolução, indiretamente, levam à necessidade de análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos para assegurar o controle ambiental do composto. Esta constatação pode ser observada na seção III, art.10, dos requisitos mínimos de prevenção e controle ambiental. O item VI estabelece o controle da destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e líquidos gerados pela unidade de compostagem. Para que isto ocorra faz-se necessária a escolha de métodos analíticos adequados para a análise das substâncias presentes nas diferentes composições de compostos orgânicos, almejando a prevenção da contaminação de solos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão da literatura, através da organização de dados em tabelas, contendo os parâmetros físicos, químicos, biológicos e de qualidade agronômica mais utilizados no Brasil e mundialmente para o controle de qualidade do composto humificado, visando o atendimento de requisitos mínimos de prevenção e controle ambiental do processo de compostagem.

3. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto foram realizadas pesquisas na literatura, além da legislação e normas brasileiras e internacionais que fazem referência a este assunto. Para isso, o método adotado foi o de revisão integrativa, onde além de usar conceitos de diversos autores sobre o tema, é feita uma análise crítica com foco no tema proposto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos através desta pesquisa foram organizados nas Tabelas 1 a 7.

A Tabela 1 corresponde aos parâmetros físicos da compostagem. Avaliados preliminarmente, mostram, em linhas gerais, uma avaliação abrangente, tanto em relação a aspectos do processo que conduziu ao produto que está sendo avaliado, como também quanto às especificações em relação ao composto pronto, estipulando os intervalos aceitáveis ou de monitoramento. As informações referentes às impurezas (inertes) e dados físicos, são importantes para o planejamento da utilização do composto, em termos de uso, qualidade agrônômica, transporte e distribuição.

Tabela 1: Limites para parâmetros físicos avaliados no processo de compostagem

Parâmetro	Limites		Legislação/Autor/Ano
Densidade	Matérias-primas	652,6 kg/m ³	NRAES-54/1992
		≤640,74 kg/m ³	NRCS/2010
	Composto	150-350 kg/m ³	Barros/2012
Granulometria	Matérias-primas	10-50 mm	PROSAB/1999
	Composto	≤40 mm	CONAMA 481/2017
Materiais inertes	Vidros, plásticos, metais < 2 mm	0,5% na massa seca.	IN SDA 7/2016
	Pedras > 5 mm	5,0% na massa seca.	IN SDA 7/2016
Temperatura	Fase Termófila	>40,5°C	NRAES-54/1992
		45-65°C	PROSAB/1999
	Fase Mesófila	10-40,5°C	NRAES-54/1992
		20-45°C	PROSAB/1999
		<45°C	U.S. EPA/2003
Composto	3-5°C acima da temperatura ambiente.	Barros/2012	
Umidade	Sólidos Orgânicos	40-65% (m/m*)	NRAES-54/1992
		50-55% (m/m)	PROSAB/1999
		40-60% (m/m)	U.S. EPA/2003
	Composto Curado	30-50% (m/m)	NRCS/2010
		50% (m/m)	IN SDA nº25/2009

* m/m = porcentagem massa/massa

A Tabela 2, corresponde aos parâmetros químicos da compostagem, bem como suas faixas de limites ótimos a serem controlados em suas diferentes fases. Estes valores são relevantes para o monitoramento do processo em si, com vistas à obtenção de um composto de boa qualidade. A tabela também apresenta o pH indicado para as diferentes classes (A, B, C e D) para compostos maturados.

Tabela 2: Limites para parâmetros químicos estudados no processo de compostagem

Parâmetro	Limites		Legislação/Autor/Ano
Aeração	Oxigênio	5% (m/m)	NRAES-54/1992
		5%-15% (m/m)	U.S. EPA/2003
Carbono orgânico	Mínimo de 15%*		IN SDA nº25/2009
Condutividade elétrica	< 4000 µs/m		Kiehl/1998
CTC	Composto curado	200-400 mg/100g de matéria seca	Lima/2004
pH	Matérias-primas	6,5-8,0	NRAES-54/1992
		6,0-9,0	U.S. EPA/2003
		6,0-8,0	NRCS/2010
	Composto	6,0-8,0	NRCS/2010
	Composto Classe A, B e D	Mínimo 6,0	IN SDA 25/2009
Composto Classe C	Mínimo 6,5		
Relação C/N	Fase Termófila	30:1	D`Almeida Vilhena/2018
	Fase Mesófila (Composto Semicurado)	≤ 18:1	D`Almeida e Vilhena/2018
	Fase Mesófila (Composto Curado)	≤20:1	CONAMA 481/2017
	Matérias-primas	20:1-40:1	NRCS/2010
		25:1-30:1	NRAES-54/1992
30:1		PROSAB/1999	
25:1-35:1		U.S. EPA/2003	

* valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C.

Na Tabela 3 são avaliados os macronutrientes primários e na Tabela 4 os macronutrientes secundários. Na Tabela 5 aparecem os parâmetros de avaliação dos micronutrientes, pois existem metais que, mesmo em pequena proporção, são fundamentais ao desenvolvimento vegetal equilibrado. A avaliação do composto com respeito aos macronutrientes e micronutrientes é importante com relação à sua qualidade e aptidão para o uso agrícola.

Tabela 3: Limites mínimos para macronutrientes primários (%m/m) para o processo de compostagem

Parâmetro	Limites	Legislação/Autor/Ano
N	0,5	IN SDA 25/2009
P (P ₂ O ₅)	0,6	Fricke e Santen/2005
K (K ₂ O)	1,1	Fricke e Santen/2005

Tabela 4: Limites mínimos para macronutrientes secundários (%m/m) para o processo de compostagem

Parâmetro	Limites	Legislação/Autor/Ano
Ca	1,0	IN SDA nº25/2009
Mg	0,7	Fricke e Santen/2005
	1,0	IN SDA nº25/2009
S	1,0	IN SDA nº25/2009

Tabela 5: Limites mínimos para micronutrientes (%m/m) estudados para o processo de compostagem segundo a Legislação Brasileira

Parâmetro	Limites	Legislação/Ano
B	0,030	IN SDA nº25/2009
Cu	0,050	IN SDA nº25/2009
Fe	0,200	IN SDA nº25/2009
Mn	0,050	IN SDA nº25/2009
Mo	0,005	IN SDA nº25/2009
Zn	0,100	IN SDA nº25/2009

Por outro lado, para um composto é necessário avaliar suas condições de uso, em termos de conteúdo de metais pesados (Tabela 6 e Tabela 7) e condições de sanidade (Tabela 8), ambos os parâmetros tiveram seus limites estudados para estabelecer condições de uso seguro e evitar efeitos deletérios na saúde humana e no meio ambiente.

Tabela 6: Limites máximos de metais pesados (mg/kg) estudados no processo de compostagem segundo a Legislação Brasileira

Parâmetro	Limites	Legislação/Ano
As	20,00	IN SDA nº7/2016
Cd	3,00	IN SDA nº7/2016
Cu	70,00	IN SDA nº17/2014
Pb	150,00	IN SDA nº7/2016
Zn	200,00	IN SDA nº17/2014
Cr ⁶⁺	2,00	IN SDA nº7/2016
Cr	70,00	IN SDA nº17/2014
Hg	1,00	IN SDA nº7/2016
Ni	70,00	IN SDA nº7/2016
Se	80,00	IN SDA nº7/2016

Na Tabela 7, Brinton (2001) e Silva *et al.* (2004) apresentam os valores limites para metais pesados em compostos produzidos em alguns países europeus e também no Brasil e Estados Unidos.

Tabela 7: Limites máximos de metais pesados (mg/kg) para países da Europa, Brasil e Estados Unidos com normas para certificação para composto

Países	Elementos								
	As	Cd	Cr	Co	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
Áustria	-	4	150	-	400	500	4	100	1000
Bélgica	-	5	150	10	100	600	5	50	1000
Suíça	-	3	150	25	150	150	3	50	500
Dinamarca	25	1,2	-	-	-	120	1,2	45	-
França	-	8	-	-	-	800	8	200	-
Alemanha	-	1,5	100	-	100	150	1,0	50	400
Itália	10	1,5	100	-	300	140	1,5	50	500
Holanda	15	1	70	-	90	120	0,7	20	280
Espanha	-	40	750	-	1750	1200	25	400	4000
EUA	-	10	1000	-	500	500	5	100	1000
Brasil	20	5	200	-	200	150	1	70	500

Fonte: Brinton (2001) e Silva *et al.* (2004)

Avaliando-se os dados da Tabela 7, verifica-se que a Holanda se caracteriza como sendo o país mais exigente quanto aos limites impostos para metais pesados, enquanto a Espanha possui valores mais tolerantes para todos os elementos químicos. Quanto ao Brasil, os valores limites para os metais pesados está na média dos países europeus, com índices baixos para cobre, chumbo, mercúrio e zinco.

Realizando-se um estudo comparativo, em relação a normatização dos valores para os metais pesados para o Brasil, verifica-se que os valores para os elementos cádmio, cromo, cobre e zinco são bem menores na Tabela 6 do que na Tabela 7.

Tabela 8: Principais Parâmetros Microbiológicos estudados no processo de compostagem

Parâmetro	Limites	Legislação/Autor/Ano
Coliformes Termotolerantes	1000,00 NMP/g de MS*	IN SDA n°7/2016
Ovos viáveis de Helmintos	1,00 em 4g ST**	IN SDA n°7/2016
<i>Salmonella sp.</i>	Ausência em 10g de mat. seca	IN SDA n°7/2016

*NMP/g de MS= número mais provável por grama de matéria seca

**4g ST= número por quatro gramas de sólidos totais

5. CONCLUSÕES

A diversidade de matérias-primas, principalmente aquelas originadas da fração orgânica dos RSU, podem ser utilizadas para a formação de um composto humificado. A garantia de suas qualidades agronômicas e ambientais constituem-se em um grande desafio, devido aos cuidados que devem ser tomados com a preservação do meio ambiente e com a saúde humana.

A diversidade de parâmetros de processo e do produto (composto), demandam uma grande quantidade de ensaios e um eficiente controle de processo de produção os quais irão requerer pessoas com o treinamento adequado para esta função, sendo esta uma das oportunidades de trabalho para um futuro onde a sustentabilidade das atividades humanas seja priorizada.

Os resultados desta pesquisa também demonstram que a legislação brasileira pertinente à avaliação da qualidade do composto e suas implicações com o meio ambiente tem avançado nos últimos anos, porém devem ser constantemente aperfeiçoadas.

Este trabalho pretende contribuir com pesquisadores que atuam na área de controle de qualidade de compostos orgânicos e que necessitam da compilação de dados de forma sucinta, como foram apresentados nesta pesquisa, na forma de tabelas. Alguns destes dados foram retirados de normas internacionais ou de diferentes autores de livros, visto que a legislação brasileira não contempla estas informações. Nas próprias tabelas são apresentados estudos comparativos de alguns parâmetros de qualidade fundamentais para a compostagem, como por exemplo a relação C/N para as matérias-primas e o pH.

Outro ponto que pode ser observado neste trabalho é que os limites máximos dos contaminantes, zinco e cobre, admitidos em compostos orgânicos, apresentados na Tabela 6, são os mais baixos em relação aos países da Europa e Estados Unidos, apresentados na Tabela 7.

REFERÊNCIAS

- BARROS, R. T. V. Elementos de gestão de resíduos sólidos. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 424p.
- BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília: Câmara dos Deputados, n. 81, 2010.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA n.25, de 23 de julho de 2009. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Publicado no D.O.U. de 24 julho de 2009.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA n.07, de 12 de abril de 2016. Altera os anexos IV e V da IN SDA n.27, de 05 de junho de 2006. Publicado no D.O.U. de 13 abril de 2016.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA n.17, de 18 de junho de 2014. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. Publicado no D.O.U. de 20 junho de 2014.
- _____. Resolução CONAMA n.481, de 03 de outubro de 2017. Critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Publicado no D.O.U. de 04 outubro de 2017.
- _____. Resolução CONAMA n.420, de 28 de dezembro de 2009. Critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Publicado no D.O.U. de 30 de dezembro de 2009.
- BRINTON, W.F. An International Look at Compost Standards. ByoCycle. V.42, n.4, p.74-76,2001.

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC, USP, 1999.

D'ALMEIDA, M.L.O.; VILHENA, A. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2018.

FRICKE, K.; SANTEN, H. Pre-Feasibilitystudie Anwendung von Methanoxidationsfiltern für Deponiegas unter Nutzung der Mechanismen des Klimahandels für die Deponie Roselândia, Novo Hamburgo, Brasilien. Universidade Técnica de Braunschweig. Projeto de Pesquisa, Novo Hamburgo, RS. out. a dez. 2005. 159p.

KIEHL, E. J. Manual de Compostagem: Maturação e qualidade do composto. Piracicaba, São Paulo, 1998.

LIMA, L.M.Q. Lixo Tratamento e Biorremediação. 3º Edição. São Paulo: Hemus, 2004. 265p.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE - NRCS. Part 637 Environmental Engineering – Chapter 2: Composting. 210-VI-NEH. United States: USDA, 2010. 88p.

NORTHEAST REGIONAL AGRICULTURAL SERVICE. On-Farm Composting Handbook. R. Rynk (Ed.). NRAES-54. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service. Ithaca, New York, 1992. 201p.

PROSAB. Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem, e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999. 61p.

SILVA, F.C; RODRIGUES, L.H.A.; SANTOS, A.D.; BERTON, R.S. Uso de compostos orgânicos: controle ambiental e informatização. In: I SICOM – Simpósio sobre Compostagem – “Ciência e Tecnologia”; 2004 ago 19-20; Botucatu (SP). Botucatu: Universidade Estadual Paulista; 2004.127p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA). Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge. EPA/625/R-92/013, Revised jul. 2003. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.