

Perfil de temperatura de compostagem disposta em tambor

Temperature profile in drum composting

RESUMO

A temperatura pode ser considerada um dos parâmetros mais importantes para o monitoramento da atividade biológica no processo de compostagem, devido a sua relação direta com a degradação da matéria orgânica, sendo assim, um indicador da qualidade e evolução do processo. Níveis altos de temperatura durante a degradação são fatores importantes para a eliminação de patógenos presentes no resíduo. O perfil de temperatura padronizado a tipos específicos de composteira se mostra relevante para um acompanhamento preciso da evolução da atividade biológica durante o ciclo, onde, a partir da obtenção de um ponto crítico de temperatura para certo perfil, medições diretas e pontuais durante o processo, revelam o comportamento da compostagem como um todo. Objetivou-se avaliar os níveis de temperatura presentes em todo o corpo de uma compostagem. Utilizou-se sistema *open source* no desenvolvimento de um datalogger para coleta de temperatura por meio de sensores distribuídos ao longo da composteira. Através da análise dos dados obtidos foi possível traçar um perfil de temperatura e identificar os pontos com as maiores temperaturas. A área central da leira de compostagem apresenta as maiores temperaturas por não sofrer diretamente a perda de calor para o meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Arduino. Open source. Sistemas de coleta automática de dados

ABSTRACT

Temperature can be considered one of the most important parameters for monitoring biological activity in the composting process, due to its direct relationship with the degradation of organic matter, being an indicator of quality and the evolution of the process. High temperature levels during degradation are an important factor in pathogen elimination. The temperature profile standardized to specific types of compost is relevant for a precise monitoring of the evolution of biological activity during the cycle, where, obtaining a critical temperature point for a certain profile, direct and punctual measurements during the process will reveal the behavior of the composting as a whole. The objective was to evaluate the body temperature levels of a compost. An open source system was used in the development of a datalogger for temperature collection through sensors distributed throughout the composter. With the analysis of the obtained data it was possible to draw a temperature profile and to identify the points with the highest temperatures. The central area of the compost has the highest temperatures because it does not directly suffer heat loss to the environment.

KEYWORDS: Arduino. Open source. Automatic data collection systems

Lucas Gulman Leal

lulman@live.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Roger Nabeyama Michels

nabeyama.michels@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Leonardo Galice Chies

leonardo.g.galice@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil

Recebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

A qualidade de uma compostagem se deve a vários fatores que necessitam devida atenção e cuidado durante todo o processo, os quais refletem diretamente na atividade biológica e no desenvolvimento de patógenos presentes no composto. O tratamento termofílico deve garantir a eliminação desses patógenos, presentes no material inicial que foi submetido ao tratamento. O monitoramento constante durante o processo é fundamental para garantir a qualidade final do produto. (HECK et al, 2013).

Desde modo, sendo a temperatura e seu monitoramento, fatores de importância no processo de compostagem, a quantidade de dados coletados ao longo do dia é relevante. Para a coleta periódica e constante dos dados, a atividade manual se torna insatisfatória, sendo, portanto, a automatização do processo de coleta uma importante ferramenta. A utilização de sensores através de sistemas automatizados pode determinar rapidamente as condições de temperatura. (MILAN et al., 2015).

A necessidade de automatizar um processo ocorre devido ao tempo gasto para a realização, maior que se fossem programadas para execução através de máquinas (SOUSA et al., 2015). Em sistemas automatizados é possível a rápida determinação dos fatores estudados.

Através da utilização do sistema *open source* (Arduino) é possível o desenvolvimento de um datalogger, o que permite a coleta periódica dos dados de temperatura a partir da sensorização das composteiras, e traça um perfil de temperatura de forma diária e precisa.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por objetivo analisar estatisticamente os dados de temperatura coletados por meio da automatização do processo, determinando os pontos significativos para coleta de temperatura em leiras de compostagem e o número ideal de sensores para obter informações de forma confiável, estabelecendo um ponto crítico para aferição da adequada atividade biológica no tratamento termofílico.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a automatização do processo e criação de um datalogger, o procedimento foi dividido em três etapas: eletrônica, programação e aplicação. Para a primeira etapa, foram reunidos todos os componentes de *hardware* (placa de prototipagem, componentes eletrônicos, computadores e sensores) para então a montagem do dispositivo inteligente para coleta dos dados. Utilizou-se plataforma de desenvolvimento livre, pois como o projeto envolvia o uso de placa Arduino, o qual disponibiliza um ambiente de desenvolvimento integrado para a elaboração de programas. A IDE (*Integrated Development Environment*), disponibiliza ao usuário uma interface que permite o desenvolvimento e edição de código que é convertido para a execução do microcontrolador, semelhante a linguagem C.

Na segunda etapa, utilizando-se da IDE, iniciou-se o desenvolvimento da programação de controle empregada ao Arduino e da integração de bibliotecas criadas especificamente para interligação de sensores e atuadores na placa.

A terceira etapa consistiu na aplicação dos recursos desenvolvidos.

Para o sistema de aquisição de dados de temperatura utilizou-se uma placa Arduino Mega 2560 (figura 1), junto a uma placa auxiliar confeccionada para conexão dos componentes periféricos atrelados ao Arduino, proporcionando ao conjunto maior robustez.

A comunicação da rede de sensores foi realizada por meio de uma das portas digitais. Foi utilizado o sensor de temperatura DB18S20, modelo 560, envelopado em aço inox, com amplitude de temperatura de -55 a 125°C , com sensibilidade $0,5^{\circ}\text{C}$, fabricado pela Maxim Integrated Products (San José, CA, EUA).

Figura 1- Placa Arduino Uno R3 e placa Arduino Mega 2560



Fonte: Sousa et al (2015).

O armazenamento dos dados foi programado e realizado para coleta com frequência de dez minutos, em cartão de memória empregando um *shield* micro SD.

Uma leira de compostagem de formato tubular – tambor (figura 2) foi montada no interior da casa de vegetação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. A preparação da composteira para o recebimento do sistema automatizado de medição de temperatura se deu a partir de furos realizados ao longo do diâmetro do tambor. O composto utilizado no estudo foi o dejetos equino e maravalha. Durante todo procedimento o acompanhamento da atividade biológica e umidade foi feito através da análise de temperatura, visto uma estabilização nos dados de temperatura, o composto era revolvido e umidificado.

Foram utilizados 10 sensores, 4 instalados na parte central da composteira (com denominação C) e 4 na borda da composteira (com denominação B) em 4 alturas (15, 35, 39 e 42 cm), além de dois sensores destinado a coletar os dados de temperatura ambiente (A01 e A02).

Os dados foram coletados durante 90 dias. A aferição da temperatura e do comportamento dos sensores era realizada semanalmente em dois dias da semana para certificação de que a atividade biológica ocorria e que o sistema de coleta de dados estava funcionando de forma intermitente.

O tratamento dos dados coletados foi realizado utilizando o programa Sisvar, que disponibiliza uma IDE para utilização do usuário com pacotes e bibliotecas de análise estatística.

Figura 2 – Compostagem montada em tambor, instrumentado com sensores de temperatura DB18S20

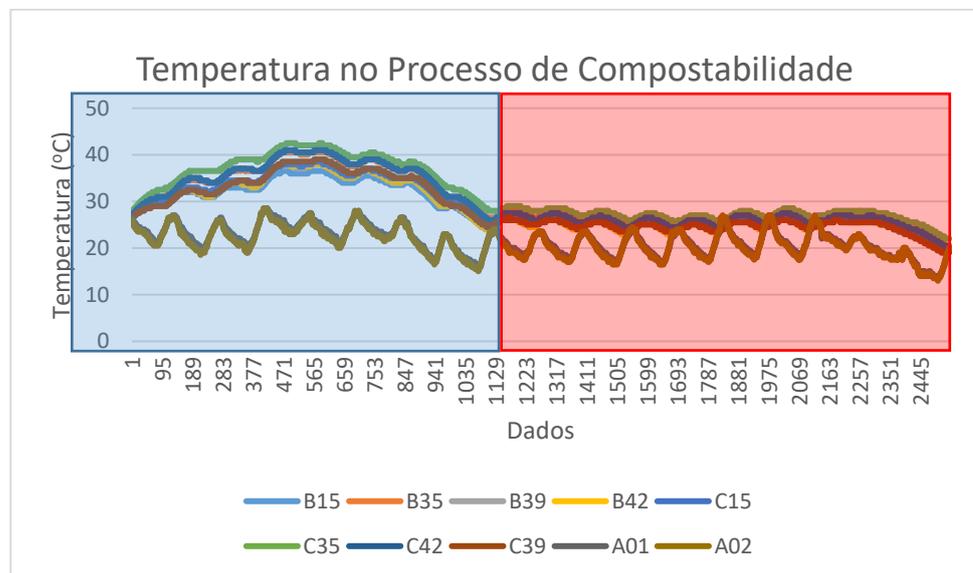


Fonte: Autoria Própria

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante todo o período de compostagem (90 dias), foram coletados mais de 157000 dados, porém só duas frações de 10 dias do início do processo de compostabilidade foram utilizados para as análises deste trabalho (Figura 3).

Figura 3 – Temperatura do processo de compostabilidade nos primeiros 20 dias¹



Fonte: Autoria Própria (2019)

A área com alta atividade biológica é marcada por apresentar temperatura superior e sofrer menor influência da temperatura ambiente. Como pode ser

¹ A área demarcada em azul é definida como alta atividade biológica e a área demarcada em vermelho como atividade biológica estável. Sendo que os sensores foram denominados com a letra B para os instalados nas bordas e C para os instalados do centro da composteira em 4 alturas, 15, 35, 39 e 42 cm.

visualizado na figura 3, nesta faixa há uma grande variabilidade dos dados, que afeta nos valores de desvio padrão. A área com baixa atividade biológica é marcada por menor variabilidade da temperatura, estar próxima e sofrer influência da temperatura ambiente.

Tabela 1 – Análise em alta atividade biológica².

Sensor	Tmédia (°C)	Desvio Padrão	Tmáximo (°C)	Tmínimo (°C)
Sensores Instalados no Centro da Composteira				
C42	35,10g	3,94	41,0	26,0
C39	36,46h	3,43	39,0	25,0
C35	36,73	4,07	42,5	26,0
C15	33,43f	3,13	38,5	26,0
Sensores Instalados na Borda da Composteira				
B42	32,81d	3,32	38,0	25,0
B39	33,15e	3,09	38,0	25,5
B35	34,98g	4,07	41,0	26,5
B15	32,36c	2,70	36,5	25,5
Dados de Temperatura Ambiente				
A01	21,04b	2,25	27,0	16,5
A02	20,70a	2,53	27,0	16,5

Fonte: Autoria Própria (2019)

Tabela 2 – Análise em baixa atividade biológica

Sensor	Tmédia (°C)	Desvio Padrão	Tmáximo (°C)	Tmínimo (°C)
Sensores Instalados no Centro da Composteira				
C42	26,10f	0,88	27,5	24,0
C39	26,94i	0,75	28,5	23,5
C35	27,37j	0,85	29,0	25,5
C15	25,76d	0,82	27,0	24,0
Sensores Instalados na Borda da Composteira				
B42	25,15c	1,01	27,0	23,0
B39	26,36g	0,75	27,5	23,5
B35	26,61h	0,89	28,0	24,5
B15	25,88e	0,88	27,5	24,0
Dados de Temperatura Ambiente				
A01	23,46b	2,25	27,0	16,5
A02	22,95a	2,53	27,0	16,5

Fonte: Autoria Própria (2019)

Analisando os valores da tabela 1, a área central da leira de compostagem apresenta os maiores valores de temperatura, esta informação pode ser baseada tanto na média da temperatura dos sensores que estão instalados nesta faixa (C35, C39, B35 e B39) como na temperatura máxima (C35 e B35), este fato é ocasionado por haver menor troca de calor com o meio, esta afirmação é baseada ao verificar que os sensores na faixa central apresentam temperatura média e máxima, maior do que os dados obtidos na borda da composteira.

² Temperatura média (Tmédia), desvio padrão, temperatura máxima (Tmáximo) e temperatura mínima (Tmínimo). As letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística a 5% de significância por meio do teste de Scott-Knott

Mesmo na área de baixa atividade biológica (Tabela 2) e com menor variabilidade dos dados, a área central apresentou as maiores temperaturas médias (C35, C39, B35 e B39) e máximas (C35, C39 e B35). Os valores corroboram com os encontrados por Vich et al (2017).

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que, as faixas centrais das leiras de compostagem apresentam as maiores temperaturas no processo de compostabilidade, tanto nas fases com alta atividade biológica como nas fases de baixa atividade biológica. A perda de calor para o meio contribui para este processo. O revolvimento das leiras de compostagem é importante para prolongar a atividade biológica, mas também para proporcionar que toda a massa compostada atinja a maior temperatura possível no processo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação Araucária pela bolsa de Iniciação Científica concedida e a UTFPR por todo o suporte para o desenvolvimento deste projeto.

REFERÊNCIAS

HECK, K. de M., ÉVILIN G., HAHN, A. B. B., KLUGE, M., SPILKI, F. R., VAN DER SAND, S. T. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 54-59, jan. 2013. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000100008>

MILAN, H. R. de las C., RAVELO, I. G., ÁLVARES, M. D., FABRE, F. de C., RONDÓN, P. P. P. Sistema automatizado para la determinación de las condiciones de ensayo em los conjuntos agrícolas. **Rev. Ciênc. Técn. Agrop.** v. 24, n. 2, p. 61-67, 2015. Disponível em <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000200010&lng=es&nrm=iso>. Acessado em 18 agosto 2019.

SOUSA, M. M., DRUMOND, L. C. D., NALDI, M. C. Sistema computacional para aquisição automática e disponibilização de dados meteorológicos. **Engenharia Agrícola**, 35(3), 606-612. 2015. <https://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n3p606-612/2015>.

VICH, D. V., MIYAMOTO, H. P., QUEIROZ, L. M., ZANTA, V. M. Household food-waste composting using a small-scale composter. **Revista Ambiente & Água**, 12(5), 718-729. 2017. <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1908>