

III - 969 - VIABILIDADE DO CULTIVO DE COGUMELO NO PERÍODO DE VERÃO UTILIZANDO OS SUBPRODUTOS DE UMA COMPOSTEIRA

André Luiz Fernandes de Amorim⁽¹⁾

Doutorando em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre em Ciências e Tecnologia do Ambiente pela Universidade do Porto (UP). Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Membro do Grupo de Pesquisa BIOTEMA (@gpbiotema)

Rayssa Vogeler Berquó Jacob

Engenheira Sanitarista e Ambiental, Mestre em Engenharia Ambiental, Doutoranda do Programa de Doutorado em Engenharia Ambiental – DEAMB, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Membro do Grupo de Pesquisa BIOTEMA (@gpbiotema)

Lia Cardoso Rocha Saraiva Teixeira

Professora adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente (DESMA) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Membro do Grupo de Pesquisa BIOTEMA (@gpbiotema)

André Luís de Sá Salomão

Professor adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente (DESMA). Docente e coordenador do curso de Doutorado de Engenharia Ambiental (DEAMB). Grupo de Pesquisa BIOTEMA (@gpbiotema) do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (DESMA-UERJ)

Endereço⁽¹⁾: R. São Francisco Xavier, 524 – Maracanã – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 20550-900 - Brasil - Tel: (21) 97135-5505 - e-mail: andreamorim27@gmail.com

RESUMO

A premência de soluções sustentáveis que vão de encontro a metodologias de gerenciamento e disposição adequada de resíduos sólidos, tem impulsionado o desenvolvimento de pesquisas e descobertas no campo científico. A promoção de uma harmonia entre os estilos de vida e os meios de produção, consiste em uma realidade substancial a ser alcançada. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência dos subprodutos de uma vermicompostagem no crescimento de espécies de cogumelo Shimeji. A vermicompostagem foi iniciada anteriormente ao cultivo de cogumelos (60 dias), com o uso de uma composteira de 15 L e 500 minhocas californianas, em um ambiente externo com temperaturas amenas ($22^{\circ}\text{C} \leq t \leq 26^{\circ}\text{C}$), resultando em um ambiente adequado para o crescimento das minhocas, denotando $35,3^{\circ}\text{C}$ de temperatura no estágio de maturação do composto, a um pH de 7,4. O bioensaio contou com sistemas de gotejamento superficial para manutenção da umidade nos 3 tipos de substratos avaliados: controle (I - solo), composto orgânico (II - substrato misto de composto orgânico e solo) e biofertilizante (bioensaio III - solo irrigado com biofertilizante). A irrigação foi realizada 3x ao dia com 30 ml de água livre de cloro para o controle (I) e composto orgânico (II); e 30 ml de biofertilizante para o bioensaio III. Os resultados alcançados foram satisfatórios, exibindo um substrato com CTC de 55 cmol/kg, com percentuais de produção de 16%, 44% e 40% para os bioensaios I, II e III respectivamente, apresentando um substrato a pH de 6,2 e umidades que variaram entre 54%, 64% e 77%, para os bioensaios I, II e III, respectivamente. O fomento a vermicompostagem provou ser satisfatório no desenvolvimento de cogumelos da espécie Shimeji. Seus produtos (biofertilizante e húmus) obtiveram resultados vantajosos para produção de cogumelo Shimeji e na melhoria das características físico-químicas dos substratos, possibilitando o crescimento de espécies saudáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Vermicompostagem, Cogumelo Shimeji, Biofertilizante, Composto Orgânico

INTRODUÇÃO

O agravamento das condições climáticas do planeta em decorrência de atividades antrópicas, como a disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos, vem gerando impactos negativos diretos ou indiretos aos ecossistemas em geral. Por outro lado, impulsiona a busca de metodologias e sistemas sustentáveis de tratamento e disposição de resíduos que permitam a melhoria contínua dos padrões de qualidade ambiental **Erro! Fonte de referência não encontrada.** [2].

O crescimento desordenado dos centros urbanos, ausência de políticas públicas e falta de conscientização ambiental fomentam a problemática de descarte inadequado de resíduos, baseado no consumo excessivo, especialmente em áreas urbanas em razão da grande concentração populacional, elevando os problemas ambientais, associado a impactos na saúde pública [8] [9].

De acordo com Agência Europeia do Ambiente (EEA) de 2020, os resíduos orgânicos, que incluem resíduos alimentares e de jardim, exibiram aproximadamente 35% do total de resíduos urbanos gerados na União Europeia (UE) [5]. Já nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) estima-se que esses valores correspondem a aproximadamente 24,8 % do fluxo total de resíduos sólidos municipais [6].

No Brasil, segundo o relatório da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Gerenciamento de Resíduos (ABRELPE), em 2020, os resíduos orgânicos representaram aproximadamente 51,4% do total, comparado com 2019, sendo 43% desse são inseridos em aterros sanitários [7].

Como metodologia inicial para disposição adequada de resíduos sólidos, a opção pelo uso de aterros sanitários se tornou atrativa. Apesar de vantagens de cunho empresarial e corporativo, esta metodologia pode proporcionar desvantagens como por exemplo, odores desagradáveis, necessidade de extensas áreas, grandes investimentos para implantação, manutenção e operação, possível emissão de gases nocivos a atmosfera, contaminação do solo, entre outras [8] [9].

A premência pelo uso de aterros sanitários deve vir associado a metodologias sustentáveis de modo integrado, para que esta possa ser substituída futuramente por outras que não proporcionem riscos aos ecossistemas. Portanto, demais metodologias que auxiliem na redução de resíduos orgânicos tornam-se alternativas adequadas e necessárias no alcance de uma sociedade sustentável [8] [9].

A disposição adequada de resíduos, entretanto, como alternativa ao uso de aterros sanitários, não apenas corroboram na redução de possíveis impactos negativos, reduzindo custo de manutenção, operação e elevando seu tempo de vida, mas representa uma possível alternativa para gestão adequada de resíduos orgânicos em centros urbanos, em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei 12305/2010 [9] [10]

Compostagem surge nesse cenário como uma das soluções para a adequada disposição de resíduos sólidos orgânicos, transformando passivos em ativos, reduzindo as emissões de metano a atmosfera e do contingente de chorume produzido em aterros sanitários, adicionalmente a ser uma alternativa factível a produção de espécies de cogumelos em ambiente externo [11] [12]

O solo, através de um tratamento adequado, seja pela mistura de compostos naturais, ou de subprodutos da compostagem, pode ser transformado em um substrato rico em nutrientes, com maior disponibilidade hídrica para o desenvolvimento de espécies de fungos, comestíveis, medicinais ou mutualísticos, ocasionando impactos positivos ao meio ambiente e saúde humana [13] [14].

Metodologias de compostagem, como a vermicompostagem trazem diversos benefícios aos ecossistemas e a saúde humana, tornando-se uma prática importante para uma vida sustentável, que para além das vantagens pré-dispostas, também reduz o desperdício de alimentos e denota uma integração social, associado a evolução de uma consciência ambiental, alusivo a gestão de resíduos orgânicos e na substituição de fertilizantes químicos [15] [16].

O presente projeto teve como objetivo avaliar a aplicação dos subprodutos de uma composteira de resíduos sólidos orgânicos (biofertilizante e composto orgânico) como forma de manutenção das condições ótimas de cultivo de cogumelos Shimeji no período crítico de verão, contabilizando 40 dias de experimento, analisando seus crescimentos e as características.

METODOLOGIA

O bioensaio de avaliação da viabilidade do uso de subprodutos advindos de uma composteira caseira para o cultivo de cogumelos Shimeji (*Lyophyllum shimeji*) no período crítico do verão (temperaturas elevadas), consistiu na análise e melhoria da qualidade do solo, com produção e aplicação de biofertilizante e composto orgânico [17] [18]

O projeto contou com a vermicompostagem, necessitando, portanto, o iniciar 60 dias antes do experimento com cogumelos. A produção de biofertilizante em composteiras, em média, leva em torno de 60 dias para períodos quentes e 90 dias para frios. Já o húmus (composto orgânico estável) das minhocas californianas (*Eisenia fetida*), levaram em média de 45 a 60 dias para serem produzidos [17] [18].

A metodologia da vermicompostagem, apesar de possuir bom valor nutricional aos fungos e vantagens as suas características específicas, como retenção hídrica, seu desenvolvimento representa um processo delicado, pois qualquer alteração no meio proporciona morte ou fuga das espécies de minhocas, impossibilitando ou dificultando o processo [17] [19].

Embora a compostagem orgânica e a vermicompostagem sejam métodos eficazes de reciclagem de materiais orgânicos, optou-se pela vermicompostagem por ser um processo eficiente que produz um composto de maior qualidade, quando comparado a metodologia de compostagem orgânica. Apesar disso, requer um manejo cuidadoso para manter a população de minhocas e garantir condições adequadas para sua sobrevivência [20] [21].

Havendo matéria prima, se iniciou por 40 dias o cultivo de cogumelos (crescimento de hifas), de cogumelo Shimeji, divididos em 3 bioensaios com 5 réplicas cada, durante o período de verão, mais rigoroso para a produção, em razão da redução da umidade.

A escolha do cogumelo Shimeji (*Lyophyllum shimeji*) ocorreu pelo seu valor nutricional e cultivo estável. Alimento de sabor e textura únicos, é rico em nutrientes, como proteínas, fibras, vitamina B e D; minerais, potássio, selênio e cobre [22] [23]. Exibe versatilidade culinária, trazendo benefícios a saúde humana [24] por conterem compostos bioativos, elevando a imunidade, reduzindo a inflamação e prevenindo estresse oxidativo [17] [18]. Apesar de o cogumelo Shimeji, ser uma espécie com maior adaptabilidade ao clima tropical em comparação a demais espécies, como o Shitake, períodos de temperaturas elevadas e umidade baixa, ocasionam perdas a produção pela mortandade de espécies. Portanto, o correto tratamento dos substratos possibilita produções mais saudáveis e duradouras [24] [23].

Vermicompostagem

A composteira foi composta por 3 compartimentos de 15 L cada, sendo cada um com 41 cm x 34 cm (comprimento e largura). Os dois compartimentos superiores apresentavam drenos (furos) na parte inferior. Já o compartimento inferior foi destinado para a coleta do biofertilizante. Tais drenos ou furos também possibilitaram uma circulação das minhocas entre os compartimentos, onde decidiu-se utilizar 500 indivíduos de minhocas californianas (*Eisenia fetida*) (Figura 1).

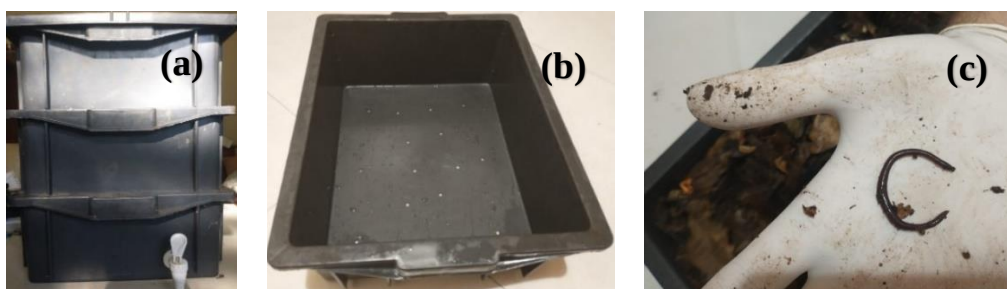


Figura 1: (a) Composteira; (b) compartimento da composteira; (c) Minhoca Californiana.

Um substrato orgânico, também denominado cama de minhocas, foi utilizado para introdução das minhocas. Este, possuía 3 cm de espessura de terra vegetal, sobre 7 cm de palha triturada. Acima da palha triturada, foram inseridos os resíduos orgânicos, os cobrindo com folhas secas de jardim.

Os resíduos orgânicos caseiros adicionados eram compostos de restos de frutas, cascas de legumes, borra de café, cascas de ovos, folhas secas, restos de alimentos, serragem e podas de jardim. A umidade foi controlada com o uso de materiais estruturantes como folhas secas e serragem, possibilitando hidratação das espécies [20] [22]. Onde, a cada acréscimo de alimento na composteira, uma nova camada de folhas era adicionada para evitar a proliferação de vetores [20] [22].

A cada 10 dias o composto foi revolvido cuidadosamente possibilitando a manutenção de uma condição aeróbia do composto e evitando o dano as minhocas [22] [23].

A composteira foi inicialmente preenchida no primeiro compartimento, ficando próximo a tampa na parte superior. O segundo compartimento continuou vazio até o total preenchimento do primeiro. Uma vez preenchido, suas posições foram trocadas, a fim de iniciar o enchimento da segunda caixa (Figura 2).

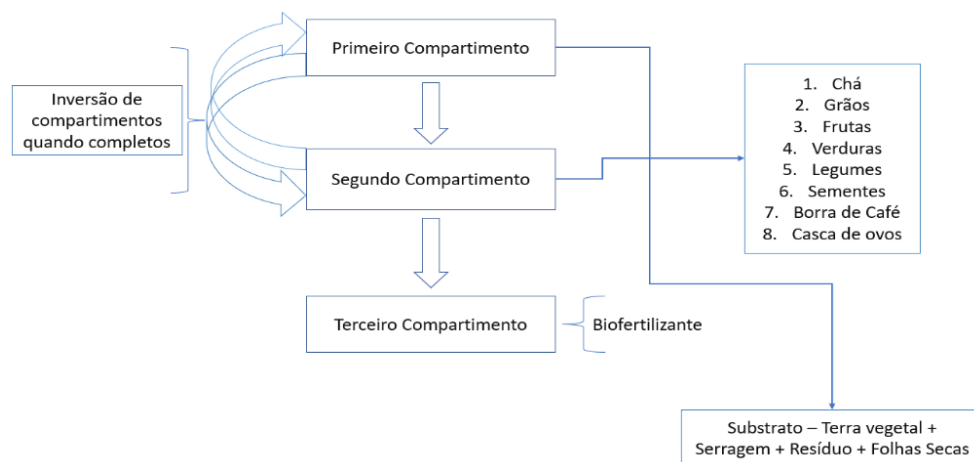


Figura 2: Desenho esquemático da metodologia da vermicompostagem

Após 43 dias, os resíduos orgânicos foram transformados em humus no primeiro compartimento. Com luvas em ambiente sombreado, fez-se a triagem das minhocas para o segundo compartimento. Os 15 L de humus foram inseridos em um balde e o compartimento lavado e esterilizado a álcool 70% para dar início a produção seguinte. Adicionalmente, também se foi coletado o biofertilizante.

Bioensaios com Cogumelos

Após os 60 dias de produção de vermicompostagem, foi iniciado os bioensaio e a produção de hifas, em recipientes (29 cm x 17 cm x 2,5 cm) expostos às condições ambientais, porém ao abrigo da luz e da chuva [25] [26].

Os bioensaios avaliaram três condições de cultivo do cogumelo Shimeji, com 5 réplicas cada, num total de 15 recipientes experimentais: (I) cultivo controle contendo solo irrigado com água filtrada livre de cloro (30 ml); (ii) cultivo em um substrato misto de composto orgânico e solo na razão de 1:2 inicialmente e 1:1/5 nas etapas seguintes e irrigado com água filtrada livre de cloro (30 ml); e (iii) cultivo em solo irrigado com 30 ml de biofertilizante aplicado 3x ao dia. A irrigação foi realizada por um sistema de gotejamento superficial, tentando manter a umidade dos substratos entre 60% e 70% (Figura 3) [16] **Erro! Fonte de referência não encontrada..**



Figura 3: Substratos de cogumelo Shimeji sobre gotejadores superficiais caseiros

A produção de cogumelos passou por três etapas denominadas: produção de esporos, conhecido como Spawn; incubação (formação de hifas no substrato); e frutificação (processo de crescimento dos cogumelos). Todo o processo foi realizado com luvas e instrumentos esterilizados, para evitar contaminação das amostras [17] [18].

Após a produção do micélio em placa petri com fluido nutritivo, este fora coletado com uma seringa e utilizado para produção do Spawn, em sacos de propileno contendo restos agrícolas (milho triturado) [25] [26], esterilizados em autoclave e mantidos em ambiente entre 21 °C e 26 °C por 45 dias. O crescimento transcorreu até que denotasse um aspecto esbranquiçado [27] [28].

Posteriormente, se iniciou a segunda etapa denominada incubação, onde houve a introdução do Spawn em um substrato prensado em saco de propileno, preparado com vermiculita, serragem, farelo de soja, milho triturado e calcário calcítico. Este substrato pode possuir natureza diversa, mas a escolha dos ingredientes ocorreu devido ao seu componente nutricional e vantagens para o desenvolvimento do micélio [25] [26]. Cada ingrediente do substrato foi inserido em uma bacia e homogeneizado, com introdução de água filtrada morna sem cloro, até que a amostra estivesse com umidade ideal [29]. Para tanto, foi utilizada uma técnica tátil, pegando o substrato pela mão e observando se a água estava saindo pelo vão dos dedos [25] [29]. A umidade ideal foi alcançada com o uso de materiais estruturantes como serragem ou palha seca, mantendo um equilíbrio nutricional e de umidade, pertinente ao crescimento do micélio [25] [29].

Uma vez o substrato preparado em sacos de polipropileno, o Spawn fora neles inseridos e estes foram conservados em ambiente com temperaturas entre 20 °C e 28 °C, mantido por aproximadamente 15 dias e vedado para evitar contaminação da amostra [25] [27].

Após 15 dias da inoculação do Spawn ao substrato, iniciou-se a etapa da frutificação. Nesta etapa desejou-se um crescimento da espécie em ambiente a temperatura de 21 °C e 26 °C [25] [27]. Nesta etapa de frutificação, o crescimento dos cogumelos e sua coleta ocorrem períodos distintos, dependendo da amostra a qual está sendo analisada.

Após as coletas dos cogumelos os seguintes parâmetros foram avaliados: quantidade de cogumelo produzida; diâmetro; circunferência; abertura do chapéu; coloração; odor; textura; e tamanho da haste.

A capacidade de troca catiônica (CTC) dos substratos avaliados foi avaliada com 300 g de substrato pelo laboratório (LEMMA). Lá ela foi secada em estufa, removendo toda a umidade. Agora seca, 10 g da amostra foi pesada em uma balança de precisão e inserida em um béquer com 50 ml de solução de sal de amônio (NH₄CL) a 1 mol/L, o agitando por 1 hora para que os cátions presentes na solução pudessem ser trocados com os cátions existentes nos solo [30] [31].

Por fim, os resultados foram analisados estatisticamente (ANOVA) quanto a produção de cogumelos realizada no período de verão, considerado de maior estresse para seu desenvolvimento, em razão da dificuldade de manutenção da umidade adequada do solo.

ANÁLISE DE RESULTADOS

Diagnóstico da Vermicompostagem

O processo de decomposição da matéria orgânica pela vermicompostagem teve uma duração de 43 dias. O composto orgânico estável (humus) não exibiu odores desagradáveis, assim como o biofertilizante. No total foram gerados 15 L de biofertilizante e 30 Kg de composto orgânico.

A temperatura do composto, analisada por um termômetro digital ao final do processo de vermicompostagem, já completamente maturado, foi em torno de 35 °C. Fato este possibilitado pela aeração [32], permitindo a distribuição do calor pela composteira.

O pH do substrato ficou na faixa de 7,4, considerada uma faixa ideal para a decomposição ativa e eficiente do resíduo orgânico [32], medido através de uma amostra representativa nos compartimentos da composteira e mergulhado em água destilada [33]. Após sua completa homogeneização em água destilada, constatou-se os valores por intermédio de uma fita indicadora de pH.

Quantidade de Shimeji produzida

Os experimentos realizados com cogumelos tiveram duração de 40 dias. No entanto, a produção (período de frutificação) variou de amostra para amostra, não havendo uma uniformidade de colheita dos cogumelos. Para amostra controle a durabilidade de produção foi de 23 dias; no biofertilizante e no composto orgânico esse tempo se estendeu para 40 dias (Tabela 1).

Tabela 1: Duração da produção de cogumelos Shimeji, durante o período de 40 dias.

Controle	Biofertilizante	Composto Orgânico
Amostra 1: duração até o 21 dia, com intervalo de produção de 5 e 7 dias.	Amostra 1: duração até o 40 dia, com intervalo de produção de 4, 12 e 14 dias.	Amostra 1: duração até o 39 dia, com intervalo de produção entre 2, 4 e 11 dias.
Amostra 2: duração até o 20 dia, com intervalo de produção de 4 e 6 dias.	Amostra 2: duração até o 35 dia, com intervalo de produção de 4, 6 e 8 dias.	Amostra 2: duração até o 40 dia, com intervalo de produção entre 3, 4, 6 e 8 dias.
Amostra 3: duração até o 19 dia, com intervalo de produção de 4 e 6 dias.	Amostra 3: duração até o 39 dia, com intervalo de produção de 6, 7 e 8 dias.	Amostra 3: duração até o 38 dia, com intervalo de produção entre 2, 5, 6 e 11 dias.
Amostra 4: duração até o 23 dia, com intervalo de produção de 4, 7 e 12 dias.	Amostra 4: duração até o 31 dia, com intervalo de produção de 4 e 15 dias.	Amostra 4: duração até o 40 dia, com intervalo de produção entre 2, 6, 8 e 9 dias.
Amostra 5: duração até o 17 dia, com intervalo de produção de 4 e 9 dias.	Amostra 5: duração até o 37 dia, com intervalo de produção entre 6, 7 e 10 dias.	Amostra 5: duração até o 40 dia, com intervalo de produção entre 2, 4, 5, 6 e 10 dias.

Durante o período do verão avaliado, as amostras controle apresentaram um período de frutificação e uma quantidade produzidas menor que os substratos tratados com biofertilizante e composto orgânico (Figura 4). Os intervalos de produção nas amostras de composto orgânico possuíram, no entanto, um tempo menor, em comparação com aquelas tratadas com biofertilizante.

Consoante a variabilidade do intervalo de produção, este pode estar relacionado a diversos fatores, como genética, condições ambientais e o tipo específico de corpo de frutificação que está sendo produzido. Em

muitos casos, o intervalo de produção pode estar associado as propriedades inerentes, como teor de nutrientes, umidade e pH [28] [34] [35] [36] [37]. O período de verão para a produção de cogumelos é, de fato, rigoroso, pois reduz a umidade do substrato, mas o uso de biofertilizante e humus, além de manter a umidade do substrato, possibilita o aumento dos nutrientes, a manutenção do pH ($6,0 \leq \text{pH} \leq 6,5$) e elevação da retenção hídrica [38] [39] [40].

Ao longo dos 40 dias a produção foi alcançando quantidades satisfatórias de cogumelos Shimeji (Figura 5). O Composto Orgânico alcançou uma faixa 44% do total de cogumelos produzidos. Já o biofertilizante representou 40%, ficando as amostras de controle apenas com 16% (Figura 5). Estes dados comprovam que o potencial de produção aumenta com o uso dos subprodutos da compostagem.

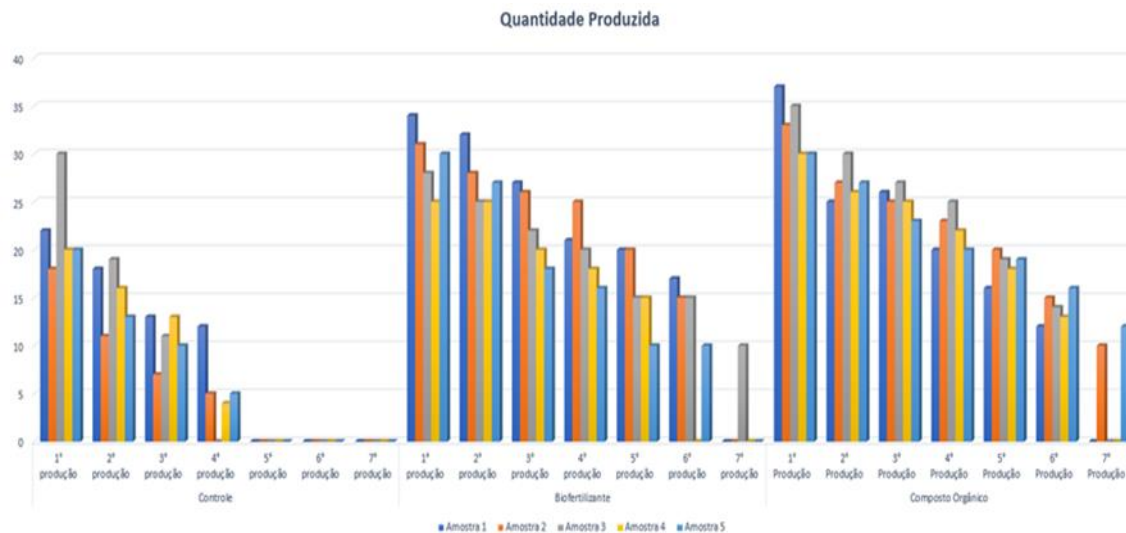


Figura 4: Quantidade de espécies de Shimeji produzidas e sua respectiva durabilidade.

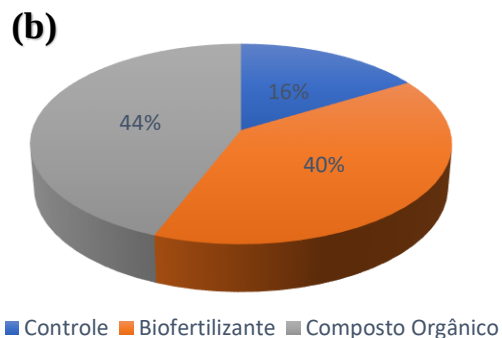


Figura 5: (a) Crescimento do cogumelo Shimeji na amostra 1 de composto orgânico; (b) Percentuais de produção das amostras controle, biofertilizante e composto orgânico.

Com 44% e 40 % do total de produção, o composto orgânico e biofertilizante respectivamente, apresentaram uma condição geral de cogumelos Shimeji saudáveis, não apenas pela manutenção do pH [10], mas especialmente pelos nutrientes existentes em sua composição, melhorando as condições do substrato e consequentemente do solo a ele misturado [21] [23].

Em seguida, analisando a variância da quantidade de cogumelos, através da ANOVA (Tabela 2), o F calculado foi maior que o valor do F crítico, rejeitando a hipótese nula, sugerindo uma diferença

significativa entre as médias dos grupos, ou seja, tanto o tipo de tratamento aplicado, quanto a amostra em questão, influenciam na quantidade de cogumelos produzida.

Tabela 2: Valores de F calculado e F crítico para quantidade produzida

ANOVA			
Fonte da variação	F	valor-P	F crítico
Linhas	51,2434366	2,616E-37	1,7031601
Colunas	3,202985272	0,0171319	2,4858849

Nessa perspectiva é razoável o entendimento de que o tipo de substrato utilizado influenciou na quantidade de cogumelos Shimeji produzidos na etapa da frutificação, podendo ocorrer das seguintes formas [25] [38].

1. Disponibilidade de nutrientes. Substratos com maior quantidade de nutrientes produzirão um número maior de cogumelos;
2. Teor de umidade. Substratos com adequada umidade (entre 60% e 70%) influenciam na eficiência da produção de cogumelos Shimeji, especialmente em períodos mais quentes do ano.
3. pH: Diferentes espécies de cogumelo têm diferentes faixas de pH e seu nível deve ser ajustado de acordo com o tipo de produção, para otimizar o rendimento.
4. Contaminação: Substratos contaminados com outros tipos de fungos ou bactérias concorrentes podem impactar na produção.
5. Textura: Texturas com elevado grau de compactação, podem inibir o crescimento, enquanto muito soltos não exibem suporte suficiente para o seu crescimento.

Durante os 40 dias de produção, os substratos trados com compostos orgânicos estáveis (humus), exibiram melhores resultados relacionados a quantidade de cogumelos produzidas. Por outro lado, o biofertilizante também pode ser considerado como uma excelente opção para produção de cogumelos comestíveis (Figura 6).

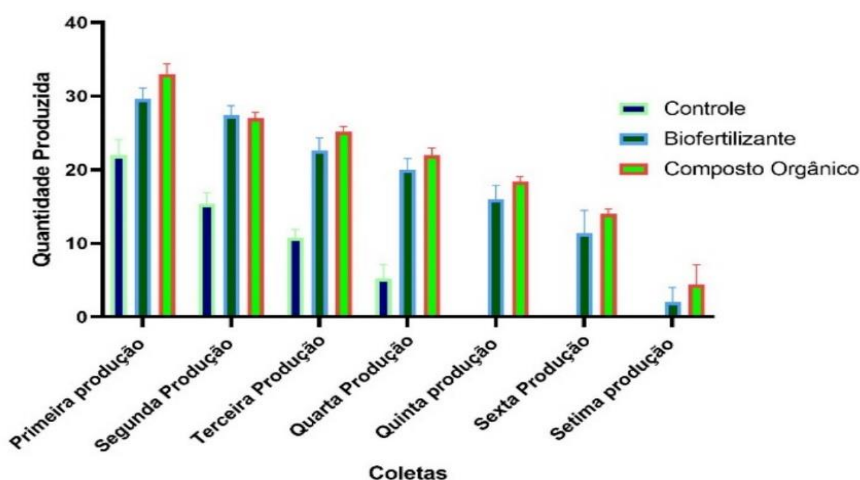


Figura 6: Produção total de cogumelos Shimeji durante os 7 períodos de coleta.

Observando a variabilidade de dispersão de dados, o desvio padrão exibido foi de 25,7 % da média (Tabela 3), considerado por tanto um desvio padrão relativamente alto. Contudo, o alto desvio padrão indica apenas uma variação natural no crescimento do cogumelo devido aos fatores como condições ambientais, genética e qualidade do substrato.

Tabela 3: Média e Desvio Padrão da quantidade de cogumelos produzidos

Média	35,0
Desvio Padrão	8,6

Equiparando o máximo de 23 dias de produção em substratos de controle, as 10 amostras, tratadas com biofertilizante e composto orgânico, exibiram uma maior eficiência, ou seja, maior produção em um menor tempo (Figura 7), com coeficientes de correlação alcançando 98,5%, 91,3% e 97,9% para amostras de composto orgânico, controle e biofertilizante respectivamente.

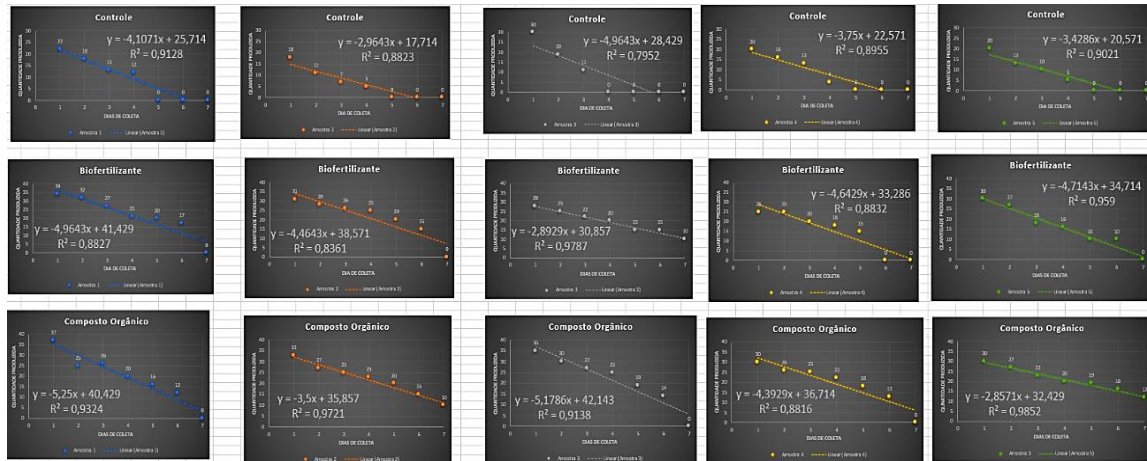


Figura 7: Coeficientes de Correlação em gráficos de dispersão e suas respectivas equações

Características Físicas dos Cogumelos

Segundo o tratamento estatístico realizado através da ANOVA (Tabela 4), não houve influência do tipo de substrato produzido no diâmetro, circunferência e tamanho da haste, pois nas colunas que representavam o substrato produzido, o F calculado se demonstrou menor que o F crítico, não havendo diferença significativa entre as médias. Como o valor F calculado foi menor que o valor F crítico para variáveis de diâmetro, circunferência e tamanho da haste, não se pode concluir que um substrato foi melhor que o outro, em termos de promoção do crescimento de cogumelos shimeji.

Para os tratamentos realizados com os subprodutos da vermicompostagem, as variáveis de diâmetro, circunferência e tamanho do talo, em comparação com as amostras controle, revelaram um F calculado maior que o F crítico, pois as linhas que representavam os procedimentos realizados, exibiu diferenças significativas entre as médias.

As conclusões para subprodutos da vermicompostagem foram importantes, visto que podem elevar a umidade e os nutrientes da amostra, como nitrogênio, fósforo e potássio [16], afetando o crescimento da haste, as características de diâmetro e circunferência do chapéu, mesmo em temperaturas desfavoráveis aos cogumelos [40] [41].

Tabela 4: F calculado e F crítico para valores de diâmetro, circunferência e tamanho do talo

ANOVA/Diâmetro				ANOVA/Circunferência				ANOVA/Tamanho do Talo			
Fonte da variação	F	valor-P	F crítico	Fonte da variação	F	valor-P	F crítico	Fonte da variação	F	valor-P	F crítico
Linhas	14,57948	5,16E-19	1,70316	Linhas	2,573402	0,001536	1,70316	Linhas	10,94124	1,73E-15	1,70316
Colunas	0,484294	0,747194	2,485885	Colunas	1,600856	0,182197	2,485885	Colunas	1,408223	0,238794	2,485885

Todos os cogumelos foram coletados entre um período de 24 h após total ou parcial (1/2) abertura do chapéu, sendo que a maioria apresentou abertura parcial. Os cogumelos Shimeji possuíram uma coloração monocromática quando frescos. A não mudança da cor ou perda de coloração comprovaram que as coletas foram realizadas no tempo correto e que as condições não foram desfavoráveis ao crescimento. Durante os 40 dias de experimento, só foram observadas cores uniformes e monocromática, indicando boa saúde e qualidade. Associado à coloração, o odor e a textura também são fortes indicadores da saúde dos cogumelos. Os cogumelos produzidos ao longo dos 40 dias exibiram odores frescos e suaves com texturas aveludadas, carnudas e mastigáveis, denotando o crescimento de cogumelos saudáveis.

Diagnóstico do substrato

Ao final da experimentação o substrato de produção de cogumelos e o solo a ele misturado foram levados ao laboratório LEMMA para fins de se observar os parâmetros de umidade, CTC e pH, entendendo se houve algum benefício ao solo com ele misturado no decorrer da produção. A capacidade de troca catiônica (CTC) de um substrato de cogumelo pode ser influenciada por distintos fatores, como material orgânico, pH e mesmo na presença de outras espécies [30] [31].

A serragem usada como substrato permitiu uma CTC de 55 cmol/kg, uma vez que é rica em celulose e lignina [41], que quando decomposta, se ligam aos cátions do solo, aumentando a capacidade do substrato em reter nutrientes essenciais para seu crescimento [42]. Ademais, seu uso auxilia na troca de gases [42] [43].

Mesmo sendo usado um volume igual de irrigação para todas as amostras e substratos avaliados, as umidades dos substratos variaram de uma amostra para outra. No controle, o substrato tendeu a secar rapidamente, apresentando uma umidade em torno de 54%. Para as amostras de biofertilizante, que possui satisfatória capacidade de retenção hídrica [44] [45], o teor de umidade foi de 77%. Por fim, os substratos tratados com composto orgânico e água, denotaram uma umidade de 64%. Normalmente a umidade ideal varia entre 50% e 75%. Para o caso dos cogumelos Shimeji o teor ideal de umidade deve estar entre 60% e 70% [34] [35].

Nas amostras tratadas com biofertilizante, a umidade de 77% apresentou condições mais úmidas do que o ideal para o cultivo de cogumelos Shimeji. Porém o experimento não detectou o surgimento de fungos e bactérias, os quais mudariam a coloração do substrato [36] [44]. Por fim, o substrato de cultivo de shimeji com 64% de umidade foi considerado o mais adequado [36] [44], sendo capaz de fornecer água suficiente para o crescimento do micélio do cogumelo e para a frutificação, sem reter excesso de água que possa levar ao apodrecimento do substrato ou à contaminação por fungos indesejados.

O pH observado no substrato estava em 6,2, o que seria plausível, pois tanto o húmus, quanto o biofertilizante contribuem para a manutenção do pH dentro das faixas ideais para cultivo [26] [28]. Esta encontra-se no padrão de produção do cogumelo Shimeji ($6,0 \leq \text{pH} \leq 6,5$) [36] [44].

CONCLUSÃO

Permitir a conservação dos ecossistemas através da gestão adequada de resíduos orgânicos e geração de subprodutos, que propiciem uma melhoria da produção agrícola de forma sustentável, eleva a qualidade do ambiente, com implementação de práticas conscientes, promovendo também uma vida sustentável, considerando as interrelações entre as populações e os ecossistemas.

Logo, o fomento da vermicompostagem para tratamento e processamento adequado de resíduos, proporciona uma disposição final vantajosa frente a problemática de resíduos sólidos urbanos nas grandes cidades, com integração social. Seus produtos (biofertilizante e húmus) obtiveram resultados vantajosos para produção de cogumelo Shimeji e na melhoria das características físico-químicas dos substratos, possibilitando o crescimento de espécies saudáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GAIO, A. et al. A política Nacional de Mudanças Climáticas em Ação: A atuação do Ministério Público. 2021. Associação Brasileira dos Membros do Ministério Público de Meio Ambiente. ABRAMPA. Livro Eletrônico. Clima e Sociedade. 1º Ed. 415p. Brasília. DF. Brasil.
- [2] ALAM, A. et al. SMEs respond to climate change: Evidence from developing countries. 2022. University of Salford. UK. Edinburgh Napier University. UK. Lincoln University. UK. Bournemouth University. UK. The Begum Nusrat Bhutto Women University. Pakistan. Article. 8p. United Kingdom.
- [3] PILISSÃO, Y. L. et al. Recuperação energética de resíduos sólidos urbanos: oportunidades e desafios no cenário brasileiro. Campus da Universidade Federal de Santa Catarina em 2021. Engenharia Térmica. V. 20. Nº 3. Pag: 20-30.
- [4] SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. 2020. Ministério do Desenvolvimento Regional. Departamento Nacional de Saneamento. 18º Diagnóstico de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. Em Brasília. DF.
- [5] European Environmental Agency. EEA. Evaluation of Food and Garden Waste. 2022. Measures for sustainability. Denmark.

- [6] United States Environmental Protection Agency. EPA. Advancing Sustainable Materials Management: 2018 Fact Sheet. 2020. Assessing Trends in Materials Generation and Management in the United States. 25p. USA.
- [7] Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Gerenciamento de Resíduos. ABRELPE. O Descaminhos do Lixo. 2019. São Paulo. SP.
- [8] BOGERS, M. et al. The impact of the Sustainable Development Goals on a network of 276 international organizations. 2022. Utrecht University. Global Environmental Change. Article. 12p. Netherlands.
- [9] HENDERSON, K.; LOREAU, M. A model of Sustainable Development Goals: Challenges and opportunities in promoting human well-being and environmental sustainability. 2022. Ecological Modelling. Article. 9p. Moulis. France.
- [10] BRASIL. DECRETO LEI Nº12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Diário da República. Estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e toma outras medidas. 2022. Brasília.
- [11] YE, D.; et al. Increasing the value of *Phragmites australis* straw in a sustainable integrated agriculture model (SIAM) comprising edible mushroom cultivation and spent mushroom substrate compost. 2023. China.
- [12] HU, W. Effects of spent mushroom substrate biochar on growth of oyster mushroom. 2022. Academy of Agricultural Sciences. China.
- [13] GUILHERME C.L. R., et al. Investigation of biologically active amines in some selected edible mushrooms. 2019. Universidade Federal de Uberlândia. Article. Belo Horizonte. MG. Brasil.
- [14] ATILA F. Compositional changes in lignocellulosic content of some agro-wastes during the production cycle of shiitake mushroom. Ahi Evran University. Turkey.
- [15] RÉKASI, M. et al. Effect of composting and vermicomposting on potentially toxic element contents and bioavailability in sewage sludge digestate. 2022. 10p. Institute for Soil Sciences. Hungary. Norwegian Institute of Bioeconomy Research. Norway.
- [16] AMORIM, L. F. A. Resíduos Sólidos: Um novo panorama energético. Avaliação Da Qualidade E Rendimento Da Purificação De Biogás, Através Do Sistema De Filtros De Purificação. 2020. Produção e Purificação de Biogás. Universidade Federal Fluminense. UFF. Laboratório de Pós-colheita e Processamento de Produtos Agrícolas. Laboratório de Energia, Materiais e Meio Ambiente. LEMMA. Livro. Volume 1. Pág.: 1-81. Niterói. RJ. Brasil.
- [17] RUANGJANDA, S.; et al. Valorization of spent mushroom substrate in combination with agro-residues to improve the nutrient and phytohormone contents of vermicompost. 2022. Khon Kaen University. Thailand.
- [18] HŘEBEČKOVÁ T. Change in agrochemical and biochemical parameters during the laboratory vermicomposting of spent mushroom substrate after cultivation of *Pleurotus ostreatus*. 2020. Czech University of Life Sciences Prague. Czech Republic.
- [19] MELO, R.F.; VOLTOLINI, T. V. Agricultura Familiar. 2019. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. EMBRAPA Semiárido. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 467p. ISBN 978-85-7035-928-5. Brasília. DF. Brasil.
- [20] GONG, X.; et al. Green waste compost and vermicompost as peat substitutes in growing media for geranium (*Pelargonium zonale* L.) and calendula (*Calendula officinalis* L.). 2018. Beijing Forestry University. China.
- [21] HUANG, Z. Novel liquid organic fertilizer: A potential way to effectively recycle spent mushroom substrate. 2022. Wenzhou University. China.
- [22] PATRA, R. K. Juxtaposing the quality of compost and vermicompost produced from organic wastes amended with cow dung. 2022. Odisha University of Agriculture and Technology. Kyonggi University (Korea). Saveetha Institute of Medical and Technical Sciences. 11p. India.
- [23] JAYAKUMAR, M. Detoxification of coir pith through refined vermicomposting engaging *Eudrilus eugeniae*. 2021. Haramaya University. 9p. Ethiopia.
- [24] CABRERA, L. C. Caracterização da produção de cogumelos comestíveis: estudo de caso na região de Londrina, Paraná. 2020. Universidade Estadual de Londrina. Londrina. PR. Brasil.
- [25] STEFFEN, G.P.K. et al. Produção de cogumelos comestíveis em substratos orgânicos. 2020. Circular de Divulgação Técnica. Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária. DDP. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria de Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. Porto Alegre. RS. Brasil.
- [26] PAIVA, G. A., et al. Produção de cogumelos comestíveis em resíduos agroindustriais na Amazônia mato-grossense. 2021. Artigo. Research, Society, and development. V.10. n. 14. Manaus. AM. Brasil.
- [27] LEONG, Y. K.; et al. Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): A review. 2021. Tunghai University. National Cheng Kung University. Taiwan.
- [28] PÉREZ-CHÁVEZ, A. M. Mushroom cultivation and biogas production: A sustainable reuse of organic resources. 2019. Universidad Nacional de San Martín. Buenos Aires. Argentina.
- [29] YE, D.; et al. Increasing the value of *Phragmites australis* straw in a sustainable integrated agriculture model (SIAM) comprising edible mushroom cultivation and spent mushroom substrate compost. 2023. China.
- [30] AGÁPITO, J. P.; et al. S. Fungos Fitopatogênicos de Solo em Sistemas Agroflorestais: revisão de literatura. 2021. Universidade Federal de São Carlos. UFSC. Universidade Estadual de Campinas. UNICAMP. ISSN 2525-5215. DOI: 10.48017/Diversitas_Journal-v6i3-1787. v.6. n.3. Pág. 3052-3079.
- [31] TEIXEIRA, P. C. et al. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2017. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. Brasília. DF. Brasil.
- [32] PEREIRA, A. P. et al. Compostagem doméstica com utilização de minhocas: aspectos ambientais e econômicos. 2019. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. ASSETEC. 7p. Cabo Branco. PB. Brasil.
- [33] MARCHI, C. M. D. F. GONÇALVES, I. O. Compostagem: a importância da reutilização dos resíduos orgânicos para a sustentabilidade de uma instituição de ensino superior. 2020. Universidade Federal de Santa Maria. UFSM. v.19. ed.1. Santa Maria. RS. Brasil.
- [34] BATISTA, I. A.; RODRIGUES, T. S. Produção de cogumelos comestíveis: shimeji-preto. 2021. Centro Estadual de Educação Profissional Newton Freire Maia. Secretaria do Estado de Educação. 50p. Pinhais. PR. Brasil.
- [35] OLIVEIRA, C. C. Produção de cogumelos comestíveis utilizando resíduos agroindustriais. 2018. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRS. 48p. Porto Alegre. RS. Brasil.

- [36] GIRARDI, G. C. Automação do controle e do monitoramento de temperatura e umidificação de canteiros de cogumelo *Agaricus blazei*, no cultivo familiar em SANTA HELENA/PR. 2018. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 83p. Santa Helena. PR. Brasil.
- [37] STOKNES K.; et al. Cadmium mobility in a circular food-to-waste-to-food system and the use of a cultivated mushroom (*Agaricus subrufescens*) as a remediation agent. 2019. Lindum AS. Rostock University. Poznan University of Life Sciences. Czech University of Life Sciences. Adam Mickiewicz University. 7p. Norway.
- [38] ZWIRTES, L. S. Influência da composição do substrato na produção de cogumelos do tipo *Pleurotus Ostreatus*. 2021. Universidade Federal do Pampa. 55p. Bagé. RS. Brasil.
- [39] MAGO, M. et al. Management of banana crop waste biomass using vermicomposting technology. 2021. J. C. Bose University of Science and Technology. University of Haryana. University of Punjab. 7p. India.
- [40] YUVARA, A. et al. Centrality of cattle solid wastes in vermicomposting technology e A cleaner resource recovery and biowaste recycling option for agricultural and environmental sustainability. 2020. Periyar University. Kyonggi University. 13p. India.
- [41] POMPÊU, G. C. S. Estudo do conteúdo calorífico de ligninas extraídas de diferentes fontes de biomassa vegetal. 2019. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 54p. Uberlândia. MG. Brasil.
- [42] MONTEIRO, C. R. M. Extração de xilooligossacarídeos por tratamento hidrotérmico de resíduos agroindustriais: envoltório do caroço de manga e bagaço de cana. 2020. Universidade Federal de Santa Catarina. UFSC. Florianópolis. SC. Brasil.
- [43] ORTEGA, J. O. Pré-tratamento de palha de cana-de-açúcar empregando ozonólise, em meio aquoso alcalino e em solventes de baixo ponto eutético para a obtenção de açúcares fermentáveis. 2021. Universidade Estadual Paulista. 137p. São José do Rio Preto. SP. Brasil.
- [44] PEREIRA, M. M. Frequência e doses de biofertilizante via fertirrigação no cultivo da bananeira e sua relação com os atributos do solo. 2019. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 96p. Cruz das Almas. BA. Brasil.
- [45] ABDALLA, S. R. S. Manual Internacional de Fertilidade do Solo. 2019 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. International Plant Nutrition Institute. IPNI. 186p. Brasília. DF. Brasil.