



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA UFPB

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

LUCAS MEDEIROS CARDOSO

**PROGRAMA DE COMPOSTAGEM DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA CAMPUS I: GERENCIAMENTO E APLICAÇÕES**

JOÃO PESSOA

JUNHO, 2018

LUCAS MEDEIROS CARDOSO

**PROGRAMA DE COMPOSTAGEM DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA CAMPUS I: GERENCIAMENTO E APLICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado ao curso de
engenharia ambiental da Universidade Federal da Paraíba,
como requisito parcial a obtenção do título de engenheiro
ambiental

Orientador: Prof. Joácio de Araújo Morais Júnior

JOÃO PESSOA

JUNHO, 2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C268p Cardoso, Lucas Medeiros.
PROGRAMA DE COMPOSTAGEM DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA
PARAÍBA CAMPUS I: GERENCIAMENTO E APLICAÇÕES / Lucas
Medeiros Cardoso. - João Pessoa, 2018.
68 f. : il.

Orientação: Joécio de Araújo Moraes Júnior.
TCC (Especialização) - UFPB/CT.

1. Varrição. Áreas verdes. Serapilheira. I. Júnior,
Joécio de Araújo Moraes. II. Título.

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUCAS MEDEIROS CARDOSO

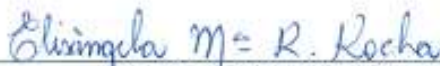
PROGRAMA DE COMPOSTAGEM DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CAMPUS I: GERENCIAMENTO E APLICAÇÕES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 11/06/2018 perante a seguinte Comissão Julgadora:



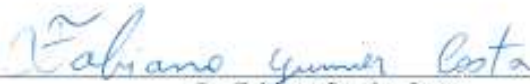
Orientador – Dr. Joácio de Araújo Moraes Júnior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de
Tecnologia/UFPB

APROVADO



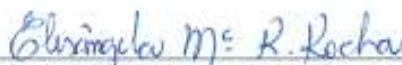
Dr. Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Centro de Tecnologia/UFPB

APROVADO



Dr. Fabiano Gumier Costa
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio

APROVADO



Profa. Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Para meu pai Jamerson

Minha mãe Aurelina

Minha esposa Thalita

Minha filha Analú

Minha irmã Amanda

Meu avô Sr. António Medeiros e Sra. Luiza Duarte

Para Meus tios Fernando, Waliston

Meus grandes amigos Cícera e Jean

Meus padrinhos Ferreira e Nilsonete

À memória dos meus avôs Sr. José Cardoso da Cruz e Sra. Ana Claudina da Cruz

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois quando olho para trás vejo várias dificuldades superadas por meio da fé.

Agradeço ao professor Dr. Joácio de Araújo Morais Júnior pela imensurável contribuição dada à minha formação, por me acolher durante dois anos e meio como membro da comissão de gestão ambiental (CGA) e pelas críticas sempre construtivas. Agradeço também aos demais membros da CGA pela paciência e coleguismo, em especial Tarcísio Valério da Costa, Humberto da Fonseca Silva, Samanta Cristina de Souza, João Paulo Rodrigues de Lima, Victor Carlos, em destaque o Professor Dr. José Paulo Marsola Garcia pela fundamental ajuda na minha formação.

Agradeço ao Dr. Fabiano Gumier Costa pela amizade e pela prontidão em ajudar contribuindo para o sucesso deste trabalho e pela idealização e implantação de uma composteira piloto, gratifico também a equipe da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo. Agradeço a professora Elisangela Maria Rodrigues Rocha que se disponibilizou a participar da banca e pela valiosa contribuição para melhoria deste trabalho.

Agradeço aos meus pais e familiares que foram grandes incentivadores e sempre acreditaram no sonho da minha formação acadêmica.

Agradeço também aos amigos pelos momentos de descontração e camaradagem: Alvino Henrique, Álisson Felipe, Luiza Melquíades, Ana Emília Melquíades, Letícia Figueiredo, Liana Ramalho, Matheus Sarmiento, Igor Mantovani, Jorge Melquíades, minha comadre Ingrid Jurema, Valéria Dias, Matheus Emanuel, Bela Maria, Thiago Melquíades, Thalita Marina, Davi Henrique, Bianca Emanuelle, Francisco de Assis Dias, Virgínia Márcia, David Moura, Rafael Carneiro, Carlos Eduardo dos Anjos, Bruno Medeiros, Rafael Farias, meus tios Ana Lúcia e George Buriti, Mércia Maria, José Pereira, José Waliston e Fernando, agradeço a Carlos Adilson por me ajudar na determinação das coordenadas geográficas das composteiras.

Agradeço a coordenação do curso de engenharia ambiental da UFPB, por prestar serviços de auxílio aos alunos, em especial a funcionária Cinara Leite Guimarães que está sempre atualizada nos assuntos acadêmicos e pronta para ajudar e orientar os alunos.

Agradeço ao centro acadêmico do curso de Engenharia Ambiental, sempre se esforçando para apoiar os alunos nas suas lutas e proporcionando momentos de socialização do corpo discente. Também agradeço ao meu País que apesar de todas as dificuldades, a Universidade Pública Federal continua gratuita e de qualidade.

*Portanto, não se preocupem com o amanhã, pois o amanhã trará as suas
próprias preocupações. A Bíblia (Mateus 6:34)*

RESUMO

A Lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos aponta que é primordial a redução do fluxo de resíduos destinados para aterro sanitário. Diante disto a Universidade Federal da Paraíba implementou o Programa de Compostagem para resíduos de varrição das vias e logradouros, este resíduo é quase que completamente formado por folhas secas caídas ou serapilheira, se a varrição não ocorrer regularmente o resíduo encontrado no chão pode danificar os dispositivos de drenagem de água pluviais e dificultar a acessibilidade dos pedestres. Para realizar a compostagem deste resíduo, 14 composteiras foram implantadas nos 11 setores da universidade, que compreendem um volume total de armazenamento de 1600m³, o resíduo oriundo da varrição é submetido a uma triagem manual e por conseguinte é posto e acumulado no interior das composteiras, visando manter a eficiência do projeto foram elaborados indicadores de desempenho ambiental. Para se determinar a carga de entrada deste material nas composteiras, foi medido o volume acumulado dividido pelo tempo de operação e acrescido um coeficiente de redução de volume, este coeficiente de redução foi definido por meio de uma composteira piloto, o resultado deste volume de entrada foi comparado com o resultado obtido pelo método das áreas de influência, onde usando o software AutoCad e imagens do Google Earth, delimitou-se poligonais nas copas das árvores localizadas nos locais que ocorrem varrição. Parâmetros foram determinados para realização do dimensionamento de composteiras e cálculo da produção de composto orgânico. Na UFPB, a área verde de influência para compostagem é de 2,6 hectares, produção anual de 1100m³ de serapilheira e 580m³ de composto orgânico em dois anos, equivalente a 562,5 toneladas, aderindo um valor econômico de R\$1,5/kg de composto, a UFPB economizou cerca de R\$843.900 em dois anos. Este programa pode ser replicado em outras áreas públicas urbanas a exemplos de parques, praças e entorno de florestas.

Palavras-Chave: Varrição. Áreas verdes. Serapilheira.

ABSTRACT

The National Policy on Solid Waste indicates that it is essential to reduce the flow of waste destined for landfill. Faced with this, the Federal University of Paraíba implemented the Composting Program for sweeping residues of roads and streets, this residue is almost completely formed by fallen leaves or litter, if sweeping does not occur regularly the residue found on the floor can damage the devices drainage of rainwater and hamper the accessibility of pedestrians. To compose this residue, 14 composts were implanted in the 11 sectors of the university, which comprise a total storage volume of 1600m³, the residue from the sweeping is subjected to a manual sorting and therefore is placed and accumulated inside the composts, in order to maintain the project's efficiency, environmental performance indicators were elaborated. In order to determine the input load of this material in the composites, the cumulative volume divided by the operating time was measured and a reduction coefficient added, this reduction coefficient was defined by means of a pilot composite, the result of this input volume was compared to the results obtained by the influence areas method, where using AutoCad software and Google Earth images, polygonals were delimited in the tree canopies located in the sites that occur sweeping. Some parameters were determined to carry out the sizing of compost and to calculate the production of organic compost. At the UFPB, the green area of influence for composting is 2.6 hectares, annual production of 1100m³ of litter and 580m³ of organic compost in two years, equivalent to 562.5 tons, with an economic value of R \$ 1.5 / kg of compost, the UFPB saved about R \$ 843,900 in two years. This program can be replicated in other urban public areas to examples of parks, squares and forest surroundings.

Keywords: Composting. Sweeping. Green areas. Burlap.

LISTA DE ABREVIATURAS

CCTA – Centro de Comunicação, Turismo e Artes

CCHLA – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes

CE – Centro de Educação

CCSA – Centro de Ciências Sociais Aplicadas

CT – Centro de Tecnologia

CEAR – Centro de Energias Alternativas e Renováveis

CCJ – Centro de Ciências Jurídicas

CA – Central de Aulas

CBioTec – Centro de Biotecnologia

CCEN – Centro de Ciências Exatas e da Natureza

STI – Sistema de Tecnologia da Informação

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

CCS – Centro de Ciências da Saúde

CCM – Centro de Ciências Médicas

CGA – Comissão de Gestão Ambiental

DSE – Departamento de Sistemática e Ecologia

PU – Prefeitura Universitária

DEF – Departamento de Educação Física

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMÁTICA.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	18
2 OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS... ..	20
3 REVISÃO TEÓRICA.....	21
3.1 DEFINIÇÃO DO TEMA.....	21
3.2 FASES DA COMPOSTAGEM.....	22
3.3 MATERIAL DE ENTRADA.....	22
3.4 DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA.....	25
3.5 COMPOSTO ORGÂNICO.....	27
3.6 PARTICIPAÇÃO POPULAR NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	27
3.7 SISTEMA DE VARRIÇÃO DE VIAS E LOGRADOUROS PÚBLICOS.....	29
4 METODOLOGIA.....	30
4.1 ESTUDO DA GERAÇÃO DO MATERIAL DE ENTRADA.....	34
4.2 DENSIDADES.....	36
4.3 DIMENSIONAMENTO DAS COMPOSTEIRAS.....	38
4.4 ELABORAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL....	39
4.5 ANÁLISE DA REPLICAÇÃO DO PROJETO EM ÁREAS URBANAS.....	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
5.1 LEVANTAMENTO DAS COMPOSTEIRAS E SEUS VOLUMES.....	39
5.2 COEFICIENTE DE REDUÇÃO E CARGA DE ENTRADA.....	43
5.3 ÁREAS DE INFLUÊNCIA E PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA.....	45
5.4 DENSIDADES E VOLUMES DE SERAPILHEIRA PRODUZIDOS.....	46
5.5 TEMPO PARA DECOMPOSIÇÃO.....	50
5.6 DIMENSIONAMENTO DAS COMPOSTEIRAS.....	51
5.7 INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL.....	53

5.8 COMPOSTO ORGÂNICO.....	54
5.9 ANÁLISE DA REPLICAÇÃO DO PROJETO EM ÁREAS URBANAS.....	58
6 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

A palavra ‘lixo’ está em processo de mudança de concepção pela sociedade, pois ‘lixo’ significa, o que se varre da casa ou da rua e se joga fora, entulho ou coisa imprestável (Aurélio, 2004, p. 520). Já a lei de Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2012, refere-se ao lixo como sendo resíduos sólidos, ao quais em sua maior parte são passíveis de reutilização e ou reciclagem, incluindo a fração orgânica, a qual pode ser reciclada por meio da compostagem. Compostagem é a transformação da matéria orgânica em composto orgânico, por meio de fungos, bactérias, animais constituintes da fauna do solo e condições abióticas ideais de umidade, temperatura e oxigenação, ratificando a Lei da conservação da matéria de Lavoisier (1780) “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”.

Outro aspecto importante ao se conceber a terminologia “resíduos sólidos” é que ela deve estar acompanhada da classificação que implicará no destino mais adequado, considerando o aspecto técnico, ambiental e socioeconômico (Pires, 2017).

Contudo a disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos e consequentemente a aplicação Política Nacional de Resíduos sólidos (Lei 12.305/2010), ainda é uma das grandes dificuldades das cidades e organizações brasileiras, diante disto foi idealizado o programa de compostagem para a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) campus I pela Comissão de Gestão Ambiental (CGA). A CGA é um setor gerencial da universidade, criado em fevereiro de 2013 com objetivo de auxiliar a Reitoria no diagnóstico e formulação de estratégias de enfrentamento do passivo ambiental da Instituição, mediante a elaboração de programas de gestão ambiental (UFPB ,2018).

O programa de compostagem da UFPB, foi um projeto desenvolvido no final do ano de 2013, pela Comissão de Gestão Ambiental (CGA) e implementado em março de 2015 com poio da prefeitura universitária (PU), ao longo do tempo o programa foi se desenvolvendo e a última unidade de compostagem foi instalada em outubro de 2017.

A universidade apresenta um corpo de 358 funcionários na área de limpeza e serviços gerais, dos quais 60, são designados para atenderem a demanda do programa de compostagem. Estes funcionários compreendem a parte operacional do projeto, realizam a varrição das áreas comuns, sarjetas e ruas. O resíduo oriundo desta varrição é exatamente o material destinado à compostagem que, em sua maior parte é orgânico de origem vegetal composto por folhas secas caídas, galhos, frutos e flores oriundos das árvores, entretanto nele também é encontrado resíduo inorgânico indevidamente descartado pelas pessoas, por

isso antes de destinar o resíduo para a compostagem, é necessário submetê-lo a uma triagem manual para proporcionar segregação da fração inorgânica.

O resíduo oriundo da varrição em sua maior parte é formado por folhas secas, pois a UFPB abriga em seu campus I extensas áreas cobertas por vegetação de mata atlântica, floresta tropical semidecidual, que possuem importante papel ambiental, paisagístico, contribuem para a sadia qualidade de vida da comunidade e representam um remanescente florestal de beleza singular inserido na capital do estado da Paraíba, além disto essas áreas verdes tem o potencial de gerar grandes volumes de serapilheira, ou seja, folhas secas caídas. Segundo Vital (2004) a geração de serapilheira em floresta tropical semidecidual é de 10,65 ton/hectare*ano, o que representa 887kg/ha*mês, conseqüentemente 29,5 kg/ha*dia, ou 3 g/m²*dia, como a densidade deste material é baixa, grandes volumes tem um peso leve.

Para observarmos a relação entre a área exposta e a área encoberta por vegetação. A figura 1 apresenta uma visão geral da UFPB campus I.



Figura 01. UFPB contornada em vermelho

Fonte: Autor, 2018.

Esta área da universidade compreende 111 hectares.

1.1 PROBLEMÁTICA

Dos resíduos gerados no Brasil, mais da metade são orgânicos (de origem animal ou vegetal, por exemplo, resto de alimentos, folhas de árvores, vísceras de aves entre outros) e deste montante somente 4% é reciclado por 260 usinas de compostagem, sendo a maioria delas localizadas na região sul e sudeste (IBGE, 2000).

Em 2011 foram gerados pelos brasileiros 62 milhões de toneladas de resíduos, aproximadamente, 37 milhões de toneladas corresponderam aos resíduos orgânicos dos quais apenas 1,5 milhões de toneladas foram recicladas (ABRELPE, 2013).

No momento anterior à implementação do projeto de compostagem da UFPB, o grande volume do resíduo de folhas secas gerado, era tratado como um resíduo comum, ou seja, era ensacado, disposto no contêiner de lixo, recolhido pela Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana de João Pessoa (EMLUR) e destinado ao aterro sanitário metropolitano, quando não, as folhas eram varridas para o interior das áreas de mata, soterrando as plântulas da floresta, impedindo a sucessão ecológica natural. Neste contexto verificou-se ineficiência na gestão deste resíduo.

As folhas secas ou serapilheira, quando caem nas sarjetas e nas ruas, são carregadas pela chuva podendo danificar ou entupir os dispositivos do sistema de drenagem de águas pluviais, quando caem nas calçadas dificultam a acessibilidade do pedestre e pode formar lodo tornando o chão escorregadio. As figuras a seguir ilustram as situações citadas.



Figura 02. Folhas na sarjeta no bairro Bancários- JP

Fonte: Autor, 2016



Figura 03. Folhas na sarjeta da UFPB

Fonte: Autor, 2018



Figura 04. Folhas caídas no estacionamento da UFPB

Fonte: Autor, 2018



Imagem 05. Folhas caídas na calçada e sarjeta no bairro Miramar-JP-PB

Fonte: Autor, 2018



Imagem 06. Folhas secas nas calçadas e sarjetas no bairro Tambiá-JP-PB

Fonte: G1, 2016

O quadro a seguir expressa o objetivo da varrição das folhas:

Quadro 01. Objetivo da varrição

Varrição	Justificativa
Áreas comuns	Estética dos ambientes Acessibilidade
Ruas	Visibilidade da sinalização Manutenção dos sistemas de drenagem de águas pluviais
Sarjetas	Manutenção dos sistemas de drenagem de águas pluviais

Fonte: Autor, 2018

Os resíduos varridos das sarjetas vistos nas figuras acima, em sua maior parte podem ser destinados a compostagem.

Segundo Miguez, Veról e Rezende (2016) a sarjeta é um ambiente propício para acúmulo de resíduos sólidos, estes resíduos reduzem a capacidade de conduzir vazão das sarjetas e podem danificar os dispositivos de drenagem, se não forem submetidos a limpezas periódicas.

A limpeza urbana e drenagem de águas pluviais são considerados serviços de saneamento básico (Brasil, 2007), e ainda sobre Brasil (2007) a adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais, eficiência e sustentabilidade econômica, utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas, são alguns princípios fundamentais para realização de serviços de saneamento básico. Sendo assim a compostagem atende alguns princípios da lei Federal 11445 de 2007.

Quando o manejo da compostagem é inadequado o processo pode gerar sítios de anaerobiose, que, devido a sua população microbiológica particular produz emissão de metano, propicia mau odor e acarreta em poluição atmosférica (THOMPSON *et al.*, 2004), pode acarretar em salinização; contaminação do lençol freático por lixiviação do nitrato e redução da condutividade hidráulica do solo (ABREU JUNIOR *et al.*, 2010). De maneira geral, as desvantagens associadas a compostagem podem ser trabalhadas e sanadas por meio de segregação, acondicionamento e manejo correto destes (PIRES, 2017).

1.2 JUSTIFICATIVA

A gestão dos resíduos sólidos deve se pautar nas premissas do princípio do desenvolvimento sustentável. Entretanto, na realidade brasileira a maioria das cidades ainda não possui métodos para gerenciar adequadamente os resíduos sólidos coletados (PIRES, 2017).

Este princípio do desenvolvimento sustentável tem seu preceito na Constituição Federal de 1988, no caput do artigo 225:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para os presentes e futuras gerações.

A lei de Política Nacional do Meio Ambiente corroborando com a Constituição Federal, menciona em seu artigo 4º que, a Política Nacional do Meio Ambiente visará:

I - à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico;

IV - ao desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais;

Com alicerces firmados na Constituição Federal, na Política Nacional do Meio Ambiente e na Lei de saneamento básico, a Lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) prevê, em seu art. 36, inciso V, a necessidade de implantação, pelos titulares dos serviços, “*de sistemas de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articulação com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido*”. Desta forma, entende-se que a promoção da compostagem para a fração orgânica dos resíduos, é uma prática viável, com base legal e indispensável.

As tendências de acordo com a lei 12305/2010, no que diz respeito à gestão de resíduos, apontam como primordial prioridade a redução dos fluxos de deposição em aterros, sendo preferível a reciclagem (através da recolha seletiva e posterior tratamento/valorização), assim cada resíduo tem a sua própria gestão e encaminhamento para o destino adequado de acordo com as suas características, ainda de acordo com esta Lei, a reciclagem do resíduo orgânico por meio da compostagem é a destinação prioritária.

Nesta perspectiva, a compostagem constitui a solução apropriada por permitir redução de custos com a não deposição de resíduos orgânicos em aterro, bem como pelo fato de produzir um corretivo orgânico com valor para a utilização em solos com baixo teor de matéria orgânica e nutrientes (CORDEIRO, 2010), e ainda promove a preservação ambiental, não usa recursos naturais como insumo, promove a geração de um nicho de mercado, e conseqüentemente, oportunidade de trabalho e renda para o momento da coleta do resíduo orgânico, transporte, processo de compostagem (suporte operacional e técnico) e comercialização do composto (PIRES, 2017).

Pela não emissão de combustíveis fósseis derivado dos veículos de transporte, e o desuso de sacos plásticos, a compostagem propicia ganho de qualidade ambiental. Para manter a eficiência da parte gerencial, operacional e ambiental do projeto, é fundamental desenvolver indicadores de desempenho ambiental conforme a NBR ISO 14031.

Visando garantir e monitorar a eficiência do programa, foi elaborado um modelo de avaliação de desempenho ambiental, com base na NBR ISO 14031. De acordo com esta norma, a avaliação de desempenho ambiental (ADA) é um processo que facilita as decisões gerenciais com relação ao desempenho ambiental de uma organização, e que compreende a seleção de indicadores, a coleta e análise de dados, a avaliação da informação em comparação com critérios de desempenho ambiental, os relatórios e informes, as análises críticas periódicas e as melhorias do processo. A implementação da ADA requer o pleno conhecimento dos aspectos ambientais, processos envolvidos na organização.

Para Rodrigues et.al.(2015), os indicadores são resultados quantitativos ou qualitativos que expressam o grau de eficiência da execução do planejamento. Embora existam muitos tipos de indicadores, cabe ao planejador escolher quais parâmetros serão avaliados.

Diante do exposto, o manejo adequado dos resíduos sólidos, como os orgânicos, deve ser realizado de forma a compatibilizar o desenvolvimento econômico-social, a preservação da qualidade do meio ambiente e o equilíbrio ecológico (BRASIL, 1981; BRASIL, 1988; BRASIL, 2010).

Desse modo, pode-se afirmar que na Constituição Federal, na Política Nacional de Meio Ambiental, Lei Nacional do Saneamento Básico e na Política Nacional de Resíduos Sólidos é garantida a ordem prioritária da compostagem na destinação final dos resíduos orgânicos, porque a reciclagem destes resíduos possui maiores vantagens ambientais e sociais e está em consonância com o princípio do desenvolvimento sustentável, quando comparada à disposição destes resíduos em aterro sanitário.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem o objetivo de realizar um estudo sobre o programa de compostagem da UFPB, desenvolver indicadores de desempenho para o monitoramento do projeto e levantar parâmetros para dar subsídio à outras aplicações semelhantes em áreas verdes urbanas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever os processos e fases da compostagem.
- Realizar o levantamento das unidades de compostagem (composteiras) existentes, seus respectivos volumes de armazenamento e coordenadas geográficas.
- Determinar o percentual de áreas verdes da UFPB e áreas verdes geradoras de material para a compostagem.
- Estudar a carga de entrada de material nas composteiras, considerando o volume acumulado, tempo de operação da unidade de compostagem, coeficiente de redução de volume e área verde de influência.
- Determinar as densidades dos materiais de entrada e saída das composteiras.
- Definir o tempo necessário para decomposição do material, por meio de dados observados.
- Descrever o dimensionamento das composteiras.

- Elaborar indicadores de desempenho ambiental em conformidade com a NBR ISO 14031.

- Calcular a produção de composto orgânico e e valoração econômica do material.

- Realizar uma análise de aplicação do programa de compostagem da UFPB em três áreas urbanas

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 DEFINIÇÃO DO TEMA

Compostagem é o processo de decomposição biológica, aeróbica e termofílica, controlado e manejado, de degradação dos resíduos orgânicos, que resulta em um produto orgânico mais estável, química e biologicamente, para uso como insumo agrícola (EPSTEIN, 1997, apud PIRES, 2017).

Pode ser realizada por meio de processos aeróbios, anaeróbios ou mistos, mas é um processo lento que dependendo da tecnologia empregada, pode levar de 45 a 180 dias (AGUIAR et al. 2005), no entanto a compostagem realizada na UFPB, como se trata apenas de matéria orgânica de origem vegetal, especificamente serapilheira, o tempo para decomposição pode ser ainda maior.

O tempo de decomposição do material é variável de acordo com a relação carbono nitrogênio (relação C/N), temperatura, umidade e aeração. Segundo Teixeira et.al. (2005) quando a relação C/N é superior a 30/1 o crescimento de microrganismos decompositores é retardado pela falta de nitrogênio, e conseqüentemente o tempo para a decomposição é maior.

A presença de microrganismos é fundamental para o processo pois, segundo Teixeira et al (2005) a compostagem é um processo de decomposição pela ação de fungos, bactérias e seres que constituem a fauna do solo, os quais agindo em ambientes aeróbios e na presença de água, transformam matéria orgânica em composto orgânico ou húmus. A compostagem é formada por duas fases características, a primeira, que é a de degradação ativa e a segunda, que é a de maturação, a qual corre a humificação da matéria orgânica.

3.2 FASES DA COMPOSTAGEM

De acordo com Teixeira et al (2005) a primeira fase do processo de compostagem, é a fase de degradação ativa, dura aproximadamente 70 dias e a temperatura pode atingir valores de 60 a 70°C, esse calor é gerado pela oxidação biológica da matéria orgânica, principalmente pela oxidação do carbono, quando a temperatura baixa para valores de 35 à 45°C, implica no fim da fase de degradação e início da fase de maturação ou cura.

A cura completa do composto ocorre quando ele atinge o ponto de humificação apresentando coloração negra, a umidade final do composto varia entre 40 e 45%, mas na fase inicial da compostagem a umidade ideal para a ação dos microrganismos é de 50 à 60% (Teixeira et.al, 2005). A temperatura e umidade são os principais fatores que afetam o processo de decomposição (LAVELLE *et al.*, 1993, apud SANCHES *et.al* 2009). A decomposição do material utilizado na compostagem pode ser verificada utilizando-se um vergalhão de ferro na posição vertical até o meio do composto por um período de 10 minutos, caso o vergalhão esteja esquentado, é sinal que o material está se decompondo (Mota et al. 2012).

3.3 MATERIAL DE ENTRADA

Como dito anteriormente, o material de entrada na compostagem, é basicamente serapilheira, resíduo orgânico de origem vegetal. Segundo Vital (2004), a geração média de serapilheira é de 880kg/ha*mês e varia 60% durante o ano, com produção mensal máxima de 1250kg/ha no mês de setembro, a figura 07 apresenta como se dá a variação mensal da produção de serapilheira, de acordo com Vital (2004).

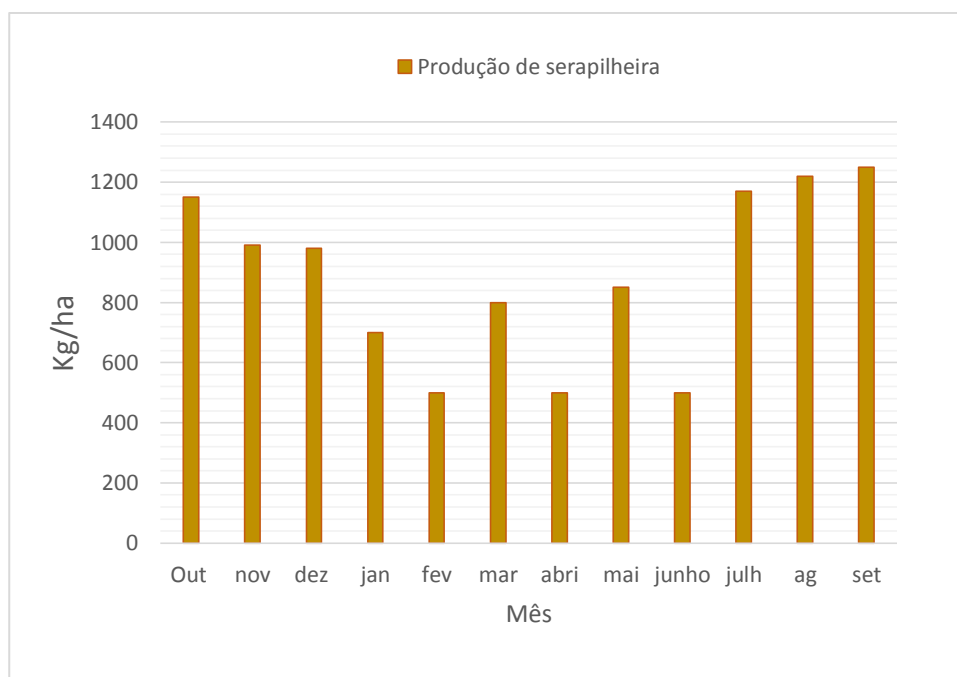


Figura 07. Gráfico que expressa a produção mensal de serapilheira

Fonte: Vital (2004)

Já para Sanches (2009) a produção pode variar de 0,05 à 1,53 ton/ha*mês, pois seu estudo se desenvolveu em uma floresta de transição entre mata atlântica e o cerrado, a serapilheira é o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo, elementos como, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio. Esta transferência de elementos essenciais é proporcionada pela ação de seres decompositores.

De acordo com Sanches (2009) a produção de serapilheira varia ao longo do ano, com menor geração em estações úmidas e maior geração em estações secas, o mesmo autor ainda afirma que a serapilheira é constituída 60 a 93% de folhas, 5 a 32% de galhos, 0 a 6% de flores e 3 a 17% de frutos. Na cidade de João Pessoa o período úmido ocorre por volta do meio do ano e o período mais seco ocorre no início e no fim do ano, veja a figura 08 e 09, que ilustram as precipitações pluviométrica mensais dos anos de 2016 e 2017 em João Pessoa.

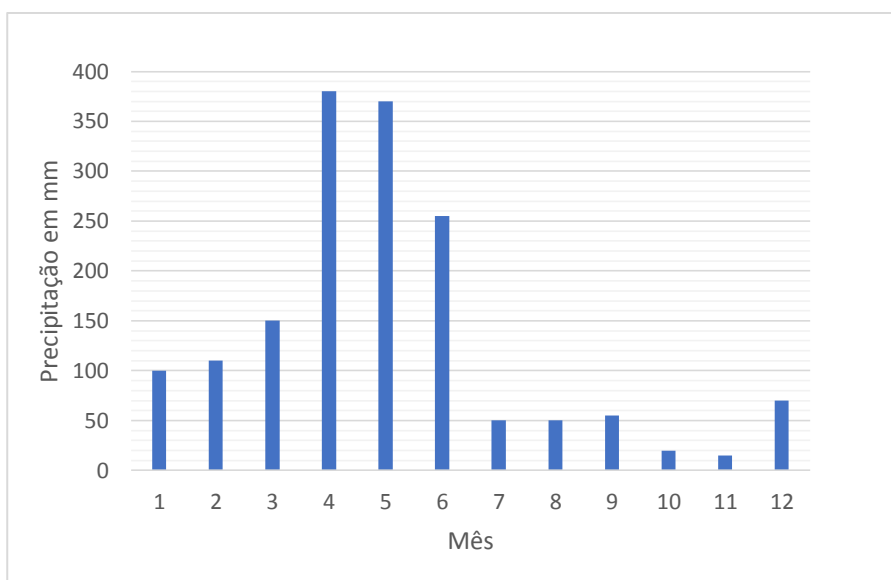


Figura 08. Gráfico da precipitação mensal do ano de 2016

Fonte: Inmet, 2018

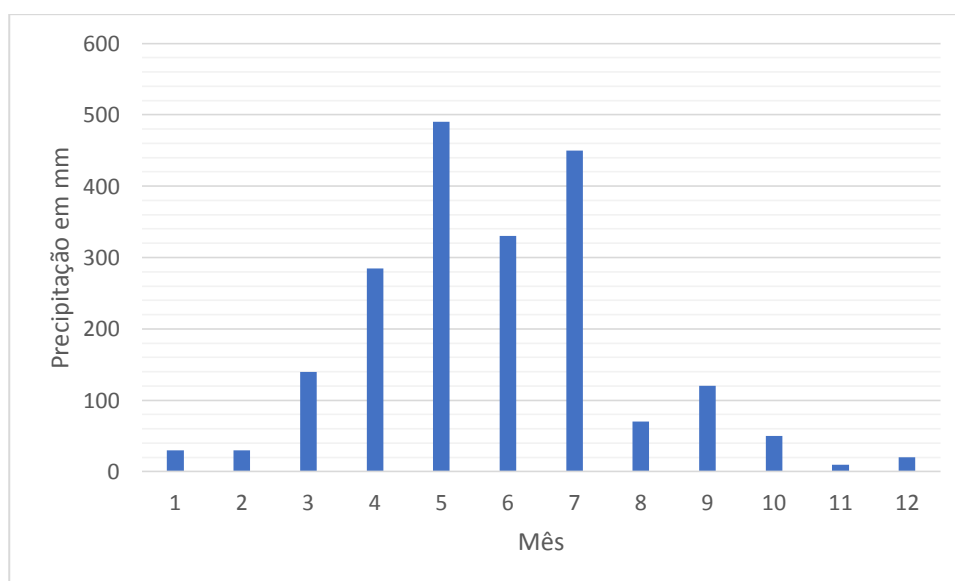


Figura 09. Gráfico da precipitação mensal do ano de 2017

Fonte: Inmet, 2018

Comparando os gráficos das precipitações mensais, com o gráfico da produção de serapilheira, percebe-se que nos meses mais chuvosos a produção de serapilheira é menor e nos meses menos chuvosos, a produção de serapilheira é maior, ratificando a afirmativa de Sanches (2009).

3.4 DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA

A decomposição da matéria orgânica é processada por bactérias aeróbicas (MOTA *et al.* 2012). Segundo Vital (2004) o tempo para decomposição de 95% da serapilheira é de 639 dias, contudo o método utilizado por ele não considerou a importância da fauna do solo no processo. Estudos de invertebrados do solo mostram que, em estações secas, os movimentos da fauna do solo são mais profundos (PRIETO *et al.*, 1999 apud SANCHES, 2009), o que proporciona a oxigenação do solo.

De acordo com Sanches(2009) os artrópodes decompositores são responsáveis por decompor cerca de 20% da folhagem anual e a combinação da decomposição realizada pela fauna do solo com o período úmido do ano, reduz em 40% o tempo para decomposição da serapilheira. Isto faz com que o tempo de decomposição de 95% da serapilheira sugerido por Vital (2004) diminua para 384 dias.

Durante o processo de decomposição dos resíduos orgânicos pela microbiota, em condições favoráveis, ocorre a liberação gradual de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (AQUINO *et al.*, 2005), substâncias ideais para o pleno desenvolvimento das plantas. A microbiota é formada por indivíduos do reino fungi e do reino monera. Já a fauna do solo é sub dividida em microfauna, mesofauna e macrofauna.

A fauna do solo inclui organismos microscópicos, como os nematóides, ácaros e colêmbolos, até os facilmente visíveis, como as minhocas, aranhas, formigas, cupins e besouros, cuja biodiversidade mundial ultrapassa 900 mil espécies conhecidas (PARRON *et al.*, 2015).

Os colêmbolos exercem importante função detritívora, contribuindo para a decomposição da matéria orgânica e o controle das populações, especialmente de fungos (MORAES; FRANKLIN, 2008 apud PARRON *et al.* 2015).

A mesofauna inclui organismos maiores como os diplura, protura, enquitreídeos, sínfilos, pseudo-escorpiões e outros animais como micro-coleópteros, formigas e outros pequenos animais são considerados da macrofauna, se alimentam principalmente de matéria

orgânica em decomposição, fungos e outros organismos menores especialmente nematoides e protozoários, atuam principalmente na fragmentação de resíduos vegetais da serapilheira, o que aumenta a superfície de contato para o ataque de microrganismos, aumentando a taxa de decomposição e liberação de nutrientes para o solo (PARRON *et al.*, 2015).

Entre a macrofauna do solo estão minhocas, cupins, formigas, centopeias, piolhos de cobra, baratas, aranhas, tesourinhas, grilos, caracóis, escorpiões, percevejos, cigarras, tatuzinhos, traças, larvas de mosca e de mariposas, larvas e adultos de besouros, e outros animais, que podem ser consumidores de solo (geófagos), partes vivas das plantas (fitófagos), matéria orgânica do solo (humívoros), serapilheira (detritívoros), madeira (xilófagos), raízes (rizófagos), outros animais (predadores, parasitas, necrófagos) e fungos (fungívoros) (BROWN *et al.*, 2001).

Entre os representantes da macrofauna, especialmente os cupins, os besouros escarabeídeos, as formigas, as milipéias e as minhocas também são denominadas “engenheiros do ecossistema”, pois suas atividades levam à criação de estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e bolotas fecais), que modificam as propriedades físicas dos solos, bem como a disponibilidade de recursos para outros organismos (BROWN *et al.*, 2001a; LAVELLE *et al.*, 1997; TOYOTA *et al.*, 2006 apud PARRON *et al.* 2015) e ainda possibilitam a oxigenação do solo.

Os cupins incluem aproximadamente 290 espécies brasileiras que se alimentam de material celulósico, acelerando a decomposição e a reciclagem dos nutrientes minerais retidos na matéria vegetal morta (CONSTANTINO; ACIOLI, 2008 apud PARRON *et al.* 2015). Eles constroem extensas redes de ninhos e túneis no solo, movimentando partículas tanto vertical como horizontalmente, formando agregados e aumentando a porosidade, aeração, infiltração e drenagem do solo (LAVELLE; SPAIN, 2001 apud PARRON *et al.* 2015). Apresentam simbiose com protozoários e bactérias fixadoras de nitrogênio, compensando a alta relação C/N na sua dieta.

A atividade da fauna do solo proporciona uma série de serviços ambientais como, ciclagem de nutrientes, produtividade primária, controle da erosão e enchentes, regulação do clima, tratamento de resíduos sólidos (decomposição e estabilização de resíduos orgânicos), educação ambiental, entre outros (PARRON *et al.* 2015).

Com todo esse ecossistema formado numa pilha de serapilheira deve-se reservar uma parte do material humificado, para ser reintroduzido na compostagem cerca de 10 à 15%, com objetivo de inocular fungos, bactérias e animais constituintes da fauna do solo, com finalidade de aumentar a eficiência do processo diminuindo o tempo para decomposição

(TEIXEIRA *et.al*, 2005), e ainda, segundo Pimentel *et.al*, (2014), devido a decomposição e adensamento da pilha de compostagem, há uma redução no volume de 30 à 70% entre o material de entrada e de saída.

3.5 COMPOSTO ORGÂNICO

Para utilizar o composto na produção de mudas, é recomendado passa-lo por peneiras com malha de 3 a 5mm (TEIXEIRA *et.al*, 2005).

O composto gerado pode ser utilizado em áreas degradadas, em jardins públicos ou privados, na agricultura como adubação de plantas, pode ser comercializado, entre outras aplicações. O preço de 1kg de composto orgânico varia de acordo com sua qualidade de R\$1,5 à R\$4,5 (Mercado livre, 2018).

Os compostos orgânicos possuem propriedades biológicas adequadas para seu uso como substratos. Existe na literatura a evidência de que os compostos podem estimular a proliferação de antagonistas a organismos fitopatogênicos, ajudando a controlar algumas doenças do sistema radicular das plantas (LEAL *et al.* 2007).

Algumas regulamentações federais dispõem sobre a comercialização de composto orgânico, são elas, a Lei Federal nº 6.894, de 16 de dezembro 1980 e o Decreto Federal nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Sem dúvida a produção de composto orgânico oriundo da compostagem de resíduo sólido orgânico, promove a preservação ambiental, não usa recursos naturais como insumo, promove a geração de um nicho de mercado e, conseqüentemente, oportunidade de trabalho e renda, sendo assim torna-se vital a participação popular na gestão de resíduos sólidos urbanos.

3.6 PARTICIPAÇÃO POPULAR NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

O conceito de gestão de resíduos sólidos abrange atividades referentes à tomada de decisões estratégicas com relação aos aspectos institucionais, administrativos, operacionais, financeiros e ambientais, enfim à organização do setor para esse fim, envolvendo políticas, instrumentos e meios (LIMA, 2016).

De acordo com Lima (2016), são elementos indispensáveis na composição de um modelo de gestão:

- Reconhecimento dos diversos agentes sociais envolvidos, identificando os papéis por eles desempenhados promovendo a sua articulação;
- Consolidação da base legal necessária e dos mecanismos que viabilizem a implementação das leis;
- Mecanismos de financiamento para a auto-sustentabilidade das estruturas de gestão e do gerenciamento;
- Informação à sociedade, empreendida tanto pelo poder público quanto pelos setores produtivos envolvidos, para que haja um controle social;
- Sistema de planejamento integrado, orientando a implementação das políticas públicas para o setor.

No modelo de Gestão Participativa o município desde o desenvolvimento do orçamento plurianual ou o orçamento anual tem a participação dos seus habitantes residentes, onde o município deve investir em que áreas irá atuar. Após a análise e compilação dos dados que a população sugerir, o poder público analisa as ações relativas aos serviços de limpeza urbana, e inclui em seu orçamento anual ou plurianual dentro de uma prioridade político-administrativa e financeira de modo a se ter uma participação efetiva da comunidade, nas ações a serem implementadas e na solução dos problemas existentes (LIMA, 2016).

Para Cardoso (2002) apud Souza (2013), o processo participativo na gestão da limpeza urbana contribui para construir e reforçar vocações locais, e a consequência direta desta participação, poderá resultar na redução da geração de resíduo, manutenção dos logradouros limpos, no acondicionamento e disposição para coleta adequada. Ainda, como resultado final, tem-se uma operação dos serviços menos onerosa, o que contribuirá para o interesse governamental em programas de parcerias, favorecendo a melhoria da qualidade de vida.

Souza (2013) destaca que para promover uma participação popular eficiente na gestão de resíduos sólidos orgânicos, é crucial desenvolver nos participantes uma sensibilização e percepção ambiental, por meio de um programa de educação ambiental constante e abrangente de maneira a atingir diversos públicos envolvidos.

Contudo para se aplicar programas de compostagem inspirados no projeto da UFPB em outras áreas verdes espalhadas no município, e possibilitar a participação popular, é

essencial levantar parâmetros e estabelecer indicadores de desempenho, visando designar critérios fundamentais para obter-se um bom rendimento no funcionamento e resultados do projeto.

3.7 SISTEMA DE VARRIÇÃO DE VIAS E LOGRADOUROS PÚBLICOS

Para dimensionar a quantidade de varredores(as) em um sistema de varrição manual o cálculo deve ser realizado em função dos quilômetros de sarjetas das vias públicas aonde desejamos executar estes serviços. A quantidade varrida em m² é também outro parâmetro a ser considerado quando da necessidade de também varrer os passeios, entretanto normalmente a responsabilidade de limpar os passeios deve ser de seus proprietários. Um varredor deve andar equipado de lutocar, vassourão, vassoura, pá e sacos plásticos de 100 e 200litros (LIMA, 2016).

De acordo com o mesmo autor supracitado, na cidade de João Pessoa um varredor(a) varre em média 1.450m de sarjeta por dia, embora em outras localidades esse valor por chegar a 3.600m de sarjeta por dia, ou áreas de 1.300 a 1.500m² por dia.

Portanto Lima (2016) conclui que o dimensionamento da quantidade de varredores a um sistema de varrição manual pode ser obtido pela seguinte equação:

$$X = (Q * K) / (N * P)$$

Onde: X = quantidade de varredores(as) necessários ao sistema

Q = quantidade de vias públicas a serem varridas, expresso em km de sarjeta

K = coeficiente de reserva técnica de 20%

N = frequência de varrição, sendo (n=1 varrição diária), (n=2 dia sim dia não), (n=6 varrição semanal).

P = produção diária do varredor (km) no caso de João Pessoa 1,45km

Observação:

Se a varrição será feita em locais públicos como praças, onde o 'Q' quantidade de vias públicas, não é um dado em km de sarjeta, dividirá o valor da área a ser varrida em m² por 1m, como resultado tem-se um valor em metros, que pode ser transformado para km, e enfim ser usado no cálculo.

Outro parâmetro para o projeto de compostagem foi levantado por Vital (2004), trata-se da geração de folhas por hectare por ano, e os demais parâmetros serão indicados na metodologia e expostos nos resultados deste trabalho.

4 METODOLOGIA

Este trabalho é de cunho descritivo, pois pretende explicar como acontece o programa de compostagem da UFPB e como se dão as fases da compostagem, assim como é de cunho exploratório, pois trata de questões ausentes na bibliografia como determinação da densidade de serapilheira e dimensionamento de composteiras, a metodologia usada para alcançar os objetivos do trabalho está disposta a seguir.

A parte gerencial do programa de compostagem é formada pela Comissão de Gestão Ambiental da UFPB, funcionários colaboradores, um coordenador, alunos bolsistas, voluntários e Prefeitura Universitária (PU). A parte operacional é formada por funcionários de duas empresas terceirizadas, a JMT e a CLEAR, divididos pelos 11 setores da universidade. A divisão da universidade em setores está representada na figura abaixo.



Figura 10. Setorização da universidade

Fonte: Autor, 2018

Os 11 setores estão descritos no quadro abaixo:

Quadro 02. Setores da universidade

Setor	Local
S01	Reitoria
S02	CCTA e Centro de vivências
S03	CCHLA
S04	CE e CCSA
S05	CT, CEAR e CCJ
S06	CA e CBIOTEC
S07	CCEN
S08	Biblioteca central, STI e UFPB virtual
S09	PU, Áreas externas e ruas principais
S10	CCS e CCM
S11	Residência e Esportes

Fonte: Autor, 2018

A compostagem é realizada em unidades denominadas composteiras estrategicamente alocadas em cada setor da universidade, as áreas escolhidas para a sua implantação apresentam características comuns: pouca declividade; proteção contra vento e insolação direta (próximo a áreas com vegetação), ser de fácil acesso, permitindo a passagem de veículos para retirada de material. As composteiras foram construídas com paredes de folhas de zinco, algumas reutilizadas das obras de construção civil, fixadas em suportes de madeira também reutilizados, a imagem a seguir mostra a implantação de uma composteira:



Figura 11 - Funcionários instalando composteira no CCJ.

Fonte: Autor, 2017

A compostagem é realizada em leiras estáticas formadas por material orgânico posto e acumulado no interior destas composteiras.

Para realizar a varrição e por conseguinte o transporte do material e abastecimento das composteiras, os funcionários são equipados de lutocar (carrinho lixeira de 240 litros), sacos plásticos (para segregação dos resíduos inorgânicos coletados), vassouras e pás. A figura 09 mostra um funcionário da empresa JMT realizando a varrição.



Figura 12. Varrição de logradouros na UFPB

Fonte: Autor, 2018

Foram levantados junto a Prefeitura Universitária os tempos de operação e de retirada do material. As unidades de compostagem recebem diariamente, exceto nos finais de semana, cargas de resíduo. Portanto elas precisam assumir um volume ideal de armazenamento, para realizar o levantamento das composteiras existentes e os respectivos volumes de armazenamento, foram utilizados dados coletados em campo e documentos da Comissão de Gestão Ambiental (CGA) da universidade. Já para determinação da área de vegetação que tem influência sobre o resíduo gerado para a compostagem, foi utilizado o software AutoCAD onde essa área foi delimitada por poligonais. Na determinação das coordenadas geográficas das composteiras foi usado o software Quantum Gis (QGIS).

4.1 ESTUDO DA GERAÇÃO DO MATERIAL DE ENTRADA

Na realização deste estudo foram considerados os volumes acumulados das composteiras, estas foram abastecidas por camadas parcialmente uniformes dispostas em lâminas (afim de facilitar a medição), também foi considerado o tempo de operação e um coeficiente de redução de volume.

Para mensurar o volume acumulado foi utilizada uma trena para medir a altura do material disposto no interior da composteira, esse volume relacionado ao tempo de operação da composteira, nos possibilita calcular a carga de entrada diária em volume (m^3), no entanto precisa-se multiplicar esse valor por um coeficiente de acréscimo de volume, devido a decomposição e adensamento pela ação da gravidade, pois o volume acumulado medido é menor que o volume do material que entrou na composteira. Daí tem-se a equação.

$$V_e = (V_a * R) / T \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: 'Ve' é o volume de entrada diário em m^3 ; 'Va' é o volume acumulado medido em m^3 ; 'R' é o acréscimo devido à redução do volume ao longo do tempo e 'T' é o tempo de operação da composteira em dias.

Na determinação do coeficiente de redução de volume foram considerados dados de bibliografia, como dito anteriormente, segundo Pimentel et al. (2014), devido a decomposição e adensamento da pilha de compostagem, há uma redução no volume de 30 à 70% entre o material de entrada e de saída, este dado de bibliografia foi comparado com dados experimentais obtidos por uma composteira piloto feita de vidro localizada na unidade de conservação (UC) Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo (FLONA de Cabedelo). A figura 10 ilustra a composteira piloto.



Figura 13. Composteira piloto

Fonte: Autor, 2018

Essas estacas de madeira dentro da composteira servem para análise da redução de volume ao longo do tempo. A dimensão desta composteira é de 0,75mx0,75m, foi adicionado uma lâmina de 0,3m de serapilheira. A redução de volume considerada, foi o valor médio entre a redução observada nas estacas.

Outra maneira utilizada para determinar a geração do material de entrada, é por imagens adquiridas do Google Earth e áreas verdes de influência para compostagem, delimitadas através do software AutoCAD, relacionadas com a produção de serapilheira sugerida por Vital (2004). Quando ainda não se tem uma composteira instalada, mas necessita-se saber qual será o volume de entrada de material para um dado projeto, o método das áreas de influência é o único recurso disponível, portanto foi feito uma comparação entre o volume de entrada obtido pela medição do volume acumulado e o volume de entrada obtido pelo método das áreas de influência. A equação para determinação do volume diário de entrada pelo método das áreas de influência se expressa da seguinte forma:

$$Ve = (Ai \cdot S) / \rho \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: 'Ve' é o volume diário de entrada em m³; 'Ai' é a áreas de influência em hectare; 'S' é a produção diária de serapilheira em Kg/ha*dia valor oriundo do estudo de Vital (2004); 'ρ' é a massa específica da serapilheira.

Se o método das áreas verdes de influência gerar valores de volume parecidos com os valores de volume obtidos pelo método de medição do volume acumulado em campo, significa que o método das áreas de influência pode ser utilizado para calcular o volume

diário de produção de serapilheira em uma dada área verde da cidade, com isso proceder o cálculo de um projeto de dimensionamento de uma composteira e produção de composto orgânico.

4.2 DENSIDADES

É necessário determinar a densidade do material de entrada pois os dados de bibliografia revelam valores de produção de serapilheira em massa (Kg). Para obtermos esse valor em volume precisa-se da densidade ou massa específica do material, pois por meio do volume realiza-se o dimensionamento da composteira.

Do mesmo modo se faz indispensável o conhecimento da densidade do material de saída, pois os dados de geração de composto orgânico são na unidade de volume, mas para ser comercializado utiliza-se unidade de massa (Kg). Essas densidade foram obtidas por dados experimentais visto que não foram encontrados dados de bibliografia sobre o assunto.

Para determinar a densidade do material de entrada, foi utilizado um recipiente de volume conhecido de 18 litros, posto dentro dele o material de entrada na composteira e pesado numa balança SF-400, precisão de 1g, o massa medida foi dividido pelo volume e obteve-se a densidade ou massa específica, o peso do recipiente foi desconsiderado, foi realizada 9 medições a posteriormente utilizado o valor médio. A figura 11 mostra a serapilheira sendo pesada.



Figura 14. Medição da densidade

Fonte: Autor, 2018

O mesmo procedimento foi realizado com o material de saída, mas foi utilizado um recipiente de volume menor, 350ml, pois a densidade da serapilheira é menor que a do composto orgânico. A figura a seguir mostra o composto orgânico sendo pesado.



Figura 15. Pesagem do composto orgânico

Fonte: Autor, 2018

Conforme o material vai sendo acumulado nas composteiras, ao longo do tempo acontece a sua humificação e o tempo total para a humificação foi obtido por dados observados junto a Prefeitura Universitária.

O monitoramento ocorre semanalmente com a vistoria das composteiras e a elaboração de relatórios que são analisados para auxiliar nas ações de intervenção, como limpeza, educação ambiental e melhoria da eficiência operacional e gerencial.

4.3 DIMENSIONAMENTO DAS COMPOSTEIRAS

Para realizar este dimensionamento foram considerados os parâmetros listados abaixo:

S = Geração diária de serapilheira por unidade de área, dada em quilograma por hectare por dia ($\text{kg/ha} \cdot \text{d}$). O parâmetro “ S ” utilizado foi um dado de bibliografia de Vital (2004).

A_i = Área de influência em Hectare (ha), obtida por meio do software AutoCAD

R = Coeficiente de redução de volume (percentual). Obtido por meio da composteira piloto

ρ = Massa específica da serapilheira em quilograma por metro cúbico (kg/m^3). Obtido por meio experimental.

T_d = Tempo para decomposição em dias. Obtido por dados observados junto a Prefeitura Universitária.

C_i = Coeficiente de inóculo, é o volume destinado a inoculação de seres decompositores, este parâmetro foi obtido por dados de bibliografia de Texeira et al. (2005), este é um volume de material humificado que ficará permanentemente na composteira.

4.4 ELABORAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL

Os indicadores de desempenho ambiental (IDA) foram elaborados com base na ABNT NRB ISO 14031, considerando aspectos determinantes para a eficiência do projeto, tanto aspectos gerenciais, como operacionais e de condições ambientais.

4.5 ANÁLISE DA REPLICAÇÃO DO PROJETO EM ÁREAS URBANAS

Para realizar esta análise, foi utilizado a metodologia de Lima (2016), descrita na revisão teórica, item 3.7.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 LEVANTAMENTO DAS COMPOSTEIRAS E SEUS VOLUMES

O número de composteiras construídas na universidade tem aumentado nos últimos anos, ao todo foram instaladas 14 composteiras (sendo duas operadas em série) espalhadas nos 11 setores da universidade, a figura 13 mostra duas composteiras localizadas por trás da central de aulas (CA), essas composteiras, são operadas em série e foram construídas uma ao lado da outra.



Figura 16. Composteira localizada por trás da Central de aulas

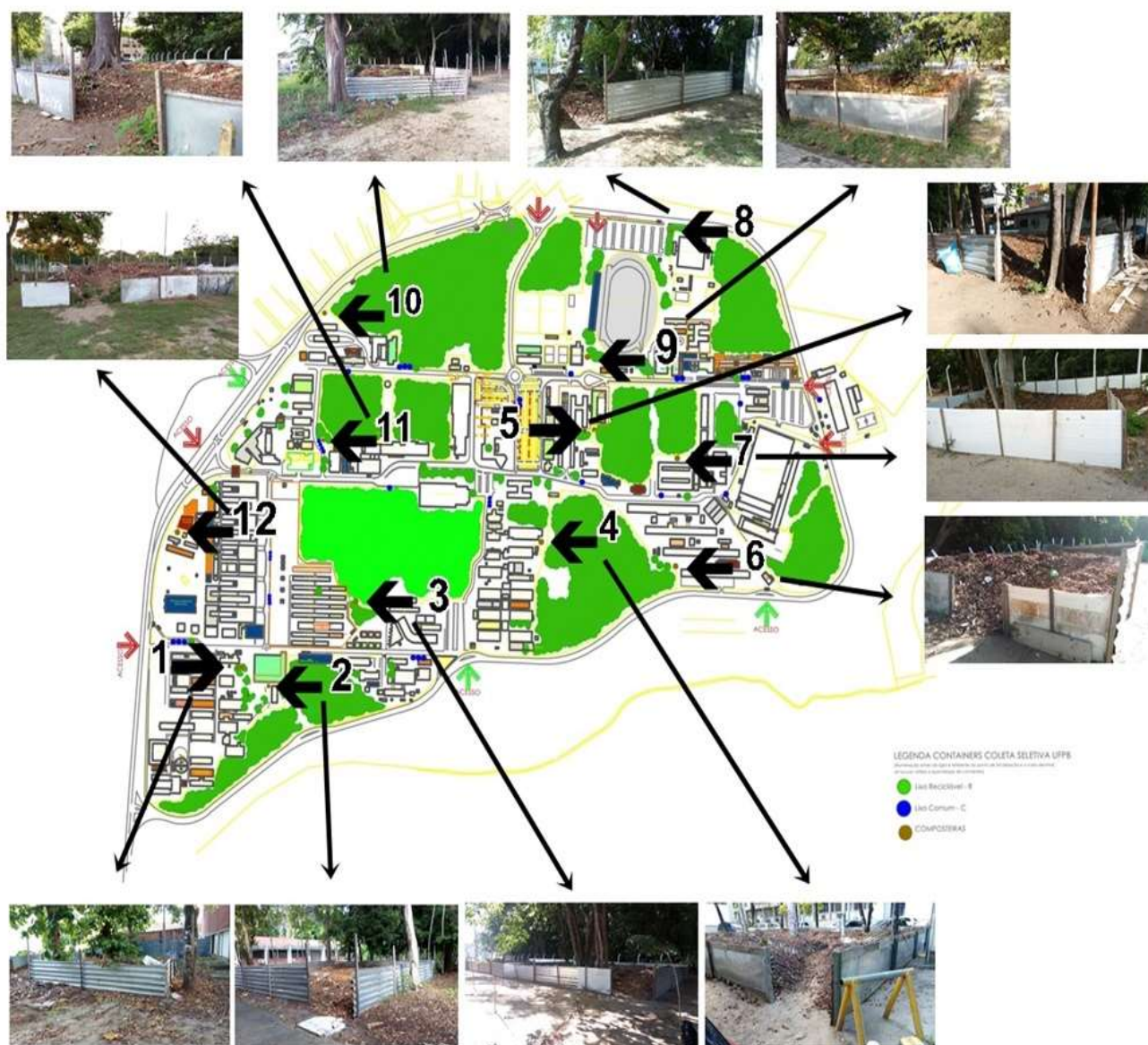
Fonte: CGA, 2018

Para este levantamento foram analisados dados coletados em campo e arquivos da Comissão de Gestão Ambiental da UFPB. No esquema a seguir são identificadas as localizações das composteiras.

Compostagem UFPB - CGA

Unidade Sede

- | | | |
|----------|----------|------------|
| 1 - CT | 5 - PU | 9 - DEF2 |
| 2- CCJ | 6 - CCS1 | 10 - CCTA1 |
| 3 - CA | 7 - CCS2 | 11 - CCTA2 |
| 4 - CCEN | 8 -DEF1 | 12 - CEAR |



Fonte: CGA, 2018.

As coordenadas geográficas das composteiras estão apresentadas no quadro abaixo.

Quadro 02. Coordenada geográfica das composteiras

Composteira	Coordenadas
CT	-3879405,7 ; -787149,1
CCJ	-3879384,2 ; -797148,4
CCHLA	-3879441,02 ; -796827,89
CCTA	-3879221,85 ; -796533,38
CAIXA	-3879275,56 ; -796409,52
CA-CCEN	-3879301,33 ; -796831,99
CCEN-MATA	-3878968,40 ; -796721,6
CCS-MATA	-3879580,1 ; -796627,6
CCS-ELEFANTE	-3878641,5 ; -796476,6
DEF	-3878920,11 ; -796424,65
DEF-SAÍDA	-3878879,53 ; -796137,61
PU	-3878897,23 ; -796484,19

Fonte: QGIS, 2018.

Os respectivos volumes de armazenamento das composteiras estão descritos abaixo:

Quadro 03. Ficha de dimensão das composteiras

Nomenclatura	Centro	Área (m ²)	Capacidade (m ³)
Comp 01	CCTA-caixa	77	80
Comp 02	CCTA	195	209
Comp 03	CEAR	183	185
Comp 04	CT1	171	188
Comp 05	CT2	113	129
Comp 06	CCJ	81	97
Comp 07	CCEN-DSE	88	98
Comp08	CCEN-CA1	119	131
Comp 09	CCEN-CA2	88	97
Comp 10	PU	48	58
Comp 11	CCS1-MATA	78	83
Comp 12	CCS2-ELEFANTE	63	51
Comp 13	DEF1-SAÍDA	70	74
Comp 14	DEF2	137	151

Fonte: Autor ; CGA, 2018.

O volume total de armazenamento é de 1600m³.

5.2 COEFICIENTE DE REDUÇÃO E CARGA DE ENTRADA

A composteira piloto foi implantada dia 11 de abril com uma lâmina de 0,3m e área de 0,5625m², no dia 18 de abril foi realizada outra medição e a lâmina havia rebaixado 8cm, a outra medição foi feita dia 26 de abril e a lâmina reduziu 10cm em relação a lâmina inicial de 0,3m, a terceira medição foi feita dia 30 de abril e a lâmina havia reduzido 11cm em relação a lâmina inicial de 0,3m e pôr último uma medição realizada dia 05 de junho, e a lâmina havia reduzido 14 centímetros em relação a lâmina inicial. O gráfico abaixo apresenta como aconteceu a redução de volume ao longo do tempo.

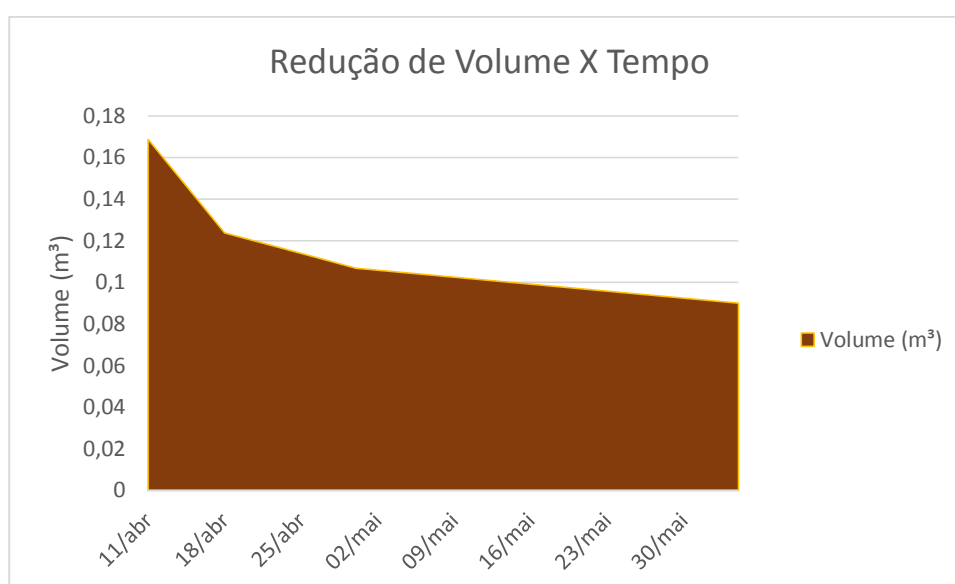


Gráfico 17. Redução do volume ao longo do tempo

Fonte: Autor, 2018

Observou-se que a redução do volume em percentual variou conforme o quadro abaixo:

Quadro 03. Redução de volume

Tempo após instalação	Redução (%)
7 dias	25
15 dias	33
19 dias	36
54 dias	46

Fonte: Autor, 2018.

Logo para calcular a carga de entrada diária de material nas composteiras, considerou-se um acréscimo de 40%, pois como elas são abastecidas regularmente, a idade do resíduo é variável e as medições ocorreram com no mínimo 5 meses de operação das composteiras.

Não se conseguiu determinar a carga de entrada para todas as composteiras, pois algumas estavam com lâmina inconstante, o que dificultou a medição do volume acumulado. No planejamento do trabalho se pensou em criar uma planilha diária preenchida pelos funcionários, sobre a quantidade de carrinhos cheios que abasteciam as composteiras, porem devido as variações sazonais da produção de serapilheira esse método teria que ser aplicado durante todo o ano, ficando então uma opção para futuros trabalhos. O quadro 04 apresenta a ficha de monitoramento das composteiras com os volumes acumulados medidos e cargas de entrada em metros cúbicos.

Quadro 04. Ficha de monitoramento das Composteiras.

Nomenclatura	Idade até abril de 2018	Reciclada em	Centro	Área (m²)	Capacidade (m³)	Volume acumulado (m³)/meses de operação	Volume diário de entrada(m³) aplicando um acréscimo de 40%
Comp 01	3,5 anos	11/17	CCTA - CAIXA	77	80	Não medido	Não medido
Comp 02	2,5 anos	01/17	CCTA	195	209	Não medido	Não medido
Comp 03	5 anos	04/17	CEAR	183	185	Não medido	Não medido
Comp 04	4 anos	02/17	CT-1	171	188	Não medido	Não medido
Comp 05	12 meses	Não foi	CT-2	113	129	113/12	0,439
Comp 06	6 Meses	Não foi	CCJ	81	97	49/5	0,457
Comp 07	9 Meses	Não foi	CCEN -DSE	88	98	79/9	0,409
Comp08	13 meses	Não foi	CCEN -CA1	119	131	119/13	0,427
Comp 09	6 Meses	Não foi	CCEN -CA2	88	97	62/6	0,482
Comp 10	6 Meses	Não foi	PU	48	58	50/6	0,388

Comp 11	3 Anos	04/17	CCS	78	84	Não medido	Não medido
Comp 12	3 Anos	11/17	CCS	63	51	Não medido	Não medido
Comp 13	6 meses	Não foi	DEF-SAÍ-DA	70	74	39/6	0,303
Comp 14	10 meses	Não foi	DEF	137	151	110/10	0,513

Fonte: Autor; CGA, 2018

Outro método para o estudo da geração da serapilheira, foi utilizado imagens no Auto CAD e delimitada áreas encoberta por copa de arvores denominadas áreas verdes de influência.

5.3 ÁREA DE INFLUÊNCIA E PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA

Denominou-se áreas de influência as áreas verdes cujas folhas caem em locais onde ocorre varrição. Já as áreas verdes que suas folhas caídas não são varridas são aquelas localizadas no interior das matas, estas áreas foram denominadas áreas de fragmento florestal. A figura 14 apresenta poligonais feitas em todas as áreas verdes da universidade incluindo as áreas denominadas de Fragmento florestal.



Figura18. Poligonais contornando áreas verdes da UFPB

Fonte: Autor, 2018.

c A imagem acima apresenta as áreas verdes da universidade delimitadas de verde, e a área delimitada de preto são as áreas de fragmentos florestais. A universidade tem uma área de 111ha, áreas cobertas por vegetação correspondem a 39,23ha o que representa 35% da área total da universidade.

O resultado obtido do somatório das de todas as áreas, subtraindo as de fragmentos florestais, gerou as áreas de influência para compostagem. A área total de influência é de 2,6 hectares. Multiplicando esta área pelo valor de produção de serapilheira de Vital(2004), a produção anual de serapilheira da área de influência é de 27,5 toneladas. Para sabermos qual volume este valor corresponde precisa-se dividi-lo pela densidade da serapilheira.

5.4 DENSIDADES E VOLUME DE SERAPILHEIRA PRODUZIDO

Obtidas por modo experimental, as densidades encontradas dos materiais foram, 25kg/m³ para a serapilheira, e 970kg/m³ para o composto orgânico.

Portanto o volume de serapilheira produzido foi, a produção de serapilheira anual encontrada no item anterior (27,5ton) dividido por sua densidade, obteve-se que o volume anual gerado de serapilheira destinada a compostagem na UFPB é de 1100m³.

As composteiras recebem material das áreas de varrição, a maior parte do material da varrição é originado nas árvores, á áreas das copas das árvores localizadas onde ocorre varrição, são as áreas verdes de influência. A seguir será apresentado um exemplo usando a área de influência referente apenas a composteira do Centro de Ciências Jurídicas (CCJ), para compararmos o valor com o volume de entrada do item 5.2. A figura abaixo mostra a área de influência e a localização da composteira.



Figura 19. Exemplo CCJ

Fonte: Autor, 2018

Na imagem acima, a área de influência está delimitada em amarelo e a composteira é o círculo laranja, a área total de influência para a composteira do CCJ foi de 0,418ha, portanto multiplicando este valor pela produção diária de serapilheira e dividindo-o o resultado pela densidade temos o volume de entrada:

$$Ve = (0,418 \times 29,2) / 25 ; \text{ Onde 'Ve' é o volume diário de entrada de resíduo.}$$

$$Ve = 0,49m^3$$

Por meio da medição do volume acumulado no item 5.2, o volume diário de entrada foi de 0,457m³, percebe-se que os valores são próximos, a diferença é de 7%, pois nem todas as folhas caídas estão indo para compostagem, algumas caem em locais onde não é necessário varrer, por isso é importante delimitar a área de influência com precisão.

A seguir será realizado outro cálculo com a composteira do Centro de Ciências Exatas da Natureza (CCEN). A figura abaixo mostra a localização da composteira do CCEN e áreas de influência.



Figura 20. Cálculo CCEN

Fonte: Autor, 2018

O círculo laranja representa a composteira e as poligonais amarelas representam as áreas de influência.

A soma das áreas de influência foi de 0,354ha, portanto efetuando a mesma expressam feita acima temos:

$$V_e = (0,354 \cdot 29,2) / 25$$

$$V_e = 0,41 \text{m}^3$$

Comparando com o valor de volume de entrada encontrado no item 5.2, o qual foi de 0,409m³, temos um valor aproximado da carga de entrada diária com diferença de 0,25%, portanto o valor gerado pelo método da área de influência é um valor teórico considerável para projeto.

Continuando, calculou-se com a composteira do Centro de tecnologia (CT) a figura abaixo apresenta a área de influência e a localização da composteira.

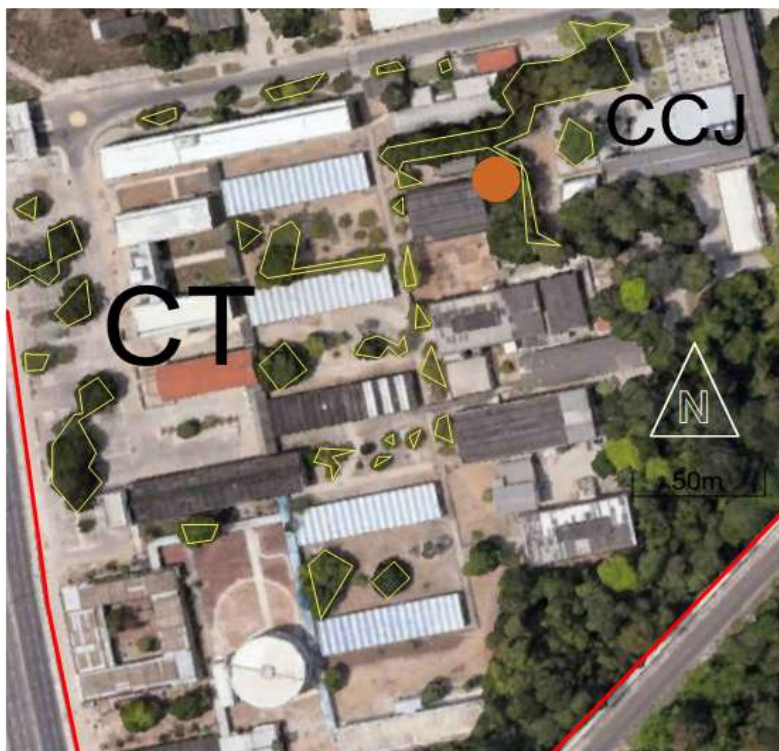


Figura 21. Cálculo composteira do CT

Fonte: Autor, 2018

A área de influência total foi de 0,4107ha, portanto:

$$Ve = (0,4107 \times 29,2) / 25$$

$$Ve = 0,479m^3$$

No item 5.2 o volume diário de entrada foi de 0,439m³, portanto mais uma vez o método de determinação da carga por meio da área de influência resultou em um valor maior, desta vez de 8%, mesmo assim um valor considerável para projeto.

Por último, o exemplo utilizando a área de influência da composteira da Prefeitura Universitária (PU). A figura a seguir apresenta a localização da composteira e áreas de influência.



Figura 22. Cálculo PU

Fonte: Autor, 2018

Portanto a área total de influência foi 0,349ha, efetuando o cálculo temos:

$$Ve = (0,349 \times 29,2) / 25$$

$$Ve = 0,408 \text{m}^3$$

Comparando com o volume de entrada encontrado no item 5.2 de 0,388m³, mais uma vez pelo método da área de influência verificou-se um valor maior, desta vez da ordem de 5%.

As demais áreas de influência não foram delimitadas por falta de tempo.

5.5 TEMPO PARA DECOMPOSIÇÃO

O tempo para decomposição obtido por dados de bibliografia, como dito anteriormente foi de 384 dias, mas o tempo obtido por meio de dados observados e dados da Prefeitura Universitária (PU) é de no máximo um ano, podendo variar de 10 meses a um ano de acordo com as condições climáticas, sendo a melhor época para retirada do composto é após o período de chuva, ou seja, no mês de julho ou agosto.

Como a compostagem é realizada em leiras estáticas, percebeu-se que a altura máxima que a lâmina de resíduo acumulado no interior da composteira pode atingir é de 1,3 metros, passando disto o substrato se torna bastante compactado e começam a surgir pontos de anaerobiose, onde decomposição ocorre mais lentamente.

5.6 DIMENSIONAMENTO DAS COMPOSTEIRAS

O cálculo para dimensionamento das composteiras foi desenvolvido de forma empírica de acordo com os parâmetros considerados. A princípio foi montada a equação:

$$V_c = \frac{(S \cdot A_i \cdot R \cdot C_i \cdot T_d)}{\rho} \quad (\text{Equação 3})$$

ρ

Onde: V_c = Volume da composteira (m^3) ; S = produção de quilo de serapilheira por hectare por dia (29,2kg Vital (2004)) ; A_i = Área verde de influência para compostagem em hectare (ha) ; R = coeficiente de redução de volume (40%) ; C_i = Coeficiente de volume para inúcleo, adicional de 12% (Texeira(2005)) ; T_d = Tempo para decomposição completa em dias ; ρ = massa específica da serapilheira.

Como o cálculo apresenta constantes, a equação assume da seguinte forma:

$$V_c = 0,785 \cdot A_i \cdot T_d$$

Para ratificar o cálculo de dimensionamento acima descrito, se viu a importância de montar um cronograma de operação para a composteira, e se determinar um Tempo para decomposição ideal, a quadro abaixo apresenta este cronograma.

Quadro 05. Cronograma de operação

Mês	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Primeira operação	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Mês	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Segunda operação	yx	yx	yx	yx	yx	y	y	y	y	y	y	y	yx	yx
						x	x	x	x	x	x	x		

Fonte: Autor, 2018

No cronograma acima a letra 'x' significa abastecimento e a letra 'y' significa retirada de material, sendo que quando ocorrer o mês 9 pela segunda vez, será abastecido o último espaço da composteira, quando ocorrer o mês 10 pela segunda vez, o volume compreendido dos dois primeiros meses 8 e 9 poderá ser retirado e renovar o ciclo, sendo que devido a variação sazonal da produção de serapilheira, os meses 8 e 9 representam maiores volumes que a média mensal de produção.

O tempo para decomposição encontrado foi de um ano, porém para o dimensionamento deve-se usar no mínimo 14 meses, pois assim a operação de retirada de composto acontecerá de maneira mais eficiente, pois se a composteira for dimensionada para 12 meses, o material a ser retirado no novo ciclo é referente ao volume de entrada de apenas um dia, se dimensionarmos a composteira para 14 meses, o material que poderá ser retirado no novo ciclo é referente a 2 meses, portanto temos que o 'Td' para o dimensionamento é de 14 meses ou 420 dias, logo o volume da composteira será dado pela expressão:

$$V_c = 330 \cdot A_i \quad (\text{Equação 4})$$

O resultado é a capacidade de armazenamento da composteira em m³. Um exemplo deste cálculo utilizando a área verde de influência total da universidade está descrito abaixo.

$$V_c = 330 \cdot A_i \quad ; \text{Onde } A_i = 2,6 \text{ hectares}$$

$$V_c = 858 \text{ m}^3$$

Contudo as paredes da composteira devem ter altura de 40 centímetros maior que a altura da lâmina de material acumulado em seu interior, proporcionando a proteção contra o vento.

O valor 858m³ seria o volume encontrado para armazenamento total as composteiras da universidade, sabemos que o volume total de armazenamento das composteiras existentes é de 1600m³, a universidade não tem problema com área de implantação, e quanto maior a composteira maior o volume que pode ser retirado na renovação do ciclo de operação, por isso o dimensionamento das composteiras na universidade não está equivocado, mais se o projeto for aplicado em locais onde a disponibilidade de área é reduzida, logo é preciso realizar o dimensionamento que economize área.

5.7 INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL

Para a determinação dos indicadores de avaliação de desempenho ambiental usou-se uma tabela que expressa aspectos de interesse, e critérios que quando não atingidos servem como metas, com base em Rodrigues et.al. (2015), o indicador ambiental deste projeto funcionará por pontuação, quanto maior a pontuação, melhor o grau de qualidade da execução do planejamento, os valores finais da soma dos pontos mostrarão resultados qualitativos, portanto será da seguinte forma:

Quadro 06 - Indicadores de desempenho.

Aspecto avaliado	Critério	Pontuação
Material orgânico de origem vegetal oriundo da varrição destinado para compostagem	De 90 à 100%	5
	Abaixo de 90%	3
Realização de reuniões com as partes interessadas, corpo gerencial e corpo operacional	1 por mês	3
	1 por bimestre	1
Relatórios, registro de datas e monitoramento	1 por semana	3
	1 a cada quinze dias	1
Pureza do material de entrada nas composteiras	Apenas resíduo orgânico de origem vegetal	5
	Parcialmente misturado com resíduos inorgânicos	3
	Misturado com resíduos inorgânicos que acumulam água	-1
Conhecimento do volume de entrada diário e áreas de influência	90 a 100% das composteiras	5
	de 65 a 90% das composteiras	3
	abaixo de 65% das composteiras	0
Tempo de detenção	Menor que 1 ano	5
	1 ano	3
	Maior que 1 ano	2
Mal odor emitido pela decomposição	Presente	-3
Equipamentos de operação comprometidos	Presente	0
	Ausente	3

Fonte: Autor, 2018

A quadro abaixo mostra a interpretação do indicador:

Quadro 07. Interpretação dos indicadores

Valores obtidos do somatório da pontuação	Qualidade do projeto
De 26 a 29	Ótimo
De 22 a 25	Bom
De 18 a 21	Ruim
De 0 a 17	Péssimo

Fonte: Autor, 2018

Como está em processo de melhoria contínua, o somatório atual do indicador é de 25 que indica um bom desempenho ambiental do projeto, apenas porque algumas composteiras apresentam uma mistura parcial com resíduos inorgânicos, devido a serviços de reforma dos prédios prestados por empresas não terceirizadas e a carga de entrada ainda não é conhecida para todas as composteiras.

5.8 COMPOSTO ORGÂNICO

Como a área de influência de vegetação geradora de resíduo orgânico destinado à compostagem é de 2,6ha, considerando o dado de geração anual de serapilheira de Vital (2004), temos que a geração anual de serapilheira para compostagem é de 1100m³, aplicando a redução de volume de 40% e volume para inóculo de 12%, a universidade tem capacidade de produzir em 2 anos, 580m³ ou 562,5 toneladas de composto orgânico, sendo um ano para acumular o material e o outro para decompôr, 1kg de composto orgânico varia de acordo com sua qualidade de R\$1,5 à R\$4,5 (Mercado livre, 2018), logo aderindo um preço de R\$ 1,5/kg de composto o valor economizado pela universidade foi de R\$ 843.900. A figura a seguir mostra o composto orgânico obtido da composteira localizada no Centro de Tecnologia (CT).



Figura 23. Composto orgânico

Fonte: Autor, 2018

Na imagem acima o composto está do lado direito e a composteira do lado esquerdo, pode-se ver que o material está humificado pois apresenta coloração negra.

Desde a implementação do projeto, cerca de 700m³ de composto orgânico foram retirados das diversas composteiras espalhadas na universidade, este composto é utilizado nos jardins da universidade ou doado para outros campus e órgãos públicos. A figura a seguir mostra um jardim da universidade localizado no bloco de multimídia (CCTA) onde o solo foi preenchido com composto, o qual serve de substrato para as plantas de paisagismo.



Figura 24. Jardim plantado sobre composto orgânico

Fonte: Autor, 2018

Outra parte deste composto produzido foi doado para prefeitura firmando parceria. Parcerias não entraram como indicador de desempenho, mas expressão uma qualidade importante que o projeto pode assumir, pois recentemente a universidade doou cerca de 150m³ de composto orgânico para a Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDURB), para implantação do novo horto florestal da cidade de João pessoa. A Figura abaixo mostra o trator da prefeitura coletando composto orgânico e depositando numa caçamba que irá transporta-lo para a sede do horto.



Figura 25. Doação de composto orgânico

Fonte: CGA, 2018

Diante do exposto até aqui inferiu-se que, destinar este tipo de resíduo oriundo da varrição para compostagem, é uma alternativa capaz de promover e a participação popular na gestão de resíduos sólidos, e por conseguinte a geração de oportunidade de trabalho e geração de renda, por isso, algumas áreas verdes urbanas foram analisadas para a replicação do projeto de compostagem da UFPB.

5.9 ANÁLISE DA REPLICAÇÃO DO PROJETO EM ÁREAS URBANAS

Para a aplicação do programa de compostagem da UFPB em outras áreas da cidade, visando promover o desenvolvimento sustentável e a participação popular na gestão de resíduos sólidos. Será analisada a viabilidade de implantação em algumas áreas, por meio do método das áreas verdes de influência será calculado a produção de serapilheira, composto orgânico e dimensionamento de composteiras como feito anteriormente, e por meio do dado da áreas de varrição será dimensionada uma equipe varredores(as), com base no método de Lima (2016), portanto as áreas analisadas serão apresentadas a seguir:



Figura 26. Entorno da mata do buraquinho

Fonte: Autor, 2018

Na imagem acima encontra-se contornado em amarelo uma feira ao ar livre localizada no bairro de Jaguaribe, delimitada em verde está a possível área verde de influência localizada no entorno da unidade de conservação Refúgio da Vida Silvestre (REVIS) da Mata do Buraquinho e delimitado em azul área de população ribeirinha.

Na imagem acima a possível área correspondente a área verde de influência para compostagem é de 0,1407 hectares, considerando que cada linha verde tenha 0,5 metros de largura, portanto produz diariamente $0,1644\text{m}^3$ de serapilheira, o que corresponde a $60\text{m}^3/\text{ano}$, gerando um equivalente a 32m^3 de composto orgânico produzido em dois anos, aderindo um preço de R\$1,5/kg de composto tem-se uma geração de renda de R\$46.570.

Neste caso a áreas verde de influência tem a mesma dimensão que a área de varrição, portanto utilizando a metodologia de Lima (2016) para dimensionar a equipe de varrição, tem-se que:

$$X = (Q \cdot K) / (N \cdot P)$$

Onde: X = quantidade de varredores(as) necessários ao sistema

Q = quantidade de vias públicas a serem varridas, expresso em km de sarjeta

K = coeficiente de reserva técnica de 20%

N = frequência de varrição, sendo (n=1 varrição diária), (n=2 dia sim dia não), (n=6 varrição semanal).

P = produção diária do varredor (km) no caso de João Pessoa 1,45km

Logo: $X = (2,717 \cdot 1,2) / (2,5 \cdot 1,45) \rightarrow X = 1$ Pessoa

Adotando que a equipe ideal de varrição seria de 2 pessoas ganhando, R\$1000/mês, trabalhando um dia sim e dois e meio não, num período de dois anos, tempo para decomposição e humificação do material, o gasto com salário em dois anos seria de R\$48.000, um valor maior que o ganho com composto orgânico, sem considerar os ganhos com a não movimentação de veículos pesados, deposição do resíduo em aterro sanitário e também a promoção da educação ambiental, pois escolas e comunidades existentes no entorno podem estar participando da agenda deste projeto.

Aplicando a metodologia desenvolvida para dimensionar as composteiras da UFPB, onde:

$V_c = 330 \cdot A_i$; sendo A_i na unidade de hectare

Tem-se que para uma composteira implantada nessa área seria requerido um volume de:

$V_c = 330 \cdot 0,1407 \rightarrow V_c = 48,51 \text{m}^3$

Esse valor de $48,51 \text{m}^3$ pode ser dividido de acordo com o número de composteiras que serão implantadas, contudo como trata-se de uma compostagem de leira estática, para não haver criação de pontos de anaerobiose, é indicado que a altura da lâmina de resíduo seja de no máximo 1,3 metros, como acontece na UFPB, contudo se apenas uma composteira quadrada fosse implantada, seu lado seria de 6,1 metros.

Outra área analisada para aplicação do projeto de compostagem foi o Parque da Lagoa Solon de Lucena, a varrição neste local ocorre tanto para manutenção do sistema de

drenagem, quanto para a estética e paisagismo do local, o parque apresenta uma área de 14 hectares, dos quais 1,8 hectares é de área verde de influência para compostagem, a imagem abaixo apresenta delimitada em azul claro as áreas de influência, em verde o Parque da Lagoa Solon de Lucena e em azul escuro o mercado público central.



Figura 27. Parque Lagoa

Fonte: Autor, 2018

Uma área de verde de influência de 1,8 hectares, que produz 2m^3 de serapilheira por dia, o que equivale a 730m^3 por ano e produz 385m^3 de composto em dois anos, aderindo a um valor ao composto orgânico de R\$1,5/Kg, geraria uma renda de R\$560.170 em 2 anos. A área de varrição para o parque é de 8,58 hectares, transformando essa medida em quilômetros de sarjeta tem-se, 85km com 1 metro de largura, portanto aplicando a metodologia de Lima (2016) temos que:

$$X = (85 \cdot 1,2) / (2,5 \cdot 1,45) \rightarrow X = 28 \text{ pessoas}$$

Mas adotando uma quantidade de 20 pessoas sendo pago um salário de R\$1000/mês, em 2 anos o gasto com salário será de R\$480.000, um valor 14% menor que o valor em composto orgânico, sem considerar as outras economias relacionadas ao não uso de veículos pesados, redução de fluxo de resíduo no aterro sanitário e outras economias de cunho socioambiental, onde as escolas podem participar da agenda do projeto, assim como desenharem mensagens de educação ambiental nas paredes das composteiras.

De acordo com o método desenvolvido para dimensionamento de composteira da UFPB, tem-se que o volume de projeto para uma composteira instalada no parque da lagoa seria o dado seguinte:

$$V_c = 330 * A_i \rightarrow V_c = 330 * 1,8 \rightarrow V_c = 594m^3$$

Sendo que este volume pode ser dividido de acordo com a quantidade de composteiras implantadas, considerando que a altura máxima seja de 1,3 e que apenas uma composteira quadrada será implantada, seu lado teria 21,5m, contudo, o interessante seria implantar várias composteiras pequenas.

Outra área para análise foi a praça da independência que devido ao paisagismo do local, a varrição acontece periodicamente, a imagem abaixo apresenta a praça delimitada em amarelo e as áreas de influência para compostagem delimitadas em verde.



Figura 28. Praça da independência

Fonte: Autor, 2018

A área da praça compreende 3,72 hectares, e o somatório das poligonais referentes a área verde de influência é de 0,62 hectares, que produz $0,724\text{m}^3/\text{dia}$ de serapilheira, logo $264\text{m}^3/\text{ano}$, que gera 139m^3 de composto a cada dois anos, aderindo o preço de R\$1,5/kg o volume de composto gerado equivale à R\$203.000, sem considerar as economias referentes ao tratamento do resíduo no próprio local de geração e educação ambiental.

Utilizando-se a o método de Lima (2016) para dimensionar equipe de varrição onde a área de varrição é de 3 hectares, tem-se:

$$X = (30 \cdot 1,2) / (2,5 \cdot 1,45) \rightarrow X = 9 \text{ pessoas}$$

Adotando-se 7 pessoas para a equipe de varrição recebendo um salário de R\$1000/mês, tem-se que em dois anos o gasto com salário será de R\$168.000, um valor 17% menor ao ganho com composto orgânico.

Por meio do método desenvolvido para dimensionar as composteiras da UFPB tem-se que o volume da composteira de projeto para a praça da independência é o dado abaixo:

$$V_c = 330 \cdot A_i \rightarrow V_c = 330 \cdot 0,62 \rightarrow V_c = 205\text{m}^3$$

Sendo que este valor de volume é dividido de acordo com o número de composteiras implantadas.

6 CONCLUSÃO

A implantação do projeto expressou o desenvolvimento sustentável, pois trouxe redução do consumo de combustível fóssil pelos veículos que transportavam a carga de resíduo para o aterro sanitário, assim como diminuição da carga de resíduo destinada a aterro, fez retomar sucessão ecológica na floresta, funciona como semeador da educação ambiental, além de apresentar conformidade com a lei 12.305/2010.

Notou-se significativamente um aumento no número das composteiras desde a criação do programa, atualmente a UFPB possui 14 composteiras, com um volume total de armazenamento de 1.600m³, as áreas de influência para compostagem tem produção de 1.100m³/ano de serrapilheira, produção de 580m³ de composto a cada 2 anos.

Com a produção de 580m³ de composto a cada 2 anos universidade economiza cerca de R\$843.900, sem considerar a economia de uso de veículos pesados e sacos plásticos, pois, seriam necessários 5500 sacos plásticos de 200 litros para armazenar em um ano 1100m³ de serrapilheira gerada e 110 caminhões transportadores de lixo por ano, para levar 1100m³ de serrapilheira ao aterro sanitário, do mesmo modo, sem considerar a não disposição de resíduo em aterro sanitário, preservação e educação ambiental

Percebeu-se também que o volume diário de produção de serrapilheira foi sempre maior, quando obtido pelo método das áreas de influência do que pelo método de volume acumulado sobre o tempo de operação, isto acontecer pois a produção de serrapilheira no trabalho de Vital (2004) foi ligeiramente maior que a produção anual da mata atlântica em João Pessoa, ou a redução do volume está sub dimensionada devido ao pouco tempo de observação da composteira piloto, afinal a medição do volume acumulado aconteceu no mínimo após 5 meses de operação da composteira, durante esse tempo a redução do volume pode ser ainda maior que a redução observada e considerada, se isto for verdade, o cálculo de dimensionamento da composteira e geração de composto teriam que ser refeitos, utilizando o novo valor de redução do volume.

O projeto de compostagem da UFPB pode ser replicado em outras áreas verdes da cidade, à exemplo de praças, parque, ruas arborizadas, como também no entorno de unidades de conservação. Conforme a lei nº 9.985/2000 (que estabelece o Sistema Nacional

de Unidades de Conservação) toda unidade de conservação deve dispor em seus objetivos gerais (plano de manejo), a interação com a vida econômica e social das comunidades vizinhas.

A gestão participativa dos resíduos sólidos está plenamente em conformidade com a lei nº 12.305/2010, assim como a Lei Nacional de Saneamento Básico, Política Nacional de Meio Ambiente e ainda a Constituição Federal, pois incentiva a formação de vocações locais, limpeza eficiente dos logradouros, contribui para redução da geração de resíduos para aterro sanitário, tem operação menos onerosa que a convencional, promove programas de parcerias e desperta o interesse governamental e promove a educação ambiental com esta base legal o programa de compostagem da UFPB pode ser implantado tanto em áreas verdes da cidade, como no entorno de unidades de conservação, gerando emprego e renda para a sociedade.

No processo de compostagem, se forma uma superpopulação de seres decompositores diminuindo ainda mais o tempo para decomposição levantado em literatura, outro fator que diminui este tempo, é a inoculação de seres decompositores no novo processo de compostagem, portanto ao longo do tempo o processo tende a ser mais eficiente, se operado de forma correta.

Todas as pessoas, tem influência significativa na eficiência do projeto, pelo fato de destinarem seus resíduos em locais adequados ou não, pois se o resíduo inorgânico for mal disposto e encontrado no chão, com a exemplo em épocas de eleição, ENEM, festas de São João e fim de ano, os funcionários precisaram fazer triagens no material oriundo da varrição para poder introduzi-los nas composteiras, esta triagem demanda tempo e pode atingir negativamente a eficiência do projeto, sem mencionar que resíduo jogado no chão causa poluição ambiental sendo um ato de desrespeito para com as presentes e futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma Brasileira ISO 14031: Gestão ambiental – Avaliação de desempenho ambiental - Diretrizes: Referências.** Rio de Janeiro, 2004.

ABREU JUNIOR, C. H.; BINCOLETO, L. F.; TROMBETA, A. NDRÉ L. B. **O uso do composto de lixo urbano na agricultura: vantagens e limitações.** Notesalq. São Paulo, p. 4-8, jun. 2010.

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2011.** 2013.

AGUIAR A.O.; et al. Saneamento, saúde e ambiente. **Cap. 8, pag.285-286, 2005**

AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, A. M. G.; LOUREIRO, D. C. **Integrando compostagem e vermikompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos.** Circular Técnica 12. Seropédica, junho, 2005. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/596884/1/cit012.pdf>>. Acesso em: 21 mai. 2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 5 de outubro de 1988.**

BRASIL. LEI Nº 11445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. Estabelece diretrizes nacionais para saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso 04 jun, 2018.

BRASIL. **LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 23 mai. 2018.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 de ago. de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos, Brasília, DF, ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso: 23 mai. 2018.

BROWN, G. G.; et al. **Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos.** Acta Zoológica Mexicana: Nueva Série, Xalapa, n. especial. 2001.

CORDEIRO M. **Compostagem de resíduos verdes e avaliação da qualidade dos compostos obtidos- caso de estudo da Algar S.A.** Dissertação de mestrado, instituto superior de agronomia, universidade técnica de Lisboa. 2010.

DICIONÁRIO GOOGLE. Disponível em: <https://www.google.com/search?source=hp&ei=bFbWsepJcSkwgTA86nICQ&q=dicion%C3%A1rio&oq=dicion%C3%A1rio&gs_l=psyab.3..0i131k1j0l3j0i131k1j0l5.520.2823.0.3138.10.6.0.4.4.0.322.808.22j1.3.0....0...1c.1.64.psyab..3.7.902....0.5mnKuHfuW_M#dobs=res%C3%ADduos%20s%C3%B3lidos> Acesso: 17 mai. 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000.** Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado109.shtm>. Acesso: 17mai. 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>> Acesso: 26 mai, 2018.

LAVOISIER, A. L. 1780. Disponível em:

<<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/lavoisie.htm>>. Acesso: 17mai. 2018.

LEAL, M. A. de A. **Utilização de composto orgânico como substrato na produção de mudas e hortaliças**. EMBRAPA agrobiologia. 2007

MERCADO LIVRE Disponível em: <[https://lista.mercadolivre.com.br/humus-de-minchoca#D\[A:humus%20de%20minchoca\]](https://lista.mercadolivre.com.br/humus-de-minchoca#D[A:humus%20de%20minchoca])> acesso em 28 abril. 2018.

LIMA, J. D. Gestão de resíduos sólidos n Brasil. Cap.01. 2016.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O.M. **Drenagem urbana. Do projeto tradicional à sustentabilidade**. Capítulo 5. 2016, p. 188-226, 2016.

MOTA, J. W. da S et al. Utilização de composto orgânico na adubação de plantas. Minitério da agricultura, pecuária e abastecimento. Comissão executiva do plano da lavoura cacaueira. 2012.

PARRON, L. M. et al. Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica. Cap.10. Embrapa Brasília, DF. 2015.

PIMENTEL, B. G. S.; BUENO, E.; SILVA R, P. Simulação do processo de compostagem utilizando desenho paramétrico. UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE DO SUL, 2014.

PIRES, I. C. G.; FERRÃO G. DA E. Compostagem no Brasil sobre a perspectiva da legislação ambiental. Revista Trópica: Ciências Agrárias e biológicas. Universidade Federal do Maranhão, 2017.

SANCHE, L. et al. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2009.

SOUZA, F. T. Participação popular na gestão integrada de resíduos sólidos orgânicos: experiências na Paraíba. Universidade Federal da Paraíba Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. 2013.

TEIXEIRA B. I.; et al. **Processos de compostagem usando resíduos das agroindústrias de açaí e de palmito do açaizeiro**. Circular técnica 41. Embrapa. Belém PA, 2005

THOMPSON, A. G.; WAGNER-RIDDLE, C.; FLEMING, R. **Emissions of N₂O and CH₄ during the composting of liquid swine manure**. Environmental Monitoring and Assessment. Dordrecht, v. 91, p.87-104, 2004. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FB%3AEMAS.0000009231.04123.2d>>. Acesso em: 21mai. 2018

UFPB. Universidade Federal da Paraíba site da Comissão de Gestão Ambiental (CGA). Disponível em: <<http://www.ufpb.br/cga>>Acesso 31 mai. 2018.

VITAL, A.R.T. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. Rev. árvore vol.28 no.6 Viçosa Nov./Dec. 2004.