



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE PROGRAMA DE
VERMICOMPOSTAGEM DOMÉSTICA EM BRASÍLIA, DISTRITO FEDERAL**

LUÍS FERNANDO AOKI

BRASÍLIA – DF

Março/2016

LUÍS FERNANDO AOKI

**VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE PROGRAMA DE
VERMICOMPOSTAGEM DOMÉSTICA EM BRASÍLIA, DISTRITO FEDERAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do professor Dr. Clóvis Zapata.

BRASÍLIA - DF

**Viabilidade de implementação de programa de vermicompostagem doméstica em
Brasília, Distrito Federal.**

Luís Fernando Aoki

Orientador: Dr. Clóvis Zapata

Banca Examinadora

Prof. Dr. Clóvis Zapata

Orientador

Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Avaliador

Brasília-DF, 4 de março de 2016.

*Às minhas filhas,
minha motivação a ser melhor
e querer mudar o mundo.*

Agradecimentos

À minha família que me ajudou nesse caminho que é a graduação. Agradeço principalmente a Lara, que me inspirou e me instigou a ser mais e mais.

Ao professor Clóvis, pela paciência e pela confiança.

Aos meus amigos que facilitaram esse longo caminho dentro da universidade.

À Unipaz por expandir minha visão.

Resumo

Frente aos desafios do mundo urbano consumista, no qual o estilo de vida prega que consumo é diretamente proporcional ao bem-estar, o gerenciamento de resíduos sólidos se tornou um grande problema. A expansão urbana, decorrente do crescimento populacional, torna cada vez menos aceitável a ideia dos lixões a céu aberto. Seu funcionamento gera diversos problemas e utiliza uma área muito grande. Tentando mitigar danos e melhorar a qualidade de vida daqueles que utilizam os resíduos como fonte de renda, a vermicompostagem doméstica busca reduzir a quantidade de resíduos orgânicos destinados aos lixões, se utilizando de separação dos resíduos na fonte geradora e trazendo uma discussão sobre o estilo de vida atual. Este trabalho faz uma avaliação financeira de projeto de vermicompostagem doméstica para o município de Brasília, Distrito Federal, onde quase todos os Resíduos Sólidos Urbanos são destinados a um lixão, o “Lixão do Jóquei”. A avaliação é dividida nos cenários 1, 2 e 3 de abrangência do projeto, 100%, 50% e 10%, respectivamente, dos domicílios do Plano Piloto. O tempo de *payback* simples do projeto é menor que 20 anos para o cenário 1 e maior que 20 anos para os cenários 2 e 3. O Valor Presente Líquido dos 3 cenários é negativo. Benefícios não monetários não foram valorados, então existe uma subestimação dos benefícios gerados.

Palavras-chave: vermicompostagem, análise financeira, resíduos sólidos, minhocário.

Abstract

Facing the challenges of the urban consumer world, where lifestyle says that consumption is directly proportional to welfare, the management of solid wastes has become a major problem. Urban expansion, due to its populational growth, is making the idea of landfills less and less acceptable. Its operation generates many problems and uses a large area. Trying to mitigate damages and improve the life quality of those who make a living of the wastes, the domestic vermicomposting pursue the reduction of organic wastes sent to the landfills, using source separation and bringing forward a discussion about modern lifestyle. This paper makes an financial assessment of a domestic vermicomposting project for Brasília, Distrito Federal, where almost all of the Urban Solid Waste is taken to a landfill, the “Lixão do Jóquei”. The assessment is divided in scenario 1, 2 and 3, covering 100%, 50% and 10% of homes, respectively, from the Plano Piloto. Simple payback time is less than 20 years for scenario 1 and bigger than 20 years for scenario 2 and 3. Net present value is negative in all 3 scenarios. Non-monetary benefits were not valued, so the total benefits are underestimated.

Keywords: vermicomposting, financial assessment, solid wastes, wormbin.

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Diferentes formas de compostagem. Em caixa (esquerda) e em leiras (direita).....	15
Figura 2 - Diferentes formas de vermicompostagem	18
Figura 3 - Etapas de utilização de minhocário doméstico	19
Figura 4 - Rendimento mensal médio por classes de salário mínimo	29
Figura 5 - Limites do Parque Nacional de Brasília e do Lixão do Jóquei.....	29
Figura 6 – Localização da usina de triagem e compostagem da Asa Sul.....	30
Figura 7 - Localização da usina de triagem e compostagem de Ceilândia.....	31
Figura 8 - Fluxo de resíduos em Brasília.....	31

Lista de Quadros

Quadro 1 – Resíduos a serem utilizados na compostagem.....	19
Quadro 2 – Custos	35
Quadro 3 – Benefícios	35

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Tempo dedicado.....	27
Tabela 2 – Quantidade de domicílios por dificuldades encontradas	27
Tabela 3 – Critérios para avaliação de instrumentos de política ambiental	33
Tabela 4 – Cenários 1, 2 e 3	38
Tabela 5 – Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).....	39

Sumário

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract.....	v
1. Introdução	9
2. Justificativa	11
3. Política Pública.....	13
4. Processos de Transformação da Matéria Orgânica.....	15
4.1. Compostagem	15
4.2. Vermicompostagem.....	16
4.3. Utilização.....	19
4. Panoramas	19
4.1. Panorama Mundial	19
4.2. Panorama Brasileiro	22
4.3. Problematização	24
5. Composta São Paulo	25
6. Avaliação de vermicompostagem doméstica para a cidade de Brasília	28
6.1. Avaliação de Instrumento de Política Ambiental	32
6.2. Avaliação Financeira	34
6.3. Resultados.....	37
7. Conclusão e Recomendações	39
8. Bibliografia.....	42

1. Introdução

O crescimento urbano brasileiro acontece de forma muito rápida nas últimas décadas. Segundo dados dos censos realizados em 2000 e 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o crescimento populacional brasileiro foi de 12,34%.representando um aumento de 20.956.629 habitantes. Contudo, o crescimento populacional urbano foi maior chegando a 16,65%. Em casos mais específicos, como no Distrito Federal, ambas as taxas são ainda mais significativas, 25,30% e 26,55%, respectivamente. Os governos enfrentam vários desafios como a ilegalidade de muitos assentamentos e a falta de infraestrutura básica, acarretando em falta de serviços essenciais para o avanço no campo ambiental. Somado ao crescimento populacional e urbano, o consumo agregado da população aumenta e gera quantidades cada vez maiores de resíduos. Segundo dados do IBGE (2010), em 2000, no Brasil, eram coletadas 125.281 toneladas de resíduos diariamente e em 2008, esse número chegou a 183.488, representando um aumento de quase 50%.

Outros dados podem ser utilizados para mostrar a mudança no estilo de vida como o consumo de energia, um indicador de desenvolvimento e consumo de uma determinada população, e o PIB, um indicador da atividade econômica de um território, sendo utilizado, também, como indicador de qualidade de vida associado ao consumo. Tanto o consumo de energia quanto o PIB tiveram um crescimento significativo, entre 1996 e 2012, assim como o índice de consumo mineral *per capita*, entre 2000 e 2012 (IBGE, 2015).

Devido à falta de manejo e ao acúmulo, os resíduos orgânicos encaminhados a lixões passam por um processo de decomposição e fermentação. Nesses processos ocorre a geração de metano, um gás do efeito estufa com um poder 21 vezes maior de retenção de calor que o CO₂, gás carbônico (IPCC, 2007). A deposição inadequada de resíduos orgânicos também pode trazer problemas de saúde, devido à proliferação de vetores, como insetos e ratos, concentração de metais pesados e patógenos.

Possamai *et al.*(2007) fizeram o levantamento de lixões inativos na região carbonífera do estado de Santa Catarina. Esse levantamento buscou caracterizar os lixões segundo 9 parâmetros: proximidade de águas superficiais, coleta e tratamento de biogás, coleta e tratamento de chorume, existência de piezômetro e coleta mensal para análise, proximidade de residências, existência de cercas, tipo de cobertura e existência de manta de impermeabilização.

Os resultados apontam uma situação crítica, visto que em todos os lixões existem parâmetros de extremo risco ao meio ambiente e saúde. Apenas no parâmetro de proximidade

de corpos d'água foi verificado risco baixo, devido a distâncias maiores que 200 metros em 4 ocasiões das 11 estudadas. O tratamento dado a essas lixões, em geral, se resume a cobertura superficial com terra. Esse tratamento não se adequa a complexidade das consequências do lixão, como chorume, liberação de gases e proliferação de animais e insetos. Na realidade “é uma forma de tornar o problema invisível, porém não inexistente” (Possamai *et al*, 2007).

Em Niterói, Rio de Janeiro, existe um aterro localizado no bairro do Caramujo. Em sua região existem residências, inclusive um sítio, localizado no limite da área de despejo dentro do aterro. Além de residências, a região é conhecida por diversos pontos de interesse ambiental, como mananciais, florestas e nascentes. Os rios dessa região convergem para o rio Guandixiba, que desagua na Baía de Guanabara. Recebia 550 toneladas por dia de resíduos da coleta domiciliar e pública em 1996. Também contava com catadores trabalhando em sua área. Assim como nos outros casos, o tratamento do lixo e as precauções tomadas são precárias, quando existentes. Tais condições levam a contaminação do córrego Mata-Paca, próximo ao aterro, e possível contaminação das águas subterrâneas, que apresentam quantidades muito altas de coliformes. As análises das amostras coletadas em diversos pontos dentro e ao redor da área do aterro revelam uma baixa contaminação por metais e uma alta contaminação orgânica na região, afetando a qualidade da água, do solo e, conseqüentemente, dos alimentos cultivados (Sisino e Moreira, 1996).

Com o objetivo de regular e mudar o panorama vigente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi sancionada em 2010, cerca de 20 anos após seu primeiro projeto. Alguns pontos importantes dessa política incluem a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida de um produto, a caracterização da logística reversa e a criação do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR).

Alinhado com os objetivos da PNRS, diversas alternativas foram implementadas na região metropolitana de São Paulo, onde se erradicou a utilização de lixões. Porém, para isso ser alcançado, 23 de seus 39 municípios precisam dispor seus resíduos em outros municípios, chegando a se deslocar mais de 30 quilômetros, gerando outros problemas, com o transporte e seus impactos associados (Jacobi e Besen, 2011).

O projeto Composta São Paulo, implementado na cidade de São Paulo, se destacou entre as alternativas implementadas. Sua ação foi baseada na distribuição de minhocários para 2.006 interessados que efetuaram cadastro em *site* e que atendiam a alguns requisitos para seleção. Dentre os objetivos do projeto constavam o acolhimento e suporte a pessoas interessadas em iniciar a prática da compostagem e geração de um debate sobre política pública direcionada ao tratamento adequado de resíduos orgânicos.

Seguindo o sucesso do projeto Composta São Paulo, é relevante sua replicação em diferentes cidades, em diferentes regiões do país, portanto o objetivo deste trabalho é avaliar a implementação de um projeto de tratamento de resíduos orgânicos baseado na vermicompostagem doméstica para a cidade de Brasília, Distrito Federal.

2. Justificativa

A capital brasileira apresenta uma situação crítica, em que cerca de 93% de seus resíduos tem destinação final insatisfatória em um lixão a céu aberto (SLU, 2015). O cenário encontrado em escala nacional é melhor, mas a maior parte dos resíduos sólidos ainda vai para lixões (50,8% em 2008, IBGE). Segundo Pirsheeb *et al.*(2013), os custos relacionados ao transporte de resíduos sólidos representam 70% a 80% dos custos totais do gerenciamento desses resíduos. Portanto, processos que reduzam a quantidade gerada ou transportada são relevantes.

A falta de eficácia e eficiência das medidas tomadas para implementação e continuidade da coleta seletiva, fechamento do lixão e estímulos contínuos ao aumento do consumo evidenciam a falta de atenção do governo local aos problemas ambientais, gerados pela deposição inadequada de resíduos sólidos, aos problemas sociais, caracterizados pelas condições de vida e trabalho dos catadores de lixo, que atuam dentro do aterro, e aos princípios e objetivos da PNRS. Neste contexto, a característica descentralizada e individual do programa pode gerar resultados positivos, diluindo a pressão sobre o governo e responsabilizando a população por parte de seus impactos, auxiliando a mudança visando a adequação à PNRS.

Para melhorar as condições de trabalho dos catadores, cooperativas foram criadas mas a falta de adesão diminuiu sua rentabilidade. Alguns catadores preferem o trabalho autônomo pela flexibilidade de período de trabalho e pela possibilidade de renda maior, se comparada a renda dos cooperados. Em entrevista com o presidente de uma cooperativa de catadores que atuam no plano piloto, foi relatada a oposição ao fechamento do lixão por um grande grupo de catadores, pois representaria o fim de seu trabalho e renda.

No Rio de Janeiro, é averiguada situação similar à de Brasília, com relação a presença de catadores dentro do lixão e sua resistência à formação de cooperativas. O aterro de Jardim Gramacho possui uma grande quantidade de catadores que atuam dentro dos lixões, com residência no próprio bairro ou até dentro do lixão. Iniciativas de controlar a entrada dos catadores, seja por limitação do número permitido ou pelo cadastro daqueles que trabalham

ali, ocorreram e não obtiveram a eficácia esperada. Muito dos catadores se opuseram a essas medidas, chegando a impedir a entrada dos caminhões na área do aterro, como forma de protesto (Porto *et al.*, 2004).

Mesmo com melhorias, a qualidade de vida dos catadores ainda era muito baixa. Quase metade dos catadores do aterro de Jardim Gramacho se alimentava de material encontrado no aterro, mesmo que de forma complementar. Além disso, os autônomos não possuíam auxílio algum, trabalhando sem equipamento, refeitório e até banheiros. Essa atividade não apresenta muitas oportunidades de mudança. Em entrevistas, verificou-se que parte significativa dos catadores exerce essa atividade a mais de 10 anos e apenas 6,4% concluíram o ensino fundamental (Porto *et al.*, 2004).

Os problemas ambientais possuem muitas peculiaridades e, assim, não podem ser tratados de forma simplista. Sua complexidade se dá por diversas variáveis interligadas que podem reduzir a eficácia de soluções ou em outros problemas. Tendo em vista esta diversidade de resultados, a geração de lixo atual pede por medidas de minimização de externalidades negativas, assim como formas de redução da geração de lixo e do consumo. Diferentes áreas do conhecimento devem se comunicar e se unir para encontrar soluções mais adequadas aos problemas, visando a sustentabilidade. Dessa forma, a vermicompostagem doméstica é capaz de integrar diferentes características esperadas de uma tecnologia sustentável. Se aplicada de forma correta, pode gerar renda e se autossustentar, gerar empregos e melhoria de qualidade de vida de diferentes porções da comunidade e reduzir significativamente a pressão ambiental gerada por aterros (Zurbrügg *et al.*, 2005; Composta SP, 2015).

A implementação de projetos de compostagem caseira pode trazer muitos benefícios, tanto diretos, por exemplo, a redução da quantidade de lixo encaminhada aos lixões, quanto indiretos, como a facilidade de triagem de material reciclado e a redução da emissão de metano proveniente da digestão anaeróbica nos lixões (Hoornweg, Daniel, Laura Thomas, and Lambert Otten, 1999; Composta SP, 2015). A compostagem como parte do dia a dia também traz o contato com os resíduos produzidos, levando à sensibilização ao tema e conseqüente auto-responsabilização do gerador, facilitando um trabalho de educação ambiental (Composta SP, 2015; O'leary *et al.* 1999 apud Lopes e da Silva Pompeu, 2014).

Busca-se, também, preencher uma lacuna de conhecimento existente e embasar futuros estudos e projetos com este trabalho. Não houve avaliação de implementação de projeto semelhante para a cidade de Brasília, e poucos casos são relatados no mundo todo. Com seu

desenvolvimento, o papel brasileiro de protagonista em questões ambientais se reforça e serve de exemplo para outros.

3. Política Pública

Políticas públicas receberam várias definições por diversos autores nas últimas décadas, quando se tornaram cada vez mais relevantes para o desenvolvimento do papel do Estado e governo. Pode ser definido como uma ferramenta de aplicação das decisões do governo ou, de forma mais analítica, como parte do estudo político voltado à análise do governo em face às grandes questões públicas (Souza, 2006).

Sua formulação leva em conta diferentes esferas da sociedade em seu ciclo, não estando sujeita somente às pressões da sociedade nem definidas pelos somente governantes, e suas ações, ou a falta delas, levam a impactos igualmente abrangentes. Isso leva a sua característica multidisciplinar, integrando a sociologia, ciência política e economia. Integrando-se diferentes visões sobre a formulação e análise de políticas públicas, é possível afirmar que a política pública possui um ciclo definido por 6 etapas: definição de agenda, identificação de alternativas, avaliação das opções, seleção das opções, implementação e avaliação. Diferentes grupos possuem diferentes papéis e diferentes influências nas etapas, tornando o processo complexo e o direcionando para formulação de uma política distributiva, regulatória, redistributiva ou constitutiva, cada uma voltada para situações específicas, atraindo diferentes grupos. Em defesa de seus interesses, “coalizões de defesa” são formadas e geram discussões que alteram a formulação da política ou provocam alterações em políticas já estabelecidas (Souza, 2006).

3.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos

A lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 representa um marco para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Mais conhecida como a Política Nacional de Resíduos Sólidos, possui papel fundamental na regulação e alteração dos padrões encontrados atualmente. Como uma política pública, versa sobre princípios, diretrizes, objetivos e instrumentos a serem utilizados visando a “gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos”.

Seus princípios incluem a prevenção e precaução, o poluidor-pagador e protetor-recebedor, a cooperação, a responsabilidade compartilhada e o reconhecimento do resíduo sólido como gerador de renda e trabalho. Dentre seus objetivos, destacam-se o estímulo a adoção de padrões de consumo e produção sustentáveis e a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, após sua destinação ambientalmente adequada (reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético, etc.).

São estabelecidas, também, as responsabilidades de cada setor da sociedade (poder público, setor empresarial e coletividade) e uma variedade de instrumentos econômicos a serem utilizados, assim como proibições, que incluem a disposição final por lançamento *in natura* a céu aberto, utilização de resíduos para alimentação, atividade de catação, criação de animais domésticos, fixação de habitação, entre outros.

Apesar de representar um grande avanço, sua implementação sofre com falta de assertividade. Ações como “minimizar ou cessar o dano, logo que tome conhecimento de evento lesivo ao meio ambiente ou à saúde pública relacionado ao gerenciamento de resíduos sólidos”, ocorrem de forma insatisfatória, tal qual os estímulos a padrões de produção e consumo sustentáveis, incentivo a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e a implementação da logística reversa.

Segundo Demajorovic e Migliano (2013) ainda existe muita resistência à mudança de percepção sobre os resíduos, partindo de custos e se tornando oportunidades de novos modelos de negócio. Além disso, a falta de tecnologias necessárias para extração de materiais valiosos dos resíduos eletroeletrônicos, por exemplo, torna a atividade pouco atrativa, visto que apenas a separação das placas pode ser feita, enquanto a maior parte dos lucros é obtido a partir da extração de metais raros por empresas especializadas em outros países. Estes problemas associados à falta de informação sobre o mercado e dificuldade de articulação dos envolvidos (empresas formais, informais, cooperativas e catadores independentes), para criação de cadeias de gerenciamento e comercialização dos resíduos, e falta de incentivos a formas alternativas de manejo dos resíduos, podem tornar a aplicação da PNRS inviável em pequenos e médios municípios, que não contam com o aporte de resíduos necessário para tornar atraente os negócios baseados na logística reversa.

O alcance das ações praticadas pelo poder público ainda é pequeno dentro da PNRS, sendo necessários os acordos setoriais para maior abrangência e capacidade de atuação mais enfática e de forma economicamente viável, uma vez que apenas em casos isolados os governos locais são capazes de prover serviços de gestão dos resíduos com equipe própria

(Costa *et al.*, 2011). Reforça-se, portanto, a necessidade de se trabalhar a problemática que envolve os catadores e suas condições de vida e trabalho, as cooperativas e sua rentabilidade, empresas particulares e sua postura frente à PNRS e às relações entre todos elementos da cadeia de resíduos.

A PNRS também se beneficiaria da inclusão de instrumentos econômicos para aumento da competitividade das atividades ligadas à logística reversa, uma vez que em um cenário em que a coleta e disposição final inadequada é a opção mais rentável, não há incentivo para as alternativas fazendo das empresas “[...] gestoras do problema e não as propositoras de solução.” (Costa *et al.*, 2011).

4. Processos de Transformação da Matéria Orgânica

4.1. Compostagem

A compostagem é definida como “processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos (aqueles que possuem carbono em sua estrutura), de origem animal ou vegetal, pela ação de microorganismos” (Monteiro, 2001). Este processo ocorre constantemente em sistemas naturais, principalmente em áreas de floresta, onde a cobertura do solo é constante. É um processo fundamental para a ciclagem de nutrientes, assim como para a conservação da qualidade do solo levando-se em conta tanto sua parte química quanto física.



Figura 1 - Diferentes formas de compostagem. Em caixa (esquerda) e em leiras (direita) (Fotos: Esquerda: Palitonageral. Direita: Marcosbadra)

Por ser um processo abrangente, possui muitas variáveis representadas por seus diferentes métodos. O mais conhecido, também o mais simples, é a compostagem por digestão aeróbica. De baixo custo e fácil manejo, pode ser realizada de diversas formas,

diretamente no solo (em amontoados ou leiras), acondicionadas em anéis de malha de metal ou plástico, valas, caixas, cestos de lixo, etc. (Figura 1).

Esse método consiste de 3 fases: mesofílica, termofílica e de maturação. Na primeira fase, os microorganismos atuam sobre as moléculas mais simples e geram uma temperatura de até 40°C. Na segunda fase, a temperatura sobe a cerca de 65°C provocando a higienização do composto, visto que microorganismos patogênicos não suportam temperaturas tão elevadas. Nessa fase, moléculas mais complexas são quebradas. A última fase se dá em temperatura ambiente e nela ocorre a “humificação”¹ e mineralização da matéria orgânica.

Outro método é a compostagem por digestão anaeróbica. Um método mais caro que requer equipamentos mais robustos, caso a quantidade de resíduos a ser tratada seja grande. Como o nome sugere, é a digestão que ocorre na ausência de oxigênio. Este método tem ganhado espaço por produzir dois subprodutos com valor significativo, o biogás e o resíduo estável, que pode ser utilizado como fertilizante e condicionador do solo.

Um experimento com composteiras aeróbicas pequenas e serragem como matéria seca, teve resultados expressivos na redução da massa de composto. Após 73 dias, a massa inicial de 41,5kg teve uma redução média de 34 kg, ou seja, cerca de 80% de redução (Maragno, Trombi e Viana, 2007). Já o experimento de Vespa (2005) obteve resultados menos expressivos, com redução de 58,43% de sólidos totais. Essa discrepância pode ser causada pela diferença no material analisado, o primeiro experimento mediu o peso total, incluindo principalmente a água. No segundo as análises foram feitas com o peso seco, representado pelos Sólidos Totais.

Estudo realizado com dejetos de cabras obteve redução de 40,6% a 56,2%, dependendo da dieta empregada (Orrico *et al*, 2007). Estes resultados indicam que a redução é inversamente proporcional à relação carbono/nitrogênio, ou seja, quanto mais matéria úmida for empregada na compostagem, mais efetivo será o processo na redução da massa de resíduos.

4.2.Vermicompostagem

A vermicompostagem é o processo que leva a transformação da matéria orgânica com utilização de minhocas e da microflora presente em seu trato digestivo (Aquino *et al*, 1992). Esses organismos trazem alguns resultados benéficos para sua utilização doméstica: (i) apesar

¹ Existem divergências quanto ao uso deste termo. O húmus é um produto de décadas ou centenas de anos de decomposição da matéria orgânica, até se obter húmus a partir da reação de quinonas (Chapin *et al*, 2011).

de representar um custo inicial mais elevado, a introdução das minhocas acaba com a necessidade de revolvimento da matéria orgânica e, assim, acaba com a possibilidade de produção de metano por digestão anaeróbica, fato que ocorre caso não haja manutenção correta da composteira; (ii) menor tempo de residência da matéria orgânica até se transformar em composto e (iii) um produto final (composto) de maior qualidade se comparado ao processo sem as minhocas (Dores-Silva, 2013; Aquino *et al.*, 1992).

As minhocas podem ser divididas em 4 grupos, dependendo de seu ecótipo. O primeiro deles são as epigeicas, representando as minhocas que vivem na superfície do solo e se alimentam da serapilheira. O segundo grupo são as endogeicas, que se alimentam de material mineral rico em matéria orgânico, ou seja, o solo, e assim podem ser encontradas em maiores profundidades. O terceiro grupo são as anécicas que também se alimentam de serapilheira, porém, sua característica são as galerias verticais utilizadas para levar o alimento para o subsolo. O quarto grupo são as minhocas de composto orgânico que, como o nome indica, são encontradas em locais com constante aporte de matéria orgânica fresca, a qual consomem rapidamente. Por sua característica definidora, minhocas do grupo de composto orgânico são escolhidas para popular os minhocários. O tipo mais utilizado é a vermelha da Califórnia, representada por duas espécies, a *Eisenia andrei* e *Eisenia fetida*.

Assim como a compostagem, a vermicompostagem pode ser feita de diversas maneiras, de acordo com a quantidade de resíduos a serem vermicompostados. Pode ser feita diretamente no solo (apesar do perigo de fuga das minhocas caso haja problema com os resíduos), em canteiros, em baldes, caixas, entre outras possibilidades (Figura 2).

O minhocário é constituído de 3 caixas que se acoplam, minimizando a saída de odores, sendo duas caixas digestoras, perfuradas em suas bases para movimentação das minhocas, e uma caixa coletora, provida de torneira para extração do chorume² produzido no processo de vermicompostagem. Sua utilização é simples, necessitando apenas de um pouco de terra e minhocas em sua fase inicial para dar início à reprodução e digestão da matéria orgânica. A população de minhocas é autorregulada, de acordo com o espaço e insumos disponíveis. A venda de minhocas pode representar uma forma de renda a partir da utilização do minhocário, junto com a venda do composto orgânico gerado no processo, caso seja interessante para o usuário.

² Este chorume não possui substâncias tóxicas pois é resultado da decomposição dos resíduos orgânicos e da matéria seca acondicionados no minhocário. O chorume produzido nos lixões é resultado da decomposição de resíduos orgânicos somados a todos os outros resíduos sólidos urbanos coletados.

Lleó *et al.* (2012) demonstram que o processo de vermicompostagem doméstica é mais eficiente que a compostagem doméstica. O estudo foi feito comparando resultados de uma composteira e um minhocário comprados de empresas da Espanha e alimentados com os mesmos resíduos, respeitando as instruções iniciais de utilização de cada equipamento. A capacidade de tratamento de resíduos pelo processo de vermicompostagem foi cerca de 3 vezes maior que o encontrado no processo de compostagem e as emissões de gases apresentaram um resultado ainda mais discrepante, a composteira emitiu cerca de 1000 vezes mais metano (CH_4), amônia (NH_3) e óxido nitroso (N_2O) que o minhocário. A qualidade do composto final foi semelhante nos dois processos e possivelmente melhores que os compostos produzidos industrialmente. Com esses resultados, os autores concluem que ambas as tecnologias são alternativas adequadas ao descarte de resíduos orgânicos pelo sistema tradicional (lixões), apesar do desempenho inferior do processo de compostagem no ambiente doméstico.



Figura 2 - Diferentes formas de vermicompostagem (Fotos: A: Infoagro. B: Vermicomposters. C: CadicoMinhocas. D: ArquiteturaEcoeficiente)
Legenda: A= Canteiro; B= Tecnologia Flow Through; C e D = Minhocário caseiro

4.3. Utilização

A utilização do minhocário é simples e necessita de pouco tempo de trabalho (Figura 3). Uma das etapas que apresenta maior dificuldade de realização é a aquisição de matéria seca para inserção no minhocário (Composta SP, 2015). No ato de troca de posições das caixas digestoras, as minhocas se deslocarão gradativamente para a caixa superior em busca de novos alimentos. O tempo necessário para preenchimento da nova caixa é suficiente para a maturação do composto gerado. O chorume deve ser diluído em água para ser utilizado como fertilizante líquido e, em alguns casos, como pesticida.

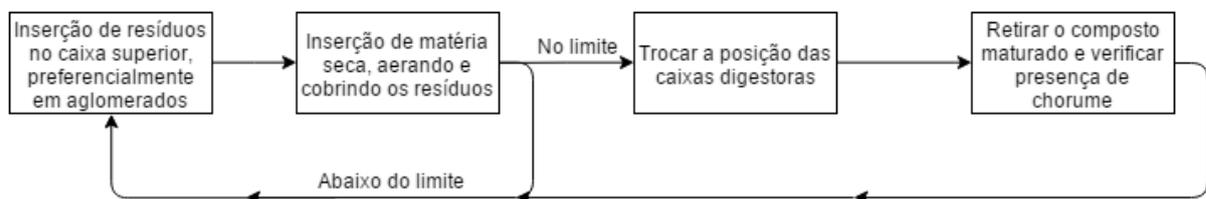


Figura 3 - Etapas de utilização de minhocário doméstico (Fonte: O autor)

Existem diversos tipos de alimentos e resultados distintos de sua introdução em composteiras. Atração de animais indesejados, alteração do pH, liberação de odores, morte ou migração das minhocas são alguns dos resultados indesejados, portanto, sugere-se não colocar ou evitar grandes quantidades de alguns alimentos (Quadro 1).

Adequado	Evitar grandes quantidades	Inadequado
Frutas	Frutas cítricas	Carnes
Legumes	Alimentos cozidos	Limão
Verduras	Guardanapos e papel toalha	Temperos fortes (pimenta, alho, cebola)
Grãos e sementes	Laticínios	Óleos e gorduras
Sachê de chá (sem etiqueta)	Flores e ervas (medicinais ou aromáticas)	Líquidos (iogurtes, leite, caldos, feijão)
Erva de chimarrão		Fezes
Borra e filtro de café		Papéis (higiênicos, jornais e papelões)
Cascas de ovos		

Quadro 1 - Resíduos a serem utilizados na compostagem (Fonte: Adaptado de Composta SP)

4. Panoramas

4.1. Panorama Mundial

Tendo em vista a forma de desenvolvimento da sociedade atual, vários países do globo buscam alternativas para os resíduos gerados (Adewale, 2011; Karagiannidis *et al.*, 2010;

Sarkhel 2006; Zurbrügg *et al.*, 2005). A atenção dos países em desenvolvimento está voltada para a compostagem, visto que grande parte de seus resíduos sólidos são orgânicos, representando mais de 50% em países de baixa a média rendas (Hoornweg e Perinaz Bhada-Tata ,p. 16-21, 2012).

Por se tratar de um campo relativamente novo, alguns obstáculos precisam ser vencidos e questões como a aplicação da tecnologia mais eficiente, definição de um mercado para dimensionamento das estações e estímulo e informação da população para o tema são fundamentais para o sucesso do empreendimento (UNEP-IETC, 1996).

Diferentes estratégias têm sido avaliadas, tanto em escala do empreendimento quanto em tecnologias aplicadas, e resultados atraentes são encontrados na utilização da compostagem descentralizada, efetuada em estações pequenas e médias, em diferentes locais das cidades, de modo a reduzir custos de transporte e viabilizar seu funcionamento, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais (Zurbrügg *et al.*, 2005).

Iniciativas têm sido feitas visando a troca de conhecimento. Em Karagiannidis *et al.*, 2010, são relatadas 3 experiências em países da União Europeia e Ásia. Esse artigo foi resultado do trabalho conjunto de pesquisadores dos dois grupos. Na Ásia, os estudos foram realizados no Vietnã e nas Filipinas. As pesquisas foram mais localizadas, em um centro de ensino e em duas áreas semirurais. Nesses estudos verificou-se que a inoculação de microorganismos no resíduo a ser compostados pode não ser benéfica, assim como a alta rotação, para aeração, pode não ser ideal, necessitando-se encontrar um ponto ótimo. Na Grécia, os resultados mostram que os custos de funcionamento de uma estação de compostagem podem ser reduzidos 54% em um cenário ideal, que inclui separação dos resíduos nas fontes e utilização da tecnologia mais adequada.

Uma situação similar à do Brasil é encontrada em Calcutá, como descrito por Sarkhel (2006). A coleta de lixo não possui taxa direta, ou seja, para a população, gerar 1 kg ou 10 kg de lixo por dia representa o mesmo custo. Portanto, outros fatores devem ser inseridos para levar a separação do lixo e tornar a compostagem uma alternativa mais atraente. Um desses fatores pode ser a educação ambiental, embora seu alcance ainda seja curto. Outros fatores já impactam a renda da família, seja pela renda gerada pela venda de recicláveis ou pelo instrumento de depósito-reembolso sugerido pelo autor, no qual o depósito se daria no consumo e o reembolso na forma de subsídios à separação do lixo.

O estudo de Pirsahab *et al.*(2013) aponta que a qualidade do composto gerado a partir dos resíduos domésticos possui uma qualidade superior ao composto de outras fontes orgânicas, principalmente comparado ao lodo de estações de tratamento de esgoto. Aponta

também que a utilização da vermicompostagem doméstica pode reduzir de 60% a 70% os custos de coleta e transporte dos resíduos (Tchobanoglous et al. 1993 apud Pirsaneh 2013). Com base nesses dados, e na possível geração de renda a partir do composto (um fertilizante potencialmente melhor que o sintético), o autor afirma que a vermicompostagem doméstica se apresenta como uma “solução muito efetiva e um manejo apropriado de resíduos sólidos municipais por seus moradores.”

Na China e nos Estados Unidos, minhocas têm sido usadas pra diferentes finalidades, sendo uma das principais a alimentação de animais. Isso se deve a sua composição que pode alcançar 70% de seu peso seco de proteínas (Li *et al.* 2010). Esse fato pode representar outra receita importante para centrais de vermicompostagem, onde a quantidade de minhocas é grande. Estudos podem ser feitos para se determinar a taxa ótima de extração de minhocas de forma a maximizar sua reprodução, além do benefício gerado pela vermicompostagem e pela produção e venda do composto.

Para se alcançar o desenvolvimento sustentável, pesquisadores da China tem buscado a macro-agricultura, um sistema de produção que integre a plantação de “crops”, as lenhosas e à criação de animais. O pesquisador Qian Xuesen ainda diz que a apicultura, a vermicultura, a cultura de lesmas, de fungos comestíveis, entre outros, podem ser adicionados a esse sistema, sendo que a vermicultura teria papel fundamental na reciclagem da matéria orgânica (Li *et al.* 2010). Ainda em seu estudo, Li cita a utilização da vermicompostagem como estratégia adotada por “cidades a visionárias” (“*forward-thinking cities*”), como no caso de San Jose, Califórnia, onde 1200 domicílios receberam *vouchers* de desconto para compra de minhocários, como parte do plano de redução de 50% dos resíduos direcionados aos aterros.

Na Rússia a vermicompostagem tem sido usada para tratamento de lodo proveniente das estações de tratamento de esgoto. Nessas instalações, testes estimam que uma estação de vermicultura que trate 55.000 toneladas de resíduos por ano possa produzir 2.500 toneladas de minhocas e 18.000 toneladas de composto, obtendo um retorno do investimento da construção em cerca de 1 ano (Li *et al.* 2010).

A vermicompostagem também é utilizada em casos menos comuns, com resultados interessantes. No “Monroe Correctional Complex”, o detento Nick Hacheney (conhecido como “worm dude”) começou uma pesquisa sobre sustentabilidade. A vermicompostagem surgiu como meio de reduzir os gastos com resíduos alimentícios do complexo. Sem muito apoio, o início se deu com um minhocário feito de materiais doados e, a partir disso, praticamente tudo que poderia virar um minhocário acabava virando, como relata em sua palestra no TEDx, realizado na penitenciária. Dentre os objetivos do projeto, se encontram

primeiramente, a redução da quantidade de resíduos que saíam do complexo, reduzindo custos e impactos associados. O segundo objetivo era a produção de fertilizantes. Diferentes formas de produção foram exploradas, levando a dois produtos, o “worm tea”, um líquido cheio de microorganismos que auxiliam a microbiota natural, e o resíduo orgânico estabilizado. Essa iniciativa já levou a produção de uma cartilha que auxilia outras instituições a iniciar seus próprios programas de vermicompostagem. Essa cartilha, por sua vez, já levou ao nascimento de programas em outras duas penitenciárias (SPP, 2012).

4.2. Panorama Brasileiro

No Brasil, em setembro de 2015, foi entregue uma central de compostagem em Maringá/PR, que planeja produzir até 400 toneladas de composto em 6 meses. Os resíduos utilizados são provenientes de parcerias com empresas de regiões próximas. O composto será destinado a 27 hortas comunitárias espalhadas pelo município que auxiliam na alimentação de cerca de 1200 famílias carentes (Prefeitura de Maringá).

Uma Usina de Reciclagem e Compostagem em Prata/MG opera com o auxílio de cooperativas locais. Sua atividade é capaz de propiciar benefícios nas dimensões política, econômica, ambiental e social (Lopes e da Silva Pompeu, 2014). Com estrutura adequada à operação, a Usina conta com o trabalho de cooperativas de catadores que se beneficiam economicamente com a venda dos recicláveis e de enfeites natalinos criados a partir de garrafas de Politereftalato de Etileno (PET). Um resultado interessante da inauguração dessa Usina, tendo em vista o cenário da capital federal, foi o deslocamento dos catadores do lixão para a Usina, levando a uma menor exposição a riscos, como ferimentos e contato com vetores de doenças.

A compostagem realizada em Prata é feita em pátio pavimentado com declividade para escoamento do chorume. São formadas pilhas de resíduos, espaçadas, que são revolvidas de 3 em 3 dias para homogeneização do composto. A utilização do composto gerado é restrita a jardins, mudas e vasos ornamentais devido à sua característica alcalina e conteúdo relativamente elevado de sais (Lopes e da Silva Pompeu, 2014).

No sul do país, em Capão do Leão/RS, 4 domicílios receberam composteiras domésticas com capacidade de 255 litros para estudo de compostagem no local de geração realizado por Guidoni *et al* (2013). Notou-se claramente a diferença de características do composto de acordo com os resíduos inseridos na composteira. Destacaram-se os teores de Na, que variaram de 0,29 mg/kg a 460 mg/kg, e as relações C/N, que variaram de 80/1 a

menores que 20/1. Os domicílios apresentavam diferentes características econômicas e sociais e os residentes de apenas 1 domicílio tinha conhecimento sobre compostagem. Essas diferenças mantiveram-se no tempo necessário para preenchimento total das composteiras, variando de 10 a 22 semanas. Outro resultado importante foi a continuidade de utilização das composteiras mesmo após o período do estudo. Dos 4 domicílios em questão, 3 continuaram com a prática, sendo que aquele que interrompeu a atividade alegou falta de tempo, devido a outras demandas do dia a dia (Guidoni *et al*, 2013).

No nordeste, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) buscou apresentar o processo de compostagem e vermicompostagem para beneficiar comunidades e assentamentos rurais no sul do Sergipe que possuíam pomares com baixa rentabilidade. Para gerar mais informações sobre os produtores, foi feita uma pesquisa de percepção dessas tecnologias pelos agricultores familiares do Assentamento Mangabeiras após demonstração das tecnologias em um lote dentro do assentamento (do Amorim e Curado, 2012).

As discussões evidenciaram a aprovação da comunidade a adoção da prática de compostagem e vermicompostagem. Na percepção dos agricultores, essas técnicas fornecem nutrientes para o solo, melhoram sua estrutura e levam à melhoria da renda local tornando possível a produção mesmo em períodos de seca, como apontou um dos grupos de debate. Um dos grupos ainda relatou que “o mais importante das técnicas é que elas estão protegendo o meio ambiente” (do Amorim e Curado, 2012).

Em Brasília, duas usinas de compostagem estão em funcionamento. É estimado que, de janeiro a agosto de 2015, as usinas tenham produzido 15.521 toneladas de composto, sendo que apenas 463,1 toneladas foram vendidas e 1.347 toneladas foram destinadas à doação. Produtores familiares têm direito ao composto de forma gratuita, desde que respeitem o limite de 90 toneladas por ano e apresentem declaração de aptidão ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf). Outras entidades podem receber até 800 toneladas anuais. Caso haja interesse mas não enquadramento nas condições para doações, a compra do composto pode ser realizada, a um limite de 2.000 toneladas por ano, para produtores rurais e 500 toneladas por ano para demais interessados. O valor praticado é de R\$ 20,00 a tonelada, com um desconto de 60%, válido até dia 31 de dezembro de 2015, para produtores rurais (Agência Brasília). Também existem exemplos de sucesso na aplicação da compostagem como estratégia de redução do despejo de resíduos em aterros de forma descentralizada, tanto em estações quanto nas residências (Zurbrügg *et al.*, 2005; Composta SP).

4.3. Problematização

Apesar de muitos autores considerarem a compostagem e a vermicompostagem uma boa alternativa aos aterros, há aqueles que discordam. No caso da compostagem, o desentendimento refere-se à produção de metano nas composteiras. Na conferência Waste 2006, Gronow afirmou que 75% das pessoas que utilizam a compostagem caseira não aeram o composto, levando a um processo anaeróbico, gerando o metano (Home composting generates..., 2006). Em resposta, Dr. Jane Gilbert e o *Waste and resources Action Programme* (WRAP) afirmam que outros benefícios gerados pela compostagem doméstica mais que compensam os danos decorrentes da pequena produção de metano das composteiras, quando ela ocorre, visto que há diferentes formas de capacitação da população para utilização dessa ferramenta. Mesmo não havendo o manejo correto, foram encontrados poucos casos de composteiras atuando de forma anaeróbica (Home composting critics..., 2006).

No caso da vermicompostagem, a controvérsia surge pela alta produção de óxido nitroso. Com um poder cerca de 265 vezes maior de absorção de calor que o gás carbônico, CO₂ (IPCC), áreas de vermicompostagem bem menores são capazes de apresentar o mesmo impacto de aterros, que produzem gás carbônico e metano. Os estudos realizados foram focados em grandes centros de vermicompostagem, portanto ainda é incerto se pequenas centrais ou minhocários domésticos possuem o mesmo potencial de produção de óxido nitroso, apesar da afirmativa de que solos com mais nitrogênio produzem mais óxido nitroso na presença de minhocas (Karsten, Gudrun e Harold, 1997).

Espécies exóticas invasoras podem causar impactos irreversíveis, desde perda de espécies exóticas a alteração de paisagens. A introdução e estabelecimento de uma espécie invasora depende de muitos fatores, sendo um deles a pressão de propágulo. Em alguns casos, a introdução é feita por ignorância da população em relação ao assunto e à ecologia local. A liberação de minhocas dos minhocários em locais inadequados pode levar a reprodução e causar impactos nos ecossistemas locais. Devido a desinformação, famílias que não têm mais condições de manter um animal o libertam em áreas verdes da cidade, como o Parque Olhos d'água, em Brasília, DF. A grande pressão de propágulo gerada por diferentes introduções de indivíduos no parque causou uma invasão e estabelecimento de dominância sobre espécies nativas pela tartaruga tigre na lagoa localizada dentro do parque (de Almeida *et al.* 2014). Esse processo pode ocorrer caso se utilize minhocas exóticas para vermicompostagem. A

espécie mais utilizada é a *Eisenia fetida*, mais conhecida como vermelha-da-Califórnia, nativa da Europa.

A base de dados do Instituto Hórus já lista a vermelha-da-Califórnia como invasora no Brasil desde 1983. Sua introdução ocorreu para a produção de húmus para jardinagem, floricultura, paisagismo e agricultura. São necessários estudos complementares para avaliação do impacto dessa invasão, visto que Hendrix *et al.* (2006) compilaram uma diversidade de interações entre espécies de minhocas nativas e invasoras, de acordo com espécies envolvidas, grau de distúrbio do ambiente e tipo de ecossistema.

Na maioria dos casos de utilização de minhocário e composteira domésticos, são relatados alguns problemas. Este tipo de processo está intrinsecamente ligado à proliferação de organismos associados à decomposição dentro das caixas digestoras. Concomitantemente às minhocas, é possível encontrar fungos e outros animais, como larvas e ácaros, muitas vezes indesejados, que podem causar repúdio à utilização da tecnologia. Também devido a suas particularidades, a liberação de odores pode ocorrer, apesar de normalmente estar ligada à utilização de alimentos indevidos ou à falta de matéria seca. Estes empecilhos apontam que domicílios com áreas abertas são mais adequados à utilização destas tecnologias, apesar de sua falta não ser proibitiva.

5. Composta São Paulo

O projeto Composta São Paulo é uma ação do programa São Paulo Recicla, uma iniciativa da Prefeitura de São Paulo, junto com Loga e EcoUrbis, e idealizado e executado pela Morada da Floresta. Surgiu como uma forma de reduzir a quantidade de resíduos orgânicos recolhidos e encaminhados aos lixões pela utilização de minhocários domésticos. Mesmo com um escopo relativamente pequeno se comparado à população de São Paulo, 2006 domicílios frente a população estimada de 11.967.825 em 2015, o projeto foi responsável pela compostagem de 250 toneladas de resíduos em 6 meses.

O projeto apresentou metodologia com 6 passos principais: Inscrição, Seleção, Capacitação em Compostagem, Prática e Interação, Capacitação em Plantio e Compartilhamento de Experiências. No decorrer dos passos, a aplicação de 5 questionários foram realizados. O primeiro realizado no ato do cadastro, 3 de acompanhamento das atividades e 1 no caso de desistência.

No primeiro passo, foram definidos “Centros de Apoio” para auxiliar os participantes durante o projeto. Entidades (escolas, condomínios, vilas e associações) foram convidadas a participar do projeto sob essa função e inscrições foram abertas na internet para que interessados diversos pudessem participar. Uma campanha de divulgação foi realizada e, no total, houve 10.061 inscritos

A seleção dos contemplados se deu de forma a se obter uma amostragem representativa da população de São Paulo (distribuição geográfica, renda, sexo e faixa etária), de acordo com dados do Censo IBGE 2010. Além disso os interessados foram classificados de 1 a 4, em que 1 representa motivações mais individuais para participação e 4 representa motivações mais coletivas e histórico e conhecimento prévio sobre a compostagem. Outra característica desejada foi a maximização da disseminação do conceito e da prática, alcançada pela seleção de interessados ligados à educação ou ao serviço público, ambos perfis com possibilidade de multiplicar o conhecimento dentro de suas áreas de atuação.

Do total de contemplados pelo projeto, 90,58% das inscrições válidas foram feitas por pessoas que não participavam dos Centros de Apoio, ou seja, por “Demanda Espontânea”. Isso mostra um grande interesse da população em participar de projetos dessa natureza.

A maioria dos interessados eram mulheres (60,36% dos inscritos válidos) e moravam em casas (64,32%). Um dado interessante foi a proporção de pessoas cursando ensino superior, com superior completo e pós-graduados que juntos, somaram 86,95% dos inscritos válidos. Isso pode ter se dado por diversos motivos, incluindo acesso à informação, tanto do problema dos resíduos, quanto ao alcance da divulgação do projeto. Também foi verificada a participação mais significativa da porção adulta da população, com idades entre 18 e 59 anos (67,79%).

A taxa de desistência do projeto foi baixa, 47 domicílios (2%) desistiram, sendo que desses, apenas 26 responderam o questionário de desistência. O motivo mais expressivo de desistência foi “pessoal (mudança de domicílio, falta de tempo, problemas pessoais/familiares, etc.)”. Contudo, 24 dos 26 desistentes recomendariam a compostagem doméstica para outras pessoas e 21 pretendem praticar a compostagem em outro momento.

Com relação ao trabalho envolvido na utilização do minhocário, 33,02% dos domicílios, os moradores separam os resíduos e se envolvem com a manutenção do minhocário e em 61,21% dos domicílios, os moradores apenas separam os resíduos orgânicos. O tempo dedicado à manutenção do minhocário também foi questionado (Tabela 1), e os resultados demonstram que o tempo foi problemático para apenas 10,16% dos contemplados, outros 15,05% também tiveram problemas, mas superaram a dificuldade.

Tempo	Número de domicílios	%
0 a 30 minutos por semana	455	29,64%
30 a 60 minutos por semana	657	42,80%
de 1 a 2 horas por semana	302	19,67%
mais de 2 horas por semana	121	7,88%
Total	1535	100%

Tabela 1 - Tempo dedicado (Fonte: Composta SP)

Mesmo com as oficinas de capacitação em compostagem alguns contemplados tiveram problemas com a utilização. O problema mais comum foi a presença de mosquitos e drosófilas. Contudo, 90,05% dos domicílios ou não enfrentaram dificuldades ou as superaram (Tabela 2). As soluções encontradas para as dificuldades vieram em sua maioria de meio digital, encontradas no grupo online do projeto, no Facebook (40%), e em outros sites sobre o tema (35%). Mesmo com essa predominância, quantidade significativa de contemplados buscaram as soluções com pessoas próximas que também participavam do projeto.

Dificuldades	Ainda estou enfrentando (%)	Enfrentei e superei esta dificuldade (%)	Não enfrentei esta dificuldade (%)
Mosquitos e drosófilas	27,04	39,54	33,42
Encontrar matéria orgânica	12,70	27,95	59,35
Falta de informação	4,69	19,02	76,29
Nojo em lidar com animais indesejáveis	10,36	16,61	73,03
Mau cheiro	2,02	12,38	85,60
Identificação de problemas	10,29	34,07	55,64
Infestação de larvas	10,55	19,87	69,58
Ansiedade	4,63	17,79	77,59
Falta de tempo	10,16	15,05	74,79
Pouca produção de resíduos orgânicos	7,10	8,34	84,56
Média	9,95	21,06	68,99

Tabela 2 - Quantidade de domicílios por dificuldades encontradas (Fonte: Composta SP)

Depoimentos foram registrados e alguns foram selecionados, divididos em temas, compilados e disponibilizados em site. Os temas foram:

- Motivação em fazer parte;
- Outras evoluções;
- Outras iniciativas;
- Importância do grupo;
- Interesse de terceiros;
- Mais interessante;
- Recado para a prefeitura.

Foi relatada a mudança de relação com animais e insetos, maior conhecimento sobre o ciclo dos alimentos, mudança de hábitos alimentares (vegetarianismo), melhora de humor e foco, “bem-estar”, importância da “conquista de autonomia frente às nossas necessidades diárias” e questionamentos sobre a forma como os alimentos são produzidos e sobre o estilo de vida. Um tema importante nos depoimentos foi a multiplicação do conhecimento, afetando não só os contemplados, mas pessoas próximas, como familiares e amigos. É possível notar que a mudança não se restringe à alimentação. O contato com ações sustentáveis traz mais benefícios e aproxima a sociedade de um estado de “reflexividade”, em que a sociedade se encara como tema de discussão assim como um problema para si mesma, frente às suas ações geradoras de riscos.

6. Avaliação de vermicompostagem doméstica para a cidade de Brasília

Brasília localiza-se no Centro-Oeste brasileiro na unidade federativa do Distrito Federal. Está inserida no bioma Cerrado e apresenta duas estações bem definidas, uma seca e uma chuvosa, normalmente de maio a setembro e outubro a abril, respectivamente, segundo dados colhidos pelas estações do Instituto Nacional de Meteorologia entre os anos de 1961 e 1990. No Plano Piloto, existem 221.223 habitantes em 78.601 domicílios, resultando em uma média de 2,81 habitantes por domicílio. Dentre esses domicílios, 72,84% (57.251 domicílios) contam com serviço de coleta seletiva e 26,99% (21.215 domicílios) possuem coleta de lixo convencional (Codeplan, 2014).

O Distrito Federal diferencia-se de outros estados em parâmetros econômicos. Possui o maior PIB per capita do Brasil, chegando a ser quase duas vezes maior que o de São Paulo, o estado que mais se aproxima (IBGE, 2015), e uma distribuição de renda singular no país (Figura 4). A maior quantidade de domicílios com rendas superiores a 5 salários mínimos pode ser a causa da grande geração de resíduos encontrada, 1,551 kg/hab/dia, a maior do país, contra a média nacional de 1,062 kg/hab/dia (Abrelpe, 2015). A composição do lixo também pode ser afetada pela renda, visto que aparelhos eletrônicos, por exemplo, são mais comuns nas parcelas mais ricas da população que, portanto, os descartam em maior quantidade.

Os resíduos gerados são levados ao “Lixão do Jóquei”, mais conhecido como “Lixão da Estrutural”, no qual cerca de 2.500 toneladas de resíduos sólidos urbanos e entre 6.000 e 8.000 toneladas de resíduos da construção civil são depositados diariamente (SLU, 2015). O lixão possui uma localização preocupante ao lado do Parque Nacional de Brasília (Figura 5).

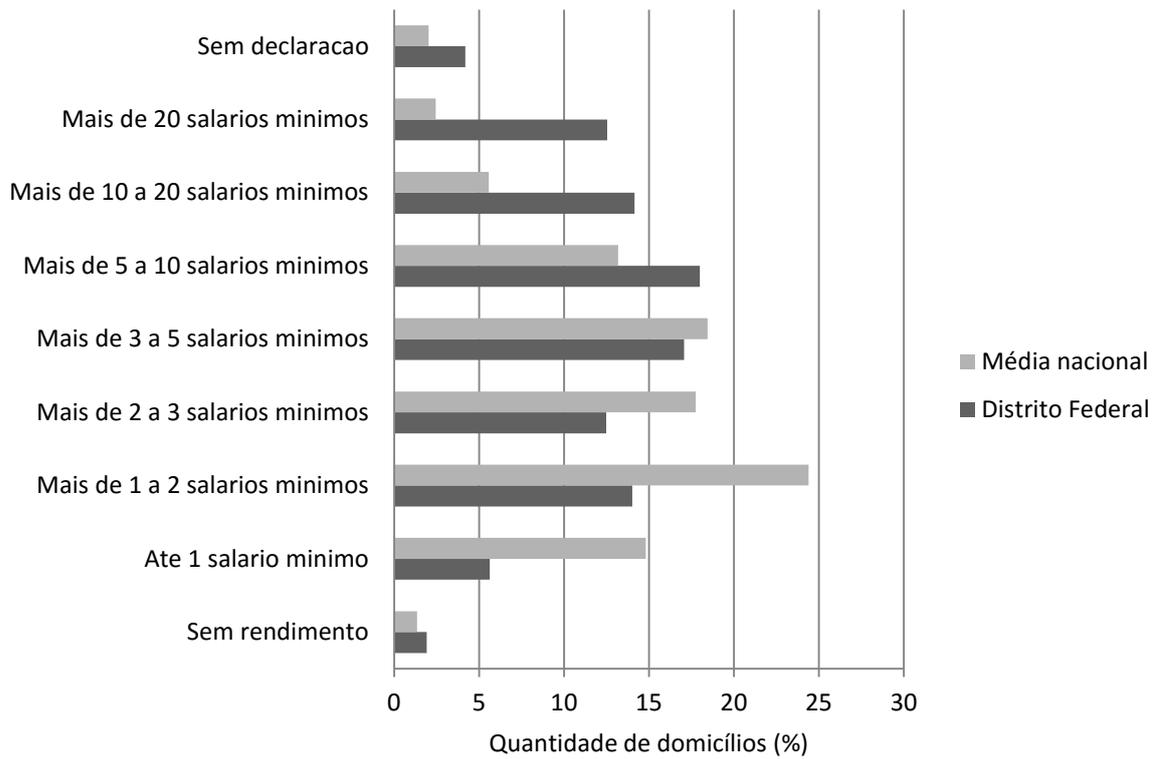


Figura 4 - Rendimento mensal médio por classes de salário mínimo (Fonte: IBGE)

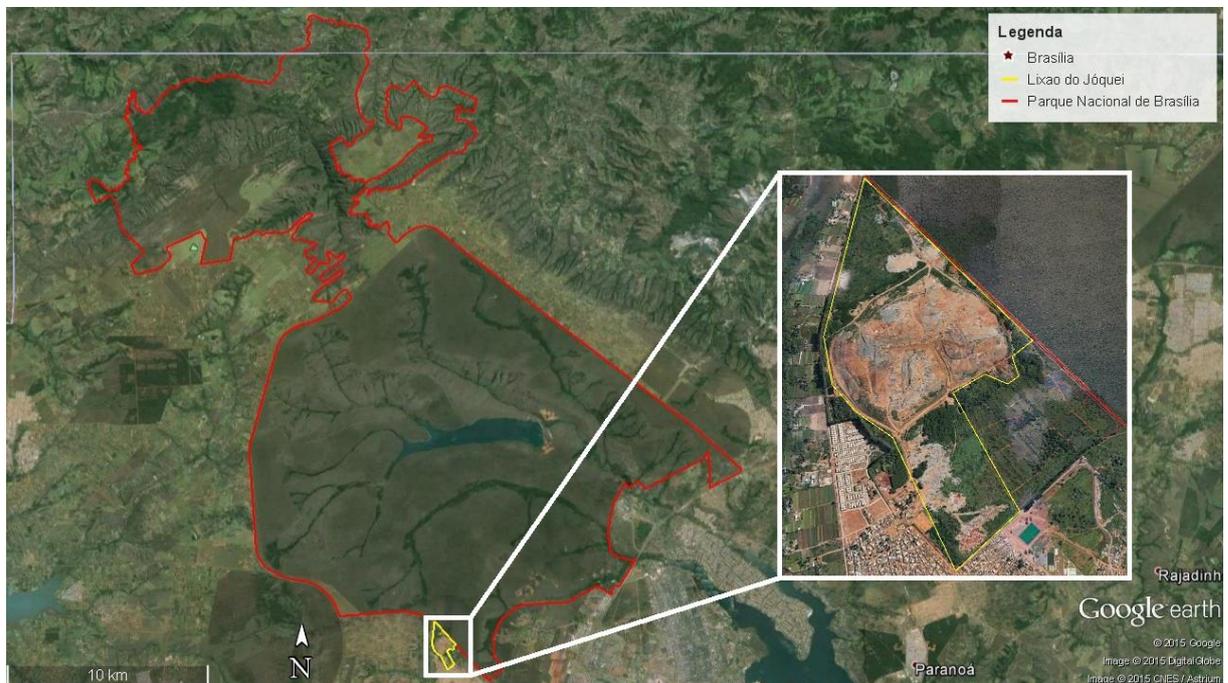


Figura 5 - Limites do Parque Nacional de Brasília e do Lixão do Jóquei (Fonte: Google Earth Pro)



Figura 6 – Localização da usina de triagem e compostagem da Asa Sul (Fonte: Google Earth Pro)

Incêndios no Lixão já ocorreram e representam risco pelo possível alastramento para a área do Parque Nacional (G1, 2015). Há um risco, também, de contaminação dos recursos hídricos próximos. Moradores do lixão e de regiões próximas utilizam poços para abastecimento de água. Amostras retiradas desses poços e de outros furos em torno e dentro da área do lixão apresentaram altas concentrações de cloretos, ausentes nas águas naturais da região, nitrato, amônia e chumbo, distribuídos de formas diferentes (Koide e Bernardes, 1998).

Catadores estão presentes dentro do Lixão e atuam sem condições de trabalho. Não possuem máscaras, luvas ou botas para efetuarem seu trabalho de forma segura (G1, 2015). Esses trabalhadores são ameaçados constantemente por acidentes, podendo levar a fatalidades. Alguns dos acidentes registrados incluem atropelamentos, desmembramentos e escarpelamentos além de queimaduras, pois sua atividade continua mesmo durante incêndios (SLU, 2015).

As usinas de triagem e compostagem no DF estão localizadas na Asa Sul e em Ceilândia (Figuras 6 e 7). Elas são responsáveis por triar e compostar parte dos resíduos coletados no DF, provenientes, principalmente, de Ceilândia, Taguatinga e Samambaia. A usina localizada em Ceilândia possui capacidade para receber 600 toneladas por dia, e atua

próxima a esse limite, com cerca de 591 ton/dia. Já a usina da Asa Sul possuía capacidade para 100 toneladas, mas passou por melhorias e é capaz de processar 200 ton/dia, apesar disso, atualmente, recebe apenas 1 ton/dia (Figura 8).



Figura 7 - Localização da usina de triagem e compostagem de Ceilândia (Fonte: Google Earth Pro)

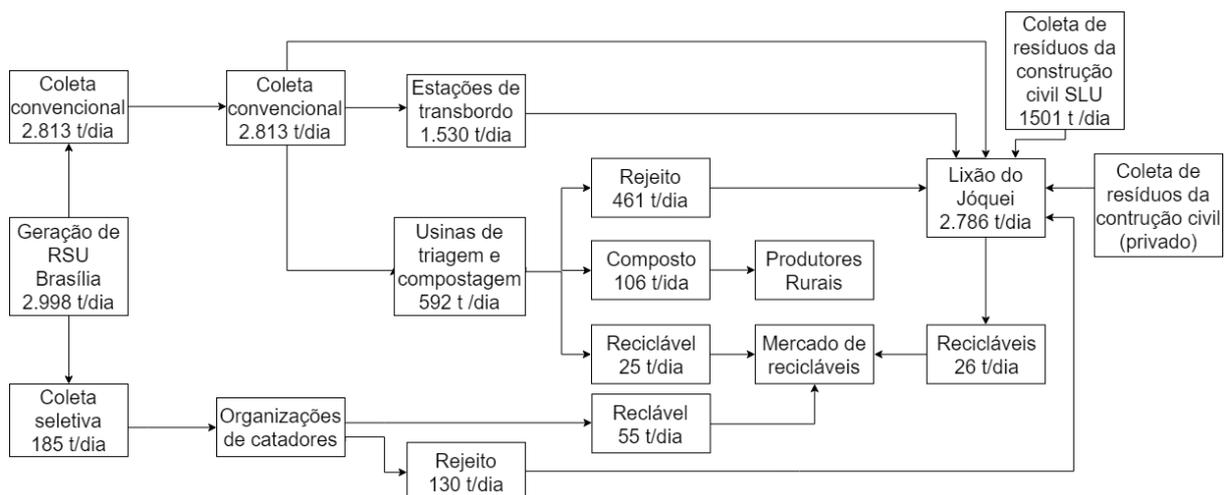


Figura 8 - Fluxo de resíduos em Brasília (Fonte: Adaptado de SLU, 2015)

Nota-se uma maior complexidade do sistema quando os resíduos são destinados à coleta seletiva ou às usinas de triagem e compostagem. Isso causa a redução gradativa da quantidade de resíduos destinados ao lixão, que pode ser atribuída à inclusão de diferentes

atores e à pressão de diferentes partes da sociedade. A maior complexidade também pode resultar na maior resiliência do sistema, ou seja, o sistema pode recorrer a diferentes respostas para compensar as alterações causadas pelos distúrbios, mantendo-se funcional (Holling, 1973).

Levando em consideração os casos apontados acima, observa-se que o desenho de projeto de vermicompostagem ideal utiliza: (i) a descentralização das estações de compostagem como base para apresentar resultados melhores com relação aos custos, efetividade e persistência (Composta SP, 2015; Zurbrügg et al., 2005; Guidoni *et al*, 2013); (ii) a matéria orgânica sem aditivos, pois possui tempo de compostagem reduzido (Karagiannidis *et al*, 2010), aumentando a atratividade do processo doméstico; (iii) a separação do lixo na origem e seus efeitos derivados, como a redução do custo de transporte dos resíduos e o aumento da rentabilidade dos recicláveis, triados em usinas, onde trabalham cooperativas de catadores (Pirsaheb *et al*, 2013; Lopes e da Silva Pompeu, 2014).

O composto gerado a partir dos resíduos domésticos também é de alta qualidade, devido a sua composição orgânica estável, pode ser mais benéfico ao solo do que seu semelhante sintetizado por dar estrutura ao solo e prover nutrientes de forma gradativa (Pirsaheb *et al*, 2013), minimizando a lixiviação de nutrientes e processos degradantes associados, como a eutrofização de corpos hídricos. Mesmo que o composto gerado não seja utilizado pelo domicílio, existem alternativas de destinação, por exemplo, parte dos participantes do Composta São Paulo utilizavam o biofertilizante e o composto gerados em áreas públicas ou doavam para interessados.

6.1.Avaliação de Instrumento de Política Ambiental

Algumas definições de avaliação trazem apenas a ideia de “retrospectiva”, ou seja, **após** a ação é avaliado seu desempenho. Para problemas ambientais essas definições não são ideais. Fazer avaliações ex-ante são fundamentais para prevenção e/ou mitigação de danos causados por diferentes empreendimentos. Assim, Mickwitz (2003), em decorrência dessas peculiaridades ambientais, propõe uma forma de avaliação ex-ante para instrumentos de políticas ambientais.

Relevância	Os objetivos dos instrumentos abrangem principais problemas ambientais?
Impacto	É possível identificar impactos que são claramente resultado dos instrumentos e sua implementação?
Efetividade	Em que grau os resultados correspondem aos objetivos do instrumento?
Persistência	Os resultados possuem um efeito duradouro sobre o estado do ambiente?
Flexibilidade	Esse instrumento é capaz de lidar com mudanças de condições?
Previsibilidade	É possível prever a administração e resultados dos instrumentos? É possível que os regulados, assim como outros, se preparem levando em conta o instrumento e suas implicações?

Tabela 3 - Critérios para avaliação de instrumentos de política ambiental (Fonte: Adaptado de Mickwitz, 2003)

A avaliação é dividida em 3 grupos de critérios. O primeiro grupo é relacionado a critérios gerais de avaliação, o segundo grupo é relacionado a critérios econômicos e o terceiro grupo é relacionado a critérios de democracia (Tabela 7). Os critérios econômicos e de democracia não serão abordados, pois serão discutidos e por falta de informações, respectivamente.

Dentro dos critérios gerais, avalia-se que a relevância do projeto é alta. Diferentes autores, assim como convenções e governos, têm dado maior ênfase aos problemas gerados pelos resíduos devido a suas consequências. Além de gerar gases de efeito estufa, os lixões causam degradação em escala local e, em alguns casos, regional, além de serem locais de alto risco para a sociedade.

Os impactos resultantes da implementação do projeto de vermicompostagem são claros: (i) aumento da vida útil do lixão, (ii) redução de emissão de gases de efeito estufa, (iii) provimento de informação à população, (iv) melhoria de qualidade de vida àqueles que dependem dos resíduos e, possivelmente, (v) mudança de estilo de vida daqueles engajados nas atividades do projeto. Esses resultados estão totalmente alinhados ao objetivo de redução da quantidade de RSU destinados ao lixão. Essa redução se dá pela utilização do minhocário como tratamento dos resíduos orgânicos e redução do consumo, proveniente da prática de ações sustentáveis.

A utilização de minhocários mostrou-se bastante eficiente quanto a persistência de seus usuários. Em diferentes casos (Composta SP, 2015; Guidoni *et al*, 2013), os usuários

continuaram com a prática de compostagem, mesmo após o fim do acompanhamento realizado pelos implementadores. A prática de compostagem também causará um benefício em diferentes escalas temporais, tanto no curto prazo, com a redução de resíduos destinados ao lixão, quanto no médio e longo prazo, com a redução da emissão de gases, mudança do estilo de vida e divulgação de ações sustentáveis para diferentes gerações.

Por se tratar de um projeto abrangente porém dependente da atuação dentro dos domicílios, a sua atividade depende da disponibilidade e capacidade de adaptação dos praticantes. A experiência do Composta São Paulo revela um interesse e engajamento altos no projeto, representados por seu baixo número de desistências.

É possível que resultados não esperados ocorram. Em entrevista com o presidente de uma das cooperativas atuantes no DF, foi explicitada a resistência encontrada em ações que desativem o lixão por parte dos catadores que atuam dentro dessa área por eliminar sua principal fonte de renda. Um trabalho de realocação para estações de triagem deve ser estudado para gerar mais benefícios sociais e melhorar a percepção do projeto.

6.2. Avaliação Financeira

Para avaliar a utilização da vermicompostagem doméstica como instrumento de política pública para a gestão de resíduos sólidos para a cidade de Brasília, se optou por apresentar uma análise custo-benefício (ACB), um método para se avaliar um projeto de acordo com seus custos e benefícios, todos convertidos em unidades padronizadas, normalmente unidades monetárias, por sua grande abrangência e facilidade de entendimento por grande parte da população. Este método é útil para quantificação de resultados esperados, assim como para decidir entre diferentes empreendimentos que tenham os mesmos objetivos, buscando a máxima eficiência, ou seja, geração de mais benefícios a um custo mínimo (Contador, 2000; EVALSED, 2008). A ACB possui limitações intrínsecas a seu método. Por depender da conversão a unidades padronizadas, alguns parâmetros são excluídos da avaliação, por impossibilidade de conversão. Isso pode levar a um erro podendo ser de subestimação dos custos ou dos benefícios (Contador, 2000).

Os custos para implementação de programa de vermicompostagem são os seguintes: obtenção/criação de materiais como, minhocários e materiais de capacitação (cartilhas, panfletos, apostilas, banners), manutenção de serviço de suporte (grupo nas redes sociais, e-mail, linha telefônica, página web) e divulgação do projeto (Quadro 2). Por se tratar de

vermicompostagem doméstica, os benefícios possuem naturezas distintas: econômica, social e ambiental.

Custos diretos	Custos de capacitação	Custos de manutenção	Custos de oportunidade
Salários	Cartilhas	Serviços de suporte	Investimento alternativo
Materiais de divulgação	Panfletos		Utilização de espaço para distribuição dos minhocários
Minhocários	Banners		
Distribuição dos minhocários	Apostilas		
	Oficinas		

Quadro 2 - Custos

Os benefícios econômicos decorrem da redução da quantidade de resíduos destinados aos lixões, da venda de minhocas ou composto e da venda de recicláveis coletados, porém, nestes casos os benefícios seriam dos indivíduos participantes do programa ou de catadores beneficiados pelos recicláveis em melhores condições de comercialização. Os benefícios sociais e ambientais decorrem da divulgação do processo de compostagem, da possível mudança de comportamento proveniente da prática de compostagem, da redução de emissão de gases nocivos ao ambiente, entre outros (Quadro 3), porém são de difícil mensuração, pois existem várias possibilidades de resultados, dependendo da individualidade de cada participante.

Benefícios econômicos	Benefícios sociais	Benefícios ambientais
Redução de custos operacionais do lixão	Mudança do estilo de vida	Redução da emissão de gases do efeito estufa
Redução da quantidade de lixo gerada e transportada	Informação	Aumento da vida útil dos lixões
Aumento da renda dos catadores	Aumento da qualidade de vida dos catadores	Aumento da parcela de resíduos reciclados
		Redução da chance de contaminação dos compartimentos ambientais próximos ao lixão

Quadro 3 - Benefícios

Os benefícios que serão utilizados para realização da avaliação são: redução de custos operacionais do lixão, redução da quantidade de lixo gerada e transportada. Os custos são os seguintes: compra dos minhocários, distribuição dos minhocários, custos de divulgação, custos de obtenção/criação de material de capacitação, serviço de suporte e o custo de oportunidade de investimentos alternativos. Os outros itens não serão contabilizados por inviabilidade de avaliação e mensuração de seus valores monetários. É relevante notar que quanto maior a abrangência do projeto, os benefícios potenciais de ordem social e ambiental também aumentam e devem ser levados em conta, mesmo não sendo contabilizados monetariamente.

São utilizados 3 cenários para a avaliação, o primeiro cenário representa 100% de abrangência do Plano Piloto, o segundo, 50% e o terceiro, 10%. O cenário 1 foi adotado para se ter uma ideia extrema do potencial do programa e o cenário 3 foi escolhido por ser mais realista, visto que cerca de 10% dos domicílios de Brasília são casas (Codeplan, 2014), locais mais adequados à prática da vermicompostagem doméstica. O cenário 2 foi definido com valor intermediário para comparação com os outros resultados.

Utilizando dados do SLU (2015), verifica-se que a média de produção de RSU para o lote de coleta que inclui o Plano Piloto é de 1,04 kg/hab.dia. Estima-se, portanto, que a produção de RSU apenas para o Plano Piloto seja de 230,07 ton/dia. A um preço médio de coleta e transporte de resíduos de R\$ 82,51 por tonelada, isso representa um custo de R\$ 569.492,27 mensais. Levando em conta a composição dos resíduos gerados (cerca de 50% orgânicos), é possível uma redução de 50% dos custos de coleta e transporte dos RSU, representando uma economia de R\$ 284.746,14 mensais (R\$ 3.416.953,68 ao ano) se a abrangência for 100% do Plano Piloto (cenário 1). Caso a abrangência seja menor, o benefício decresce linearmente, sendo R\$ 142.373,07 mensais (R\$ 1.708.476,84 ao ano) para o cenário 2 e R\$ 28.474,61 mensais (R\$ 341.695,37 ao ano) para o cenário 3.

Para os custos de compra dos minhocários foi utilizada a média de habitantes por domicílio (2,81) para escolha do modelo adequado (com capacidade para até 3 pessoas). Na compra do minhocário, estão inclusos: 3 caixas plásticas, 1 tampa, húmus, cerca de 300 minhocas californianas, 1 ferramenta de revolvimento, 1 torneira, 1 pacote de serragem e manual de vermicompostagem. O menor valor encontrado deste conjunto foi de R\$300,00 e outros valores encontrados não tiveram diferença maior que R\$20,00. Para cálculo do valor total de compra foi utilizado o número total de domicílios em Brasília, 78.601 (Codeplan, 2014). Não foram utilizados reinvestimentos ligados à reposição dos minhocários por não haver dados sobre a vida útil do produto.

O custo de divulgação foi estimado a partir de informações adquiridas via web (Tabela Referencial de Valores..., 2015) e incluem o desenvolvimento de anúncios em revista, ônibus, ponto de ônibus, televisão e email e banners *web*, assim como o planejamento de evento de lançamento, campanhas e ações promocionais, além de material promocional, como adesivo, banner, cartaz, flyer e folheto. O custo destes totalizaram R\$ 246.315,00. O custo relacionado ao aluguel dos espaços de divulgação foi estimado em cerca de R\$ 500.000,00 e inclui espaço e *hot site* na *web*, divulgação na televisão e no rádio e espaços para eventos. Um reinvestimento de 50% do valor da divulgação é realizado 5 anos após o investimento inicial para reforçar a presença do programa nas residências e na sociedade em geral.

Foi efetuado o cálculo de Valor Presente Líquido (VPL) para os 3 cenários utilizando a taxa Selic ao ano como taxa de desconto (14,15%).

6.3. Resultados

Os resultados são apresentados na Tabelas 4, referentes aos 3 cenários propostos. Nota-se que o tempo de *payback* é menor de 17 anos para o cenário de 100% de abrangência do Plano Piloto. O cenário de 50% apresenta tempo de *payback* de 21,67 anos e o cenário de 10%, maior que 35 anos. Como esperado, quanto maior a abrangência do projeto, mais rápido será seu retorno econômico. Os benefícios que não podem ser mensurados, de ordem social e ambiental também aumentam quanto mais domicílios tiverem a prática de vermicompostagem, porém não podem ser mensurados monetariamente, principalmente, por falta de estudos e informações. A separação do lixo na origem também pode levar a maior eficiência na reutilização e reciclagem dos resíduos não orgânicos, gerando uma maior renda aos catadores e melhores condições de trabalho, visto que não haverá tanta matéria em putrefação junto dos materiais recicláveis.

Os custos de divulgação mantêm-se constantes pois, independentemente da quantidade de minhocários distribuídos, parte dos benefícios não monetários são provenientes do serviço de informação e conhecimento da tecnologia dos minhocários.

Os VPLs encontrados para um período de 10 anos são todos negativos. O cenário 3 apresentou menor custo, R\$2.747.517,01. Apesar disso, o cenário 1 é mais eficiente que o cenário 3 considerando-se o custo por domicílio (R\$134,86 e R\$349,55, respectivamente), dando outra perspectiva a sua implementação (Tabela 5). A taxa interna de retorno dos 3 cenários também são negativas, sendo a do cenário 1 a mais próxima de zero (Tabela 5). O custo por minhocário também seria reduzido, devido a escala do projeto, porém, como o desconto não é padronizado e não foi negociado, esse valor foi mantido constante para os 3 cenários.

Equipamentos	Investimentos (R\$)			Somatório de custos anuais de operação em 20 anos (R\$) ²			Somatório de receitas anuais em 20 anos (R\$) ²		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Abrangência (% pop Plano Piloto)	100%	50%	10%						
Minhocários	23.580.300,00	11.790.150,00	2.358.030,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Redução de geração e transporte de resíduos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30.775.298,97	15.387.649,49	3.077.529,92
Distribuição dos minhocários	100.000,00	100.000,00	50.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Material de capacitação	50.000,00	50.000,00	50.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Serviço de suporte	100.000,00	100.000,00	75.000,00	900.664,80	900.664,80	450.332,40	0,00	0,00	0,00
Redução de custos operacionais do lixo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19.006,06	12.951,02	2.590,22
Divulgação	1.125.000,00	1.125.000,00	1.125.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rentabilidade de LCI ¹	2.612.819,91	1.378.391,21	382.995,74	94.299,60	94.299,60	47.149,80	0,00	0,00	0,00
Custos e Benefícios Totais (20 anos)	27.568.119,91	14.543.541,21	4.041.025,74	994.964,40	994.964,40	497.482,20	30.794.305,03	15.400.600,51	3.080.120,14
Payback (anos)	17,00	21,67	>35						

Tabela 4 - Cenário 1, 2 e 3

¹: Utilizada taxa de rentabilidade de LCI ACUM/2015 do Banco do Brasil

²: Utilizado IPCA/IBGE anual de 2015

Ano	Cenário		
	1	2	3
	Valor Presente (R\$)		
0	-27.568.119,91	-14.543.541,21	-4.041.025,74
1	3.309.359,56	1.599.444,78	286.747,96
2	3.309.359,56	1.599.444,78	286.747,96
3	3.309.359,56	1.599.444,78	286.747,96
4	3.309.359,56	1.599.444,78	286.747,96
5	2.934.359,56	1.224.444,78	-88.252,04
6	3.309.359,56	1.599.444,78	286.747,96
7	3.309.359,56	1.599.444,78	286.747,96
8	3.309.359,56	1.599.444,78	286.747,96
9	3.309.359,56	1.599.444,78	286.747,96
10	3.309.359,56	1.599.444,78	286.747,96
VPL	-10.600.182,64	-6.442.749,50	-2.747.517,01
Custo por domicílio atendido (R\$)	134,86	163,94	349,55
TIR	-10%	-11%	-19%

Tabela 5 - Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR)

7. Conclusão e Recomendações

Em Brasília é possível encontrar vários exemplos da grande distância entre a realidade e o esperado após sanção da PNRS. Vários princípios, objetivos e instrumentos são ignorados, embasando um cenário longe do ideal esperado de uma capital federal. O problema dos catadores agrava ainda mais a situação levando-se em conta os grandes riscos assumidos por este grupo para exercer sua ocupação. Com esses problemas e a natureza complexa das questões ambientais em vista, a vermicompostagem doméstica busca melhorar este cenário.

Comparando a realidade atual e o cenário proposto pela PNRS percebemos que não houve interesse continuado em se manter o padrão dos serviços prestados visando a boa gestão de resíduos sólidos. Instrumentos propostos relativamente simples, como o provimento de equipamento adequado às cooperativas de catadores, como forma de incentivo, não são efetivados e proibições como a de uso de resíduos para alimentação ou criação de animais nos aterros são apenas escritas, nunca praticadas. A coleta seletiva, um instrumento fundamental, que embasa e fortalece várias outras esferas da gestão de resíduos sólidos urbanos, não é implementada. São realizadas tentativas descoordenadas, sem a quantidade de recursos

necessária e sem impacto real, levando ao gasto do recurso público sem alteração de comportamento da população ou de melhoria ambiental.

Mesmo com diferentes estudos demonstrando os impactos do lixo nos recursos hídricos, nada é feito visando melhorias. Esse exemplo é apenas uma amostra de como a gestão de resíduos sólidos urbanos ocorre em Brasília e no Entorno, região de situação ainda mais crítica.

Avaliando-se economicamente a utilização de vermicompostagem doméstica como instrumento para tratamento de resíduos orgânicos no local de sua origem percebe-se a simplicidade da prática, sem custos de transporte dos resíduos orgânicos, sem custos com empregados e sem a necessidade de compra ou aluguel de espaços dedicados ao armazenamento de composto (galpões, pátios, etc). Apesar disso, aplicando-se as taxas de desconto, o investimento se paga, apenas, em um período maior que 16 anos (período de 4 governos), no cenário ideal.

Existem benefícios que não foram contabilizados e que devem ser lembrados. A mudança de comportamento que a prática de compostagem gera não se restringe a alimentação (Composta SP). O contato com ações sustentáveis traz outros benefícios e aproxima a sociedade de um estado de “reflexividade”. A não inclusão desses benefícios intangíveis leva a uma subestimação do real benefício gerado pelo projeto.

É possível encontrar uma vasta literatura sobre o tema de compostagem. Apesar disso, a compostagem doméstica ainda não se apresenta como uma alternativa explorada, mesmo com seu grande potencial. A simplicidade da prática em termos econômicos não é refletida na esfera social. A extrema descentralização pode gerar obstáculos inexistentes em outras experiências, por exemplo, a falta de interesse pela prática por grande parte da população, algo que não ocorre no caso a compostagem ocorra fora de suas residências, com resíduos sendo coletados de forma semelhante ao sistema tradicional. Por uma de suas características definidoras, a vermicompostagem doméstica depende muito da sensibilização da população à questão ambiental. A campanha de divulgação do programa possui papel fundamental e, possivelmente, definidor de resultados. Quanto maior a quantidade de informações sobre o problema causado pelos lixões, em diferentes escalas geográficas e temporais, for assimilada pela população, maior a chance de sensibilização e adoção de práticas de redução da geração de resíduos assim como atitudes ambientalmente corretas, como reciclagem, redução do consumo, redução do desperdício e questionamento de comportamentos e estratégias utilizadas atualmente, como a obsolescência programada e percebida.

Os trabalhos sobre a situação dos catadores também são numerosos. Apesar desse interesse acadêmico e de diversas recomendações, as ações realizadas para melhoria de qualidade de vida desse grupo são, normalmente, ineficazes. Estudos mais aprofundados das ações e formulação de política direcionada a inclusão social dos catadores é fundamental para o sucesso de programas relacionados aos resíduos sólidos, visto que são parte importante dessa cadeia produtiva, mesmo que desvalorizados.

Como apontado na Figura 8, a inclusão de atividades como coleta seletiva e compostagem levam a maior complexidade do sistema de resíduos. Essa maior complexidade pode levar a maior resiliência do sistema, ou seja, sua capacidade de absorver distúrbios e continuar funcional (Holling, 1973).

Um programa de vermicompostagem doméstica serve como porta de entrada para a sustentabilidade e suas diversas manifestações (política, ambiental, econômica e social), por isso, é de extremo reducionismo avaliar apenas economicamente esse programa. A subestimação dos benefícios gerados é evidente, porém, os custos também podem ser subestimados pela mesma particularidade de extrema descentralização. Futuros estudos podem explorar mais a fundo e preencher essa lacuna gerando um panorama mais completo do programa dando maior embasamento aos tomadores de decisão.

8. Bibliografia

- Abrelpe. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2014. Disponível em:
http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm. Acessado em 18/01/2016
- Abrelpe. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2013. Disponível em:
http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm. Acessado em 20/02/2016
- Adewale M. Taiwo. "Composting as A Sustainable Waste Management Technique in Developing Countries". *Journal of Environmental Science and Technology* (2011).
- Agência Brasília. <http://www.df.gov.br/conteudo-agencia-brasilia/item/21290-composto-org%C3%A2nico-de-lixo-%C3%A9-oferecido-gratuitamente-no-df.html> Acessado em 30/11/2015
- Aquino, A. M.; Almeida, D. L.; Silva, V. F.; Comunicado Técnico, 8, Centro Nacional de Pesquisa Biológica do Solo: Rio de Janeiro, (1992).
- de Almeida, Alexandre Nascimento, *et al.* "DISPOSIÇÃO A PAGAR PELA PRESERVAÇÃO E MELHORIA DO PARQUE OLHOS D'ÁGUA-DF." V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Belo Horizonte, MG. (2014)
- do Amorim, Lucas Oliveira, and Fernando Fleury Curado. "Percepção Ambiental de Agricultores Familiares sobre o uso de Compostagem laminar e Vermicompostagem no Assentamento Mangabeiras, Umbaúba, SE." *Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS, 2., 2012, Aracaju. Anais... Brasília, DF: Embrapa; Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. 1 CD-ROM., 2012.
- Chapin III, F. Stuart, Pamela A. Matson, and Peter Vitousek. *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. Springer Science & Business Media, 2011.
- Companhia de planejamento do Distrito Federal (Codeplan). "Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios - PDAD – 2013/2014 – Brasília/Plano Piloto". (2014)
- Composta SP - <http://www.compostasaopaulo.eco.br/resultados2014/> . Acessado em 29/09/2015.
- Contador, Cláudio Roberto. *Projetos sociais: avaliação e prática*. Atlas, 2000.
- Costa, Valeriano Mendes Ferreira, Camila G. De Mario, and Luis Fernando Vitagliano Vitagliano. "O impacto do Plano Nacional de Resíduos Sólidos na Gestão Municipal." *Idéias* 2.2 (3) (2011).
- Demajorovic, Jacques, and João Ernesto Brasil Migliano. "Política nacional de resíduos sólidos e suas implicações na cadeia da logística reversa de microcomputadores no Brasil." *Gestão & Regionalidade (Online)* 29.87 (2013).
- Dores-Silva, Paulo R. *et al.* Processo de estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem versus compostagem. *Quim. Nova*, v. 36, n. 5 (2013): 640-645.
- EVALSED, 2008. *Manuais Técnicos de Avaliação II: Métodos e Técnicas* Observatório do QREN. Disponível em http://www.observatorio.pt/item1.php?lang=0&id_page=548. Acessado em 20/01/2016.
- G1. <http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2015/08/incendio-no-lixao-da-estrutural-no-df-ja-dura-tres-dias.html> Acessado em 29/11/2015
- Guidoni, Lucas Lourenço Castiglioni, *et al.* "COMPOSTAGEM DOMICILIAR: IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DO PROCESSO." *Tecno-Lógica* 17.1 (2013): 44-51.
- Hendrix, Paul F., *et al.* "Invasion of exotic earthworms into ecosystems inhabited by native earthworms." *Biological Invasions* 8.6 (2006): 1287-1300.
- Holling, Crawford S. "Resilience and stability of ecological systems." *Annual review of ecology and systematics* (1973): 1-23.

- “Home composting critics ‘missing bigger picture’”. LetsRecycle. 2006.
<http://www.letsrecycle.com/news/latest-news/home-composting-critics-missing-bigger-picture/> . Acessado em 22/10/2015.
- “Home composting generates greenhouse gas, academics warn”. LetsRecycle, 2006.
<http://www.letsrecycle.com/news/latest-news/home-composting-generates-greenhouse-gas-academics-warn/> . Acessado em 22/10/2015.
- Hoornweg, Daniel, Laura Thomas, and Lambert Otten. "Composting and its applicability in developing countries." World Bank working paper series 8 (1999).
- Hoornweg, Daniel, and Perinaz Bhada-Tata. "What a waste: a global review of solid waste management." (2012).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). “Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB -2008”. Rio de Janeiro: IBGE (2010).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). “Indicadores de desenvolvimento sustentável : Brasil : 2015”. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais [e] Coordenação de Geografia. – Rio de Janeiro : IBGE, 2015.
- Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Gráficos Climatológicos. Disponível em:
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>. Acessado em 29/11/2015
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html . Acessado em 12/11/2015
- Jacobi, Pedro Roberto, and Gina Rizpah Besen. "Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade." Estudos Avançados 25.71 (2011): 135-158.
- Jacobi, Pedro Roberto. "Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo." Educação e pesquisa 31.2 (2005): 233-250.
- Karagiannidis, A. et al.”Decentralized aerobic composting of urban solid wastes: some lessons learned from asian-EU cooperative research”. Global NEST Journal, vol 12, no 4 (2010): 343-351.
- Karsten, Gudrun R., and Harold L. Drake. "Denitrifying Bacteria in the Earthworm Gastrointestinal Tract and In Vivo Emission of Nitrous Oxide (N₂O) by Earthworms." Applied and Environmental Microbiology 63.5 (1997): 1878-1882.
- Koide, Sérgio and Ricardo Silveira Bernardes. "Contaminação do lençol freático sob a área do aterro do Jockey Club, Distrito Federal." Águas Subterrâneas 1 (1998).
- Li, Kangmin, Peizhen Li, and Hongtao Li. "Earthworms helping economy, improving ecology and protecting health." International Journal of Global Environmental Issues 10.3-4 (2010): 354-365.
- Lleó, Thais, et al. "Home and vermicomposting as sustainable options for biowaste management." Journal of Cleaner Production 47 (2013): 70-76.
- Lopes, Anaísa Filmiano Andrade, and Diogo Sá da Silva Pompeu. "BENEFÍCIOS SOCIAIS E AMBIENTAIS DA USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM NA CIDADE DE PRATA-MG." Hygeia 10.19 (2014): 74-85.
- Maragno, E. S., Trombin, D.F. and Viana, E. "O uso da serragem no processo de minicompostagem." Engenharia Sanitária e Ambiental 12.4 (2007): 355-360.
- Marcosbadra. <http://marcosbadra.com/tag/adubo-organico/page/3/>. Acessado em 16/01/2016
- Mickwitz, Per. "A framework for evaluating environmental policy instruments context and key concepts." Evaluation 9.4 (2003): 415-436.
- Monteiro, J. H. P. *et al.* Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. In: Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. IBAM (2001). APA

- Orrico, Ana CA, Jorge de Lucas Júnior, and Marco AP Orrico Júnior. "Alterações físicas e microbiológicas durante a compostagem dos dejetos de cabras." *Engenharia Agrícola* 27.3 (2007): 764.
- Palitonageral. <http://palitonageral.blogspot.com.br/2011/03/como-fazer-uma-compostagem-domestica.html>. Acessado em 16/01/2016
- Pirsaheb, Meghdad, Toubia Khosravi, and Kiomars Sharafi. "Domestic scale vermicomposting for solid waste management." *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 2.1 (2013): 1-5.
- Possamai, F. P., et al. "Lixões inativos na região carbonífera de Santa Catarina: análise dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente." *Ciência & Saúde Coletiva* 12.1 (2007): 171-179.
- Porto, Marcelo Firpo de Souza, et al. "Lixo, trabalho e saúde: um estudo de caso com catadores em um aterro metropolitano no Rio de Janeiro, Brasil." *Cadernos de Saúde Pública* 20.6 (2004): 1503-1514.
- Prefeitura de Maringá.
<http://www2.maringa.pr.gov.br/site/index.php?sessao=1aa417a9ea551a&id=27278>
Acessado em 20/11/2015
- Sarkhel, P. "Economics of Household Waste Management in Kolkata: Proposed Steps towards Improved Efficiency". *Contemporary Issues and Ideas in Social Sciences*, March (2006): 1-19.
- Serviço de Limpeza Urbano (SLU). "Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal – de janeiro a março de 2015." 2015.
- Serviço de Limpeza Urbano (SLU). "Relatório do Diagnóstico de Resíduos Sólidos, Distrito Federal (2014)." 2015.
- Sisinno, Cristina LS, and Josino Costa Moreira. "Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil." *Cadernos de Saúde Pública* 12.4 (1996): 515-523.
- Souza, Celina. "Políticas públicas: uma revisão da literatura." *Sociologias* 8.16 (2006): 20-45.
- Sustainability in Prisons Project (SPP, 2012).
<http://sustainabilityinprisons.org/blog/2012/10/16/using-worms-to-reduce-food-waste-at-monroe-correctional-complex/> . Acessado em 22/10/2015
- Tabela Referencial de Valores dos Serviços de Live Marketing. Associação de marketing promocional (ampro). Atualizada em fevereiro de 2015. Disponível em:
<http://ampro.com.br/admin/Files/PDF/TabelaReferencialdeValores2015.pdf> . Acessado em 30/01/2016
- UNEP-IETC, H. I. I. D. "International source book on environmentally sound technologies for municipal solid waste management, United Nations Environment Programme (UNEP)." International Environmental Technology Centre (IETC) (1996).
- Zurbrügg, Christian, et al. "Decentralised composting in Bangladesh, a win-win situation for all stakeholders." *Resources, Conservation and Recycling* 43.3 (2005): 281-292.