

III-078 - ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE COMPOSTAGEM DE BÍOSSÓLIDOS UTILIZANDO RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MOVELEIRA

Daniela Rovatti⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade de Caxias do Sul.

Neide Pessin

Bióloga. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Professora do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade de Caxias do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Rua São Francisco de Paula, 49 – Kayser – Caxias do Sul – RS - CEP: 95096-440 - Brasil - Tel: +55 (54) 9126-4437 - e-mail: rovatti.daniela@yahoo.com.br

RESUMO

O desenvolvimento acelerado das metrópoles desencadeia uma série de conseqüências ao ambiente, principalmente a geração de resíduos sólidos em todas as atividades humanas. Para alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável, necessita-se criar e aperfeiçoar técnicas e metodologias de implantação e operação de empreendimentos, com vistas ao uso racional de bens naturais e minimização dos impactos associados. Uma das áreas em que os impactos associados ainda são inúmeros e que merecem atenção é no gerenciamento de resíduos sólidos, pois a realidade brasileira demonstra escassez de soluções. Considerando a existência do gerenciamento integrado (coleta diferenciada, separação dos resíduos, tratamento e destinação adequada), pode-se aplicar métodos eficazes para a redução de volume e carga dos resíduos orgânicos, tendo como base que cerca de 50% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) compõem-se de matéria orgânica decomponível. Com este enfoque, o presente trabalho realiza a análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental de um sistema de compostagem para a prestação de serviços em tratamento de resíduos, utilizando o lodo oriundo das estações de tratamento de efluentes (ETE), e resíduos originados na indústria moveleira, já que tal setor é expressivo na região da Serra Gaúcha. Propõe-se uma área para a implantação deste empreendimento, avaliando-se com critérios técnicos, e visando prever em projeto a minimização dos impactos associados à área escolhida. Para a realização desta análise, torna-se imprescindível que os seguintes elementos sejam dimensionados: composteiras com aeração forçada, pátios de cura e armazenagem de resíduos, pátio de compostagem impermeabilizado e coberto, e sistemas de drenagem e captação para lixiviados.

PALAVRAS-CHAVE: BÍOSSÓLIDO, Compostagem, Desenvolvimento Sustentável, Viabilidade Econômica.

INTRODUÇÃO

Para tratamento e disposição final de resíduos sólidos têm-se como métodos tradicionais os aterros sanitários, a incineração e a compostagem, na maioria das vezes empregados de forma associada a outras tecnologias, ou até mesmo entre eles, dependendo das características físicas, químicas e biológicas do resíduo em questão.

Para os resíduos sólidos de constituição orgânica e putrescível, os aterros sanitários tem se configurado como uma técnica comumente usada, porém amplamente criticada pelas correntes ambientais em função de que demandam grandes áreas para operação. Além disso, cabe destacar que durante a decomposição dos resíduos haverá a geração de lixiviado e gases, os quais deverão ser tratados para a minimização dos impactos associados. O impacto local e visual é iminente, principalmente durante a sua operação, e após encerrada a vida útil do aterro a área utilizada é considerada imprópria para ocupação e necessitará de monitoramento por longos anos, conforme determinação dos órgãos licenciadores.

Para resíduos sólidos cuja fração de matéria orgânica é expressiva, a compostagem é uma alternativa interessante sob o ponto de vista ambiental, uma vez que a matéria orgânica, após passar por etapas de degradação microbiana, pode ser reincorporada no solo. A técnica de compostagem constitui-se sustentável, pois além de promover a ciclagem dos nutrientes aos sistemas, produz um condicionador de solo (composto) que pode ser valorado pela sociedade.

Existem várias técnicas e associadas a estas, tecnologias de concepção do processo de compostagem, desde sistemas simples e manuais até sistemas complexos, altamente tecnificados, onde todos os parâmetros do processo são monitorados e controlados com vistas a aceleração da biodegradação dos resíduos. É importante ressaltar que, a compostagem pode ser uma excelente opção quando considerada a possibilidade de mistura de resíduos de fontes geradoras distintas, o que reduz a necessidade de multiplicação de aterros para disposição de resíduos com elevada carga orgânica associada. Um exemplo de co-compostagem (biodegradação de resíduos associados) pode ser exemplificado com a utilização de mistura de resíduos orgânicos e lodos gerados em sistemas de tratamento de efluentes (biossólidos).

Os sistemas de tratamento de efluentes normalmente utilizam processos biológicos de oxidação da matéria orgânica, purificando o efluente e produzindo um subproduto de composição variável, genericamente chamado de lodo. Em função das tecnologias aplicadas têm-se características dos lodos gerados de forma particular, geralmente os biossólidos são ricos em nutrientes e podem ser reincorporados ao solo, após biotratamento. No entanto, o destino final do lodo das estações de tratamento de efluentes - ETE, em geral, são os aterros sanitários, demandando grandes volumes de ocupação nestes sistemas.

Uma possibilidade técnica é promover a degradação biológica dos biossólidos, juntamente com outros resíduos, pois o lodo de ETE não contém características físicas que o tornem um resíduo capaz de ser compostado sozinho. Desta forma é necessário misturá-lo a outro resíduo estruturante cuja finalidade é viabilizar e operar adequadamente um sistema de compostagem.

Um sistema de compostagem viabiliza o processamento de resíduos, retendo-os por um tempo e em seguida os enviando às áreas de utilização. Seu impacto ao ambiente é muito menor que um aterro sanitário, que estoca grande volume de resíduos por longos períodos. Alguns impactos causados pela instalação do sistema podem ser minimizados por elementos de projeto, implantação e operação do mesmo.

Neste contexto, o presente trabalho possui o objetivo de analisar a viabilidade técnica, econômica e ambiental de um sistema de compostagem para a prestação de serviços em tratamento de resíduos, utilizando o lodo oriundo das estações de tratamento de efluentes (ETE), e resíduos originados na indústria moveleira. Observa-se que na ausência ou escassez dos resíduos do setor moveleiro, pode-se utilizar podas e folhas de árvores, como fonte alternativa de material estruturante.

Para a realização deste empreendimento, foi imprescindível o dimensionamento dos seguintes elementos: composteiras com aeração forçada (sistema de aeração), pátios de cura e armazenagem de resíduos, pátio de compostagem impermeabilizado e coberto, e sistemas de drenagem e captação para lixiviados. Salienta-se que foi previsto o tratamento dos lixiviados através de uma empresa terceirizada, e o peneiramento do composto final, prevendo as possibilidades de utilização.

Com a composição deste cenário, tem-se a base para a realização da análise qualitativa e quantitativa deste sistema, avaliando sua viabilidade econômica na atualidade.

JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA TECNOLÓGICA PARA O EMPREENDIMENTO

Define-se compostagem como uma biooxidação aeróbia exotérmica de substrato orgânico heterogêneo em estado sólido, caracterizado por produzir CO₂, água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável (PROSAB, 1999). Assim os resíduos orgânicos com características desagradáveis (odor, aspecto, contaminação por microrganismos patogênicos, etc.), através do processo, transformam-se em composto (insumo agrícola), de odor agradável, fácil de manipular e livre de microrganismos patogênicos.

Avaliando-se os sistemas pode-se verificar que as leiras revolvidas geram grande preocupação quanto a geração de odores, necessitando invariavelmente de equipamento para revolvimento, o que define as dimensões das leiras. Este sistema conseqüentemente possuirá maior área para implantação, e isto refletirá em custos.

O sistema que utiliza reator torna-se, apesar de eficiente, muito oneroso pela dependência tecnológica. Este sistema acaba por tratar volumes definidos e exige monitoramento constante, necessitando de manutenção e reparos no reator.

As leiras estáticas aeradas permitem configurar as leiras diferencialmente, otimizando o uso do terreno. Também com a aeração forçada tem-se maior controle sob odores e a temperatura, parâmetro fundamental no processo de degradação. Com a cobertura destas leiras temos a independência dos fatores climáticos, ocorrendo a minimização da geração de lixiviados. Portanto, este sistema de compostagem torna-se tecnicamente eficiente e de baixo custo, com fácil operação e controle de parâmetros. Assim para a delimitação desta proposta adotou-se a configuração de leiras estáticas aeradas, com pátio de compostagem coberto.

GENERALIDADES

Verificando-se a carência para o destino final do lodo oriundo de estações de tratamento de efluentes, e este possuindo qualidade para ser compostado, o empreendimento busca tratar adequadamente este subproduto, conforme as exigências legais. A compostagem para a biotratabilidade destes resíduos torna-se uma tecnologia favorável, onde após o tratamento do resíduo pode-se vendê-lo e reincorporá-lo ao solo.

Para a elaboração do sistema de compostagem optou-se por estimar a quantidade gerada de biossólidos, em virtude da atual implantação de sistemas de tratamento de efluentes no município de Caxias do Sul. Quanto à geração de biossólidos no âmbito da iniciativa privada, tem-se como base dados reais de uma empresa metal-mecânica e assim estima-se a geração para dez empresas de porte significativo, para que o sistema possa atender e suprir a demanda. O resíduo oriundo da indústria moveleira será empregado para a elaboração estrutural das leiras de compostagem, sendo que os dados referentes à geração foram estudados e publicados, configurando-se base sólida para as demandas do projeto.

Considerando a aeração forçada, será empregado um ciclo de 60 dias para o processo de degradação até a maturação do composto final. Para a contemplação de todo o processo, analisa-se todos os parâmetros de influência na compostagem, como os físico-químicos (aeração, temperatura, umidade e potencial hidrogeniônico), e os biológicos.

Para a determinação da relação C/N, temos que a relação inicial ótima de substrato deve situar-se em 30, pois são limitantes para a biodegradabilidade do substrato, se a relação for muito baixa pode ocorrer a volatilização do nitrogênio na forma de amônia, e se for muito elevada os microrganismos não terão nitrogênio suficiente para a síntese de proteínas, tendo desenvolvimento limitado (PROSAB, 1999). Afirma também, que no final, o composto possuirá valores entre 10 e 20, devido as perdas maiores de carbono que de nitrogênio no desenvolvimento do processo.

Tendo em vista o objetivo primordial de compostar os biossólidos, adotou-se para as leiras de compostagem uma proporção de 60% de resíduo da indústria moveleira (serragem) e 40% de biossólidos, na sua estruturação. Para este sistema de compostagem não será empregado triturador, pois o biossólido possui granulometria adequada para a compostagem, e o resíduo estruturante empregado deve possuir o tamanho entre 10 a 50mm.

Pode-se utilizar o lodo de esgoto como material componente da formulação de substrato, porém deve-se previamente realizar sua higienização e analisar quimicamente, para evitar contaminação do substrato com metais pesados e patógenos (VAN HANDEL E CAVALCANTI, 2001). Para tanto, estipulou-se as análises necessárias e os controles sobre estes parâmetros.

Após este embasamento, realizou-se o dimensionamento do sistema de compostagem, contabilizando todas etapas e materiais necessários para construção e operacionalização. A utilização do composto final do processo foi prevista, evidenciando a potencialidade do sistema.

DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

Este sistema de compostagem visa tratar e produzir um composto valorável, com um sistema estático, coberto e aerado artificialmente. A área necessária para a implantação deste sistema totalizará 2,50 hectares (249,00m x 100,00m), considerando o cortinamento vegetal constituído de 2,00m de largura, o pátio de compostagem e as demais unidades do empreendimento. O composto produzido deve estar adequado, conforme as exigências legais, para posteriormente ser comercializado.

As estruturas dimensionadas para a análise deste empreendimento compreenderam em sua totalidade: leiras aeradas com formato trapezoidal e respectiva impermeabilização, pátio de compostagem, equipamento para montagem e desmontagem das leiras (esteira rolante móvel), sistema de aeração forçada, equipamento para aeração forçada, sistema de drenagem e captação dos lixiviados, pátio de cura e armazenagem do composto, equipamento para peneiração do composto, pesagem dos resíduos do sistema de compostagem, armazenamento de biossólido, armazenamento de serragem de madeira, produção de composto maturado e as especificações técnicas em relação ao cortinamento vegetal ao entorno do sistema de compostagem projetado.

A perspectiva do projeto é de estruturar uma leira por dia, obtendo assim a montagem de 60 leiras de compostagem, num período de 60 dias. Para o tratamento dos lixiviados gerados no processo de degradação da matéria orgânica, será contratada uma empresa terceirizada. Porém, salienta-se o fato da leira ser coberta e a geração de lixiviados ser praticamente nula. Como resíduo estruturante das composteiras, por ter geração expressiva, será utilizado o resíduo oriundo das indústrias de móveis da região.

ANÁLISE QUALITATIVA DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL

A análise da viabilidade de implantação do projeto proposto está baseada no estudo de seus benefícios e custos, obtendo os tangíveis, estes com valores quantificáveis, e os benefícios intangíveis, tendo a sua magnitude de difícil quantificação. Como um aspecto de grande relevância, temos a ausência da co-responsabilidade ambiental pelo resíduo após o processo de compostagem.

O sistema de compostagem é um sistema de tratamento de resíduos, constituindo-se num diferencial no mercado. Transformar a técnica de compostagem, em um empreendimento do ramo de tratamento de resíduos, tem um caráter inovador no cenário brasileiro. Assim, um empreendimento desta natureza, trabalha com as questões de responsabilidade e comprometimento ambiental, fornecendo vantagem competitiva sustentável para os geradores de resíduos que buscam alternativas de tratamento de matéria com potencial de degradabilidade. Atua como uma medida adequada para a destinação de resíduos em um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), implementando as melhorias contínuas em uma empresa certificada com a ISO 14000.

Aliado aos conceitos de sustentabilidade, atua solucionando questões ambientais como uma excelente alternativa de conservação dos bens naturais. A compostagem promove a ciclagem dos nutrientes, propiciando a produção de um condicionador de solo, com características peculiares e importantes na recuperação da qualidade de solo. A aplicação do composto (condicionador de solo) diminui o uso de fertilizantes minerais, gerando maior vida útil para as jazidas minerais, atuais fontes de compostos para a fabricação de adubos industrializados. Uma vez extraídos do ambiente, esses bens naturais não podem ser repostos pelo homem, pois se formaram ao longo de milhões de anos, portanto devem ser usados de modo sustentável.

As tecnologias aplicadas ao projeto são adequadas ao processo, e de simples operação, não exigindo mão-de-obra especializada na maioria dos processos. Com a aeração artificial, a degradação dos resíduos processa-se de forma acelerada, potencializando a estabilização dos resíduos, com controle nos aspectos dos odores, temperatura, geração de lixiviados, entre outros parâmetros. Atenta-se neste sentido, que a cobertura do pátio de compostagem possibilitará uma geração de lixiviados quase nula, o que reduz significativamente os custos relacionados ao tratamento dos mesmos e os impactos associados.

Pode-se variar no sistema de compostagem os resíduos a serem compostados, desde que se atenda ao licenciamento e a legislação. Assim, além da aceitação do biossólido pode-se ampliar para resíduos de Classe II A, trazendo novos clientes potenciais para este empreendimento. Quanto ao resíduo estruturante a ser misturado com o biossólido, pode-se substituir por resíduos com características de compostabilidade, e de potencial de geração na região de implantação do sistema, gerando flexibilidade de operação para o empreendimento.

A implantação deste projeto traz uma reformulação da idéia de dispor resíduos, pois a prática atual não traz consigo a preocupação da minimização dos impactos associados. Empresas que trabalham com técnicas sustentáveis são vistas diferentemente perante a sociedade e o mercado internacional, sendo um modelo a ser seguido e priorizado pelas gerações futuras. Assim, o comprometimento dos gestores com a responsabilidade ambiental e as melhorias contínuas empresariais, deve levar em consideração, além dos custos, os benefícios intangíveis deste empreendimento, tornando-o de valor inestimável.

ANÁLISE QUANTITATIVA DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL

Nesta etapa do projeto ocorreu a avaliação quantitativa da viabilidade técnica, econômica e ambiental do sistema de compostagem, tendo maior enfoque a análise econômica deste investimento. Destaca-se que a ausência da co-responsabilidade ambiental pelo resíduo após o processo de compostagem não possui valor econômico, ou pelo menos, é de difícil quantificação, pois não há estudos de caso neste âmbito.

Em aterros industriais, os passivos ambientais serão de responsabilidade dos geradores indiferentemente de ser uma alternativa de destinação final correta. A ocasião de possíveis irregularidades e acidentes nestas obras ocasiona em custos e a distribuição destes perante os colaboradores dos resíduos dispostos no aterro.

Os aspectos técnicos e ambientais são atendidos plenamente no projeto, porém são de difícil quantificação e comparação, por ser um empreendimento inovador no mercado. A tecnologia empregada é utilizada em diversos países, porém ocorre a necessidade de área específica para o tratamento dos resíduos. Em contraposição aos aterros sanitários, a área destinada ao sistema de compostagem após a inativação deste empreendimento, não acarreta danos ao meio ambiente e nem o seu monitoramento, sendo estes custos necessários em projetos de aterros sanitários.

Existem atualmente no Rio Grande do Sul dois empreendimentos similares ao projeto proposto, sendo alternativas sustentáveis para o tratamento de resíduos sólidos com potencial de biodegradabilidade, sendo favoráveis ao meio ambiente, obtendo-se, portanto, valores por vezes intangíveis. Este modelo de empreendimento sustentável é uma alternativa com excelentes perspectivas para um futuro muito próximo.

ANÁLISE QUANTITATIVA DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE COMPOSTAGEM

Para a implantação deste empreendimento o orçamento apontou a necessidade da aplicação de R\$3.417.086,23 como investimento inicial para o sistema de compostagem, sendo que este valor compreende todas as obrigações legais, estruturas, equipamentos, sistemas e o cortinamento vegetal, juntamente com o terreno de 2,50 hectares. Este custo foi calculado de forma integral, pois em 60 dias ocorre o preenchimento de todas as leiras de compostagem, e assim a fragmentação destes custos não é atrativa para o processo. Em virtude da validade da licença de operação, expedida pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – FEPAM, órgão que fornece o licenciamento estadual para o Rio Grande do Sul, possuir prazo fixo de quatro anos, foi considerado séries de acordo com a variação deste período.

O objetivo foi quantificar o valor mínimo a ser cobrado pelo m³ de resíduos a ser disposto no sistema de compostagem considerando a vida útil de 8, 16, 20 e 32 anos deste empreendimento, sendo esses períodos estimados com base na durabilidade das estruturas e equipamentos presentes na obra, visando o menor tempo necessário para pagar o investimento inicial. Para a elaboração do fluxo de caixa foi considerado a taxa de juros conforme a Taxa de Juros a Longo Prazo – TJLP, e adotou-se para constituição dos custos e benefícios o número de 261 dias úteis por ano. Para a análise dos custos e das receitas neste período proposto, foi realizada a transferência dos custos e receitas para o valor presente, calculando-se através de juros compostos e série de parcelas constante.

A tabela 1 ilustra os custos mínimos necessários para realizar o tratamento dos resíduos, conforme a variação de 8, 16, 20 e 32 anos de vida útil do empreendimento, em valor presente, visando o lucro para o pagamento do empréstimo do investimento inicial.

Tabela 1: Custos mínimos necessários para realizar o tratamento dos resíduos, conforme a variação de 8, 16, 20 e 32 anos de vida útil do empreendimento, em valor presente.

Vida Útil (anos)	Custo de Implantação (R\$)	Total Geral Custos (R\$/ano)	Total Geral Receitas (m ³ /ano)	Valor Mínimo Cobrado (R\$/m ³)
8	3.417.086,23	5.686.842,15	399.400,75	14,24
16	3.417.086,23	8.271.002,99	843.859,85	9,80
20	3.417.086,23	9.421.047,94	1.041.660,21	9,04
32	3.417.086,23	12.518.221,90	1.574.354,27	7,95

Para a visualização e melhor compreensão destes valores, escolheu-se o período de 16 anos para representar o fluxo de caixa do empreendimento, com a cobrança do valor mínimo de R\$9,80/m³ de resíduo a ser tratado, conforme a figura 1. Este período foi escolhido por ser uma variação adequada para a vida útil dos sistemas e equipamentos do empreendimento.

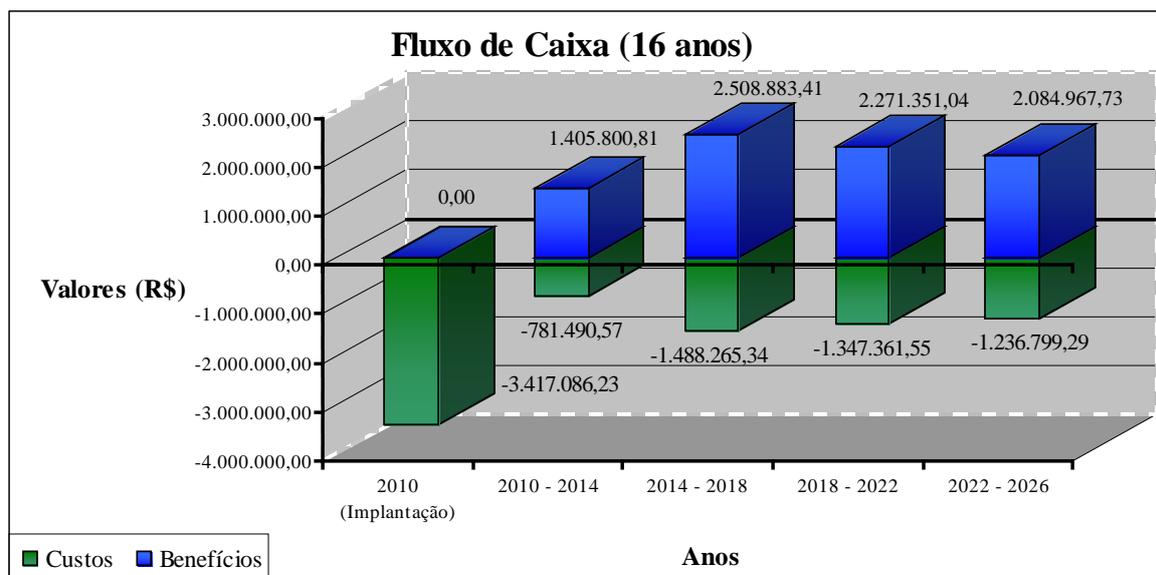


Figura 1: Fluxo de caixa do sistema de compostagem, com cobrança do valor mínimo de R\$9,80/m³ de resíduo a ser tratado.

Para confirmar a viabilidade econômica deste empreendimento, bem como verificar o tempo de retorno do investimento inicial, utilizamos o método do Valor Presente Líquido – VPL, sendo que este método estabelece o valor lucrado após o período determinado de vida útil do empreendimento. Atualmente é cobrado para dispor resíduos em aterros industriais (destino atual do biossólido), cerca de 110,00reais/m³ de resíduo. Este é um grande benefício econômico competitivo para o sistema de compostagem, pois os valores encontrados estão muito inferiores aos cobrados no mercado. Portanto, calculou-se para este empreendimento, utilizando a vida útil de 16 anos, os custos e os benefícios com o valor cobrado pelo tratamento dos resíduos em R\$80,00/m³.

Para o estabelecimento destes valores utilizou-se o mesmo método anterior, porém aplicou-se para o reajuste do valor presente uma indexação, o valor da meta de inflação de 2009, nos valores atuais (custos e benefícios), estimado em 4,50% ao ano, conforme indicação do Banco Central do Brasil (BC). Para a venda do composto produzido, sendo que o valor deste não está incluído nestes benefícios, portanto temos mais um lucro com o investimento, será utilizado o mesmo método, sabe-se que atualmente custa R\$20,00 a embalagem de 25kg de composto. Analisando estas informações, percebe-se que nos primeiros dois anos de funcionamento deste empreendimento, o investimento inicial para este projeto é pago com a cobrança de R\$80,00/m³ de resíduos a ser tratado, e sendo assim, após este período, ocorrerá os lucros do investimento.

Com base nas informações do custo estipulado, obtemos VPL (R\$) = 61.328.367,26 e isto significa que este valor retornará após o período de 16 anos, conforme calculado. Este empreendimento merece atenção e destaque, pois apresentou uma excelente viabilidade econômica, além da tendência deste processo ser cada vez mais valorizado pela sociedade.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho desenvolvido apresentou aplicabilidade real, tanto na esfera ambiental como econômica. Tendo os pilares do desenvolvimento sustentável os fatores ambientalmente correto, economicamente viável, socialmente justo e politicamente correto, encontramos neste empreendimento uma solução ambiental para resíduos com potencial de degradabilidade.

Salienta-se que este empreendimento é de simples operação, não necessita, portanto, de mão-de-obra especializada, e a aeração forçada potencializa a degradação dos resíduos. Algumas melhorias poderão ser efetuadas com o decorrer da operação deste empreendimento, como a construção de cisternas e a recirculação do possível lixiviado gerado nas leiras.

Não há dúvidas que as ações de responsabilidade ambiental tornam-se cada vez mais necessárias e exigidas pela sociedade. Neste sentido, alternativas de gerenciamento de resíduos sólidos que perpetuem os princípios de minimização de impactos, redução da geração, reaproveitamento e tratamento destes, constituem-se em ações conjuntas entre sociedade, iniciativa privada e poder público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BIDONE, F. A. R. (Coord.) **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais**: eliminação e valorização. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Porto Alegre: Prosab, 2001. 218 p.
2. D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **LIXO Municipal**: Manual de gerenciamento integrado. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas - 2000. 370 p.
3. HILING, E.; SCHNEIDER, V. E.; PAVONI, E. T. **Pólo moveleiro da serra gaúcha**: geração de resíduos e perspectivas para sistemas de gerenciamento ambiental. Caxias do Sul, RS: EDUCS, 2004. 165 p.
4. KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ed. Agronômica CERES Ltda., 1985.
5. LIMA, L. M. Q. **Lixo**: tratamento e biorremediação. 3.ed. rev. ampl. São Paulo. 261 p., 1995.
6. PEREIRA NETO, J. T. P. **Manual de compostagem**: processo de baixo custo. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.
7. POGGIANI, F.; SILVA, P. H. M. da; GUEDES, M. C. Uso de lodo de esgoto em plantações florestais. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.) **Alternativas de uso de resíduos no saneamento**. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Curitiba: Prosab, 2006. 398 p.
8. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Manual prático para compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 84 p.
9. VAN HANDEL, H.; CAVALCANTI, P. F. F. Geração de lodo em sistemas de tratamento de esgotos sanitários. In: ANDREOLI, C. V. (Coord.) **Resíduos sólidos no saneamento**: processamento, reciclagem e disposição final. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Curitiba: Prosab, 2001. 257 p.