



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII - PROFA. MARIA JOSÉ DA PENHA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

FÁBIO DE OLIVEIRA FIGUEIREDO SOARES

**ESTUDO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE USINA DE
TRIAGEM E COMPOSTAGEM NA CIDADE DE AURORA/CE**

**ARARUNA
2017**

FÁBIO DE OLIVEIRA FIGUEIREDO SOARES

**ESTUDO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE USINA DE
TRIAGEM E COMPOSTAGEM NA CIDADE DE AURORA/CE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento.

Orientador: Prof. Me. Igor Souza Ogata.

ARARUNA

2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S676e Soares, Fabio de Oliveira Figueiredo.
Estudo da viabilidade financeira da implantação de usina de triagem e compostagem na cidade de Aurora/CE [manuscrito] : / Fabio de Oliveira Figueiredo Soares. - 2017.
59 p. : il. colorido.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2017.
"Orientação : Prof. Me. Igor Souza Ogata , Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Resíduos sólidos. 2. Triagem. 3. Reciclagem.

21. ed. CDD 363.728.5

FÁBIO DE OLIVEIRA FIGUEIREDO SOARES

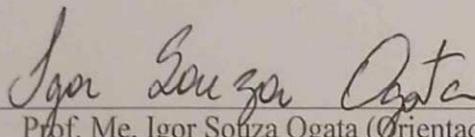
ESTUDO DA VIABILIDADE FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE USINA DE
TRIAGEM E COMPOSTAGEM NA CIDADE DE AURORA/CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito parcial a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

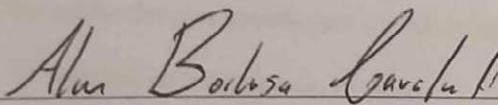
Área de concentração: Saneamento.

Aprovado em 06/12/2017.

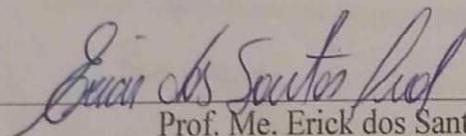
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Igor Souza Ogata (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Alan Barbosa Cavalcanti
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Erick dos Santos Leal
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A todos os catadores, que vivem em condições desumanas,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo o dom da vida, e pelas benções concedidas.

Agradeço aos meus pais, Laercio e Dalvanir, os melhores professores que a vida poderia me presentear, sempre me transmitindo muito amor, carinho e confiança, me apoiando em todos os momentos de minha vida e por nunca desistirem de meu sonho, meu muito obrigado!

Aos meus irmãos queridos, David e Daniel, por estarem ao meu lado em todos os momentos. Principalmente ao meu arquiteto David, por todos os auxílios técnicos nesse trabalho de conclusão.

À minha companheira que amo, Nayara, por me apoiar nos momentos difíceis, sempre me passando incentivo, amor e carinho.

Aos primos, Marcos e Mikael por me proporcionarem momentos de união, afeto, alegrias, risadas e descontração, pela parceria e amizade.

À Coca, minha segunda mãe, por sempre me transmitir carinho e apoio.

À toda minha família, que sempre torceram por mais uma vitória em minha vida.

Ao melhor orientador e amigo, Igor Ogata, pela dedicação, apoio e incentivo durante a realização desse trabalho.

À banca examinadora, por todas as considerações e por todo empenho em contribuir com este trabalho.

Agradeço a Universidade Estadual da Paraíba, pela minha graduação em Engenharia Civil e a todos os professores pelo empenho e conhecimento transmitidos durante todo o curso.

“Semear ideias ecológicas e plantar sustentabilidade é ter a garantia de colhermos um futuro fértil e consciente.”

Sivaldo Filho

RESUMO

O crescimento populacional, ligado à mudanças de hábitos de consumo em virtude do aumento no poder de compra da população brasileira atual, o aumento da geração gradativa e o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos, vem contribuindo na disposição de resíduos sólido urbanos (RSU) de forma indevida. Diante desta problemática, este estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade da implantação de uma usina de triagem e compostagem (UTC) na cidade de Aurora/CE. Para sua realização, foi executado um estudo da atual situação dos RSU da cidade, determinando a composição gravimétrica dos resíduos com base no quarteamento de amostra, conforme a NBR 10007/2004. Assim como o dimensionamento da UTC de acordo com as características da cidade, cálculo do custo de implantação, receita líquida mensal e o tempo de retorno do investimento. Através desse estudo, foi constatado que 34,55% é constituído de material possível de ser reciclado, 29,35% de ser compostado e 36,12% de material para disposição final. Com base na receita gerada pela comercialização dos resíduos recicláveis e compostáveis e os custos de instalação, operação e manutenção da UTC, pode-se afirmar que a implantação da UTC nesta cidade é uma alternativa viável financeiramente e possui tempo de retorno de 51 meses.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos. Usina de Triagem e Compostagem. Aurora/CE.

ABSTRACT

Population increase, related to changing of consume habits, because of the Brazilian population economic power improvement, is linked to the gradual generation and improper management of solid waste, which has helped to increase of urban solid waste (USW) disposal at open sky. In front of this problem, this study aims to evaluate to implant a sorting and composting plant (SCP) at Aurora/CE. For its execution, a study about current situation of the city's USW was done, determining the gravimetric composition of the residues based on the sample quartet, according to NBR 10007/2004. As well as the sizing of SCP according to the characteristics of the city, calculation about the cost of implantation, monthly net revenue and return of investment time. Through this study, it was found that 34.55% its constituted of material that could be recycled, 29.35% could be composted and 36.12% could be disposed of in a landfill site. Based on the revenue created by the recyclable and compostable waste market and SCP's costs of installation, operation and maintenance, it can be stated that implantation of SCP in this city is a viable alternative and has a return time of 51 months.

Key words: Urban Solid Waste. Sorting and Composting Plant. Aurora/CE.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	–	Classificação dos resíduos sólidos.....	16
Figura 2	–	Fluxograma de uma usina de triagem e compostagem.....	22
Figura 3	–	Localização do município de Aurora/CE.....	24
Quadro 1	–	Coleta de resíduos sólidos na cidade de Aruroa/CE.....	26
Figura 4	–	Vazadouro a céu aberto da cidade de Aurora/CE.....	26
Figura 5	–	Materiais utilizados para realização da gravimetria dos RSU.....	27
Figura 6	–	Desgarga, quarteamento e separação dos resíduos.....	28
Figura 7	–	Localização da UTC na cidade de Aurora/CE.....	30
Quadro 2	–	Parâmetros utilizados para o dimensionamento da quantidade de funcionários da UTC.....	33
Quadro 3	–	Parâmetros adotados para o cálculo dos custos da operação da UTC.....	36
Figura 8	–	Composição gravimétrica dos RSU gerados na cidade de Aurora/CE.....	37
Figura 9	–	Porcentagem dos Resíduos Sólidos Urbanos que podem ser destinados a reciclagem, compostagem e aterro sanitário em Aurora/CE.....	38
Figura 10	–	Massa diária do processo.....	40
Quadro 4	–	Equipamentos e materiais para o galpão de triagem.....	42
Figura 11	–	Formato do galpão de triagem.....	43
Figura 12	–	Organização dos triadores na mesa de triagem.....	44
Quadro 5	–	Equipamentos e materias para o pátio de compostagem.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Quantidade de funcionários e seus respectivos salários.....	41
Tabela 2 -	Área total do galpão de triagem.....	43
Tabela 3 -	Área total do pátio de compostagem.....	45
Tabela 4 -	Custos operacionais da UTC.....	45
Tabela 5 -	Produção da UTC, preço de venda e arrecadação mensal.....	46
Tabela 6 -	Projeção da receita da UTC.....	46
Tabela 7 -	Lucro e Tempo de retorno do investimento.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EPI	Equipamento de Proteção Individual
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
NBR	Norma Brasileira
PPA	Plano Plurianual
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
UTC	Usina de Triagem e Compostagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	16
3.2 PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	17
3.2.1 Gerenciamento de resíduos sólidos	18
3.3 COLETA SELETIVA.....	19
3.4 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	20
3.4.1 Compostagem	20
3.5 USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM.....	21
3.6 DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	22
4 METODOLOGIA	24
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	24
4.1.1 Situação atual dos resíduos sólidos na cidade de Aurora/CE	25
4.2 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	26
4.3 USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM.....	28
4.3.1 Localização da UTC	29
4.3.2 Dimensionamento da UTC	30
4.3.2.1 Dimensionamento operacional da UTC.....	32
4.3.2.2 Dimensionamento do galpão de triagem.....	33
4.3.2.3 Dimensionamento do pátio de compostagem.....	34
4.3.3 Orçamento da UTC	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE AURORA/CE.....	37
5.2 FUNCIONAMENTO DA UTC.....	38
5.3 DIMENSIONAMENTO DA UTC.....	40
5.3.1 Dimensionamento operacional da UTC	40
5.3.2 Dimensionamento do galpão de triagem	41

5.3.3 Dimensionamento do pátio de compostagem.....	44
5.4 ORÇAMENTO DA UTC E PROJEÇÃO DE CUSTOS DE VENDAS.....	45
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS.....	49
APÊNDICE A – ESTIMATIVA POPULACIONAL, QUANTIDADE DE RESÍDUOS PRODUZIDOS POR DIA E VOLUME DE RSU PRODUZIDOS DIARIAMENTE.....	54
APÊNDICE B – PLANTA BAIXA DO GALPÃO DE TRIAGEM.....	55
APÊNDICE C – IMAGENS DO FUNCIONAMENTO DA UTC PROPOSTA PARA CIDADE DE AURORA/CE.....	56
APÊNDICE D – DESPESAS COM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS.....	57
APÊNDICE E – VOLUME, PRODUÇÃO PER CAPITA, MASSA DE RSU, COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA, VOLUME E MASSA NO ANO DE 2017	58

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população associado à mudança de hábitos de consumo, devido ao avanço do poder econômico atual, atrelado à geração gradativa e o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos, tem contribuído para o aumento da disposição dos resíduos sólidos urbanos a céu aberto, em áreas ou vias públicas e próximo a canais d'água (SILVA, 2015).

Estes acontecimentos contribuem para o surgimento de sérios impactos ambientais e à saúde pública, a exemplo da poluição do solo e da água superficial e subterrânea, a presença de vetores e também para o surgimento de enchentes, inundações, colmatação de bueiros etc (SANTOS, 2012).

Diante desses problemas decorrentes das atividades humanas atuais, a geração descontrolada de resíduos sólidos vem configurando um dos maiores agravantes enfrentados pela administração dos mesmos, seja ela pública ou particular. Isso se deve porque para um tratamento ou disposição final adequado para esses resíduos é necessário uma série de fatores e investimentos (SILVA, 2015).

No município de Aurora-CE, a gestão integrada de resíduos sólidos ainda configura-se como um desafio. Não havendo um tratamento adequado para os resíduos produzidos proporcionando que os mesmos sejam depositados em vazadouros a céu aberto.

A implantação de uma usina de triagem e compostagem (UTC), caracteriza-se como uma alternativa viável que pode proporcionar além do desenvolvimento sustentável, uma maior preservação ambiental e promoção de saúde, tendo como resultante geração de emprego e renda para os moradores.

Neste sentido, o problema que norteia esse estudo é levantar a investigação para verificar se existe a viabilidade da implantação de uma usina de triagem e compostagem na cidade de Aurora- CE.

Desta forma, podemos ressaltar que o estudo busca ainda abordar o tema, colaborando com a ampliação e aperfeiçoamento do conhecimento sobre a atual situação da gestão de resíduos sólidos urbanos, proporcionando a compreensão de elementos importantes que poderão subsidiar formulações e implementação de ferramentas necessárias para garantia de melhores condições de vida.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade da implantação de uma usina de triagem e compostagem na cidade de Aurora/CE.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

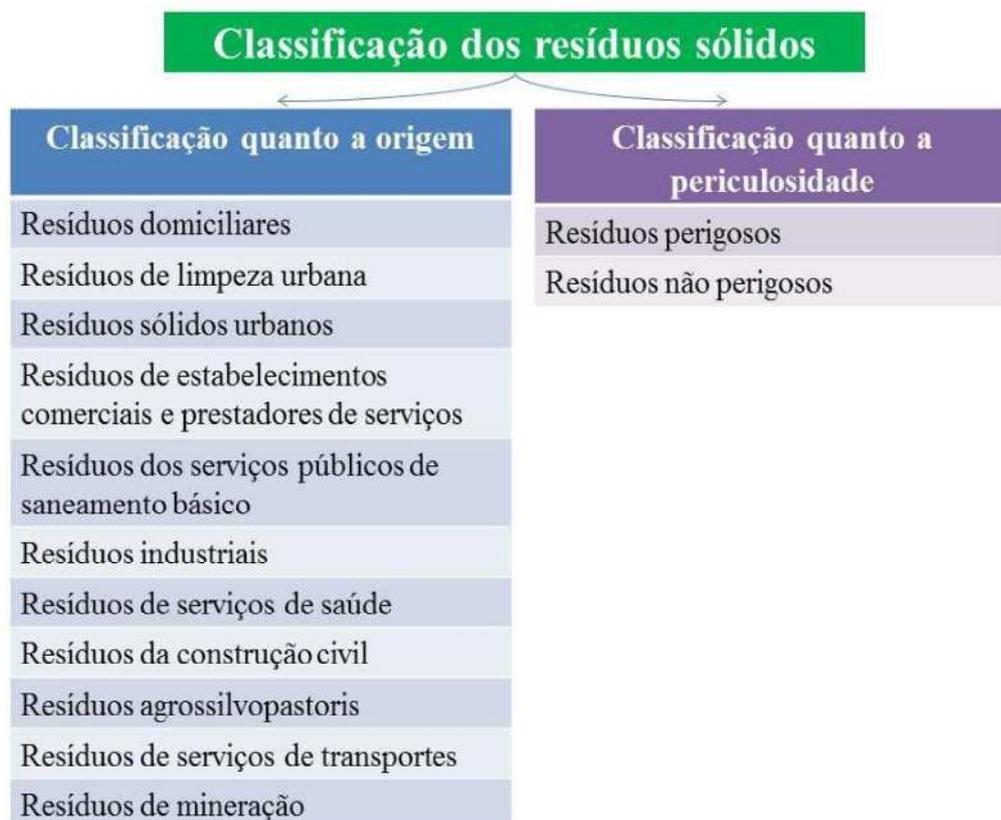
- Avaliar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos gerados na cidade de Aurora/CE;
- Dimensionar UTC adequada as características da cidade de Aurora/CE;
- Analisar a viabilidade econômica da implantação da UTC, considerando seus custos e receitas previstas;
- Apresentar tempo de retorno financeiro da UTC.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Considera-se resíduos sólidos como tudo aquilo que foi gerado ou descartado no desenvolvimento das atividades humanas, em processos industriais, nas atividades doméstica e comerciais, como também, dos recolhidos das ruas e logradouros através da varrição, devendo ser transportados, tratados adequadamente e destinados para os aterros sanitários (FELTRIN, 2014). Os Resíduos sólidos podem ser classificados, de acordo com a Lei Federal Nº 12.305/10 e a NBR 10004/10 (ABNT, 2004), quanto a sua origem e periculosidade. Sendo essa classificação apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Classificação dos resíduos sólidos



Fonte: ABNT (2004).

Já os resíduos sólidos urbanos (RSU), englobam, como exposto nos termos da Lei Federal Nº 12.305/10 os resíduos domiciliares, ou seja, aqueles que se originam de atividades domésticas, os resíduos de limpeza urbana, sejam eles oriundos da higienização de logradouros e varrição de vias públicas (BRASIL, 2010a).

O volume de resíduos sólidos gerados por uma população resulta de uma série de fatores, como renda, época do ano, estilo de vida, fluxo da população em períodos de férias e fins de semana e métodos de acondicionamento de mercadorias (CUNHA; CAIXETA FILHO, 2002).

A geração desses resíduos em localidades de diferentes países e nas cidades brasileiras, ainda são considerados um problema. Em países desenvolvidos que produzem maiores quantidades de resíduos, existe mais capacidade de direcionamento da gestão de resíduos, por um conjunto de fatores que englobam uma preocupação ambiental da população e de seus gestores, recursos econômicos e um maior desenvolvimento tecnológico (JACOBI & BESSEN, 2011).

No entanto, apesar da ampla preocupação com o direcionamento dos resíduos, o que acontece na maioria das vezes é que se faz necessário, além dessas medidas, uma série de ações que possibilitem a diminuição na sua produção, como a não geração, redução, reutilização e reciclagem dos resíduos produzidos, ainda por parte da fonte geradora. Para que assim, a implementação de planos de gestão integradas de resíduos sólidos alcancem os resultados desejados.

3.2 PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A Lei Nº 12.305/2010 prevê a diminuição e a redução na geração dos resíduos sólidos e das consequências causadas por eles a saúde pública e ao meio ambiente, propondo hábitos de consumo sustentável e um conjunto de ações que proporcionem o aumento da reutilização e da reciclagem desses resíduos, ou seja, aquilo que tem valor econômico e que ainda pode ser reciclado ou reaproveitado, além da destinação adequada dos rejeitos, que são tudo aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014).

Diante disso, observa-se que esta Lei engloba conceitos modernos de gestão de resíduos sólidos e se dispõe a trazer novas ferramentas à legislação ambiental brasileira. Dentre essas ferramentas, destaca-se o plano de gestão integrada dos resíduos sólidos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014).

A gestão integrada de resíduos sólidos é o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para esses resíduos, levando sempre em consideração algumas dimensões que possuem influência direta com a realização desta, que são as dimensões políticas, econômicas, ambientais, culturais e sociais, sempre com o controle social e com o objetivo de alcançar um desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010a). Possuindo a finalidade de minimizar a

produção de resíduos na origem e gerir a produção dos mesmos, com intuito de alcançar um equilíbrio entre a necessidade de produção de resíduos e o impacto causado no meio ambiente. É uma gestão transversal a todo o processo, analisando de maneira global (KAWA, 2014).

A elaboração dos planos de gestão integrada de resíduos sólidos é proposto para os estados, Distrito Federal e municípios terem acesso a recursos da União destinados a serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos, assim como, para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de órgãos federais de crédito para estes fins. Serão priorizados no acesso aos recursos da União os estados que instituírem microrregiões, para integrar a organização, o planejamento e a realização das ações a cargo de municípios limítrofes na gestão de resíduos sólidos (SINIR, 2014).

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos deve estabelecer, a nível local ou regional, o órgão público que será a referência para entrega do Plano, garantindo a sistemática anual de atualização, possibilitando o controle e a fiscalização que deverá orientar quanto a estes procedimentos, quanto às penalidades aplicáveis pelo seu não cumprimento, assim como pela identificação dos responsáveis pela sua respectiva atividade ou estabelecimento (SINIR, 2014).

Vale destacar que os planos de resíduos sólidos devem ter alcance de 20 anos, sendo revisados a cada 4 anos, e devem conter conteúdos como, diagnóstico, proposição de cenários, metas para redução de resíduos, programas, projetos e ações (BRASIL, 2010b). Além disso, deve estar de acordo, principalmente, com os objetivos e as diretrizes dos planos plurianuais (PPA) e de saneamento básico, e com a legislação ambiental, de saúde e de educação ambiental, dentre outras (SINIR, 2014).

A implantação da gestão integrada de resíduos sólidos, além de contribuir de maneira significativa para a preservação do meio ambiente, contribui também para o estímulo à cidadania e para geração de emprego e renda. A elaboração de procedimentos e estratégias utilizadas nessa gestão objetiva a minimização dos problemas relativos aos resíduos através do controle da contaminação ambiental provocadas pelo inadequado gerenciamento desses resíduos.

3.2.1 Gerenciamento de resíduos sólidos

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o gerenciamento dos resíduos sólidos é definido como um conjunto de procedimentos realizados, direta e indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, tratamento e destino final dos resíduos sólidos, assim como a

disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, sendo realizada de acordo com o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos (BRASIL, 2010a).

A eficácia da política de gestão de resíduos é considerada quando os resíduos são geridos de forma consistente, englobando as questões relacionadas, a preservação dos recursos naturais, através da diminuição do uso dos bens da natureza e a não geração dos resíduos (BRASIL, 2010b).

3.3 COLETA SELETIVA

A coleta seletiva deve fazer parte do sistema de gerenciamento integrado dos resíduos, pois através dela, facilita-se a implantação dos princípios da redução, de reutilização e a separação dos materiais para reciclagem. Com isso, é possível minimizar a produção de rejeitos e maximizar sua reutilização, reduzindo os impactos ambientais causados pela geração dos resíduos sólidos (RIBEIRO; LIMA, 2000).

Antes de iniciar a coleta em si, é necessário que se realize um levantamento, ou seja, a realização do planejamento de coleta dos resíduos, levando em consideração aspectos sobre o dimensionamento e programação dos serviços, que abrangem a estimativa do volume de resíduos sólidos urbanos a ser coletado, definição dos percursos, frequências e horários de coleta e dimensionamento do volume. A execução da coleta de resíduos sólidos urbanos deve funcionar de forma ordenada, além de garantir a padronização dos serviços prestados e a regularidade da coleta, frequência e horário (LIMA, 1995).

A análise das características dos resíduos sólidos também é um fator importante que deve ser considerado para obtenção de uma coleta satisfatória. Deve-se analisar a quantidade de resíduo gerado, assim como o peso específico, volume e composição gravimétrica e informações sobre as zonas residenciais, como classes sociais, comerciais e concentração de resíduo público (MACHADO, 2013).

Vale ressaltar que é de responsabilidade do poder público a realização do dimensionamento e da programação dos serviços de coleta domiciliar, ainda que este, seja executado por órgãos particulares, com o objetivo de assegurar que sejam atendidas aos padrões de desempenho e de nível de serviço considerados adequados.

3.4 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Define-se tratamento como uma série de procedimentos com a função de reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de resíduo em ambiente ou local inadequado, ou o transformando em material inerte ou biologicamente estável. Esses tratamentos são definidos, como:

Tratamentos físicos: objetivam reduzir o volume de resíduo ou imobilizar um componente específico através de operações de secagem, centrifugação, evaporação, sedimentação, floculação, filtração, absorção, destilação, concentração, etc.

Tratamentos químicos: altera a composição dos resíduos de modo a eliminar componentes tóxicos através de reações de neutralização, oxidação, redução e precipitação.

Tratamentos biológicos: acelera a degradação natural dos resíduos de alta carga orgânica, através da ação de microrganismos em unidade de compostagem ou em aterros sanitários.

Tratamentos térmicos: processos físico-químicos que utilizam temperaturas elevadas para alterar as características do resíduo e reduzir consideravelmente seu volume. A incineração e a pirolise são os principais tratamentos térmicos empregados para resíduos sólidos.(ZANTA et al 2006, p.59)

O tratamento dos resíduos sólidos tem como principais objetivos a redução do volume, da carga orgânica e da toxicidade causada pela disposição inadequada desses resíduos (ZANTA *et al*, 2006).

3.4.1 Compostagem

Compostagem é o processo natural de decomposição da matéria orgânica pela atividade de microrganismos, sob condições controladas. O produto resultante da compostagem de resíduos orgânicos possui uma grande quantidade de nutrientes minerais podendo ser aplicado no solo para o melhoramento de suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente (GRIPPI, 2006).

Destacam-se, dentre os métodos de compostagem o natural da fração orgânica, sob a forma de pilhas variáveis, onde o processo de decomposição é realizado por revolvimento do matérias até o final do ciclo, com duração de dois a três meses; e o método que força a aeração por tubulações perfuradas onde coloca-se pilhas ou reatores rotatórios, com duração de dois a três meses (GRIPPI, 2006).

Durante a realização da compostagem ocorrem as fases de decomposição, maturação e humificação. Tendo como tempo de duração aproximadamente 80 dias. Alguns fatores podem influenciar diretamente na compostagem, como a temperatura, aeração e oxigenação, granulometria, pH, umidade e composição de nutrientes (GRIPPI, 2006).

Apesar de abranger uma grande parcela dos resíduos sólidos orgânicos, alguns materiais não devem ser compostados, que são os resíduos industriais e hospitalares. Devendo ser evitados por razão de higiene e por conterem substâncias poluentes (CAMPOS, 2007).

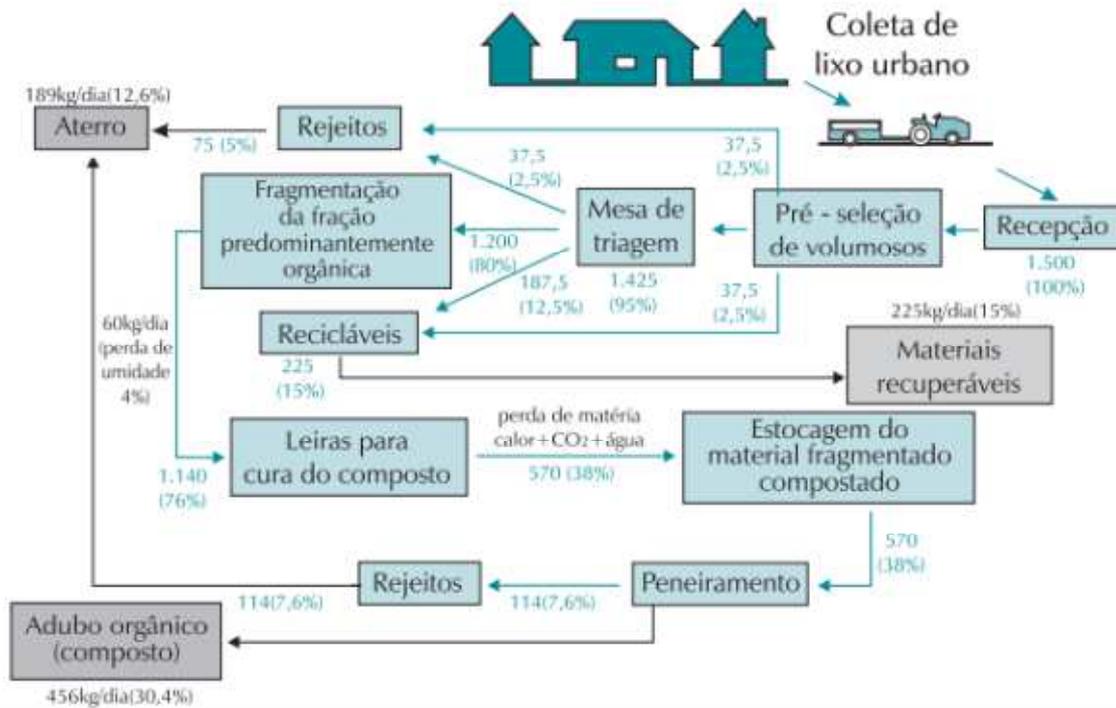
Este processo possui inúmeras vantagens, como a economia de aterro, aproveitamento agrícola do material resultante, processamento que oferta segurança para a integridade do meio ambiente e oferece também segurança microbiológica.

3.5 USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

As usinas de triagem e compostagem tiveram início no século XIX, com exemplares construídos em Budapeste e Munique, e tinha como principal objetivo realizar uma triagem para possibilitar a reutilização e a reciclagem de componentes dos resíduos em larga escala, reaproveitando o material orgânico do resíduo produzido nas residências (EIGENHEER; FERREIRA; ADLER, 2005). No Brasil esse sistema de tratamento dos resíduos sólidos domésticos teve, no início dos anos 80, intensa divulgação junto às administrações municipais e muitos municípios experimentaram a técnica como solução definitiva para os problemas ambientais e sanitários advindos da crescente produção de RSU (ULBANERE, 1996).

As usinas de triagem realizam a separação dos materiais recicláveis presentes nos resíduos sólidos urbanos. Após a realização desta, deve se encaminhar esses materiais para uma segunda etapa, onde serão reintroduzidos no processo industrial, permitindo a reciclagem e/ou a transformação em novos produtos. Diante do elevado percentual de matéria orgânica presente nos resíduos sólidos domésticos, também é realizado o processo da compostagem, que terá como produto um material humificado com características semelhantes às do fertilizante orgânico. Os materiais não-recicláveis denominados rejeitos, posteriormente à elaboração do composto, são dispostos em aterros sanitários ou em aterros controlados (FILHO; SOBREIRA, 2005). Na Figura 2 pode-se observar todo o fluxograma de funcionamento de uma UTC.

Figura 2 – Fluxograma de uma usina de triagem e compostagem



Fonte: IBAM (2001).

As usinas de triagem e compostagem são um bom exemplo de ações sustentáveis que atendem às determinações da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Podemos observar que os resíduos sólidos de uma forma geral sempre foi uma grande problemática para a humanidade. Além de possibilitar uma destinação ambientalmente correta para os resíduos sólidos, a usina de triagem e compostagem é uma alternativa que proporciona uma geração de emprego e renda para a população (VELASQUES *et al*, 2015).

3.6 DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Diante de um orçamento restrito, como ocorre na maioria dos pequenos municípios, o que ocorre na maioria das vezes é que a disposição final acaba ficando para segundo plano, sendo priorizado pelos gestores à coleta e à limpeza pública. Por essa razão, é comum localizar nesses municípios de menor porte a presença de vazadouros a céu aberto, ou seja, locais onde o resíduo coletado é descartado diretamente sobre o solo sem qualquer controle e sem cuidados ambientais, causando danos tanto o solo, quanto o ar e as águas subterrâneas e superficiais das vizinhanças (LOURENÇO, 2006).

Os vazadouros a céu aberto, além de causar problemas sanitários com a proliferação de vetores, também constituem um problema social, tendo em vista que atraem "catadores", ou seja, aqueles indivíduos que fazem da catação dos resíduos como meio de geração de renda (SIMONETO, 2006).

A forma adequada de disposição final aos resíduos sólidos é através de aterros, sejam eles sanitários ou controlados, tendo em vista que este é o que reúne as maiores vantagens, considerando a redução dos impactos ocasionados pelo descarte dos resíduos sólidos urbanos (LOURENÇO, 2006).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O local onde se realizou o estudo foi a cidade de Aurora, localizado na região do Cariri, no estado do Ceará, estando situado ainda na mesorregião Sul-Cearense e microregião de Barro. O município compreende uma área de 888,827 km² e limita-se ao Norte com os municípios de Lavras da Mangabeira e Ipaumirim; ao Sul com Barro, Milagres e Missão Velha; ao Leste com Cachoeira dos Índios (Paraíba) e a Oeste com Caririaçu (IPECE, 2015). Compreendendo uma população de 24.566 habitantes e densidade demográfica de 27,61 hab/km² (IBGE, 2010). A Figura 3, ilustra sua localização.

Figura 3 - Localização do município de Aurora-CE



Fonte Enciclopédia livre (2017).

De acordo com o Atlas do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), o clima predominante na região é do tipo BSh segundo a classificação de Köeppen, correspondendo ao clima Tropical Quente-Semiárido, pertencente a zona equatorial (IPECE, 2015).

Caracterizado pela marcante irregularidade das chuvas, o período chuvoso da região começa no verão com precipitações pouco representativas, intensificando-se no outono, com precipitação média anual de até 884,9 mm. O período de estiagem compreende os meses de

junho a dezembro, sendo o restante considerados chuvosos. A temperatura média é em torno de 27°, com média máxima e mínima de 28° e 26°, respectivamente (IPECE, 2015).

No município em estudo predominam os solos dos tipos Podzólicos Vermelho-Amarelo, Bruno não Cálcico e solos litóticos. Ocorrendo com maior frequência os solos litóticos, constituídos de horizontes rasos ou muito rasos, não hidromórficos e normalmente pedregosos e rochosos (IPECE, 2015).

A principal atividade econômica reside na agricultura, com as culturas de subsistência de feijão, milho, mandioca e algodão. A pecuária situa-se como atividade paralela à agricultura. Entretanto, algumas unidades rurais tem no criatório sua atividade principal, destacando-se a pecuária extensiva, com a criação de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e aves. O extrativismo se destaca com a fabricação de carvão vegetal e extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas (IPECE, 2015).

4.1.1 Situação atual dos resíduos sólidos na cidade de Aurora/CE

Atualmente a coleta, transporte e disposição final dos resíduos sólidos é realizado pela Prefeitura Municipal. A coleta e o transporte dos RSU são executados por três caminhões basculantes. Com base nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) no seu diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos (2016), a taxa de cobertura da coleta de RSU em relação à população total foi de 81,29%, já em relação à população urbana houve uma cobertura de 99%. Com uma produção média de 0,55 kg/(hab x dia) de resíduos sólidos urbanos. Os dados foram obtidos de acordo com o volume de resíduos depositados no vazadouro e a massa específica média dos resíduos, que segundo o guia de elaboração do CREA-PR possui valor médio de 250 kg/m³ (OBLADEN 2009). De acordo com informações obtidas pela Prefeitura Municipal, a coleta é realizada por três caminhões basculantes de segunda à sábado em todos os bairros, sendo a distribuição diária como exposto na Quadro 1.

Quadro 1 – Coleta de resíduos sólidos na cidade de Aurora/CE

CAMINHÃO 1	CAMINHÃO 2	CAMINHÃO 3
Bairro - Aurora Velha	Bairro – Centro	Bairro – Recreio
Bairro – José Fernandes Campos	Bairro – José Leite de Figueiredo	Bairro – Araçá
Bairro – José Freire do Amaral		
Bairro – Padre Mororó		
Bairro –Vila Padre Gonçalves		

Fonte: Prefeitura municipal de Aurora/CE (2017).

Após a realização da coleta, os RSU são destinados a um vazadouro à céu aberto (Figura 4), localizado na referida cidade.

Figura 4 – Vazadouro a céu aberto da cidade de Aurora/CE

Fonte: Autor (2017).

4.2 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

São verificados diferentes métodos de determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos dispostos na literatura, sendo a maioria com base no quarteamento da amostra, conforme a NBR 10007/2004, norma pela qual este estudo se baseou. Além deste, o método descrito por Abreu (2008), Pessin e colaboradores (2002) também serviram como base para a realização do quarteamento. A análise gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos da cidade de Aurora foi realizada no dia 10 de Abril de 2017 no vazadouro a céu aberto da referida cidade. Para sua execução utilizou-se alguns materiais representados na Figura 5.

- 1 lona plástica de 16 m², para evitar que o material em estudo se misture com o da superfície do terreno e servir como base para posterior disposição dos resíduos;
- 16 sacos plásticos com capacidade de 50 litros para coletar os resíduos após a descarga dos caminhões;

- 1 enxada e 1 pá para auxílio na mistura e coleta das amostras;
- 1 balança para realização das pesagens;
- Equipamentos de segurança (luva, máscaras e botas).

Figura 5 – Materiais utilizados para realização da gravimetria dos RSU



Fonte: Autor (2017).

Após os três caminhões responsáveis pela coleta de toda a cidade depositarem os resíduos sólidos no vazadouro a céu aberto, foram coletados 800 litros de resíduos, distribuídos em 16 sacos de 50 litros cada, de forma aleatória, abrangendo todos os caminhões e consequentemente todos os bairros da cidade. Sendo esses valores, adotados com base no estudo desenvolvido por SANTOS (2016).

A realização do quarteamento se iniciou colocando todos os resíduos sobre a lona plástica, para o revolvimento da pilha e abertura das sacolas, possibilitando uma maior homogeneização. Feito isso, dividiu-se o montante sobre a lona em quatro partes iguais, descartando duas partes opostas em diagonal. Com as duas partes restantes, repetiu-se o processo de quarteamento.

Os resíduos resultantes dos dois quarteamentos foram separados de acordo com o tipo do material e em seguida triados em material orgânico, plástico, material sanitário, metal, vidro,

material têxtil, papel/papelão e outros. Sendo a categoria outros representada pelos resíduos que não se encaixam nas demais, constituído essencialmente pela mistura de resíduos de difícil segregação. Após a triagem, os materiais foram pesados de acordo com sua categoria. Representados na Figura 6.

Figura 6 – Desgarga, quarteamento e separação dos resíduos



Fonte: Autor (2017).

Após a realização de todo método de quarteamento se deu início aos cálculos para determinação da porcentagem em massa de cada material, que foi realizado através da Equação 1.

$$PM = \frac{Ma \times 100}{Mt} (\%) \quad (1)$$

Onde:

PM = porcentagem do material

Ma = massa da amostra

Mt = somatório das massas de todos os materiais triados

4.3 USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Para analisar o tipo de usina adequada para o local em estudo, realizou-se uma ampla busca na literatura disponível, baseando-se em trabalhos que abordaram o mesmo tema, incluindo exemplos de proposta de implantação de UTC em municípios de pequeno porte. Além desses materiais, utilizou-se manuais de funcionamento de usinas de triagem e compostagem e toda legislação disponível. Após avaliar as características do município e a metodologia escolhida, o estudo da viabilidade financeira da implantação da UTC teve como base BELO HORIZONTE (2009), BRASIL (2010c), EIGENHEER *et al.* (2005), SANTOS (2016), e ZANTA (2005).

4.3.1 Localização da UTC

A usina de triagem e compostagem se localizará em um galpão atualmente inativo, localizado as margens da rodovia CE-286, na cidade de Aurora. Essa escolha foi realizada com base nos critérios econômico-financeiros (distância do centro gerador de resíduo, diminuição do custo com instalações, considerando que não haverá gastos para construção de um local para instalação da UTC); político-sociais (distância de centros urbanos de baixa renda) e a estrutura que se adequa as necessidades de instalação da usina. Podendo ser observada na Figura 7.

Figura 7 –Localização da UTC na cidade de Aurora/CE



Fonte: Google Earth (2013).

4.3.2 Dimensionamento da UTC

Para a realização do dimensionamento, inicialmente foi feito o cálculo da estimativa populacional atendida pelo serviço de coleta de RSU e a geração anual de resíduos por 20 anos (2018-2037), horizonte de projeto da UTC, com base no método decrescente de crescimento populacional, de acordo com os dados dos censos do IBGE dos anos de 1991, 2000 e 2010. Para realização do cálculo foram utilizados as Equações 2, 3 e 4.

$$P = p_0 + (k - p_0) [1 - e^{(-k_d t - t_0)}] \quad (2)$$

Onde k e k_d , é dado por:

$$k = \frac{2p_0p_1p_2 - p_1^2(p_0 + p_2)}{p_0p_2 - (p_1)^2} \quad (3)$$

$$k_d = \frac{-\ln[(k-p_2)/(k-p_0)]}{(t_2-t_0)} \quad (4)$$

Sendo:

P = população estimada

p_0 = população inicial

p_1 = população secundária

p_2 = população terciária
 k = taxa de crescimento populacional
 Kd = constante
 t = data final da estimativa
 t_1 = data secundária da estimativa
 t_2 = data terciária da estimativa
 t_0 = data inicial da estimativa

Para a determinação da massa de resíduos produzidos na cidade, realizou-se o levantamento do volume de RSU através de dados coletados na prefeitura municipal. Utilizou-se também a massa específica média indicada pelo CREA-PR, determinando a massa de resíduos dado pela Equação 5.

$$M = \mu \cdot V \quad (5)$$

Onde:

M = massa de resíduos sólidos urbanos;

μ = massa específica média;

V = Volume de resíduos sólidos urbanos.

Para a produção per capita de RSU, dividiu a população estimada do ano de 2017 pela massa de RSU, como exposto na Equação 6.

$$P_{pc} = \frac{P_{2017}}{M}; \quad (6)$$

Onde:

P_{pc} = produção per capita

P_{2017} = população estima para 2017

M = massa de resíduos sólidos urbanos.

Sabendo a produção per capita RSU e a população estimada para o ano de 2037, estimou-se a quantidade de RSU do referido ano. Vale ressaltar que o dimensionamento deve ser realizado com base nos valores do ano de 2037 (estimativa populacional e massa de resíduos sólidos estimada), último ano de horizonte de projeto da UTC. De acordo com a Equação 7.

$$M_{2037} = P_{pc} \times P_{2037} \quad (7)$$

Onde:

M_{2037} = massa de resíduos sólidos estimada para 2037

P_{2037} = população estimada para 2037

Após a determinação da produção de resíduos sólidos estimado para 2037, foi realizado o dimensionamento operacional da UTC.

4.3.2.1 Dimensionamento operacional da UTC

A definição da quantidade de triadores foi realizada a partir da divisão entre a massa de resíduos estimada para 2037 (M_{2037}) e a capacidade de produção diária dos triadores. Como na Equação 8.

$$\text{N}^\circ \text{ de triadores} = \frac{M_{2037}}{C_t} \quad (8)$$

Onde:

C_t = capacidade de produção diária dos triadores

Uma das formas de determinação da capacidade de produção diária dos triadores é realização de uma pesquisa com catadores locais. Tendo em vista que o município de Aurora não possui uma associação de catadores que possibilite o acesso aos dados de produção diária de triadores, realizou-se uma busca por locais que possuíssem uma associação de catadores, assim como, características socioeconômicas semelhantes ao estudado. Sendo escolhido o município de Araruna/PB.

Em seguida, foram tomadas como base para o estabelecimento da quantidade de funcionários, algumas diretrizes propostas pelo manual de elementos para organização seletiva e projeto dos galpões de triagem, elaborado pelo ministério das cidades e pelo manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos, disponibilizado pelo ministério do meio ambiente. Baseado nos dados estabelecidos por esses manuais (Quadro 2), foi possível realizar o dimensionamento da quantidade de funcionários de acordo com sua função (PINTO, 2008; BRASIL, 2010c).

Quadro 2 – Parâmetros utilizados para o dimensionamento da quantidade de funcionários da UTC

FUNÇÕES	COMO DIMENSIONAR
DESLOCADOR DE TAMBOR, RETIRADOR DE PLÁSTICO E METAL	1 para cada 5 triadores
ENFARDADOR	Cada enfardador enfarda 600kg/dia
ADMINISTRADOR	1 para cada 20 profissionais da produção
MONITOR DE LEIRA	0,8 a cada 3 toneladas
REVIRADOR DE LEIRA	1,5 a cada três toneladas

Fonte: Adaptado de Pinto (2008) e Brasil (2010c).

4.3.2.2 Dimensionamento do galpão de triagem

Os dimensionamento do galpão de triagem foi realizado de acordo com a quantidade de resíduos produzido pela cidade estudada e com base nas orientações do manual de elementos para organização seletiva e projeto dos galpões de triagem (PINTO, 2008).

O silo de recepção dos resíduos foi calculado de acordo com o volume de resíduo estimado que chegará a UTC, devendo ter capacidade de armazenar os resíduos por dois dias. Sendo assim, o volume do silo foi calculado de acordo com a Equação 9.

$$V_s = V_p \times 2 \quad (9)$$

Onde:

V_s = Volume do silo de recepção de resíduos

V_p = volume de RSU por dia

A mesa de triagem estará posicionada perpendicularmente ao silo, possibilitando que os triadores estejam dispostos nos dois lados da mesa. Como cada triador necessita de 0,5 metros de largura da mesa, essa deve possuir 1m de largura. Seu comprimento é determinado de acordo com os parâmetros estabelecido por Pinto (2008), onde cada triador deve ocupar 1,5 metro do comprimento, sendo como na Equação 10.

$$C(m) = \frac{n^\circ \text{ triadores}}{2} \times 1,5 \quad (10)$$

Onde:

C = comprimento em metros

n° triadores = numero de triadores

Comprimento = comprimento total da mesa de triagem

Será destinado um espaço ao lado da mesa de triagem para a colocação das bombonas, com largura de 2,4 metros em toda a extensão da mesa. Além disso, terá um espaço de 1 metro após as bombonas, para que possibilite a circulação dos deslocadores de bombonas.

As baias foram calculadas de acordo com o material triado de maior volume, o plástico. Ainda, foi separada uma baia para cada tipo de material reciclável.

A área reservada para o depósito dos materiais possui capacidade para estocar uma semana de material prensado e enfardado com a finalidade de expedições com cargas fechadas.

A quantidade de bombonas foi determinada de acordo com a organização dos triadores na mesa de triagem, utilizando como parâmetro cinco bombonas para dois triadores.

O cálculo da área total necessária para implantação da do galpão de triagem, foi realizado através do somatório das áreas ocupadas pelo silo de recepção, mesa de triagem, baias, depósito de materiais, área das bombonas e a área dos deslocadores de bombonas.

4.3.2.3 Dimensionamento do pátio de compostagem

Todo material antes de ser encaminhado ao pátio de compostagem deve passar inicialmente por um triturador. Serão recebidos resíduos orgânicos domiciliares, resíduos de poda, remoção de árvores e jardinagem. Serão descartados da compostagem troncos e galhos grossos, que possam ser aproveitados em cercamentos. Seu dimensionamento teve como base a produção estimada de resíduos do ano de 2037, visto que o horizonte deste projeto é de 20 anos. O material para compostagem deve ser depositado em formato de leiras prismáticas com altura de 1,6 metros e base de 2,5 metros (BRASIL,2010c).

Para o formato das leiras, o roteiro de cálculo foi conforme as Equações 11, 12 e 13:

1º) Cálculo da área de leira

$$A_{\Delta} = \frac{H \times B}{2} \quad (11)$$

Onde:

A_{Δ} = Área triangular

H = altura da leira

B = comprimento da base do triângulo

2º) Cálculo do comprimento da leira

$$Cl = \frac{V_{2037}}{A\Delta} \quad (12)$$

Onde:

Cl = comprimento da leira

V2037 = volume de material para compostagem

3º) Cálculo da área da base de leira

$$Ab = Cl \times B \quad (13)$$

Onde:

Ab = área da base da leira

Sabendo da área de cada leira, foi multiplicado esse valor por 90, que corresponde ao tempo (em dias) de biodecomposição do composto orgânico, chegando assim a área ocupada pelas leiras durante um ciclo de decomposição. Essa área de um ciclo deve ser multiplicada por dois para possibilitar o reviramento do material e ainda acrescentar 15% , que será destinado ao espaço entre as leiras. Chegando assim, a área total do pátio de compostagem.

4.3.3 Orçamento da UTC

Para realização do orçamento da implantação da usina de triagem e compostagem, foram utilizados como base os valores dos equipamentos e materiais necessários para a UTC, obtidos por pesquisa de mercado realizada com três fornecedores para cada item. Além desses, foram incluídos no orçamento o valor referente ao aluguel do galpão proposto para implantação, custos com operação e manutenção, obtidos através do manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos (Quadro 3). Como referência de valores para construção das baias, silos de recepção, mesa de triagem e pátio de compostagem, utilizou-se os valores das composições de custo da tabela SINAPI (2017). Os salários dos funcionários foram proposto de acordo com o salário mínimo de 2017.

Quadro 3 - Parâmetros adotados para o cálculo dos custos da operação da UTC

ITEM	PARÂMETROS
Água e esgoto	100 litros de água por dia por pessoa e de 50 a 900 litros por dia para limpeza do local
Energia	Prensa – 33kw por tonelada prensada Consumo de equipamentos de cozinha e escritório – 61,7w
Material de escritório	Resma de papel, cartucho da impressora, lápis, caneta, borracha, grampeador, tesoura e cola.
Vassoura e pá	1 a cada 3 meses
Uniformes	3 por pessoa por ano
Bota	2 por pessoa por ano
Luvras	4 por pessoa por ano
Crachá	1 por pessoa por ano

Fonte: Brasil (2010).

Para analisar a viabilidade da implantação da UTC, foi feito um levantamento de todas as despesas e a arrecadação mensal da UTC para realização das Equações 14 e 15.

$$Rl = Am - Do \quad (14)$$

Onde:

Rl = receita líquida

Am = *arrecadação mensal*

Do = *despesas com operação*

Sabendo do lucro mensal da UTC e do custo para sua implantação, foi possível calcular o tempo de retorno do investimento, dado por:

$$Tr = \frac{Ci}{Rl} \quad (15)$$

Onde:

Tr = *tempo de retorno*

Ci = *custo com implantação*

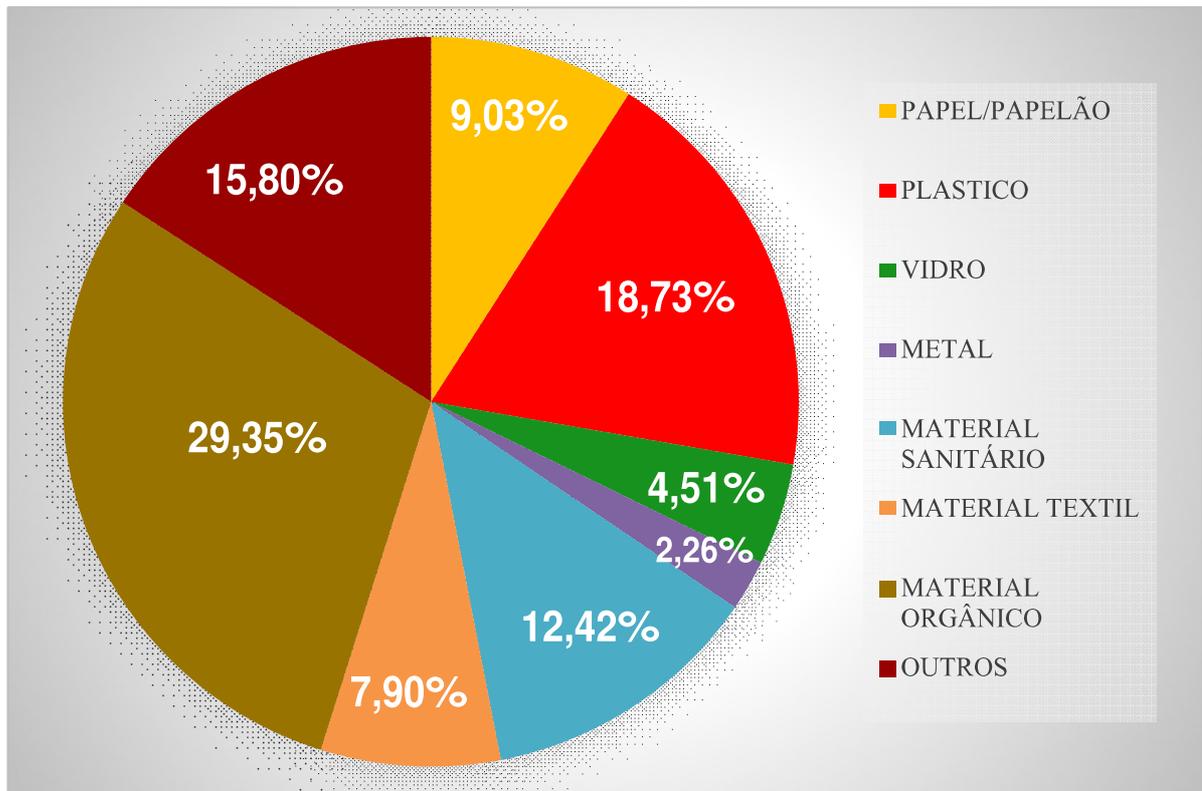
O valor obtido deste cálculo será dado em meses.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE AURORA/CE

Considerando que a coleta é feita diariamente em todos os bairros, esta análise abrangeu todos os bairros da referida cidade. Os dados referentes a composição gravimétrica dos RSU da cidade de Aurora/CE estão descritos na Figura 8.

Figura 8 – Composição gravimétrica dos RSU gerados na cidade de Aurora/CE

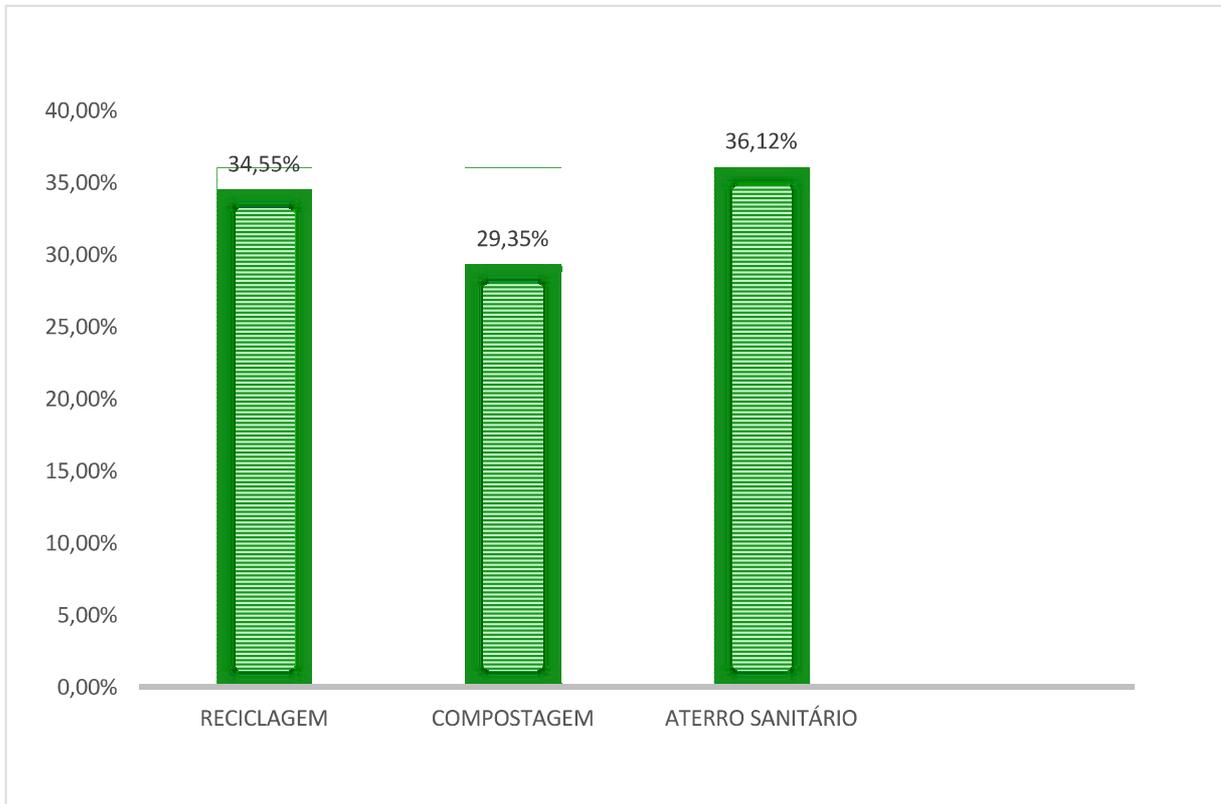


Fonte: Autor (2017).

De acordo com a Figura 8, pode-se analisar que a composição gravimétrica da cidade de Aurora/CE é composta por uma maior fração de material orgânico (29,35%). O alto índice de matéria orgânica se dá principalmente pela grande quantidade de alimentos que são desperdiçados diariamente, assim como os resíduos oriundos do processo de capina, poda e folhas secas. Seguida por plásticos (18,73%), outros (15,80%) e materiais sanitários (12,41%). Nota-se ainda, que os menores índices estão representados por material têxtil (7,90%), vidro (4,51%) e metal (2,26%). A baixa quantidade de materiais metálicos deve-se ao fato dos mesmos serem coletados por catadores, antes mesmo de serem transportados ao vazadouro a céu aberto da referida cidade.

De acordo com a composição gravimétrica dos RSU da cidade de Aurora/CE, pode se analisar, ao analisar a Figura 9, as porcentagens de resíduos sólidos que podem ser destinados a reciclagem, compostagem e aterro sanitário.

Figura 9 – Porcentagem dos Resíduos Sólidos Urbanos que podem ser destinados a reciclagem, compostagem e aterro sanitário em Aurora/CE



Fonte: Autor (2017).

Os resíduos recicláveis (34,55%) são compostos por plásticos, papel/papelão, metais e vidro. Enquanto os resíduos que podem ser destinados para compostagem (29,35%), são compostos por materiais orgânicos. Serão destinados ao aterro sanitário (36,12%) dos RSU, essa destinação ocorre pois alguns materiais não podem ser reciclados ou compostados, tendo em vista que possuem valor econômico baixo ou porque são feitos de misturas de materiais de difícil segregação. Ao analisar esses valores, pode-se observar uma porcentagem significativa (63,88%) de resíduos que podem ser destinados a usina de triagem e compostagem, o que viabiliza ainda mais sua implantação.

5.2 FUNCIONAMENTO DA UTC

Todo funcionamento da UTC é desenvolvida tomando como base o Manual de elementos para organização seletiva e projeto dos galpões de triagem e Manual para implantação de

compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos (PINTO, 2008) e (BRASIL, 2010c).

Com a chegada do veículo transportador dos resíduos ao local de recepção. O próximo passo é a descarga dos resíduos no silo de recepção, localizado um metro acima do nível do piso da usina.

Logo após a descarga dos resíduos, deve ser realizada uma pré-triagem, que se caracteriza pela retirada dos volumes considerados de médio ou grande porte, como móveis, papelões, sucatas, plásticos, vidros, etc.

Em seguida acontecerá a triagem, onde serão transportados os materiais do silo de recepção para a mesa de triagem, que possibilitará a separação dos resíduos pelos triadores. Essa separação deverá ocorrer por categorias, depositando-as nas bombonas, que devem estar localizadas lateralmente a cada triador. Ao final da triagem, os deslocadores de bombonas transportarão o material triado para as baias.

Cada categoria de resíduo recicláveis terá sua baia específica, onde o deslocador armazenará os resíduos triados.

Após o armazenamento dos resíduos nas baias, deverá ocorrer a transferência do material triado para as prensas, onde serão prensados e enfardados. Logo após o enfardamento, o material será pesado e encaminhado ao depósito para posterior comercialização.

O material orgânico será triturado e enviado ao pátio de compostagem, para dar início ao processo de compostagem. No local, os materiais triturados serão dispostos em leiras prismáticas. A umidade das leiras deve ser observada diariamente, sempre mantendo-a em torno de 55%, valor considerado ideal para atividade microbiana.

Caso esteja acima desse valor devem ser adicionados materiais fibrosos, caso o material esteja com umidade baixa deve-se adicionar água.

Todas as leira devem serem numeradas, sua temperatura deverá ser monitorada diariamente no meio da leira, que durante a fase de degradação ativa não pode ultrapassar 65°C, caso isso aconteça é necessário o reviramento da leiras, afim de diminuir sua temperatura.

O início da fase de maturação ocorre quando a temperatura da leira começa a diminuir, se igualando a temperatura do ambiente. Logo, o material deve ser peneirado afim de se homogeneizar para logo em seguida ser estocado.

Quanto aos rejeitos, serão encaminhados para o vazadouro a céu aberto da cidade, considerando que esta não possui um aterro sanitário.

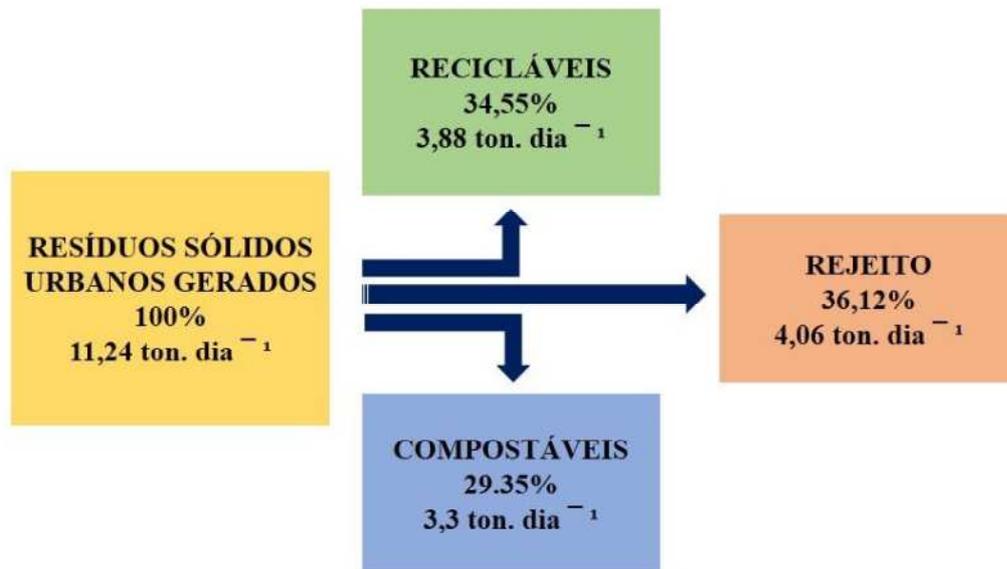
Todos os funcionário deverão utilizar os devidos equipamentos de proteção individual (EPI)

5.3 DIMENSIONAMENTO DA UTC

De acordo com o cálculo da estimativa populacional (APÊNDICE A), no ano de 2037 a cidade de Aurora/CE terá 16.351 habitantes. Neste mesmo ano, a produção de RSU diária será estimada em 9,1 ton/dia. A geração per capita diária desses resíduos será de 0,55kg/dia.hab e a anual é de cerca de 3.309,82 toneladas ao ano.

Sendo assim, toda a funcionalidade da UTC será projetada com base na produção de RSU diária do ano de 2037. Onde 3,88 ton.dia (34,55%) serão destinados para reciclagem, 3,3 ton.dia (29,35%) irão para compostagem e 4,06 ton.dia (36,12%) são rejeitos, que devem ser encaminhados ao aterro sanitário. Como descrito na Figura 10.

Figura 10 – Massa diária do processo



Fonte: Autor (2017).

5.3.1 Dimensionamento operacional da UTC

Para o desempenho das atividades técnicas, operacionais e administrativas, foi determinada a quantidade de funcionários necessários (Tabela 1). Todos os parâmetros adotados para estimativa dessa quantidade tomou como base Pinto (2008) e Brasil (2010).

Tabela 1 – Quantidade de funcionários e seus respectivos salários

QUANTIDADE	FUNÇÃO	VALOR (R\$)	SUB-TOTAL (R\$)
20	Triador	937,00	18740,00
4	Deslocador de bombona	937,00	3748,00
7	Enfardador	937,00	6559,00
1	Administrador	937,00	937,00
1	Revirador de leira	937,00	937,00
2	Vigia	937,00	1874,00
1	Monitor de leira	937,00	937,00
		TOTAL	33.732,00

Fonte: Autor (2017).

Além da quantidade de funcionários, também foi estimado o valor salarial dos mesmos, tendo como base o do salário mínimo do ano de 2017. Um dos critérios que será adotado para escolha dos funcionários (Triadores, deslocadores de bombonas e enfardadores) é o fato de serem catadores da cidade de Aurora. Tendo em vista que esses, necessitam muito de uma fonte de renda fixa e de condições dignas de trabalho. Além disso, sua experiência como catador pode contribuir para um melhor funcionamento da usina.

5.3.2 Dimensionamento do galpão de triagem

A escolha dos equipamentos que serão utilizados no galpão de triagem foi determinada de acordo com a necessidade estabelecida para usina. No Quadro 4 foram descritos todos os equipamentos necessários de acordo com suas etapas de processamento, sendo pensados para suportar a produção de aproximadamente 9,1 ton.dia de resíduos sólidos, em turnos diários de 8 horas.

Quadro 4 –Equipamentos e materiais para o galpão de triagem

UNIDADE DE PROCESSAMENTO	QUANTIDADE	EQUIPAMENTO/ MATERIAL	DESCRIÇÃO
RECEPÇÃO	01	Silo para recepção em concreto	Destinado a descarga dos resíduos
	01	Mesa de triagem com 15 metros de comprimento	Destinado a segregação dos resíduos
TRIAGEM	57	Bombonas plásticas de 200 litros	Destinado ao armazenamento temporário dos resíduos triados
	03	Carrinhos manuais com capacidade de 170 kg	Destinados a encaminharem os resíduos triados as baias
ARMAZENAMENTO DE RESÍDUOS: PESAGEM E ENFARDAMENTO	01	Prensa hidráulica vertical com capacidade de produzir fardos de 80 kg	Destinado a compactar e enfardar papelão, papeis, plásticos e metais
	01	Balança mecânica com capacidade 1000 kg	Destinados a pesagem dos fardos dos resíduos prensados
	01	Empilhadeira com capacidade de 1000 kg	Destinados a empilhar os fardos dos resíduos no depósito
	01	Carrinho plataforma com capacidade 400 kg	Destinados a encaminhar os fardos dos resíduos pesados ao caminhão receptor
FUNCIONÁRIOS	35	Kits de EPI	Destinados a proteger os funcionários da UTC

Fonte: Autor (2017).

Após determinação de todos os materiais necessários para o galpão de triagem, foi possível realizar o cálculo de sua área total (Tabela 2).

Tabela 2 –Área total do galpão de triagem

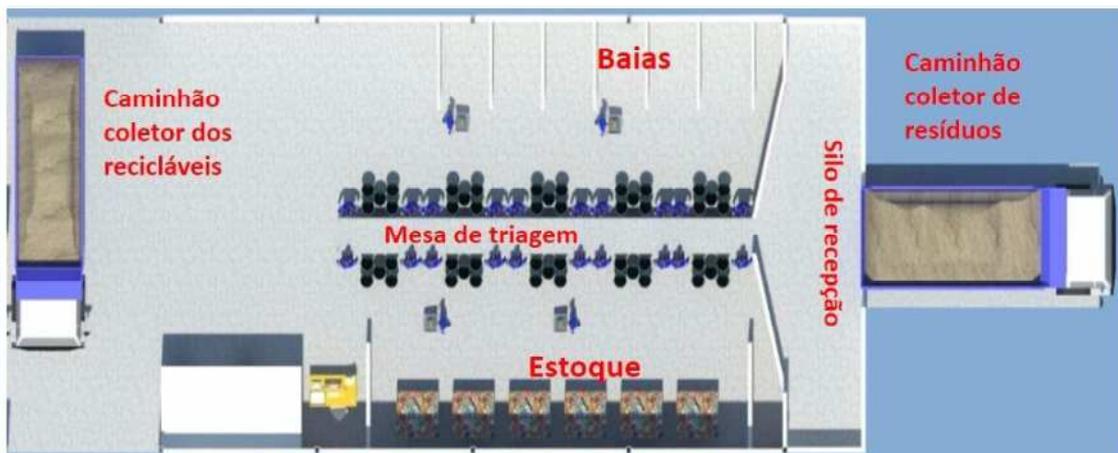
LOCAL	ÁREA (m²)
Silo de recepção	30
Mesa de triagem	15
Bambonas	36
Deslocamento de bambonas	15
Baias	19
Depósito dos materiais	45
Escritório	6
ÁREA TOTAL	166 m²

Fonte: Autor (2017).

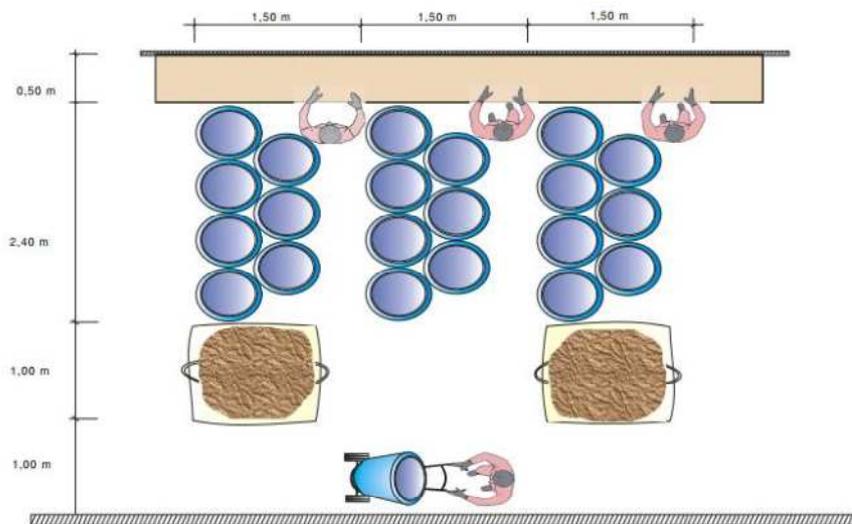
Como visto na Tabela 2, a área total estimada para o galpão é de 166 m². Porém, vale salientar que a usina será instalada em um galpão já existente na cidade de Aurora e que o mesmo possui área total de 1.466 m².

A seguir, a Figuras 11 apresenta o formato do galpão de triagem, que foi elaborada de acordo com o local onde será implantada a usina, assim como a planta baixa do galpão (APÊNDICE B) e imagens do seu funcionamento (APÊNDICE C); Na Figura 12 é exposta a organização dos triadores na mesa de triagem.

Figura 11 –Formato do galpão de triagem



Fonte: Autor (2017).

Figura 12 – Organização dos triadores na mesa de triagem

Fonte: Pinto (2008).

5.3.3 Dimensionamento do pátio de compostagem

Assim como no galpão de triagem, os equipamentos necessários para o pátio de compostagem foram determinados de acordo com a necessidade estimada para a quantidade de composto orgânico que será produzido. Todos os equipamentos e suas respectivas quantidades e funções foram descritas no Quadro 5.

Quadro 5– Equipamentos e materias para o pátio de compostagem

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO
Termômetro de solo	1	Destinado ao monitoramento das leiras
Peneira manual malha 8 mm	5	Separa do material com granulometria inadequada
Carro de mão	1	Transporte do material do galpão de triagem para o pátio de compostagem
Garfo com 10 dentes	1	Destinado para o manuseio das leiras
Pá	1	
Enxada	1	
Mangueira 50 m (3/4")	1	
Regador plástico (10 L)	1	Coleta do material de compostagem
Bombona (200 L)	1	
Vassoura	1	Destinado a limpeza
Vassoura metálica	1	Destinado para evitar que as leiras se juntem
Balde (10 L)	1	Coleta do material para enfardar

Fonte: Autor (2017).

Na Tabela 3 estão descritos os valores de área, comprimento, largura e altura das leiras. A partir da determinação desses valores, foi possível estimar a área total do pátio de compostagem.

Tabela 3– Área total do pátio de compostagem

DIMENSÕES	VALOR
Área da leira	13,3 m ²
Comprimento da leira	5,3 m
Largura da leira	2,5 m
Altura da leira	1,6 m
ÁREA TOTAL	2754,7 m²

Fonte: Autor (2017).

5.4 ORÇAMENTO DA UTC E PROJEÇÃO DE CUSTOS DE VENDAS

Levando em consideração que a implantação da usina se dará em um galpão já instalado e que não será necessário executar obras civis e de rede elétrica, o valor gasto com a estrutura física do local será apenas o do aluguel, no valor de R\$1.500,00.

Os custos operacionais, que abrangem salários de funcionários, energia, água, manutenção e outros, estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 –Custos operacionais da UTC

CUSTOS OPERACIONAIS	SUB-TOTAL (R\$)
Salário dos funcionários	33.732,00
Energia, água e outros	2.000,00
Manutenção	500,00
Aluguel	1.500,00
TOTAL	37.732,00

Fonte: Autor (2017).

Além dessas despesas, está incluso no orçamento da implantação da UTC os custos com materiais e equipamentos (APÊNDICE D).

Após a determinação de todas as despesas, foram calculados os valores arrecadados com a venda dos materiais reciclados e compostados. Para essa determinação, foi preciso realizar a estimativa da produção de resíduos pela população, divididos por categorias (APÊNDICE E).

A Tabela 5 a seguir, apresenta quais materiais serão recebidos e comercializados pela UTC (papel/papelão, plástico, vidro, metal e composto orgânico) diariamente e mensalmente, o preço de venda e o valor arrecadado por mês com a venda desses materiais.

Tabela 5 –Produção da UTC, preço de venda e arrecadação mensal

MATERIAL	QUANTIDADE POR DIA (kg/dia)	QUANTIDADE POR MÊS (ton)	PREÇO (R\$/ton)	VALOR ARRECADADO (R\$/mês)
Papel/papelão	620,74	16,13	150	2.420,90
Plástico	1287,96	33,48	700	23.440,91
Vidro	310,33	8,06	30	242,06
Metal	155,16	4,03	2000	8.068,77
Composto orgânico	2.017,81	52,46	125	6.557,89
TOTAL				39.418,96

Fonte: Autor (2017).

A seguir, na Tabela 6 será apresentado o saldo líquido da receita da UTC, que foi feito a partir da diferença entre a receita das vendas e o custo mensal.

Tabela 6 –Projeção da receita da UTC

CUSTO MENSAL (R\$/mês)	RECEITA DAS VENDAS (R\$/ mês)	RECEITA LIQUIDA (R\$/mês)
37.732,00	39.418,96	2.998,54

Fonte: Autor (2017).

Na Tabela 7 estão descritos as despesas de implantação, lucro mensal, rendimento líquido anual e o tempo de retorno do investimento.

Tabela 7 –Lucro e Tempo de retorno do investimento

DESCRIÇÃO	VALOR
Despesas de implantação (R\$)	153.310,41
Lucro por mês (R\$)	2.998,54
Rendimento líquido anual (R\$)	35.982,48
Tempo de retorno (meses)	51

Fonte: Autor (2017).

De acordo com a análise dos resultados, o rendimento líquido anual da UTC será de R\$ 35.982,48, sendo necessário 51 meses para a obtenção do retorno financeiro. Levando

em consideração que o valor investido total foi de R\$153.310,41, incluindo gastos com máquinas, equipamentos e a construção do pátio de compostagem. Vale salientar que a compostagem será realizada durante os primeiros 3 meses, podendo ser comercializada após o fim destes. Já o material reciclado poderá ser comercializado a partir do primeiro mês de funcionamento da Usina de Triagem e Compostagem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na cidade de Aurora observou-se que o sistema de gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos ainda é bastante debilitado e não existem incentivos aos métodos alternativos de coleta seletiva ou reciclagem, podendo ser facilmente observados irregularidades quanto aos locais de transporte e disposição final dos RSU.

De acordo com a análise dos custos e receitas previstas propostas pelo estudo, é possível verificar a viabilidade da implantação de uma usina de triagem e compostagem na cidade de Aurora/CE. Essa viabilidade pode ser considerada ao observar o retorno financeiro de 51 meses, visto que o tempo de retorno será menor que o horizonte de projeto, comprovando sua viabilidade.

Além do retorno financeiro, outras questões relevantes devem ser consideradas, como oportunidade de emprego, principalmente para os catadores de resíduos da cidade; diminuição da quantidade de resíduos enviados ao vazadouro a céu aberto; ganho ambiental, através da preservação do solo, corpos hídricos e do ar; geração de emprego e renda. Além de ajudar na conscientização ambiental da população.

Por fim, espera-se que este estudo colabore para melhoria do gerenciamento dos RSU no município de Aurora e da movimentação da economia local, levando em consideração a implantação da UTC na cidade.

REFERÊNCIAS

ABREU, M.F. **Coleta Seletiva com inclusão social: em municípios, empresas, instituições condomínios e escolas**. Belo Horizonte: CREA-MG, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos: Classificação**. 2ed. Rio de Janeiro, 2004.

AURORA - CE. 2017. **Enciclopédia livre**. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Aurora_\(Ceará\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Aurora_(Ceará))>. Acesso em: 07 dez. 2017.

BELO HORIZONTE. Breno Machado Gomes de Oliveira. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações básicas para operação de usina de triagem e compostagem de lixo**. 2009. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Usina2.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

BRASILa. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010: **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: Presidência da República, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 08 set. 2017.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa de Resíduos Sólidos**, Brasília, 2010b.

_____. Ministério do meio ambiente. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. 2010c. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/3_manual_implantao_compostagem_coleta_seletiva_cp_125.pdf>. Acesso em: 26 out. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 09 set. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **SINER: legislação**. Brasília. Disponível em: <http://sinir.gov.br/web/guest/legislacao>. Acesso em: 09 set. 2017.

CAMPOS, A. L. O; *et al.* **Compostagem para pequenos agricultores** (Cartilha).

CUNHA, V; CAIXETA, F. J. V. **Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas**. *Gestão & Produção*, v. 9, n. 2, p. 143-161, 2002.

EIGENHEER, E. M.; FERREIRA, J. A.; ADLER, R. R. **Usinas de triagem e compostagem no estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UERJ, 2005. Disponível em: <<http://www.lixoeducacao.uerj.br/imagens/pdf/UTCERJ.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2017.

FELTRIN, V. **Saúde pública: saúde pública, saneamento e saúde ambiental**. Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

GOOGLE. Google Earth. Version 9.2.0.3. 2013. **Aurora/CE**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>>. Acesso em: 29 nov. 2017.

GRIPPI, S. **Lixo: reciclagem e sua história: guia para prefeituras brasileiras**. 2ª ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2006.

IBAM, **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**/ José Henrique Penido Monteiro, *et al.* Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro, 2001.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONOMICA DO CEARÁ (IPECE). **Perfil Básico Municipal Aurora**, 2015. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2015/Aurora.pdf> Acesso em: 10 set. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: < <https://censo2010.ibge.gov.br/> > Acesso em: 14 set. 2017.

JACOBI, P. R & BESSEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, vol. 25, n. 71, p. 135-158, jan./abr. 2011.

KAWA, L. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (Giro)**. Blog, Ponta Grossa, jan. 2014. Química, Meio Ambiente e Edificação. Disponível em: <http://professoralucianekawa.blogspot.com.br/2014/01/gestao-de-residuos-solidos-giro.html> Acesso em: 09 set. 2017.

LIMA, L. M. Q. Lixo – Tratamento e biorremediação, 1995. In: SOARES, Liliane *et al.* Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco – um estudo de caso. **Revista Ciências & Tecnologia**, Recife: ano 1, n. 1, 2007. p. 9.

LOURENÇO, L. F. **Análise da Produtividade na Usina de Tratamento de Resíduos Sólidos de São Leopoldo**. 2006. TCC (Graduação em Administração) – UFRGS, Porto Alegre.

MACHADO, B. G. **Portal resíduos sólidos: enviTeSB Ltda**. 2013. Disponível em: <<http://www.urbam.com.br/sitenovo/servicos/estacao-de-tratamento-de-residuos-solidos/centro-de-triagem/reciclagem.aspx>>. Acesso em: 12 set. 2017.

OBLADEN, N; OBLADEN, N. T. R; BARROS, K. R. **Guia Para Elaboração de Projetos de Aterros Sanitários para Resíduos Sólidos Urbanos**. 2009. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/aterros_volumemiii.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

PESSIN, N. CONTO, S.M., QUISSINI, C.S. **Diagnóstico preliminar da geração de resíduos sólidos em sete municípios de pequeno porte na região do Vale do Caí, RS**. In: Simpósio Internacional de qualidade ambiental. Anais. Porto Alegre, 2002.

PRADO FILHO, J. F; SOBREIRA, F. G. Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiadas pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 12, p. 52-61, 2007.

PINTO, Tarcísio de Paula; GONZALEZ, Juan Luis Rodrigo (Org.). **Elementos Para Organização da Coleta Seletiva e Projeto dos Galpões de Triagem**. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao20012011032243.pdf>. Acesso em: 20 out. 2017.

RIBEIRO, F. R; LIMA, S. C. **Coleta seletiva: estudo de caso. Caminhos e geografia, Uberlândia**, v. 1, n. 1, p. 50-69, dez. 2000.

SANTOS, A. G. C. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Porto da Folha-SE**. 2012. 150 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

SANTOS, Danielle de Lucena. **Análise da viabilidade de implantação de uma usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos no município de Santa Luzia/PB**. 2016. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

SILVA, L.U. **Disposição final de resíduos sólidos urbanos e a responsabilidade dos geradores e do poder público**. 2015. 51 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) – Universidade tecnológica federal do Paraná, Medianeira, 2015.

SIMONETTO, E; BORENSTEIN, D. Gestão Operacional da Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos – abordagem utilizando um sistema de apoio à decisão. **Gestão & Produção**, v.13, n.3, p.449 – 461, Dez./2006.

SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (Brasil). Caixa Econômica Federal. **Custo de composições**, 2017. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_643>. Acesso em: 29 nov. 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS.

Diagnóstico de resíduos sólidos 2015. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos>> Acesso em: 14 set. 2017.

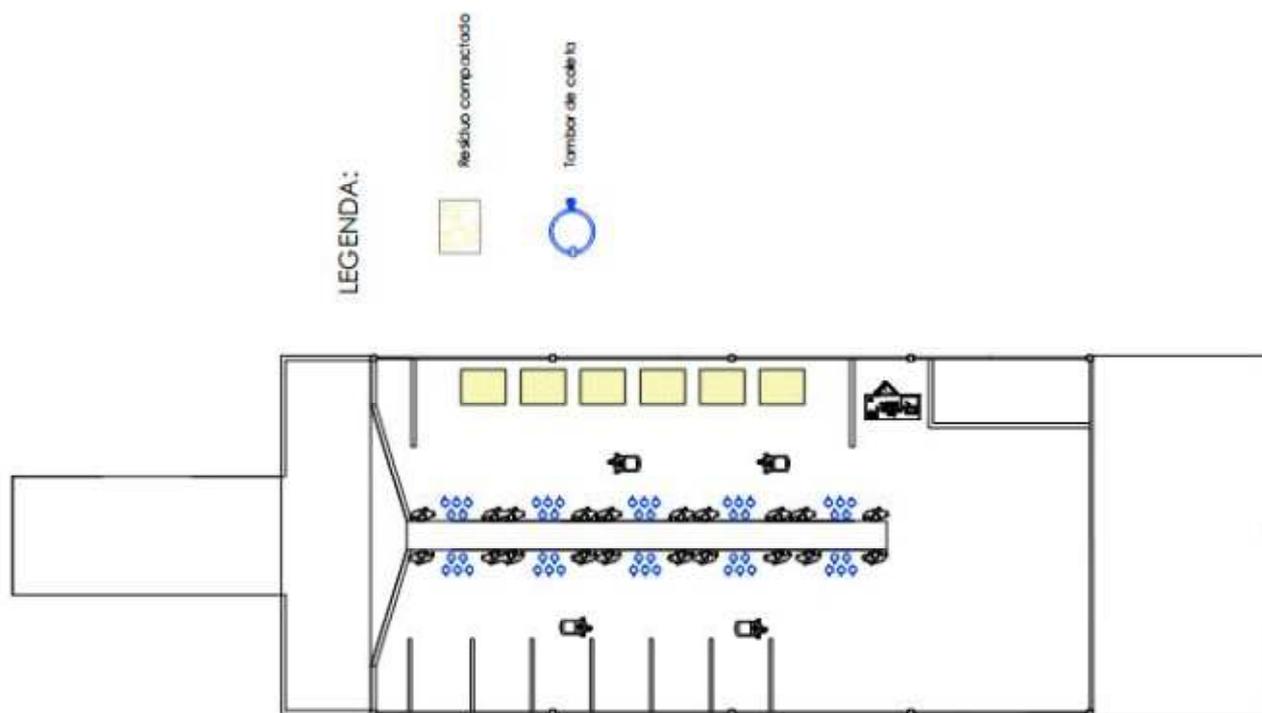
ULBANERE, R.C. Análise ambiental de usinas de reciclagem de resíduos sólidos. **Revista Eng. Ciênc. Aplicada.** São Paulo, vol.3. p.57-74, 1996.

VELASQUES, F. *et al.* USINAS DE TRIAGEM, COMPOSTAGEM E TRATAMENTO DE CHORUME: UMA OPÇÃO ECONÔMICA E SUSTENTÁVEL. **Revista Augustus**, v. 20, n. 39, p. 65-75, 2015.

ZANTA, V. M.; MARINHO, M. J. M. R.; LANGE, C. L.; PESSIN, N. **Resíduos Sólidos, Saúde e Meio Ambiente: Impactos Associados aos Lixiviados de Aterros Sanitários.** Florianópolis-SC: PROSAB, 2006.

**APÊNDICE A – ESTIMATIVA POPULACIONAL, QUANTIDADE DE RESÍDUOS
PRODUZIDOS POR DIA E VOLUME DE RSU PRODUZIDOS DIARIAMENTE**

ANO	POPULAÇÃO	QUANTIDADES DE RESÍDUOS SÓLIDOS (kg/dia)	VOLUME POR DIA (m³/dia)
1991	8820	4891,7698	19,5670792
2000	10080	5590,594058	22,36237623
2010	11825	6558,410192	26,23364077
2017	12395,82	6875	27,5
2018	12565,099	6968,885614	27,87554246
2019	12737,092	7064,277012	28,25710805
2020	12911,844	7161,198345	28,64479338
2021	13089,399	7259,674149	29,0386966
2022	13269,801	7359,729358	29,43891743
2023	13453,097	7461,389301	29,8455572
2024	13639,333	7564,679716	30,25871887
2025	13828,555	7669,626755	30,67850702
2026	14020,812	7776,256986	31,10502794
2027	14216,153	7884,597405	31,53838962
2028	14414,627	7994,675441	31,97870176
2029	14616,284	8106,518963	32,42607585
2030	14821,175	8220,156287	32,88062515
2031	15029,353	8335,616183	33,34246473
2032	15240,869	8452,927881	33,81171152
2033	15455,778	8572,121083	34,28848433
2034	15674,134	8693,225963	34,77290385
2035	15895,991	8816,273184	35,26509274
2036	16121,407	8941,293897	35,76517559
2037	16350,438	9068,319754	36,27327902

APÊNDICE B – PLANTA BAIXA DO GALPÃO DE TRIAGEM

PLANTA BAIXA - TÉRREO
ESCALA 1/175

**APÊNDICE C – IMAGENS DO FUNCIONAMENTO DA UTC PROPOSTA PARA
CIDADE DE AURORA/CE**



APÊNDICE D – DESPESAS COM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	SUB-TOTAL(R\$)
Prensa hidráulica vertical capacidade de enfardar 80 kg	Un.	1	24408,00	24408,00
Balança mecânicas capacidade 1000kg	Un.	1	2599,99	2599,99
Carrinho manuais capacidade 170 kg	Un.	3	170,09	510,27
Bombonas de plástico 200l	Un.	57	199,90	11394,30
Empilhadeira capacidade 1000kg	Un.	1	3396,77	3396,77
Carrinho plataforma capacidade 400kg	Un.	1	623,90	623,90
Baias	m ²	40	38,08	1523,20
Silo de recepção de resíduos	Un.	1	5.039,93	5.039,93
Mesa de triagem	Un.	1	1.444,20	1.444,20
Obras civil	m ²	2088,43	35,76	98.508,29
Termômetro	Un.	1	130,00	130,00
Peneira manual 8 mm	Un.	5	17,99	89,99
Carro de mão	Un.	1	110,00	110,00
Garfo com 10 dentes	Un.	1	65,40	65,40
Pá	Un.	1	28,48	28,48
Enxada	Un.	1	27,25	27,25
Mangueira (3/4")	m	50	11,16	558,00
Regador plástico	Un.	1	15,08	15,08
Bombona	Un.	1	199,00	199,00
Vassoura	Un.	1	12,57	12,57
Vassoura metálica	Un.	1	12,92	12,92
Balde	Un.	1	7,97	7,97
Moinho triturador tr 500 E 15 cv	Un.	1	2604,90	2604,90
			TOTAL (R\$)	153.310,41

**APÊNDICE E – VOLUME, PRODUÇÃO PER CAPITA, MASSA DE RSU,
COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA, VOLUME E MASSA NO ANO DE 2017**

MATERIAL	PORCENTAGEM (%)	VOLUME (m³)	MASSA (kg)
Material orgânico	29,35	8,07125	2017,8125
Plástico	18,734	5,15185	1287,9625
Outros	15,801	4,345275	1086,31875
Material sanitário	12,415	3,414125	853,53125
Papel/papelão	9,029	2,482975	620,74375
Material têxtil	7,9	2,1725	543,125
Vidro	4,514	1,24135	310,3375
Metal	2,257	0,620675	155,16875
TOTAL	100	27,5	6875