



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VIII – ARARUNA  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ANA JULIETE DA SILVA**

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE  
ARARUNA - PB**

**ARARUNA  
2019**

**ANA JULIETE DA SILVA**

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE  
ARARUNA - PB**

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

**Área de concentração:** Saneamento

**Orientador:** Prof. Me. Igor Souza Ogata.

**Coorientadora:** Prof.(a) Me. Luísa Eduarda Medeiros de Lucena

**ARARUNA**

**2019**

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.

S586p Silva, Ana Juliete da.  
Proposta de adequação da usina de triagem e compostagem de Araruna-PB [manuscrito] / Ana Juliete da Silva. - 2019.  
80 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2019.  
"Orientação : Prof. Me. Igor Souza Ogata, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."  
"Coorientação: Profa. Ma. Luísa Eduarda Lucena de Medeiros, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."  
1. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. 2. DIMENSIONAMENTO. 3. ANÁLISE GRAVIMÉTRICA. I. Título  
21. ed. CDD 628

ANA JULIETE DA SILVA

PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE  
ARARUNA - PB

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

Área de concentração: Saneamento

Aprovado em: 18 / 02 / 2019.

**BANCA EXAMINADORA**



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



Prof. Me. Luisa Eduarda Medeiros de Lucena (Coorientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Me. Erick dos Santos Leal

A Deus que nos criou e foi criativo nesta tarefa. Seu fôlego de vida em mim foi o meu sustento e me encorajou questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser essencial na minha vida, autor do meu destino, socorro presente na hora da angústia, meu guia.

Ao professor e orientador Igor Souza Ogata, companheiro de caminhada ao longo do curso de Engenharia Civil, ao qual, a minha formação inclusive pessoal, não seria a mesma.

À minha família, minha mãe, minhas tias, irmãos e primos, por acreditarem em mim. À minha segunda família que me acolheu na cidade de Araruna e fez história na minha jornada, minha mãe Graça Belmiro, minhas irmãs Bárbara e Sabrina, além de toda a família Belmiro pela a qual eu tenho muita gratidão e apreço.

Ao meu padrinho Ramon Araújo e minha madrinha Ana Lúcia que sempre me deram apoio e incentivo.

Aos meus padrinhos Léa e Cícero que torceram por mim nesta caminhada.

A Demétrio Gamboa, que por tantas vezes me motivou e me fez acreditar que sou capaz.

À minha vó Damiana (*in memoriam*), embora fisicamente ausente, sinto sua alegria ao me enxergar de outro plano realizando essa conquista.

Aos professores do Curso de Engenharia Civil da UEPB, em especial a Glória Tamiris, Marinaldo Júnior e Loredanna Melyssa, que contribuíram ao longo deste curso, transmitindo o conhecimento com paciência e empenho.

Agradeço a professora Luísa Eduarda Medeiros de Lucena, minha coorientadora, por todas as dicas e acompanhamento, além da amizade. Ao professor Erick dos Santos Leal, por aceitar o convite e fazer parte deste trabalho.

Aos funcionários da UEPB, em especial a Joaline Cavalcante, pela presteza e atendimento quando foi necessário.

Ao meu grande amigo Wamberto Alcântara Farias, por todo apoio e ajuda prestada, iluminando com algumas ideias para este trabalho.

Ao bibliotecário Andreolino que me deu seu apoio e dicas importantes.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e apoio.

*“Engenharia é igual física mais bom senso”  
Dickran Berberian.*

## RESUMO

No atual quadro populacional, o volume gerado de resíduos sólidos urbanos (RSU's) tem se mostrado preocupante, uma vez que a quantidade que pode ser reciclada ou reaproveitada, será sempre menor do que a quantidade de resíduo gerada, visto que a composição gravimétrica varia. Neste âmbito, se torna mais frequente a busca por soluções e fins alternativos para os resíduos, a fim de amenizar a poluição gerada nos centros urbanos e também nas zonas rurais, a exemplo de uma usina de triagem e compostagem (UTC), que se trata de uma unidade em que os resíduos inorgânicos são reciclados, e os orgânicos transformados em adubo ou fertilizante. Usinas como essas trazem benefícios populacionais, gerando emprego e renda, além de gerar lucro mensal com os resíduos reciclados e compostados. Este trabalho tem o objetivo de analisar a viabilidade de ampliação de uma UTC, no município de Araruna – PB, projetando a readequação de uma estrutura já existente no município. Os dados de análise gravimétrica fornecidos pela prefeitura local, mostraram que dos resíduos gerados atualmente, 10,5% são reciclados, 9% vão para compostagem e 80,5% vão para o aterro. Baseando-se então nestes dados, foi efetuado um dimensionamento de adequação, atendendo aos padrões mínimos de funcionamento de uma UTC, dimensionando área de compostagem, cômodos, espaços necessários, quantia de trabalhadores, equipamentos e máquinas. De acordo com o dimensionamento, foi efetuado um novo layout para a usina. O orçamento efetuado mostrou um elevado custo de readequação, além do custo de funcionamento, mostrando também a venda e portanto, uma receita mensal. Vale ressaltar que a implantação de uma UTC reduz os custos com limpeza no município, além de contribuir na diminuição da degradação ambiental, tornando então a cidade mais limpa e ecológica, com conscientização da população. Em aproximadamente seis meses haverá retorno do investimento inicial, e portanto, o investimento é viável economicamente.

**Palavras-Chave:** Resíduos sólidos urbanos. Dimensionamento. Análise gravimétrica.



## ABSTRACT

In the current population, the volume of urban solid waste generated has been worrisome, since the amount that can be recycled or reused is always smaller than the amount of waste generated, since the gravimetric composition varies. In this context, the search for alternative solutions and ends for waste is more frequent in order to reduce the pollution generated in urban centers and also in rural areas, such as a sorting and composting plant (UTC) of a unit in which the inorganic wastes are recycled, and the organic ones transformed into fertilizer or fertilizer. Plants such as these bring population benefits, generating employment and income, and generate monthly profits from recycled and composted waste. This work has the objective of analyzing the feasibility of expanding a UTC, in the municipality of Araruna - PB, designing the readjustment of a structure already existing in the municipality. The data of gravimetric analysis provided by the local prefecture, showed that of the waste generated today, 10.5% is recycled, 9% goes to compost and 80.5% goes to the landfill. Based on these data, a sizing was done, complying with the minimum standards of operation of a UTC, sizing composting area, rooms, necessary spaces, amount of workers, equipment and machines. According to the sizing, a new layout was made for the plant. The budget presented showed a high cost of readjustment, besides the operating cost, also showing the sale and therefore, a monthly revenue. It is worth mentioning that the implementation of a UTC reduces the costs of cleaning in the municipality, besides contributing to the reduction of environmental degradation, thus making the city cleaner and more ecological, with an awareness of the population. In about six months there will be a return on the initial investment, and therefore, the investment is economically viable.

**Keywords:** Urban solid waste. Sizing. Gravimetric analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Procedimentos metodológicos .....	32
Figura 2 - Localização geográfica do município de Araruna/PB .....	33
Figura 3 – Condições do vazadouro a céu aberto do município de Araruna - PB.....	35
Figura 4 – Localização do lixão e de um corpo de água próximo, em Araruna - PB .....	37
Figura 5 - Porcentagem de resíduos sólidos destinados a reciclagem, compostagem e aterro sanitário em Araruna - PB .....	38
Figura 6 – Localização da usina de triagem existente em Araruna - PB .....	39

## **LISTA DE QUADROS**

- Quadro 1 – Rotas de coleta no município de Araruna - PB .....
- Quadro 2 – Parâmetros de dimensionamento da quantidade de mão de obra da UTC.....
- Quadro 3 – Equipamentos e materiais que serão utilizados na UTC .....
- Quadro 4 – Equipamentos e materiais para a compostagem .....

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Dados da análise gravimétrica dos resíduos do Município de Araruna/PB .....
- Tabela 2 – Dados de população para o horizonte de projeto estipulado .....
- Tabela 3 – Quantidade de funcionários e respectivos salários e custo mensal .....
- Tabela 4 - Área do pátio de compostagem .....
- Tabela 5 – Custos operacionais da UTC.....
- Tabela 6 – Volume mensal de RSU, no município de Araruna.....
- Tabela 7 – Lucro gerado com reciclagem e compostagem .....

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
ONU	Organização das Nações Unidas
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices de Custos da Construção Civil
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Nacional de Atenção à Sanidade Agropecuária
UTC	Usina de Triagem e Compostagem

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	17
<b>3.1.1 Classificação dos resíduos sólidos</b>	<b>17</b>
3.2 CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	18
<b>3.2.1 Características físicas</b>	<b>19</b>
<b>3.2.2 Características químicas</b>	<b>20</b>
<b>3.2.3 Características biológicas</b>	<b>21</b>
3.3 ACONDICIONAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	22
3.4 COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	22
3.5 TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	23
<b>3.5.1 Reciclagem e compostagem</b>	<b>24</b>
<b>3.5.2 Fases da Compostagem</b>	<b>25</b>
3.6 USINAS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM	25
<b>3.6.1 Vantagens e desvantagens do processo de compostagem</b>	<b>28</b>
<b>3.6.2 Qualidade do composto</b>	<b>28</b>
<b>3.6.3 Características do Composto Orgânico</b>	<b>28</b>
3.7 VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM	29
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>32</b>
4.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
<b>4.2.1 Situação dos resíduos sólidos</b>	<b>34</b>

<b>4.2.2 Porcentagens de resíduos sólidos</b> -----	<b>37</b>
<b>4.3 DIMENSIONAMENTO DA ADEQUAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM</b> -----	<b>38</b>
<b>4.3.1. Dimensionamento operacional da usina de triagem e compostagem</b> -----	<b>41</b>
<b>4.3.2 Dimensionamento do galpão de triagem</b> -----	<b>42</b>
<b>4.3.3 Dimensionamento do pátio de compostagem</b> -----	<b>43</b>
<b>4.4 ESTUDO DE VIABILIDADE DA UNIDADE DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM</b> ---	<b>44</b>
<b>4.5 BENEFÍCIOS E DESPESAS INDIRETAS</b> -----	<b>45</b>
<b>4.6 POPULAÇÃO FLUTUANTE</b> -----	<b>45</b>
<b>5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> -----	<b>46</b>
<b>5.1 CARACTERIZAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM</b> -----	<b>46</b>
<b>5.2 ADEQUAÇÃO ESTRUTURAL DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM</b> ----	<b>46</b>
<b>5.2.1 Dimensionamento operacional da usina de triagem e compostagem</b> -----	<b>49</b>
<b>5.2.2 Dimensionamento do galpão de triagem</b> -----	<b>50</b>
<b>5.2.3 Dimensionamento do pátio de compostagem</b> -----	<b>52</b>
<b>5.3 VIABILIDADE DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM</b> -----	<b>53</b>
<b>6 CONCLUSÕES</b> -----	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> -----	<b>57</b>
<b>APÊNDICE A – ORÇAMENTO DE READEQUAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM</b> -----	<b>63</b>
<b>APÊNDICE B – IMAGENS DA ATUAL USINA DE TRIAGEM DE ARARUNA - PB</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE C – PROJEÇÕES DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM</b> -----	<b>72</b>
<b>APÊNDICE D – PLANTA ATUAL, PLANTA DE DEMOLIÇÃO E PLANTA DE READEQUAÇÃO</b> -----	<b>75</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU), são resultados das atividades domésticas e comerciais dos centros urbanos, que compreendem principalmente os resíduos gerados nas aglomerações urbanas (NBR.10.004, 2004). São materiais, substâncias, objetos ou bens descartados, resultantes de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (LEI N° 12.305/2010).

Este material possui composição variável, que é influenciado por fatores como o modo de vida, condição socioeconômica de cada população, infraestrutura local, gerenciamento de políticas públicas, questões operacionais e aspectos legais. A preocupação com a gestão dos resíduos sólidos vem sendo uma assunto significativo em âmbito local, regional e também nacional, devido a heterogeneidade, a crescente produção de RSU e também devido ao aumento populacional (ADELINA et al, 2005).

A Organização das Nações Unidas (ONU) e o Banco Mundial realizaram um estudo conjunto, mostrando que os sete bilhões de humanos da população mundial produzem 1,4 bilhões de toneladas de RSU anualmente, e estimam que daqui a dez anos a produção de RSU alcançará 2,2 bilhões de toneladas anuais. Neste mesmo estudo, prevê-se que se o ritmo atual for mantido, na metade do século XXI, a produção de RSU alcançará 4 bilhões de toneladas por ano em proporção a uma população mundial de nove bilhões de pessoas.

A fim de promover uma gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos em âmbito nacional, o Brasil instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), através da Lei nº 12.305/10, a qual busca minimizar os problemas ambientais, sociais e econômicos resultantes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Dentre as imposições da PNRS houve as atribuições de novas responsabilidades aos municípios para a gestão e manejo dos resíduos sólidos, sendo necessário para tal, a inserção de técnicas de beneficiamento dos resíduos. Assim, uma solução promissora para as cidades tem sido a implantação de Usinas de Triagem e Compostagem (UTC's), que realizam um processo biológico, em que a matéria orgânica do lixo é transformada em adubo orgânico através da ação de microrganismos (SANTOS, 2016).

Esse processo é uma alternativa para o reaproveitamento de resíduos, pois além de reciclar a matéria orgânica, também se recicla alguns materiais inorgânicos, que são



encontrados na etapa de triagem do processo, bem como reduz o volume descartado em aterros.

Levantamentos realizados nas usinas de compostagem de lixo apontam que, em média, depois de devidamente processado, cerca de 40% do lixo é transformado em adubo orgânico, e até 12% do total de resíduos podem ser reciclados em indústrias de papel, metal, plástico e vidros (SANTOS, 2016).

As UTC's são utilizadas no Brasil desde o final da década de 1960, e com implantação popularizada nos anos 90. Esta técnica tem sido considerada uma opção para a destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos, especialmente em municípios de pequeno porte, que podem necessitar de ampliação no decorrer do tempo.

A utilização dessas unidades preconiza a valorização dos resíduos, já que o reaproveitamento dos materiais recicláveis e a compostagem da parcela orgânica acarretaria geração de renda e a redução da quantidade de resíduos a ser aterrada, além da preservação dos recursos naturais, da economia de energia e da redução da poluição ambiental (VIMIEIRO; PEREIRA; LANGE, 2009).

As novas políticas de desenvolvimento sustentável sempre buscam por meios de reduzir a quantidade de resíduos sólidos depositados no meio ambiente. A implantação ou adequação de uma UTC, reduz em média metade do volume de resíduos que seriam encaminhados aos vazadouros, o que ameniza potencialmente a situação, além de gerar empregos e de tornar a cidade mais limpa, reduzindo assim poluição ambiental, contribuindo para a preservação dos recursos naturais como solo, água, fauna e flora. De tal forma, o maior retorno do investimento está no ganho ambiental e no desenvolvimento sustentável.

Desta maneira, o objetivo principal deste trabalho é analisar a viabilidade de implantação de uma UTC no município de Araruna – PB, situado na mesorregião do Agreste Paraibano e na microrregião do Curimataú Oriental, que possui sérios problemas de manejo dos resíduos sólidos, caracterizada por acúmulo de lixo em alguns pontos da cidade e falta de coleta seletiva.

Portanto, o gerenciamento adequado dos RSU além da implantação de uma UTC, pode se apresentar como uma alternativa na busca de uma sociedade mais sustentável, ao utilizar técnicas e hábitos como a redução da geração dos resíduos, e adotar práticas adequadas de descarte e reciclagem, além de incentivar a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Propor adequação a Usina de Triagem e Compostagem de Araruna – PB, de acordo com a atual produção de RSU do município e com as condições de infraestrutura existentes.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a infraestrutura e a qualidade dos serviços de RSU, realizados na usina de triagem e compostagem de Araruna – PB.
- Caracterizar a produção de resíduos sólidos em Araruna/PB.
- Propor reforma da infraestrutura da usina de triagem e compostagem de Araruna – PB, em função da atual produção de RSU.
- Avaliar a viabilidade da reforma proposta em relação a aspectos econômicos.
- Verificar o tempo de retorno do investimento realizado na reforma da usina.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS**

Para a Organização Mundial de Saúde (OMS) a definição de resíduo sólido corresponde a todo e qualquer objeto que não possui mais utilidade para seu proprietário, em um determinado local em um dado momento, e que não apresente valor comercial, corrente ou percebido (PROSAB, 2006). Ao avaliar do ponto de vista puramente econômico, resíduos sólidos são definidos como uma matéria que não tem nenhum valor e o proprietário tem que pagar para se desfazer, criando um passivo ao seu dono (GOUVEIA, 2012).

De acordo com a NBR 10.004/2004, resíduo sólido é definido como sendo material nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas e serviços de varrição, sendo incluídos também nesta definição os lodos resultantes de sistemas de tratamento de água, gerados nos equipamentos e instalações que fazem a contenção da poluição, assim como alguns líquidos, que em suas particularidades não permitem que sejam lançados na rede de esgotos ou em corpos de água ou ainda que as soluções existentes sejam inviáveis técnica e economicamente.

Com base nos conceitos supracitados é possível pensar que resíduo significa algo que possui um valor nulo ou negativo. No entanto essa ideia é inadequada, o resíduo sólido pode ser considerado inútil e sem valor para o proprietário, porém pode ter valor econômico e/ou serventia para outras pessoas, proporcionando melhoria econômica, social e ambiental no cenário de manejo desses materiais, que por vezes é caótico (HEMPE; NOGUERA, 2012).

O lixo, pode ser entendido então como aquele resíduo que não possui nenhuma destinação útil, que não pode ser reciclado, compostado ou reaproveitado, sendo geralmente descartado na natureza.

##### **3.1.1 Classificação dos resíduos sólidos**

Ainda segundo a NBR 10.004/2004, os resíduos sólidos podem ser classificados quanto a periculosidade, possuindo três classificações, denominadas de Classe I, Classe II A e Classe II B. Os resíduos Classe I, também denominados de perigosos, apresentam riscos à saúde pública e prejudicam o meio ambiente quando dispostos de maneira inadequada, tendo em vista que possuem características intrínsecas de reatividade, patogenicidade, toxicidade, corrosividade e inflamabilidade (SANTOS, 2016).

Por sua vez, os não perigosos ou Classe II, são todos os resíduos que não possuem as características dos resíduos de Classe I, podendo ser não inertes ou inertes. Os resíduos não inertes (Classe II A) são todos aqueles que possuem características de solubilidade, combustibilidade ou biodegradabilidade, e que podem ocasionar riscos à saúde ou ao meio ambiente, enquanto que os resíduos inertes (Classe II B) não apresentam riscos à saúde e nem ao meio ambiente, pois quando amostrados de forma representativa e sujeitas a um contato estático e dinâmico com água destilada ou deionizada, não apresentam solubilidade em nenhum de seus componentes a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água (TEIXEIRA, 2007).

Outra maneira de classificação dos resíduos sólidos é quanto a sua origem, a qual é classificada na Lei 12.305/2010 em 11 classes:

Resíduos domiciliares: originários das atividades domésticas em moradias urbanas. Resíduos de limpeza urbana: gerados pela varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, também como outros serviços de limpeza urbana. Resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”. Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessa atividade, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”. Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”. Resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais. Resíduos de serviço de saúde: os gerados no serviço de saúde conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS. Resíduos da construção civil: são gerados na construção civil, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis. Resíduos agropecuários e silviculturais: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades. Resíduos de serviços de transporte: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e de passagem de fronteira. Resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios (LEI 12.305, 2010 p.1).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Dentre os tipos de resíduos, os RSU são os mais produzidos e variam suas características conforme os aspectos sociais, econômicos, culturais, climáticos, sazonais, geográficos, locais e entre outros. Sob o ponto de vista econômico, quanto maior for o poder aquisitivo de uma determinada região, maior será o seu leque de ações com relação aos resíduos sólidos, seja no investimento em reciclagem, instalação de usinas, transporte, armazenamento, reaproveitamento e adoção de aterros, representando medidas que por vezes

não podem ser tomadas por poderes públicos das localidades com recursos mais escassos (TEIXEIRA, 2007).

As características dos RSU são dadas em função do tipo de consumo e também estão associadas a fatores como clima, sazonalidade, demografia e condições socioeconômicas.

Em relação aos fatores climáticos, vale a pena destacar que no período chuvoso o teor de umidade aumenta, enquanto que no outono aumenta o teor de matéria orgânica, devido a maior presença de folhas, já no verão há maior presença de embalagens plásticas, de vidro e embalagens metálicas, características de bebidas.

Para fatores sazonais, a influência está em eventos que ocorrem periodicamente, como festas de carnaval, férias e período natalino, já que em determinados locais há um aumento na geração de embalagens referente ao maior consumo de bebidas, comidas e produtos descartáveis

Quanto a fatores demográficos, há uma relação direta entre a quantidade de pessoas presente num local e a geração de resíduos, de maneira que quanto mais pessoas existam mais resíduos são gerados, quanto ao local, é fato que o crescimento econômico e industrial é bem maior nos grandes centros urbanos, gerando conseqüentemente mais resíduos do que uma cidade de menor porte, por exemplo.

O nível educacional, poder aquisitivo, costumes, desenvolvimento tecnológico, campanhas ambientais e promoções comerciais são fatores socioeconômicos que influenciam as características dos RSU (ADELINA et al, 2005).

Ao longo dos anos não somente a quantidade de RSU aumentou, como também as características mudaram, tudo isso é devido ao maior consumo de produtos programados para se tornarem obsoletos e serem descartados, como também pelo consumo excessivo e pela mudança nos padrões de consumo baseados no excesso (EPA, 2010; OMS, 2010).

### **3.2.1 Características físicas**

Para a NBR 10.004/2004 da ABNT, os resíduos sólidos urbanos podem ser divididos nos seguintes aspectos:

- Geração per capita: Concatena a quantidade de RSU gerados diariamente e o número de habitantes de determinada região. No Brasil, a faixa de variação média considerada por muitos técnicos é de 0,5 a 0,8 kg/hab.

- **Composição gravimétrica:** Indica o percentual de massa de cada tipo de material que compõe o resíduo em relação a massa total do resíduo sólido analisado. Apesar de muito heterogêneo, de maneira geral os RSU possuem em sua composição frações de papel/papelão, plástico, vidros, metais, matéria orgânica e outros resíduos de difícil identificação, sendo assim, a composição gravimétrica é, por vezes, caracterizada com essa tipologia.

- **Peso específico aparente:** Consiste no peso do resíduo sólido solto em função do volume ocupado, sem nenhuma compactação, usualmente a unidade de  $\text{kg/m}^3$  é utilizada. Esse dado é essencial para dimensionar a capacidade de instalações e equipamentos, para manejo dos resíduos sólidos. Quando não é possível amostrar precisamente o peso específico aparente de um resíduo, podem ser adotados os seguintes valores para resíduos domiciliares, resíduos de serviços de saúde e da construção civil, respectivamente de  $230 \text{ kg/m}^3$ ,  $280 \text{ kg/m}^3$  e  $1300 \text{ kg/m}^3$ .

- **Teor de umidade:** Representa a quantidade de água que está presente no resíduo sólido. As estações do ano e a incidência de chuvas alteram essa grandeza. Deste modo, estima-se uma variação do teor de umidade de 40 a 60% do volume do resíduo.

- **Compressividade:** Representa o grau de compactação que uma massa de resíduo sólido pode sofrer. Em geral, se aplicada uma pressão de  $4 \text{ kg/cm}^2$  essa massa de RSU pode reduzir de 1/3 a 1/4 do volume inicial.

### **3.2.2 Características químicas**

- **Poder calorífico:** Indica a capacidade de um material liberar certa quantidade de calor quando incendiado. Considera-se para resíduo domiciliar um poder calorífico médio de  $5000 \text{ kcal/kg}$ .

- **Potencial hidrogênico (pH):** Esse parâmetro indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos sólidos, variando numa faixa entre 5 e 7.

- **Composição química:** Representa as quantidades encontradas de materiais no resíduo sólido, geralmente caracterizada nas categorias de matéria orgânica, resíduo mineral total, potássio, carbono, cálcio, nitrogênio, fósforo, cinzas, gorduras e resíduo mineral solúvel.
- **Relação Carbono/Nitrogênio (C:N):** Essa relação indica a capacidade de decomposição em que a matéria orgânica do resíduo sólido se encontra, utilizada durante os processos de tratamento e disposição final. O valor ideal para garantir decomposição é da ordem de 35/1 a 20/1.

### 3.2.3 Características biológicas

A população microbiana e os agentes patogênicos presentes nos resíduos sólidos juntamente com suas características químicas são responsáveis pelas características biológicas.

Na parcela orgânica dos resíduos sólidos, a transformação da matéria orgânica é resultante da ação combinada da macro e mesofauna (minhocas, formigas, besouros e ácaros) e de diferentes comunidades de microrganismos, incluindo bactérias, actinomicetes, leveduras e fungos. Inicialmente, atuam microrganismos que metabolizam o nitrogênio orgânico transformando-o em nitrogênio amoniacal e com o decorrer da decomposição, a amônia pode ser perdida por volatilização ou convertida à forma de nitratos, pela nitrificação, fenômeno que é acidificante e contribui para que o composto maturado seja mais ácido do que o material original. Porém, se houver condições de anaerobiose, o nitrato será perdido por desnitrificação e este fenômeno tem efeito alcalinizante (TEIXEIRA, 2007).

De forma genérica, os materiais vegetais frescos e verdes tendem a ser mais ricos em nitrogênio do que os materiais secos e acastanhados. Nota-se que o verde resulta da clorofila que tem nitrogênio enquanto que o castanho resulta da ausência de clorofila. No caso das folhas, a senescência, em que se verifica o amarelecimento das folhas devido à degradação da clorofila, está associada à remobilização do nitrogênio das folhas para outras partes da planta. Os materiais presentes podem ser divididos em duas classes, a dos materiais ricos em carbono e a dos materiais ricos em nitrogênio. Entre os materiais ricos em carbono podemos considerar os materiais lenhosos como a casca de árvores, as aparas de madeira, as podas dos jardins, folhas e galhos das árvores, palhas e fenos, e papel. Entre os materiais nitrogenados incluem-se as folhas verdes, estrumes animais, urinas, solo, restos de vegetais hortícolas, erva, e entre outras (PEREIRA, 1998).

Através dessas características pode-se determinar o tratamento mais adequado e a disposição final dos resíduos sólidos.

### 3.3 ACONDICIONAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Acondicionar os RSU significa prepará-los para a coleta de forma sanitariamente adequada, armazenando de forma compatível com o tipo e a quantidade (MONTEIRO, 2001).

Um acondicionamento apropriado de RSU evita transtornos como acidentes de trânsito, epidemia de insetos e roedores, poluição visual e olfativa, melhora a qualidade dos resíduos aproveitados (se houver coleta seletiva) e também facilita a coleta (KIEHL, 1998).

Atrelado ao adequado acondicionamento dos resíduos, é importante que a prefeitura tome algumas providencias, como a retirada de animais soltos nas ruas, pois estes costumam rasgar os sacos plásticos e revirar os tambores de RSU em busca de restos de comida que lhe sirvam como alimento, disponibilizar contêineres plásticos de forma que estejam bem apoiados para manter a estabilidade e não serem derrubados (AQUINO, 2005).

Na região nordeste do Brasil são usados os mais variados tipos de recipientes para acomodar os RSU, dentre esses recipientes estão alguns reciclados de pneus, muito utilizados devido a sua leveza, flexibilidade e facilidade de manuseio. No entanto, nem sempre os recipientes possuem essas características, podendo ser pesados, difíceis de manusear, que causam ruído e possuem aspecto visual desarmonioso com o ambiente. A seleção desses recipientes deve ser definida levando em consideração alguns fatores importantes como o tipo de resíduo a ser acondicionado, a geração de resíduos, a frequência de coleta, e a viabilidade de custo desses recipientes.

Além desses aspectos, o acondicionamento deve ser economicamente acessível, para que a população possa adquirir, estanque para evitar o derramamento dos resíduos, serem resistentes, para evitar o transpasse de resíduos perfurantes, leve, de fácil manuseio, de fácil esvaziamento e produzir pouco ruído (PEIXOTO, 1981).

### 3.4 COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A coleta de RSU consiste em recolher o resíduo sólido, para posteriormente leva-lo por meio de um transporte adequado para uma destinação final, seja este um tratamento ou uma destinação final. Dentre as formas de coleta, a coleta seletiva é considerada a mais



adequada (RUSSO, 1995). Para Fuzaro (2001), a coleta seletiva consiste no recolhimento de materiais aproveitáveis, previamente separados pela fonte geradora. O autor ainda associa a coleta seletiva com a educação ambiental, uma vez que a coleta seletiva depende deste fator, mas também gera sensibilização da comunidade.

A coleta seletiva possui muitas vantagens sociais, econômicas e ambientais, de maneira que os resíduos descartados se tornam matéria prima para a produção de novos produtos, deixando de serem depositados no meio ambiente. Além disso, a coleta seletiva é fonte de renda e sustento para muitas famílias que se utilizam deste meio (OLIVEIRA et al, 2002).

Para que a coleta seletiva obtenha êxito, é necessário que se façam políticas públicas voltadas para o apoio aos catadores, visto que eles se deparam com muitas dificuldades, como problemas de organização interna, má gerência dos recursos humanos e materiais, riscos eminentes de contaminação e falta de apoio dos órgão competentes.

Para elucidar as dificuldades dos catadores, deve-se realizar um diagnóstico das condições de trabalho deles, apontando os pontos fortes e fracos, buscando reuni-los na forma de associação ou cooperativa, além de divulgar o trabalho dos catadores para que a comunidade possa contribuir apoio e incentivo aos catadores, fornecendo infraestrutura como usinas de triagem e equipamentos e atividades estruturantes, como cursos de capacitação e apoio técnico (DELGADO, 2009).

### 3.5 TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Segundo Monteiro (2001), o tratamento de RSU pode ser definido como uma série de procedimentos com a finalidade de reduzir a quantidade ou o potencial poluidor desse material, que pode ser feita através da transformação em material biologicamente estável ou inerte quimicamente ou ainda impedindo o seu descarte no meio ambiente. Vale a pena destacar que os benefícios do tratamento dos resíduos através do aproveitamento destes não são apenas ambientais, é importante saber que os resíduos também têm valor do ponto de vista econômico. Os tipos de tratamentos a serem executados irão depender das características do RSU, bem como da viabilidade técnica, legal e financeira do método, sendo frequentemente utilizada a reciclagem e a compostagem (DANIELLE, 2016).

Neste sentido, as usinas de reciclagem e compostagem são soluções atrativas, pois além de reduzirem a quantidade de resíduos que seriam depositados no meio ambiente, também geram emprego e renda.

### 3.5.1 Reciclagem e compostagem

A reciclagem é uma forma de tratamento de resíduos sólidos que realiza modificações físicas, químicas ou biológicas, possibilitando o aproveitamento do resíduo em outra fase do processo produtivo (FUNASA, 2006). Em geral, esse procedimento é realizado empregando as etapas de separação dos resíduos na origem, processamento (enfardamento, compactação ou trituração), comercialização do produto processado e aproveitamento como matéria prima, por isso a coleta seletiva é fundamental na eficiência da reciclagem, pois a primeira etapa do tratamento depende da obtenção de um resíduo com o mínimo de impurezas possível (FUNASA, 2015). Com a reciclagem são obtidos benefícios como preservação dos recursos naturais, economia de energia, redução do custo de transporte, geração de emprego e renda, melhoria da educação ambiental da população, entre outros benefícios indiretos como melhoria da saúde, segurança, economia e educação da comunidade.

A principal dificuldade do processo de reciclagem de RSU é de longe a mistura dos resíduos recicláveis (papel, plástico, vidro e metal, de maneira mais comum) com material orgânico, diminuindo sensivelmente a qualidade do que pode ser aproveitado e até impedindo a reciclagem. Devido a isso, as usinas de triagem possuem eficiência de aproveitamento de apenas 3% a 6% da massa dos resíduos recepcionados (LOURENÇO, 2006).

Dentre as técnicas de reciclagem, a compostagem se destaca por ser a mais empregada no aproveitamento de resíduos orgânicos, sendo um processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos (aqueles que possuem carbono em sua estrutura), de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos, e para que ela ocorra, não é necessário a adição de qualquer componente físico ou químico à massa do lixo (MONTEIRO, 2001). A compostagem propicia um destino útil para os resíduos orgânicos, evitando sua acumulação em aterros e melhorando a estrutura bioquímica dos solos. A matéria orgânica é então organizada em leiras. Geometricamente, as leiras podem ser feitas em formato de pirâmide ou de cone. Para estas formas, deve possuir cerca de 3 m de largura ou diâmetro de 2m e altura entre 1,5 e 2 m, não se recomenda uma altura maior do que 2 m pois irá dificultar o revolvimento das leiras e a aeração.

Segundo Carvalho (2002), a compostagem possui duas fases principais a bioestabilização e a humificação, que são caracterizadas por uma população diversificada de microrganismos, efetuada em duas fases distintas: a primeira (degradação ativa) quando ocorrem as reações bioquímicas de oxigenação mais intensas predominantes termofílicas, e a segunda, ou fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação.

### 3.5.2 Fases da Compostagem

A compostagem aeróbia possui duas fases. A primeira fase é denominada bioestabilização, após a massa orgânica ter atingido até 65° C, estabilizando-se na temperatura ambiente. Numa compostagem acelerada, esta fase dura apenas 45 dias, enquanto que na compostagem natural dura 60 dias. A segunda fase é denominada maturação e tem duração de mais de 30 dias, sendo nesta fase que a matéria orgânica é humificada e mineralizada (REIS, 2005).

O processo de compostagem é influenciado por diversos fatores, que afetam direta ou indiretamente a atividade microbiológica durante o processo, afetando também a qualidade do produto final. Os fatores intervenientes na decomposição da matéria orgânica são a aeração, a umidade, os nutrientes e a temperatura, sendo que esta última influencia muito na rapidez da biodegradação e na eliminação de patógenos (SANTOS, 2016).

Os microrganismos necessários para decompor a matéria orgânica, encontram-se na massa de resíduos domiciliares, enquanto que alguns patógenos como a salmonela e estreptococos estão presentes na massa de resíduos. O teor de umidade é um fator muito importante e deve ser controlado durante o processo, visto que os microrganismos que atuam na compostagem possuem 90% de água em sua composição. Além da umidade, a temperatura e a granulometria também irão influenciar na quantidade de oxigênio que haverá no processo (TEDESCO et al, 1995). Na fase aeróbia, quanto maior a exposição ao oxigênio maior será a velocidade de decomposição da matéria orgânica. Desse modo, quanto menor for o tamanho da partícula maior será a superfície de exposição ao oxigênio e por consequência menor o tempo de compostagem (DELGADO, 2009).

### 3.6 USINAS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Uma usina de triagem e compostagem (UTC), é o local onde ocorre a separação dos resíduos sólidos e a compostagem da matéria orgânica. A triagem é um processo de seleção em que é feita separação do material orgânico e inorgânico, oriundo da coleta do lixo comercial e domiciliar coletado. Esse processo inicia-se após o descarte desses resíduos em uma usina de lixo. Já nos municípios onde há coleta seletiva, que separa o lixo seco do lixo úmido, o processo de triagem é mais simples, pois se separam no lixo seco os resíduos recicláveis e inerentes de natureza diferente para posterior comercialização e extrai-se do lixo

úmido a matéria orgânica para compostagem (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2006).

O processo de triagem pode ser realizado de forma manual, semiautomática e automática. A forma manual é indicada para cidades pequenas, em que o volume de produção não justifica uma central automatizada, com o uso das associações de catadores de lixo, gerando oportunidades de emprego, melhor distribuição dos lucros com reciclagem e baixo investimento inicial. A triagem semiautomática é indicada para cidades médias, onde é possível combinar o trabalho com associações de catadores de lixo e sistemas automatizados. Esse tipo de triagem provoca um impacto social positivo na cidade, permite a integração entre associações de catadores de lixo e uma indústria moderna que tenha uma geração adaptável ao volume e demanda devido à melhor qualidade, sendo um processo confiável, permitindo exportar maiores volumes. Já a triagem automática é indicada para grandes cidades, onde o volume de produção não possibilita o trabalho manual. Tem sua capacidade de separação estimada na implantação da obra, podendo ser aumentada facilmente, com produção de 24 horas por dia se necessário, alta qualidade dos produtos separados, tendo seus produtos mais fáceis de vender, exigindo todavia alto investimento inicial (VELASQUES, 2015).

Após o processo de triagem, o material orgânico que é recolhido é levado para um local chamado de pátio de compostagem, que deve ser um local adequadamente pavimentado e preferencialmente impermeabilizado, que possua drenagem e que permita a presença de sol em toda a sua extensão. A compostagem é um processo biológico de valorização da matéria orgânica, seja ela de origem urbana, doméstica, industrial, agrícola ou florestal, e com o reaproveitamento do lixo orgânico, em presença de oxigênio do ar, sob condições controladas pelo homem (PEREIRA NETO, 1987). Os produtos do processo de decomposição são o gás carbônico, calor, água e a matéria orgânica. Trata-se de um processo natural em que os microorganismos, como fungos e bactérias, são responsáveis pela degradação de matéria orgânica e passam por três fases distintas e de muita importância para o processo do qual se gera o composto (AQUINO, 2005).

A resultante da decomposição da matéria orgânica após a compostagem é o composto maturado, que depois é peneirado em peneira manual ou mecânica rotativa, para que suas partículas se tornem homogêneas e assumam um aspecto estético para sua utilização futura, como estrume ou fertilizante natural (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2006).

Assim, uma usina de triagem e compostagem tem seu funcionamento consistindo basicamente em três etapas, caracterizadas como recepção dos resíduos, alimentação, triagem e beneficiamento do resíduo.

Inicialmente os resíduos coletados são pesados através de uma balança, ou tem o seu volume aferido por meio de estimativa. Na recepção, os materiais coletados são depositados pelo caminhão no local designado para receber os resíduos.

Na fase da alimentação é feito o carregamento na linha de processamento, para que o processo de separação de resíduos seja viabilizado, sendo efetuado através de braços hidráulicos, pás carregadeiras, pontes rolantes ou mesmo de forma manual (ALBUQUERQUE, 2011).

Na triagem, os resíduos são colocados em uma esteira rolante ou manual, na qual são separados os tipos de resíduos e os materiais de maior tamanho como plástico e papelão. No fim da esteira, devem restar apenas os orgânicos que irão entrar em um moinho de martelos ou em moinho manual, e após moídos os resíduos orgânicos são encaminhados para as leiras de compostagem (SCHLICHTING, 2008).

Para UTC's mais automatizadas, as esteiras de triagem rolantes devem trabalhar com velocidades entre 10 m/min e 12 m/min para que o processo nem seja muito rápido e nem seja muito lento e a triagem não seja prejudicada.

Um ambiente de grande importância em uma UTC é o pátio de compostagem, que é utilizado para efetuar o processo de compostagem dos resíduos orgânicos triados. Esse pátio deve pavimentado com inclinação de 2% para drenagem do chorume e da água pluvial, para posterior tratamento ou inserção na massa compostada. Ao dimensionar o pátio, deve-se deixar espaço para a movimentação de caminhões, pás carregadeiras, máquinas de revolvimento e também para estocagem do composto pronto (LELIS, 2007).

Um vazadouro a céu aberto, sem um espaço adequado, acarreta em sérios problemas ambientais, econômicos e sociais, pois poluem o solo, o ar e as águas, deixando de aproveitar boa parte dos resíduos recicláveis, além de fazer com que os catadores trabalhem em condições sub-humanas (ARAÚJO, 2015).

O depósito de resíduos sólidos à céu aberto ou lixão é uma forma de deposição desordenada sem compactação ou cobertura dos resíduos, o que propicia a poluição do solo, do ar e da água, assim como favorece a proliferação de vetores de doenças. Uma solução é o aterro controlado, que é outra forma de deposição de resíduo, exigindo como único cuidado a cobertura dos resíduos com uma camada de solo ao final da deposição de resíduos, com o objetivo de reduzir os vetores de proliferação de doenças (ZANTA; FERREIRA, 2003).

### **3.6.1 Vantagens e desvantagens do processo de compostagem**

O processo de compostagem apresenta como principais vantagens, a degradação rápida e eficiente da matéria orgânica, melhora os solos, gerando macronutrientes e micronutrientes, além de gerar matéria prima para fertilizantes. Existem também as desvantagens do processo, como a necessidade de áreas maiores que aquelas de aterro sanitário e a inevitabilidade do aterro sanitário para disposição dos rejeitos (SCHMITZ, 2012).

O processo que acontece na UTC traz vantagens na produtividade em relação à catação inadequada diretamente no lixão. Com o apoio de equipamentos que embora simples, são eficientes, e aumentam a produtividade, com melhora do produto final.

### **3.6.2 Qualidade do composto**

Deve existir um controle de produção dos compostos orgânicos. Com regularidade, devem ser feitas análises físico químicas, de modo que sejam assegurados os padrões mínimos de qualidade, evitando a presença de metais pesados possam trazer riscos ao consumidor do composto orgânico. Alguns materiais contidos no resíduo que chegam nas usinas como borracha, cerâmicas, tecidos, baterias, pilhas e papeis coloridos, contém metais pesados e necessitam que sejam totalmente eliminados, para evitar riscos (AQUINO, 2005).

### **3.6.3 Características do Composto Orgânico**

O composto orgânico resultante da compostagem tem como características a presença de húmus e nutrientes minerais, quanto mais húmus e nutrientes maior a qualidade do composto. O húmus é muito benéfico ao solo, aera as raízes, retém a água e os nutrientes através da porosidade que fornece ao solo. Os nutrientes minerais podem chegar a 6% de peso do composto e incluem fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro que são absorvidos pelas raízes das plantas (MONTEIRO, 2001).

### 3.7 VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Sob a ótica econômica, a implantação de uma UTC é vista como um alto investimento inicial, pois é necessária a disponibilidade de terreno e espaço adequados, implantação de infraestrutura adequada, assim como a estrutura e alguns equipamentos necessários para o funcionamento da usina. Além disso, haverá também custo de manutenção, relativo ao pagamento dos funcionários, energia e recursos necessários. De um modo geral, o custo de instalação e manutenção de uma UTC depende do local e da quantidade de resíduos gerados, visto que maiores centros urbanos geram uma maior quantidade de resíduo.

Em contrapartida, uma UTC traz vantagens, visto que recicla resíduos inorgânicos, e dá finalidade aos orgânicos, transformando-os em adubo ou fertilizantes, que podem ser empregados no plantio. Deve ser destacado entretanto, que a falta de conhecimento, falta de equipamentos adequados, assim como a ineficiência na coleta seletiva podem prejudicar o bom funcionamento de uma UTC. Assim, além da manutenção periódica, é necessário que se faça todo um planejamento para que uma UTC funcione adequadamente.

De acordo com Nardin, Prochnik e Carvalho (2002), a cada 150 t/dia processado em uma UTC, cerca de 40 postos de trabalho formal direto são criados, o que incorpora os catadores ao trabalho formal, dando-lhe dignidade.

Segundo Viana (2000), existe a problemática do trabalho precoce, isto é, da força de trabalho de menores de dezoito anos, pelas famílias de catadores de lixo, que tem como fator fundamental a necessidade de complemento da renda familiar, elemento indispensável para se realizar o consumo de bens necessários para a sobrevivência da família. Desta forma, a implantação de uma usina representa geração de emprego e renda, além de melhorias nas condições de trabalho para pessoas que vivem da catação de resíduos sólidos.

Geralmente as etapas de recepção, triagem e trituração são as que demandam maiores investimentos em infraestrutura e equipamentos, que vão depender também do porte da usina, ou seja, quanto maior a quantidade de resíduos, maior o grau de mecanização necessário. Para sistemas de menor capacidade, é possível ter um custo mínimo com equipamentos mecânicos (SCHMITZ, 2012).

De tal modo, devem ser avaliadas as quantidades de resíduos gerados, assim como a disponibilidade de recursos para implantação de uma UTC, de modo que se defina um layout a ser projetado, avaliando o melhor custo benefício de instalação para o local.

### 3.8 BENEFÍCIOS E DESPESAS INDIRETAS

Qualquer obra de engenharia civil, deve ser projetada considerando todos os aspectos de segurança e de economia, a partir de planejamentos e orçamentos. O orçamento econômico leva em conta dois tipos de custos, o custo direto e o custo indireto. Os custos diretos são considerados por contagem de materiais, com somatórios de gastos.

Já os custos indiretos são considerados a partir de uma composição de BDI, ou seja, a composição dos benefícios e despesas indiretas. A soma dos custos diretos com os custos indiretos fornece o custo total da obra, e somando o custo ao lucro têm-se o preço de venda (VALLE, 2000).

O BDI é uma taxa que se adiciona ao custo de uma obra para cobrir as despesas indiretas que tem o construtor, considerando também os riscos do empreendimento, as despesas financeiras incorridas, os tributos incidentes na operação, eventuais despesas de comercialização e o lucro do empreendedor. Pode ser entendido como um valor orçamentário expresso em percentual, que considera o gasto de cada serviço, independente dos custos diretos.

Assim, o BDI é a parte do preço do serviço formado pela recompensa do empreendimento, chamado lucro estimado, despesas financeiras, rateio do custo da administração central e por todos os impostos sobre o faturamento, exceto leis sociais sobre a mão-de-obra utilizada no custo direto (IBEC, 1998).

- Administração central (AC): É o rateio do custo da sede entre as obras da construtora. Varia de 10% a 20% (empresas com pequeno faturamento anual), e de 7% a 15% (empresas com grande faturamento anual). Este aspecto considera todos os custos da sede da empresa, inclusive o custo de comercialização, gestão de pessoal, contabilidade, pró-labore de sócios, departamento de compras e equipe de elaboração de propostas de preços.

- Custos financeiros (CF): O custo é definido como o gasto para a produção de bens e serviços. O custo financeiro é aquele que considera as condições de pagamento preconizada nos contratos, e visa corrigir monetariamente os déficits de caixa que os contratos apresentam, principalmente em função da forma de medição e pagamentos.

- Margem de incerteza (MI): Visa melhorar eventuais distorções no valor aproximado pelo cálculo estimado, devido ao seu caráter genérico adotado pelos contratantes.



Geralmente varia de 5% a 10% do custo total, e assim, objetiva a estimativa de custos elaborada pelo órgão contratante em função da inexatidão ao calculá-la, em um intervalo elástico de aceitabilidade.

- Tributos: Municipais (TM), Estaduais (TE), Federais (TF): Nos municipais leva-se em conta tributos municipais como o ISS. Já nos tributos estaduais são considerados os tributos estaduais tais como o ICMS. No federal, leva-se em conta tributos federais tais como PIS, COFINS, IRPJ, CSLL e INS.

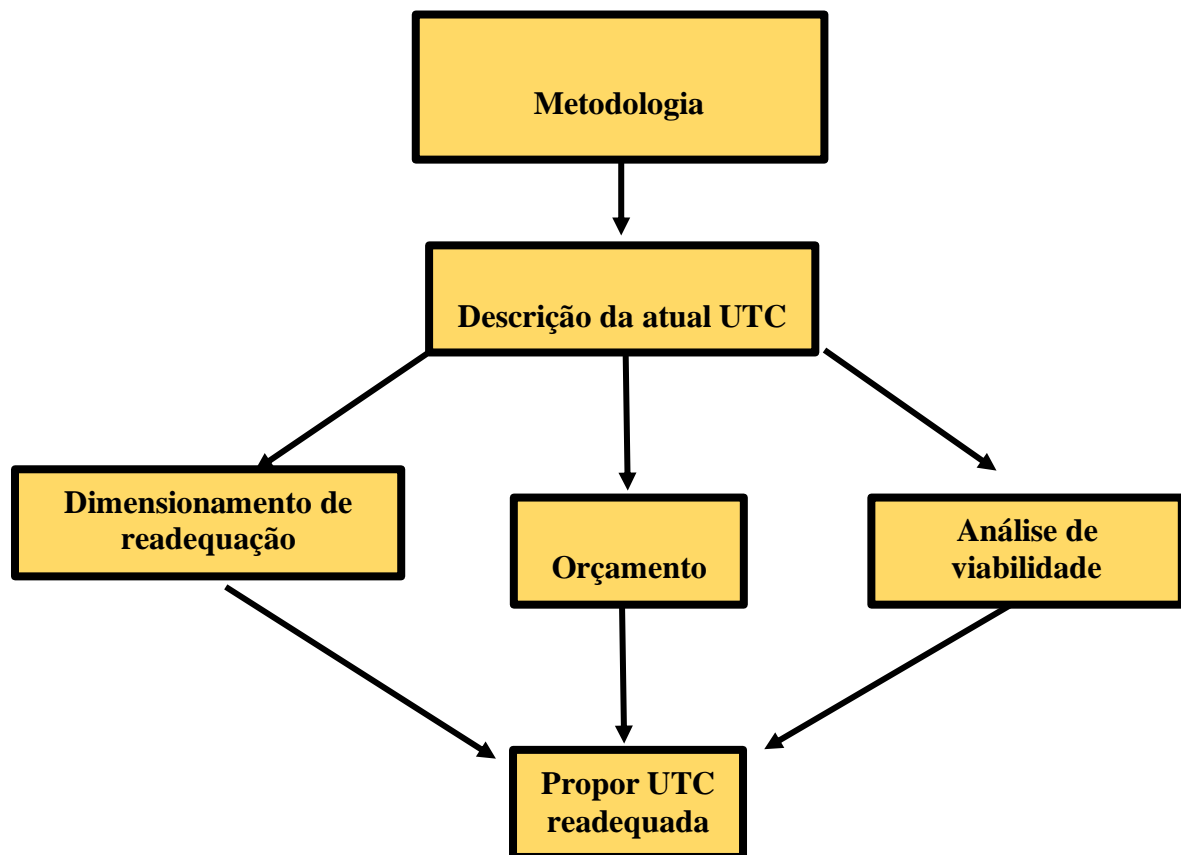
- Lucro: É considerado um percentual e essencial para a sobrevivência e modernização das empresas. O percentual do lucro de cada empresa é definido em função do interesse da empresa no contrato, da análise de risco da proposta, do comportamento conhecido do cliente, da regularidade e exatidão do pagamento, da concorrência, da complexidade do projeto e, principalmente, das condições de mercado. O lucro também é um percentual calculado tecnicamente, baseado em custo de oportunidade do capital.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo trata-se de uma pesquisa de carácter exploratório e descritivo, com apresentação de análises qualitativas e quantitativas. Portanto, para alcançar os objetivos desse tipo de pesquisa foram utilizados documentos acadêmicos como livros, artigos científicos, periódicos, manuais, monografias e teses, documentos oficiais como leis, regulamentos e normas técnicas, além da observação direta em campo e entrevistas informais com os atores envolvidos no processo de manejo dos resíduos sólidos de Araruna – PB. Para o funcionamento da UTC, tomou-se como base o manual de elementos para organização seletiva e projeto de galpões de triagem e o manual de implantação de compostagem e coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos, de acordo com Pinto (2008) e Brasil (2010), respectivamente. A Figura 1 mostra os procedimentos metodológicos utilizados.

**Figura 1** – Procedimentos metodológicos



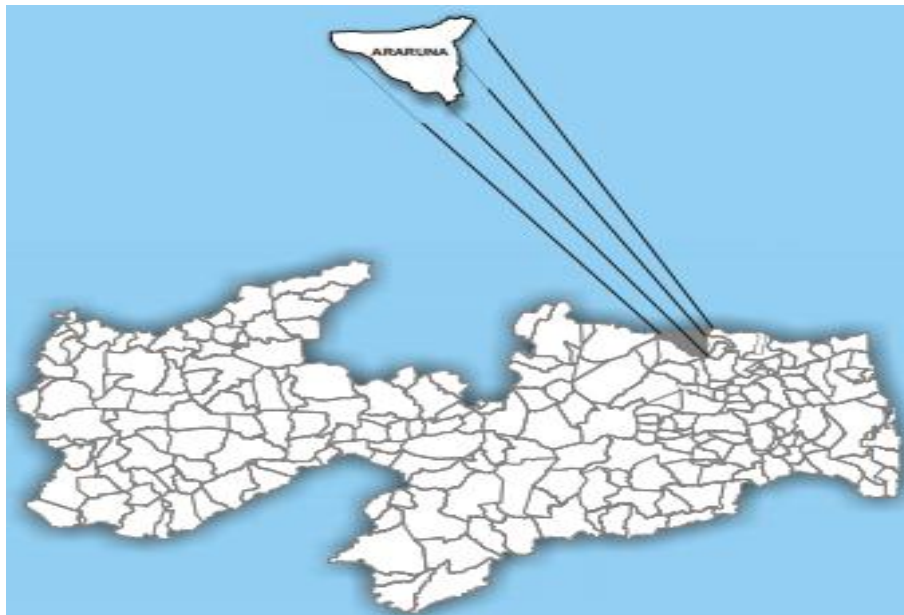
Fonte: Autor (2017).

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O objeto de estudo dessa pesquisa é a usina de triagem localizada no município de Araruna – PB. A planta baixa da atual usina encontra-se no apêndice C deste trabalho. De acordo com Silva (2010), a cidade está localizada no alto da Serra da Araruna, a uma altitude de 590 m acima do nível do mar, fazendo fronteira com os municípios de Tacima, Cacimba de Dentro e Monte das Gameleiras. Este mesmo autor destaca que Araruna está no início do planalto da Borborema, especificamente na encosta da escarpa oriental, pois está situada na região conhecida como frente do planalto, onde sua altitude se confunde com os baixos índices altimétricos da depressão sublitorânea, que estão a cerca de 200 m acima do nível do mar.

De acordo com o censo populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado no ano de 2010, a população de Araruna é de 18.879 habitantes, com uma densidade populacional de 78,10 hab/km<sup>2</sup>, possuindo coordenadas geográficas de 6° 31' Latitude Sul e 35°44' Longitude Oeste (IBGE, 2010). A Figura 2 abaixo mostra a localização geográfica do município de Araruna, em relação às demais cidades do estado da Paraíba.

**Figura 2** - Localização geográfica do município de Araruna/PB



Fonte: CPRM (2018).

Ainda segundo Silva (2010), Araruna está localizada no agreste paraibano, na microrregião do curimataú oriental, apresentando clima semiárido (quente e seco), com a presença de chuvas de verão, e possuindo assim chuvas irregulares e baixa pluviosidade.

Quanto aos solos, são rasos e pedregosos, que pode ser justificado pela forma que ocorreu a decomposição das rochas, com dominante ação mecânica sendo comum o afloramento de rochas graníticas. A vegetação predominante é a caatinga. Segundo Rodriguez (2000), a hidrografia de Araruna não apresenta muita expressão, são pequenos rios, e dentre eles destaca-se o rio Calabouço, na divisa do estado do Rio Grande do Norte, destaca-se ainda os riachos Salgadinho, Lagoa da Serra e das Neves. Ainda de acordo com o autor, o município de Araruna difere do quadro geral no que se trata da região do Curimataú devido a altitude em que se encontra e apresenta umidade relativa do ar e o índice de pluviosidade superiores aos do clima dominante na microrregião. Essas características contribuem para a formação de solos mais profundos, favorecendo ao desenvolvimento de uma formação vegetal classificada como mata serrana com espécies arbóreas e arbustivas da caatinga e algumas espécies da mata úmida.

A economia do município de Araruna gira em torno dos funcionários públicos, do comércio local, atividade industrial, contando ainda com a pecuária e a agricultura de subsistência, além da movimentação financeira gerada pela presença da Universidade Estadual da Paraíba no município (SILVA, 2010).

#### 4.2.1 Situação dos resíduos sólidos

Atualmente no município de Araruna - PB, os serviços de coleta, transporte e disposição final dos RSU são realizados pela Prefeitura Municipal de Araruna. Segundo a prefeitura municipal de Araruna (2018), estes são coletados e transportados por três caminhões basculantes abertos e para aumentar a capacidade dos caminhões, são utilizadas grades de madeira, esta coleta é realizada de segunda a sábado, em três rotas (Quadro 1), duas vezes ao dia.

**Quadro 1 – Rotas de coleta no município de Araruna - PB**

Rotas	Geradores de RSU
1	Centro da cidade (prédios públicos, comércios, bares, restaurantes, hotéis, prédios residenciais, lojas de vestuário, lojas de eletrodomésticos, supermercados).

2	Residências privadas e comerciais, lojas de construção civil, oficinas, condomínios e loteamentos.
3	Residências isoladas (Zona Rural)

**Fonte:** Prefeitura Municipal (2018).

De acordo com informações repassadas pela Prefeitura Municipal de Araruna, a coleta é realizada de segunda a sábado, duas vezes ao dia, sendo a coleta realizada nos turnos manhã e tarde. Após a coleta os resíduos são dispostos em vazadouro a céu aberto que se situa na zona rural do município. A Figura 3 abaixo mostra as condições do vazadouro a céu aberto, no município de Araruna, evidenciando o risco do lixão ao meio ambiente.

**Figura 3** – Condições do vazadouro a céu aberto do município de Araruna - PB



**Fonte:** Autor (2018).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2016 a população urbana atendida pelo serviço de coleta foi de aproximadamente 95% da população, nesse mesmo ano a geração per capita foi de 0,25 kg/hab.dia no município.

Com a finalidade de planejar o manejo dos resíduos sólidos, a Prefeitura Municipal de Araruna realizou uma análise gravimétrica dos resíduos, utilizando resíduos das três rotas de coleta existentes. Contudo, devido a pequena quantidade de resíduos produzida na rota 3, só foram realizadas as gravimetrias das duas primeiras rotas. Os dados da análise gravimétrica das rotas são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Dados da análise gravimétrica dos resíduos do Município de Araruna/PB**

<b>Rota 1</b>		<b>Rota 2</b>	
Material	Porcentagem	Material	Porcentagem
Metal	0%	Metal	1%
Vidro	1%	Vidro	1%
Plástico	3%	Plástico	4%
Papelão	3%	Papelão	8%
Orgânico	8%	Orgânico	10%
Rejeito	85%	Rejeito	76%

**Fonte:** Prefeitura municipal de Araruna (2018).

O vazadouro a céu aberto da cidade, está localizado numa zona rural, em um terreno em declive, cuja topografia conduz a um rio situado no local topográfico de menor altitude, cujas águas conduzem a corpos de água lânticos muito próximos. Desta forma, a estrada que conduz ao local se situa num divisor de águas, e a disposição do vazadouro segue o mesmo sentido de escoamento de água deste divisor, ou seja, quando há eventos de chuva, a água que escorre leva consigo alguns detritos e materiais poluentes até o rio, o que acarreta em sérios problemas de poluição para a hidrografia da região. A Figura 4 abaixo, mostra a localização do vazadouro, do rio e das lagoas municipais próximas ao local.

**Figura 4** – Localização do lixão e de um corpo de água próximo, em Araruna - PB

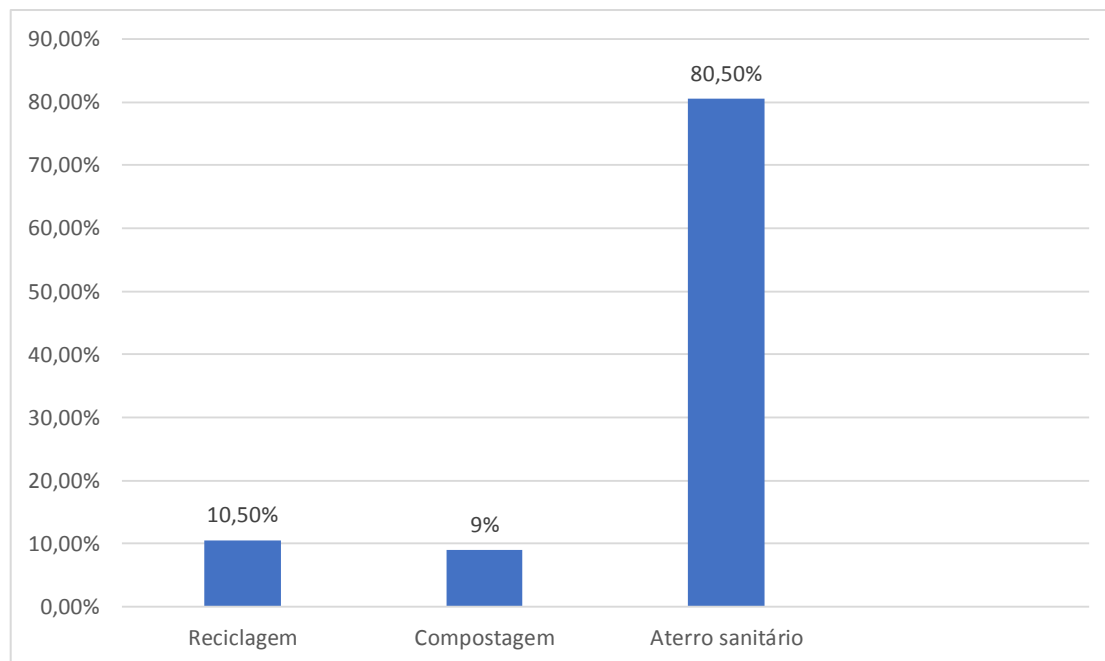


Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

#### 4.2.2 Porcentagens de resíduos sólidos

De acordo com resultados da gravimetria realizada pela equipe da Prefeitura Municipal de Araruna – PB, somando-se os resultados da rota 1 com os resultados da rota 2 e efetuando-se uma média, pode-se verificar, as porcentagens de RSU que podem ser destinadas a compostagem, reciclagem e ao aterro sanitário, conforme mostra a Figura 5 abaixo.

**Figura 5** - Porcentagem de resíduos sólidos destinados a reciclagem, compostagem e aterro sanitário em Araruna - PB



**Fonte:** Prefeitura Municipal de Araruna (2018).

Diante dos resultados da análise gravimétrica dos RSU de Araruna – PB, exposto na Figura 3, apenas 10,5% dos resíduos é reciclável, 9% é compostável e 80,5% devem ir para aterro sanitário, devido a sua heterogeneidade e dificuldade de identificação. Contudo, é importante ressaltar que essa quantidade alta de resíduos que devem ser dispostos em aterro sanitário, é dada devido ao fato do município não possuir coleta seletiva, o que dificultou a identificação dos tipos de resíduos na gravimetria, de maneira que muitos resíduos foram considerados como rejeitos. Mesmo assim, para determinação da quantidade de resíduos passível de ser aproveitado na UTC, foram considerados apenas a fração reciclável e compostável apresentada pela gravimetria realizada.

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO DA ADEQUAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Este trabalho propõe a adequação da usina de triagem já existente, que se localiza no município de Araruna –PB, transformando-a em uma UTC, que contará também com o processo de compostagem. Essa escolha foi realizada por critérios econômicos e logísticos, a fim de diminuir custos da adequação e se manter próximo ao local de moradia dos catadores. Foram efetuadas visitas técnicas ao local, a fim de verificar as condições do local de trabalho,



estrutura existente e condições operacionais. Assim, foram observadas todas as irregularidades, com o objetivo de propor as melhorias e adequações necessárias para garantir o correto funcionamento. O vazadouro da cidade ou lixão, fica muito próximo a usina, conforme mostra Figura 5 a seguir.

**Figura 6** – Localização da usina de triagem existente em Araruna - PB



**Fonte:** Google Maps (2019).

Para uma readequação, os equipamentos necessários serão selecionados segundo cinco unidades de processamento, que são recepção, triagem, armazenamento dos resíduos com prensagem e enfardamento, trituração e determinação do número de funcionários. Para início do dimensionamento foi necessário realizar o cálculo da estimativa populacional que será beneficiada pelo serviço de coleta de resíduos sólidos urbanos e em seguida o cálculo da quantidade de resíduos gerados, para um horizonte de 20 anos (2018-2038).

Para realizar a estimativa foi empregado o método geométrico (Equação 1 e 2). De acordo com dados dos censos do IBGE dos anos de 2000 e 2010.

$$P = P_0 e^{k_g (t_1 - t_0)} \quad (1)$$

$$k_g = \frac{\ln(P_1) - \ln(P_0)}{(t_1 - t_0)} \quad (2)$$

Sendo:

$P$  = população estimada;  
 $P_0$  = população inicial;  
 $P_1$  = população secundária;  
 $Kg$  = taxa de crescimento populacional;  
 $t_1$  = data final da estimativa;  
 $t_0$  = data inicial da estimativa.

A estimativa do volume de resíduos gerado foi realizado considerando a massa específica média dos RSU e da sua massa propriamente, através da Equação 3.

$$V = \frac{M}{\mu} \quad (3)$$

Sendo:

$\mu$  = Massa específica média de RSU;  
 $M$  = Massa de RSU;  
 $V$  = Volume de RSU.

Para encontrar a produção per capita de RSU, divide-se a população estimada pela massa de RSU, como mostra a Equação 4.

$$Ppc = \frac{P}{M} \quad (4)$$

Em que:

$Ppc$  = Produção per capita;  
 $P$  = População estimada;  
 $M$  = Massa de RSU.

De posse dos dados de população ao longo dos anos e suas respectivas produções per capita de RSU, foi estimado a quantidade de resíduos ano a ano que serão produzidos pelo município de Araruna ao longo do horizonte de projeto, segundo a Equação 5.

$$M = Ppc \cdot P \quad (5)$$

Onde:

M = Massa de RSU;

P = População estimada.

Os dados de massa e volume de RSU para dimensionamento da adequação da UTC serão os do ano de 2038, a fim de obter capacidade na UTC suficiente para o ano que produza mais resíduos.

#### 4.3.1. Dimensionamento operacional da usina de triagem e compostagem

O dimensionamento operacional de uma UTC é resumido pela quantidade necessária de mão de obra para realizar todas as atividades de triagem e compostagem, para verificar essa quantidade, foi utilizada a Equação 6.

$$N^{\circ} \text{ de triadores} = \frac{M}{Ct} \quad 6)$$

Em que:

M = Massa de RSU;

Ct = Capacidade diária de produção de um triador.

Para determinar a capacidade diária de produção de um triador, uma das formas mais adequadas é através de pesquisas com catadores que trabalhem em condição semelhante ao seu objeto de estudo. Contudo, devido não haver condições adequadas de trabalho na atual UTC os valores foram baseados no manual de elementos para organização seletiva e projetos de galpão de triagem, e segundo as referências de Pinto (2008) e Brasil (2010), com alguns parâmetros indicados no Quadro 2.

**Quadro 2** – Parâmetros de dimensionamento da quantidade de mão de obra da UTC

<b>Funções</b>	<b>Como dimensionar</b>
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).

### 4.3.2 Dimensionamento do galpão de triagem

Para dimensionar o galpão de triagem foi levado em consideração a quantidade de resíduos produzidos no município de Araruna - PB, ao longo do horizonte de projeto, estimado na seção 4.3. O dimensionamento foi feito usando as orientações do manual de elementos para organização seletiva, que traz três principais fatores para efeito de dimensionamento, sendo eles a densidade populacional, o volume gerado de resíduo e o nível de industrialização.

Foi considerado que a área disponível é suficiente para comportar os materiais e equipamentos necessários ao processo de triagem. Por sua vez, para calcular o silo de recepção dos resíduos foi considerado o volume de resíduo estimado para o ano de 2038, que será recepcionado na UTC, considerando uma capacidade máxima de armazenamento de dois dias, visto que em 24 horas ainda pode restar resíduo na recepção, em vista da eventual falta de funcionários ou para volumes de resíduos coletados maiores do que o planejado. Assim, o volume do silo é calculado conforme mostra a Equação 7.

$$V_s = V_p . 2 \quad 7)$$

Sendo:

$V_s$  = Volume do silo de recepção dos resíduos;

$V_p$  = Volume de RSU por dia no ano de 2038.

Outro equipamento necessário no galpão é a mesa de triagem, que foi dimensionada de acordo com os parâmetros estabelecidos por Pinto (2016), de maneira que cada triador precisa de 0,5 m de largura da mesa e ainda, cada triador deve ocupar 1,5 m do comprimento da mesa, como mostra a Equação 8.

$$C = \frac{n^{\circ} \text{ de triadores}}{2} . 1,5 \quad 8)$$

Sendo:

$C$  = Comprimento em metros.

As bombonas, são dimensionadas de acordo com o seu volume útil, ou seja, para saber o número necessário de bombonas, basta dividir a massa de resíduos reciclados pela capacidade de cada bambona, que em geral são de 200 Kg.

#### 4.3.3 Dimensionamento do pátio de compostagem

As Equações 9, 10 e 11 foram utilizadas para definir a área do pátio de compostagem, determinando a área transversal de uma leira, o comprimento das leiras e área ocupada pelas leiras, respectivamente.

$$AS = \frac{H \cdot B}{2} \quad 9)$$

Sendo:

$AS$  = Área da seção transversal de uma leira;

$H$  = Altura de uma leira;

$B$  = Largura da base de uma leira.

$$Cl = \frac{V}{AS} \quad 10)$$

Sendo:

$Cl$  = Comprimento total das leiras

$V$  = Volume do material para compostagem

$$Ab = Cl \cdot B \quad 11)$$

Onde:

$Ab$  = Área diária necessária da base da leira.

Além da área da base, é necessário estipular a área de folga, necessária para o reviramento da leira, que pode ser igualada à área da base, como mostra a Equação 12 abaixo.

$$Af = Ab \quad 12)$$

Onde:

$Af$  = Área de folga necessária para o reviramento das leiras.

Assim, a área útil será dada como soma da área de folga com a área da base, multiplicada pelo tempo médio de compostagem, que é de 90 a 100 dias em geral, conforme mostra a Equação 13.

$$Au = (Af + Ab).d \quad (12)$$

Em que:

$Au$  = Área útil das leiras;

$d$  = Tempo médio de compostagem, em dias.

É necessário também inserir uma área extra, dada como um percentual da área útil calculada, como mostra a Equação 14 abaixo, com fator de 10% a 15% (PILOTTO, 2014).

$$Ae = Au . f \quad (14)$$

$Ae$  = Área extra;

$f$  = Fator de segurança.

Por fim, a área do pátio será dada como soma da área útil mais a área extra, como visto na Equação 15.

$$AT = Au + Ae \quad (15)$$

Assim, após o dimensionamento ser efetuado, deve ser avaliada a viabilidade de readequação, por meio da realização de orçamentos e estimativas.

#### 4.4 ESTUDO DE VIABILIDADE DA UNIDADE DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Com o objetivo de avaliar os custos da adequação da UTC foi realizado um orçamento das obras necessárias a demolição e adequação da estrutura além dos materiais e equipamentos que serão necessários para o funcionamento da usina, que é mostrado no apêndice A. Utilizou-se os valores apresentados por empresas fornecedoras, além de valores

de composição de custo da tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices de Construção Civil (SINAP, 2018), com 12/10/2018 como data de referência. Outro aspecto importante é que os custos mensais da UTC com mão de obra serão baseados nos salários dos funcionários estabelecidos de acordo com o salário mínimo de 2019.

O orçamento será efetuado com composição de custos com materiais e equipamentos para adequação, não levando em conta o custo mensal de funcionamento. Contudo, vale ressaltar que uma nova usina pode trazer lucro, com a venda de adubo e fertilizante proveniente da compostagem, além dos recicláveis separados na triagem. De um certo modo, haverá retorno do investimento inicial, e desta forma, uma UTC é vista como um investimento a longo prazo.

#### 4.5 BENEFÍCIOS E DESPESAS INDIRETAS

Não se recomenda utilizar o valor de referência rigidamente em orçamentos. Deve-se orçar caso a caso. Entretanto, em geral admite-se um BDI médio de 20 % a 30 %, variando de acordo com a localidade e as respectivas taxas (VALLE, 2000). As obras públicas de cidades de médio e pequeno porte, em geral adotam 24,5% para o valor do BDI, que será o dado utilizado para efetuar o orçamento de readequação da UTC, objeto de estudo deste trabalho.

#### 4.6 POPULAÇÃO FLUTUANTE

Em um dado censo populacional, existem alguns tipos de população, como fixa e flutuante. A população fixa é a que mora efetivamente nas residências. Já a população flutuante é aquela que não tem residência fixa ou residente naquele local onde reside no momento. (GODINHO, 1988).

De acordo com a estimativa realizada pela prefeitura municipal de Araruna – PB, a população flutuante do município é de aproximadamente 2000 habitantes atualmente, em que a maior parte se dá devido aos estudantes da Universidade Estadual da Paraíba, que residem no município durante o semestre letivo.

## 5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

A usina de triagem existente possui duas mesas de triagem, cada uma com 6 metros e meio de comprimento, o que não é adequado, pois é recomendável que cada mesa tenha no mínimo 12 metros de comprimento. As bombonas também não estão em número adequado, não comportando por vezes o volume diário de resíduos, assim como silo, que não comporta um volume mínimo para dois dias. A usina não possui máquina de prensagem, triturador, balança ou empilhadeira e nem as baias de armazenamento, que são imprescindíveis ao bom funcionamento de uma UTC. A estrutura do local está um pouco deteriorada, com teto apresentando problemas, diversas telhas quebradas, paredes descascando, além de não possui a disposição de cômodos exigida, ou seja, não conta com cozinha, escritório e nem o espaço adequado para depósito. Desta forma, para o correto funcionamento, o local precisa de uma reforma de readequação. Além de tudo, os funcionários não utilizam os equipamentos de proteção individual (EPI), o que põe em risco a sua saúde, não garantindo a mínima higiene e salubridade. Algumas imagens da atual usina são mostradas no apêndice B, evidenciando as condições atuais. A planta baixa atual da usina assim como a planta de demolição, são mostradas no apêndice D deste trabalho, fazendo parte do projeto de readequação.

### 5.2 ADEQUAÇÃO ESTRUTURAL DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Sob uma perspectiva de funcionamento futuro, após readequação do sistema, a usina funcionará com todos os aspectos e logística necessárias. O veículo que transportará os resíduos chega no local de recepção. Após a sua chegada é efetuada a descarga dos resíduos no silo de recepção. Quando os resíduos estiverem sido descarregados, deverá ser realizada a retirada dos volumes considerados de médio e grande porte, tal como sucata, móveis antigos, papelão, plásticos, vidros, etc, sendo esta etapa chamada de prétriagem.

Após ser realizada a prétriagem, deve acontecer a triagem, em que os materiais do silo de recepção deverão ser transportados para a mesa de triagem, tornando possível que os triadores iniciem a separação dos resíduos.

Os materiais deverão ser separados por categorias e em seguida depositados nas bombonas que deverão estar localizadas lateralmente a cada triador, em número adequado. Ao completarem a triagem, os deslocadores de bombonas transportarão todo o material triado até



as baias. As baias devem ser específicas para cada categoria de recicláveis. É necessário que seja instalado um extintor de incêndio nesta área contendo água pressurizada.

Todos os funcionários deverão utilizar os equipamentos de proteção individual devidamente (luvas, botas, máscaras e aventais), respeitando sempre o período máximo de troca de cada equipamento.

Após os resíduos já triados terem sido armazenados nas baias, deverão ser transferidos para as prensas, serão prensados e enfardados. Depois de enfardados os materiais são pesados e transferidos para o depósito para que possam ser comercializados.

Todo o material orgânico deverá ser triturado no triturador mecânico adquirido, antes de ser encaminhado ao pátio de compostagem e em seguida deve ser iniciada a compostagem. Os materiais triturados serão dispostos em leiras de compostagem no formato triangular, com dimensões a serem calculadas, determinando também o número de linhas de compostagem. O pátio de compostagem deverá ser pavimentado com concreto e de preferência impermeabilizado, possuir sistema de drenagem pluvial e ter incidência solar em toda a área.

As leiras devem ser numeradas e monitoradas diariamente, o ideal é que a temperatura se mantenha a 55°C, pois é a temperatura ideal para a atividade microbiana. Caso a temperatura esteja acima deste valor, deve-se adicionar palha ou materiais fibrosos e se o material estiver com a umidade baixa deve-se acrescentar água. No meio da leira, durante a fase de degradação ativa a temperatura não deve ser superior a 65°C. Caso esse limite de temperatura seja ultrapassado, deve ser feito o reviramento das leiras para que essa temperatura diminua e se estabilize. As baias deverão se localizar de modo que seja permitido o fácil acesso por veículos que irão transportar os recicláveis para serem comercializados, além de tornar possível o enfardamento e o empilhamento dos recicláveis. Portanto, o material deve ser peneirado logo após o composto estar pronto, para se homogeneizar e logo em seguida ser estocado.

A UTC deverá constar de um escritório para organização de arquivos e pessoal, cozinha e banheiro para os funcionários, além de uma área de serviço para servir de apoio aos trabalhadores. É recomendável que se adote também área de convivência e vestiários. Deverá contar com espaço necessário para depósito do material triado, assim como baias com área adequada, separando materiais como papel, vidro, plástico e metais. Este mesmo espaço deve contar com uma prensa horizontal, uma prensa vertical, triturador, empilhadeira e balança, para auxiliar nas atividades de prensagem, pesagem e estocagem de materiais triados (SANTOS, 2016). O apêndice C traz algumas imagens renderizadas do projeto de

readequação, a fim de mostrar a perspectiva da futura UTC. A planta baixa de readequação da usina existente é mostrada no apêndice D, com o intuito de orientar a reforma.

De acordo com o cálculo da estimativa populacional, para o ano de 2038, o município de Araruna - PB terá uma população de 20.386 habitantes, considerando uma população flutuante de 2.000 habitantes em decorrência da presença do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba no município de Araruna – PB, esse valor vai para 22.386 habitantes. A evolução populacional do município se encontra na Tabela 2. Por sua vez, a estimativa da produção per capita de RSU para o ano de 2038 foi de 0,960 kg/hab.dia, produzindo 21,49 t/dia de RSU e 7.843,85 t/ano, esses dados orientarão a adequação da UTC. A evolução da produção per capita de RSU, bem como a produção diária e anual a cada ano do horizonte de projeto são apresentadas na Tabela 2.

A produção per capita de RSU neste mesmo ano será de 0,960 kg/hab. dia e a produção anual será de 7,843 toneladas ao ano. Deste modo, todo o funcionamento da UTC será baseado na produção de RSU diária no ano de 2038.

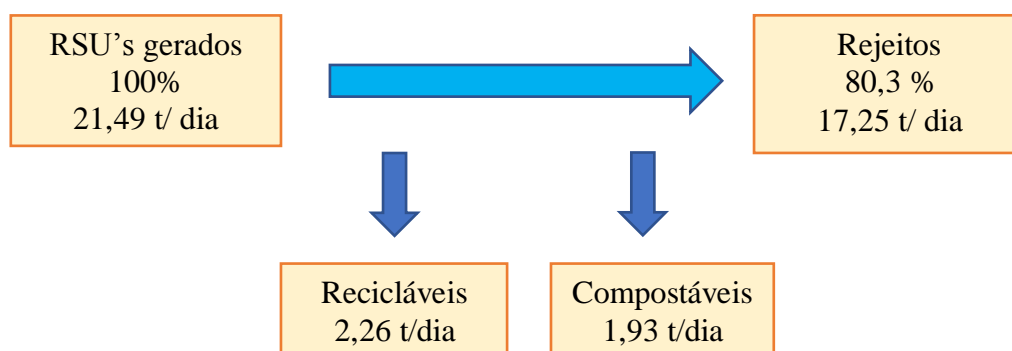
**Tabela 2** – Dados de população para o horizonte de projeto estipulado

Hori. Projeto (Anos)	Pop. Estimada (Hab.)	Pop. Flutuante (Hab.)	Pop. Total (Hab.)	Produção Per capita (Kg/hab/dia)	Prod. Diária (Kg/dia)	Prod. Anual (Kg/ano)
20	20.386	2.000	22.386	0.960	21.490	7.843.054

Fonte: Autor (2018).

Dos RSU's gerados por dia, 2,26 toneladas são recicláveis e 1,93 toneladas são compostáveis, e assim 17,25 toneladas são rejeitos, ou seja, 80,3% não são aproveitados, o que gera uma quantia muito alta de rejeitos, conforme ilustra a figura 4 abaixo.

**Figura 4** – Massa diária do processo



Fonte: Autor (2018).

### 5.2.1 Dimensionamento operacional da usina de triagem e compostagem

A quantidade de funcionários dimensionada para operacionalizar a UTC foi de 41 funcionários, para os cargos de deslocador de bombona, enfardador, administrador, revirador de leira, vigia e monitor de leira. A distribuição destes, assim como seus respectivos salários e custo mensal são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Quantidade de funcionários e respectivos salários e custo mensal

<b>FUNÇÃO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>SALÁRIO R\$</b>	<b>CUSTO MENSAL R\$</b>
Triador	25	998,00	24.950,00
Deslocador de bombona	6	998,00	5.988,00
Enfardador	6	998,00	5.988,00
Administrador	1	998,00	998,00
Revirador de leira	1	998,00	998,00
Vigia	1	998,00	998,00
Monitor de leira	1	998,00	998,00
<b>TOTAL</b>	<b>41</b>		<b>40.918,00</b>

Fonte: Autor (2018).

Diante dos resultados da Tabela 3, é importante verificar que a quantidade de funcionários dimensionada é muito superior a quantidade de catadores existente atualmente na usina, que é de 15 funcionários, sendo necessária maior quantidade de mão de obra. Essa informação mostra que a construção da UTC é capaz de gerar mais 26 postos de trabalho, além da possibilidade de fornecer um trabalho que melhore a sensibilização social e ambiental dos funcionários. Contudo, vale salientar que a usina pode funcionar com uma menor quantidade de funcionários, em vista do pequeno porte da cidade e da associação, ficando claro que o número mostrado na tabela 3 é resultado de adoção de projeto, o que pode ser alterado conforme conveniência e disponibilidade econômica. Assim, cabe também ao poder público local definir a quantidade de funcionários, sendo o número adotado no dimensionamento uma sugestão de funcionamento.

### 5.2.2 Dimensionamento do galpão de triagem

Todo o dimensionamento do galpão é dado em função dos equipamentos a serem instalados, que por sua vez dependem da quantidade máxima de resíduos que se espera recepcionar.

Sendo assim, a quantidade máxima que os equipamentos suportam é de 21,49 t/dia, processados em turnos diários de 8 horas. A lista com os equipamentos e materiais a serem utilizados na UTC é apresentada no Quadro 3.

**Quadro 3** – Equipamentos e materiais que serão utilizados na UTC

<b>Unidade de processamento</b>	<b>Equipamento/material</b>	<b>Descrição</b>
Recepção	01 silo de recepção de concreto de 86 m <sup>3</sup>	Destinado a descarga dos resíduos
	02 mesas de triagem de concreto de 18 metros de comprimento cada uma	Destinada a segregação dos resíduos
Triagem	36 bombonas plásticas de 200 L	Destinadas a armazenarem temporariamente os resíduos triados
	03 carrinhos manuais com 170 kg de capacidade	Destinados a encaminharem os resíduos triados as baias
Armazenamento dos resíduos: prensagem e enfardamento	01 prensa hidráulica vertical para enfardamento de papéis, papelão e plásticos para fardos de até 80 kg	Destinada a comprimir papéis, papelão e plásticos
	01 prensa hidráulica horizontal para enfardamento de metais para fardos de até 80 kg	Destinada a comprimir metais
	01 balança mecânica com 1.000 kg de capacidade	Destinada a pesar os fardos de resíduos prensados
	01 empilhadeira simples com 1.000 kg de capacidade e deslocamento manual	Destinada a empilhar os fardos de resíduos nas baias
	01 carrinho plataforma com 400 kg de capacidade	Destinado a encaminhar os fardos de resíduos prensados até o caminhão receptor

Trituração	01 moinho triturador 1,5 CV 220 V	Destinado a tritar o material que será encaminhado a compostagem
Funcionários	44 conjuntos de equipamento de proteção individual	Destinado a proteger os funcionários da UTC

**Fonte:** Autor (2018).

Nesse sentido, no galpão de triagem devem ser instaladas duas mesas de 18 m de comprimento cada, com largura mínima de 0,70 m e altura de 1,0 m, e um silo com capacidade de 86 m<sup>3</sup>, referente a até dois dias de armazenamento de resíduos. Ao lado das mesas, devem estar dispostas lateralmente 36 bombonas plásticas de 200 L, para coletar adequadamente o material triado, que serão continuamente transportados por três carrinhos manuais com 170 kg de capacidade. Para o armazenamento, uma prensa hidráulica vertical para enfardamento de papéis, papelão e plásticos para fardos de até 80 kg, uma prensa hidráulica horizontal para enfardamento de metais para fardos de até 80 kg, uma balança mecânica com 1.000 kg de capacidade para determinar o peso estocado, uma empilhadeira simples com 1.000 kg de capacidade e deslocamento manual, para a estocagem, um carrinho plataforma com 400 kg de capacidade, facilitando o transporte, além de um moinho triturador 1,5 CV, 220 V, para tritar a matéria orgânica que ficar no final da mesa, ao final do processo de triagem. Vale salientar que o galpão de triagem será instalado em uma usina que já está em funcionamento, na cidade de Araruna – PB, possuindo área total aproximada de 1744 m<sup>2</sup>.

Para organizar o espaço destinado a triagem de resíduos, deve ser observado ainda que:

- Deverá haver um espaço ao lado da mesa de triagem para ser ocupado pelas bombonas, de largura 2,4 m em toda a extensão da mesa.
- Deverá haver também 1 metro de distância após a bombona, para que os deslocadores de bombonas possam circular.
- A área reservada para o depósito dos materiais possui capacidade de estocar uma semana de material prensado e enfardado com a finalidade de expedições de cargas fechadas.
- A organização dos triadores na mesa de triagem definem a quantidade de bambonas, definindo cinco bambonas para dois triadores.

### 5.2.3 Dimensionamento do pátio de compostagem

Para o adequado funcionamento do pátio de compostagem são necessários equipamentos e materiais para manejo e monitoramento do composto, que são apresentados no Quadro 4.

**Quadro 4** – Equipamentos e materiais para a compostagem

<b>Equipamentos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>
Termômetro de solo	1	Destinado a controlar a temperatura das leiras
Peneira manual (malha 8 mm)	6	Separar material com granulometria inapropriada
Carro de mão	1	Destinado ao transporte do galpão de triagem para o pátio de compostagem
Garfo com 10 dentes	1	Manuseio das leiras
Pá	1	
Enxada	1	
Mangueira 50 m (3/4")	1	Destinado a umidificar as leiras
Regador plástico (10 L)	1	Para coletar o material compostado
Bombona (200 L)	1	
Vassoura	1	Limpeza do pátio
Vassoura metálica	1	Manter as leiras separadas
Balde (10 L)	1	Coletar material para enfardar

**Fonte:** Autor (2018).

O dimensionamento do pátio de compostagem é realizado conforme a geometria da leira de compostagem, tendo sido selecionada 1,6 m de altura e 2,5 m de largura da base, segundo recomendado por Pinto (2008).

Para executar as atividades de compostagem foi necessário dimensionar uma área mínima de 517,5 m<sup>2</sup>, toda pavimentada, sem cobertura e drenada, para escoar as águas pluviais e o lixiviado. Nesse pátio serão inseridas 6 leiras de 1,60 m de altura, 2,50 m de largura e 17,0 m de comprimento, totalizando 255 m<sup>2</sup> de área com as leiras (Tabela 4).

**Tabela 4 - Área do pátio de compostagem**

<b>Dimensões</b>	<b>Valor</b>
Comprimento da leira	17,00 m
Altura da leira	1,60 m <sup>2</sup>
Base da leira	2,50 m <sup>2</sup>
Área da base da leira	42,50 m <sup>2</sup>
Área total das leiras	255,0 m <sup>2</sup>
Área mínima para reviramento	262,5 m <sup>2</sup>
Área adotada para reviramento	355,0 m <sup>2</sup>
Área mínima do pátio de compostagem	517,5 m <sup>2</sup>
<b>Área adotada do pátio de compostagem</b>	<b>610,00 m<sup>2</sup></b>

Fonte: Autor (2018).

### 5.3 VIABILIDADE DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

O orçamento foi efetuado considerando que a ampliação da UTC acontecerá em um local já existente e em funcionamento, ou seja, não haverá custos com o aluguel, somente com obras civis, aquisição de máquinas e equipamentos necessários para um melhor funcionamento e disposição da UTC. O orçamento efetuado, presente no apêndice A, apresentou um custo de readequação de R\$ 198.131,48, estando discriminado em serviços preliminares, serviços de infraestrutura, alvenaria e fechamentos, pintura, piso, esquadrias, instalações elétricas e hidráulicas, coberta e equipamentos. O tempo de readequação depende muito da empresa construtora, mas é de aproximadamente seis meses, levando em conta todos os contratemplos.

Os custos mensais operacionais são de R\$ 40.918,00 com salário de funcionários, R\$ 2.000,00 com energia, água e demais gastos, além de R\$ 500,00 com manutenção, totalizando R\$ 43.418,00 de custo mensal, conforme mostra a Tabela 5 abaixo.

**Tabela 5** – Custos operacionais da UTC

<b>Custos Operacionais</b>	<b>Sub -Total (R\$)</b>
Salário dos funcionários	40.918,00
Energia, água, entre outros	2.000,00
Manutenção	500,00
<b>Total</b>	<b>43.418,00</b>

Fonte: Autor (2018).

D’Almeida e Vilhena (2000) ressaltam que uma usina de triagem e compostagem, quando bem operada, permite diminuição de 50% a 70%, em média, do volume de resíduos sólidos que seria destinado aos aterros. Como pode-se perceber, as usinas não conseguem atingir esses patamares de aproveitamento. No entanto, é importante ressaltar, que o material final do processo de compostagem não se trata propriamente de composto orgânico, pois suas características lhe conferem a classificação como material secundário para agricultura.

Os índices de composição gravimétrica dos resíduos da coleta convencional demonstram que o valor aproveitado pelas usinas é realmente baixo, quando analisado o valor que poderia ser atingido. De acordo com SLU (2016 b), cerca de 20% dos resíduos da coleta convencional poderiam ser reciclados e cerca de 40% são matéria orgânica.

De acordo com o atual mercado, o preço médio de materiais reciclados é de aproximadamente 1,10 R\$/Kg (Site: engenhafrank, 2019). Já o composto orgânico gerado, tem o seu preço variando de R\$ 100 a R\$ 150 por tonelada, ou seja, variando entre 0,10 e 0,15 R\$/Kg (Site: <http://cempre.org.br>, 2019).

A gravimetria inicial fornecida pela prefeitura, aponta um percentual muito baixo de reciclagem de materiais, o que pode estar incorreto em vista de medidas imprecisas, e que será melhorado com a implantação de uma nova usina, considerando que a nova usina tenha uma eficiência média de 50%, com 10% de aproveitamento para reciclagem e 40% para compostagem. A Tabela 6 abaixo mostra os volumes reciclados e compostados do volume de resíduos gerado mensalmente para o município de Araruna. Já a tabela 7 traz uma estimativa de lucro com a venda do material compostado e reciclado, mostrando o preço médio por quilograma, e também o lucro mensal.



**Tabela 6** – Volume mensal de RSU, no município de Araruna

<b>Produção diária de RSU (Kg/dia)</b>	<b>Produção mensal de RSU (Kg/mês)</b>	<b>Volume reciclado (Kg/mês)</b>	<b>Volume compostado (Kg/mês)</b>
21.490,000	644.700,000	64.470,00	257.880,00

Fonte: Autor (2018).

**Tabela 7** – Lucro gerado com reciclagem e compostagem

<b>Tipo de material</b>	<b>Volume (Kg/mês)</b>	<b>Preço médio (R\$/Kg)</b>	<b>Lucro mensal (R\$)</b>
Reciclado	64.470,000	1,10	70.917,00
Compostado	257.880,000	0,12	30.945,60
<b>TOTAL</b>			<b>101.862,60</b>

Fonte: Autor (2018).

A estimativa mostrada na tabela 7 foi efetuada considerando os valores médios de preço. O valor de R\$ 101.862,60 de lucro mensal é dado considerando que todo o resíduo compostado e reciclado seja vendido. Assim, se pelo menos 70 % do material produzido na usina for vendido por mês, em seis meses haverá retorno do investimento inicial, e assim o projeto se torna viável economicamente.

## 6 CONCLUSÕES

A caracterização da atual usina de triagem e ao vazadouro, evidenciou as precárias condições do tratamento e reciclagem dos resíduos sólidos urbanos no município de Araruna – PB. A gravimetria efetuada aponta uma alta porcentagem de rejeito, sendo de aproximadamente 80% dos resíduos, que vão para o vazadouro, poluindo o meio ambiente local, prejudicando a vegetação, o solo e a água.

De tal modo, foi projetada a adequação da UTC, aproveitando o espaço e estrutura existentes, planejando uma readequação do local para aumentar a eficiência de reaproveitamento de resíduos. Orçar a readequação apontou um custo aproximado de R\$ 198.131,48 com materiais, construção e equipamentos, necessários ao correto funcionamento

de uma UTC, além do custo de funcionamento mensal, que fica em torno de R\$ 43.418,00 por mês, relativo ao pagamento de funcionários, manutenção, energia e água.

À curto prazo, o valor de investimento inicial é alto para uma cidade de pequeno porte, porém, foi verificado que a comercialização de produtos reciclados e compostos orgânicos provenientes da usina podem gerar um lucro mensal de R\$ 60.000,00 à R\$ 80.000,00 por mês, considerando que uma margem de venda de 60% a 80% do material gerado. De tal modo, em aproximadamente cinco meses, o valor inicial gasto com a implantação será compensado, e a partir de então, a usina irá gerar uma receita líquida variando em torno de R\$ 20.000,00 à R\$ 40.000,00 por mês, sendo atrativo economicamente, considerando um correto funcionamento e compradores certos para o material reciclado e compostado.

De tal forma, diante do que foi exposto anteriormente, a implantação da usina de triagem e compostagem é economicamente viável, visto que gera uma receita mensal, além de gerar empregos, reduzindo a poluição no município, tanto na zona urbana quanto na zona rural, preservando assim os recursos naturais e ambientais, contribuindo também para a conscientização da população local, quanto a coleta seletiva e reciclagem. Sem levar em conta o ganho econômico, a redução dos resíduos na natureza traz vantagens ambientais de grande proporção, em vista da preservação ecológica obtida, com conservação de solos e rios.

Vale ressaltar que o investimento proposto só alcançará sucesso, se for feito um adequado planejamento, administrativo e local, da quantia gerada e vendida, a fim de que não ocorram prejuízos no final de cada mês, necessitando assim de uma gestão centrada.

De tal forma, com um adequado funcionamento, ocorrerá melhoria na gestão de resíduos sólidos no município de Araruna, melhorando também a higiene, a saúde e a qualidade de vida da população local.

## REFERÊNCIAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

AQUINO, A. M. **Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos**. Circular Técnica: EMBRAPA, Seropédica, n. 12, 2005.

ALBUQUERQUE, L. R., SILVA S.F. **Programa Recicla Tibagi**. Prefeitura Municipal de Tibagi, outubro de 2011.

ARAÚJO, T.B. **Avaliação de impactos ambientais em um lixão inativo no município de Itaporanga – PB**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

BRASIL, **Lei nº 12.305, 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Casa Civil da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2 de agosto de 2010.

CARVALHO, P. C. T.; TSUTIYA, M. T.; CAMPARINI, J. B.; SOBRINHO, A. P.; HESPANOL, I. **Compostagem**. p. 181-208, 2002.

CEMPRE. **Preço do composto orgânico**. 2018. Disponível em: <<http://cempre.org.br>>. Acesso em: 05 fev. 2019.

COELHO, Pedro. **Usinas de triagem e compostagem - produção de adubo orgânico**. 2016. Disponível em: <<https://www.engquimicasantosp.com.br/2016/02/usinas-de-triagem-e-compostagem.html>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

CPRM. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Araruna. Recife, 2005.

DANIELLE, L. S. **Análise da viabilidade de implantação de um usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos no município de Santa Luzia/PB**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

DELGADO, A. P. B. **Análise da Viabilidade de Implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem na Ilha de São Vicente – Cabo Verde.** Porto Alegre, RS: UFRGS, 2009. Originalmente apresentado como trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

D’Almeida, M.L.O.; Vilhena, A. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado.** 2º ed. IPT/CEMPRE, 370p. São Paulo, 2000.

ENGENHARIA DE CUSTOS. **Revista do IBEC-Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos.** Ano 1, Nº6, Nov/Dez 1998, página 14.

FUZARO, J. A.; CETESB. **Compêndio sobre tratamento e disposição de resíduos sólidos. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.** São Paulo, 2001.

FERNANDES, F. et al. **Manual prático para a compostagem de biossólidos.** In: Manual prático para a compostagem de biossólidos. PROSAB, 1999.

FRANK SUSTENTABILIDADE. **Tabela de preços de materiais reciclados.** 2018. Disponível em: <<https://engenhafrank.blogspot.com/search?q=1%2C10+R%24%2FKg+>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (MG). **Orientações básicas para operação de usina de triagem e compostagem de lixo.** Belo Horizonte, 2006.

FUNASA. **Apresentação de projetos de resíduos sólidos urbanos.** Catálogo, orientações técnicas. Brasília, 2006.

GOUVEIA, Nelson. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social.** Departamento de Medicina Preventiva, Faculdade de Medicina. São Paulo - SP, 2012.

GOOGLE MAPS. Visto em:< [www.google.com.br/maps](http://www.google.com.br/maps) >. Acesso em: < 05. Jan. 2019 >.

GODINHO, R. E. **Nova metodologia de projeção da população flutuante.** Anais do VI Encontro Nacional de Estudos Populacionais. ABEP. Olinda, 1988.

HEMPE, C.; NOGUERA, C. **A educação ambiental e os resíduos sólidos urbanos.** Artigo científico. Universidade Federal de Santa Maria, Florianópolis, Rio Grande do Sul, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2010

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba, 1998.

LELIS, M. P. N. **Compostagem de Resíduos Orgânicos**. In: Curso de Capacitação e Treinamento para Implantação e Gerenciamento de Coleta Seletiva e Centrais de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos. Bituruna, 2007.

LIMA, J. S., MENK, J. R. F., LICHTIG, J., OLIVEIRA, E. **Influência do Composto Orgânico no Teor de Metais Pesados de Solos Agrícolas**. Bio Engenharia Sanitária e Ambiental, ano IV, n. 3, p. 56- 60. 1995.

LOURENÇO, L. F. **Análise na produtividade na usina de tratamento de resíduos sólidos de São Leopoldo**. 2006. TCC (Graduação em Administração) – UFRGS, Porto Alegre.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2004.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**: Instrumento de Responsabilidade Socioambiental na Administração Pública. Brasília: Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Compostagem**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/> >. Acesso em: 14 de março de 2018.

NARDIN, M.; PROCHNIK, M.; CARVALHO, M. E. **Usinas de reciclagem de lixo: aspectos sociais e viabilidade econômica**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil). BNDES, um banco de idéias, v. 50, 2002.

PEREIRA, S. S.; MELO, J. A. B. **Valoração socioeconômica dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande/PB**. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica, v. 1, n. 4, 2008.

PEREIRA NETO, J. T. **Lixo Urbano no Brasil: Descaso, Poluição Irreversível e Mortalidade Infantil**. Ação Ambiental - Universidade Federal de Viçosa, agosto/setembro, p. 8-11. 1998.

PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO – PROSAB. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários.** Aramando Borges de Castilhos Junior (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2006.494 p.

PEIXOTO, J. O. **Destinação final de resíduos, nem sempre uma opção econômica.** Engenharia Sanitária, (1): 15-18, 1981.

PINTO, T. P. **Elaboração de guia para compostagem: Auxílio aos municípios no tratamento de seus resíduos sólidos orgânicos.** Jaraguá do Sul, Santa Catarina, 2016.

PINTO, T. P.; GONZALEZ, J. L. R. **Elementos Para Organização da Coleta Seletiva e Projeto dos Galpões de Triagem.** 2008.

PILOTTO, M. V. P. **Compostagem dos resíduos de filetagem da atividade pesqueira da colônia de pescadores Z3, Pelotas – RS.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARUNA – PB. **Secretaria de infraestrutura e transporte.** Gestão 2018.

REIS, M. F. P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos.** 2005.

REVISTA BRASILEIRA DE BIONERGIA. **Na rota dos resíduos.** USP/IEE, p.8-9, nov. 2010.

RODRIGUEZ, J. L. **Atlas escolar da Paraíba: espaço geo-histórico cultural.** Conhecendo Araruna. Grafset. 21 p. João Pessoa, 2000.

RUSSO, M.A.T. **Gestão Integrada de Resíduos,** Lisboa, 1995.

SLU - Serviço de Limpeza Urbana. (2016a). **Relatório do Diagnóstico de Resíduos Sólidos Distrito Federal de 2015.** Disponível em< Fonte: [www.slu.df.gov.br](http://www.slu.df.gov.br) >. Acesso em: 05 Fev 2018.

SANTOS, D. L. **Análise de Viabilidade de implantação de uma usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos no Município de Santa Luzia.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO – SINIS.

**Diagnóstico de Resíduos Sólidos.** Disponível em: < <https://www.sinis.gov.br/>>. Acesso em :06 de março de 2018.

SCHLICHTING, L. M., TISSOT, F. A. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos, Estudo de Caso: Município de Bituruna-PR.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR Curitiba (PR), 2008.

SCHMITZ, M. **Gerenciamento de resíduos sólidos domésticos: Estudo de caso na central de triagem, tratamento e destino final dos resíduos sólidos domésticos do município de Estrela/ RS.** Lajeado, Rio Grande do Sul, 2012.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES NA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINAP. **TABELA SINAPI – PARAÍBA, SETEMBRO/2018.** CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2018.

SILVA, W. R. **Desenvolvimento urbano e regional da/na cidade de Araruna-PB.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira. 2010.

TEIXEIRA, A. S. **Isolamento e caracterização de bactérias degradadoras de gasolina comercial.** 95 f. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2 ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174 p., 1995. (Boletim Técnico, 5).

VELASQUES, F. et al. **Usinas de triagem, compostagem e tratamento de chorume: uma opção econômica e sustentável.** Revista Augustus, Rio de Janeiro, 2015.

VIANA, N. **Catadores de lixo: renda familiar, consumo e trabalho precoce.** Revista Estudos da Universidade Católica de Goiás, v. 27, n. 3, p. 407-691, 2000.

VIMIEIRO, G. V.; PEREIRA, L. Z.; LANGE, L. C. **Trabalho e qualidade de vida em usinas de triagem e compostagem de resíduos urbanos.** Revista de Administração FACES Journal, v. 8, n. 2, 2009.

VALLE, J. A. S. **Metodologia para Cálculos do BDI - Benefícios e Despesas Indiretas.** Recife, 2000.

ZANTA, V. M., FERREIRA, C. F. A. **Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro: ABES, Projeto PROSAB, 2003.



**APÊNDICE A – ORÇAMENTO DE READEQUAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E  
COMPOSTAGEM**

**Quadro A1 – Orçamento detalhado para a readequação da UTC**

<b>OBRA: REFORMA DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM</b>			BDI =	24,50%			
LOCALIDADE: ARARUNA / PB							
Data base: Novembro/2018							
<b>PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM)</b>							
ITEM	CÓDIGO SINAPI / ORCE / MERC.	ESPECIFICAÇÕES	UND.	QUANT	PREÇO S/BDI (R\$)	PREÇO COM BDI (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
<b>1.0</b>		<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>					
1.1	97625	DEMOLIÇÃO DE ALVENARIA PARA QUALQUER TIPO DE BLOCO, DE FORMA MECANIZADA, SEM REAPROVEITAMENTO. AF_12/2017	m³	12,00	35,69	44,43	533,21
1.2	73948/016	LIMPEZA MANUAL DO TERRENO (C/ RASPAGEM SUPERFICIAL)	m²	610,00	2,93	3,65	2.225,19
1.3	74209/001	PLACA DE OBRA EM CHAPA DE ACO GALVANIZADO	m²	12,00	309,47	385,29	4.623,48
1.4	85424	ISOLAMENTO DE OBRA COM TELA PLASTICA COM MALHA DE 5 MM E ESTRUTURA DE MADEIRA PONTALETEADA	m²	300,00	16,36	20,37	6.110,46
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>13.492,30</b>
<b>3.0</b>		<b>INFRAESTRUTURA</b>					
3.1	96558	CONCRETAGEM DE SAPATAS, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_11/2016	m³	1,10	412,58	513,66	565,03
3.2	96529	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE	m²	2,16	197,61	246,02	531,41

		FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 2 UTILIZAÇÕES. AF_06/2017					
3.3	96399	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE COM PEDRA RACHÃO - EXCLUSIVE ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE. AF_09/2017	m³	1,10	72,69	90,50	99,55
3.4	92718	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BALDES EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	m³	2,16	436,00	542,82	1.172,49
3.5	92442	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MENOR OU IGUAL A 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 18 UTILIZAÇÕES . AF_12/2015	m²	1,00	24,43	30,42	30,42
3.6	92779	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO EM UMA EDIFICAÇÃO TÉRREA OU SOBRADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM -	Kg	240,88	6,26	7,79	1.877,35
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>4.276,25</b>
<b>4.0</b>		<b>ALVENARIA/FECHAMENTOS</b>					

4.1	87503	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	m²	100,00	43,18	53,76	5.375,91
4.2	87873	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA TRAÇO 1:4 E EMULSÃO POLIMÉRICA (ADESIVO) COM PREPARO MANUAL. AF_06/2014	m²	100,00	4,00	4,98	498,00
4.3	87794	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICA DA MANUALMENTE EM PANOS CEGOS DE FACHADA (SEM PRESENÇA DE VÃOS), ESPESSURA DE 25 MM. AF_06/2014	m²	110,00	23,18	28,86	3.174,50
4.4	02178/ ORSE	TELA DE AÇO GALVANIZADO, FIO 12 BWG, MALHA 2 1/2", IOSANGULAR, COM REVESTIMENTO EM PVC	m²	96,00	29,85	37,16	3.567,67
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>12.616,10</b>
<b>5.0</b>		<b>PINTURA</b>					
5.1	88489	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LATÉX	m²	120,00	9,84	12,25	1.470,10

		ACRÍLICA EM PAREDES, DUAS DEMÃOS					
5.2	73739/001	PINTURA ESMALTE ACETINADO EM MADEIRA, DUAS DEMÃOS	m <sup>2</sup>	12,00	11,81	14,70	176,44
5.3	73794/001	PINTURA COM TINTA PROTETORA ACABAMENTO GRAFITE ESMALTE SOBRE SUPERFICIE METÁLICA, DUAS DEMÃOS	m <sup>2</sup>	10,00	24,58	30,60	306,02
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>1.952,56</b>
<b>6.0</b>		<b>PISO</b>					
6.1	95241	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE 5 CM. AF_07_2016	m <sup>2</sup>	650,00	17,40	21,66	14.081,0
6.2	0000/1523	CONCRETO USINADO CONVENCIONAL (NÃO BOMBEÁVEL) CLASSE DE RESISTENCIA C15, COM BRITA 1 E 2, SLUMP = 80 MM +/- 10 MM (NBR 8953)	m <sup>3</sup>	45,00	277,10	344,99	15.524,5
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>29.605,50</b>
<b>7.0</b>		<b>ESQUADRIAS</b>					
7.1	90844	KIT DE PORTA DE MADEIRA PARA PINTURA, SEMI-OCA (LEVE OU MÉDIA), PADRÃO MÉDIO, 90X210CM, ESPESSURA DE 3,5CM, ITENS INCLUSOS: DOBRADIÇAS, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DO BATENTE, FECHADURA COM EXECUÇÃO DO FURO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_08/2015	und	7,00	688,46	857,13	5.999,93
7.2	09168/ORSE	PORTÃO EM BARRAS DE FERRO VERT. QUADR. 1/2" c/ 10 CM, 6 BARRAS HORIZONTAIS. 5/8"	m <sup>2</sup>	12,00	471,32	586,79	7.041,52

		x 3/16" (2 a 2) E QUADRO 3/4" x 3/16", INCLUSIVE DOBRADIÇAS, FERROLHOS E CHUMBADORES					
7.3	94572	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER, 3 FOLHAS, FIXAÇÃO COM PARAFUSO SOBRE CONTRAMARCO (EXCLUSIVE CONTRAMARCO), COM VIDROS, PADRONIZADA. AF_07/2016	und	3,00	482,65	600,90	1.802,70
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>14.844,20</b>
<b>8.0</b>		<b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>					
8.1	41598	ENTRADA DE ENERGIA ELETRICA AEREA TRIFASICA 40A	und	1,00	1.293,39	1.610,27	1.610,27
8.2	93128	PONTO DE ILUMINAÇÃO RESIDENCIAL INCLUINDO INTERRUPTOR SIMPLES, CAIXA ELÉTRICA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO (EXCLUINDO LUMINÁRIA E LÂMPADA). AF_01/2016	und	20,00	82,39	102,58	2.051,51
8.3	93141	PONTO DE TOMADA RESIDENCIAL INCLUINDO TOMADA 10A/250V, CAIXA ELÉTRICA, ELETRODUTO, CABO, RASGO, QUEBRA E CHUMBAMENTO. AF_01/2016	und	15,00	101,41	126,26	1.893,83
8.4	97617	LÂMPADA TUBULAR FLUORESCENTE T10 DE 20/40 W, BASE G13 - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_11/2017_P	und	20,00	33,90	42,21	844,11
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>6.399,72</b>

<b>9.0</b>		<b>INSTALAÇÕES HIDRO - SANITÁRIAS</b>					
9.1	89957	PONTO DE CONSUMO TERMINAL DE ÁGUA FRIA (SUBRAMAL) COM TUBULAÇÃO DE PVC, DN 25 MM, INSTALADO EM RAMAL DE ÁGUA, INCLUSOS RASGO E CHUMBAMENTO EM ALVENARIA. AF_12/2014	und	12,00	79,87	99,44	1.193,26
9.2	-	PONTO DE CONSUMO DE ESGOTO (SUBRAMAL) COM TUBULAÇÃO DE PVC, DN 40 MM, LIGADO AO SUBRAMAL DE ESGOTO	und	10,00	100,00	124,50	1.245,00
9.3	98105	CAIXA DE GORDURA DUPLA (CAPACIDADE: 126 L), RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIMENSÕES INTERNAS = 0,4X0,7 M, ALTURA INTERNA = 0,8 M. AF_05/2018	und	1,00	391,48	487,39	487,39
9.4	98068	TANQUE SÉPTICO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIMENSÕES INTERNAS: 1,6 X 4,4 X 1,8 M, VOLUME ÚTIL: 6272 L (PARA 32 CONTRIBUINTES). AF_05/2018	und	1,00	5.546,59	6.905,50	6.905,50
9.5	98072	FILTRO ANAERÓBIO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, DIMENSÕES INTERNAS: 0,8 X 1,2	und	1,00	2.456,63	3.058,50	3.058,50

		X 1,67 M, VOLUME ÚTIL: 1152 L (PARA 5 CONTRIBUINTES). AF_05/2018					
9.6	98101	SUMIDOURO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM BLOCOS DE CONCRETO, DIMENSÕES INTERNAS: 1,6 X 5,8 X 3,0 M, ÁREA DE INFILTRAÇÃO: 50 M <sup>2</sup> (PARA 20 CONTRIBUINTES). AF_05/2018	und	1,00	5.402,90	6.726,61	6.726,61
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>19.616,30</b>
<b>10</b>		<b>COBERTA</b>					
10.1	92539	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS, CAIBROS E TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA DE ENCAIXE CERÂMICA OU DE CONCRETO, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_12/2015	m <sup>2</sup>	100,00	51,16	63,69	6.369,42
10.2	02640/ ORSE	TELHA CERÂMICA TIPO CANAL, 1 <sup>a</sup> QUALD COMP=50 CM, 26 UN/M <sup>2</sup> (RIO GRANDE DO NORTE OU SIMILAR)	und	2800,00	0,69	0,86	2.405,34
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>8.774,76</b>
<b>11</b>		<b>EQUIPAMENTOS</b>					
11.1	MERCA DO	BOMBONA PLÁSTICA DE 200 L	und	37,00	150,00	186,75	6.909,75
11.2	MERCA DO	CARRINHO MANUAL COM 170 KG DE CAPACIDADE	und	3,00	220,00	273,90	821,70
11.3	MERCA DO	PRENSA HIDRÁULICA VERTICAL PARA ENFARDAMENTO DE PAPÉIS, PAPELÃO E PLÁSTICOS PARA FARDOS DE ATÉ 80 KG	und	1,00	20.000,00	24.900,00	24.900,00

11.4	MERCA DO	PRENSA HIDRÁULICA HORIZONTAL PARA ENFARDAMENTO DE METAIS PARA FARDOS DE ATÉ 80 KG	und	1,00	25.000,00	31.125,00	31.125,00
11.5	MERCA DO	BALANÇA MECÂNICA COM 1.000 KG DE CAPACIDADE	und	1,00	4.500,00	5.602,50	5.602,50
11.6	MERCA DO	EMPILHADEIRA SIMPLES COM 1.000 KG DE CAPACIDADE E DESLOCAMENTO MANUAL	und	1,00	1.500,00	1.867,50	1.867,50
11.7	MERCA DO	CARRINHO PLATAFORMA COM 400 KG DE CAPACIDADE	und	1,00	900,00	1.120,50	1.120,50
11.8	MERCA DO	MOINHO TRITURADOR 1,5 CV, 220 V	und	1,00	700,00	871,50	871,50
11.9	MERCA DO	KIT DE EPIS	und	44,00	135,00	168,08	7.395,30
11.10	MERCA DO	TERMÔMETRO DE SOLO	und	1,00	130,00	161,85	161,85
11.11	MERCA DO	PENEIRA MANUAL (MALHA 8 MM)	und	1,00	25,00	31,13	31,13
11.12	MERCA DO	CARRO DE MÃO, METÁLICO	und	1,00	250,00	311,25	311,25
11.13	MERCA DO	GARFO COM 10 DENTES	und	1,00	95,00	118,28	118,28
11.14	MERCA DO	PÁ DE BICO, CABO DE MADEIRA	und	1,00	30,00	37,35	37,35
11.15	MERCA DO	ENXADA COM CABO PARABONI SUL	und	1,00	29,00	36,11	36,11
11.16	MERCA DO	MANGUEIRA 50 M (3/4")	und	1,00	285,00	354,83	354,83
11.17	MERCA DO	REGADOR PLÁSTICO (10 L)	und	1,00	31,00	38,60	38,60
11.18	MERCA DO	VASSOURA, CABO DE MADEIRA	und	1,00	15,00	18,68	18,68
11.19	MERCA DO	VASSOURA	und	1,00	25,00	31,13	31,13



		METÁLICA					
11.20	MERCA DO	BALDE (10 L)	und	1,00	20,00	24,90	24,90
11.21	72553	EXTINTOR DE PQS 4KG - FORNECIMENTO E INSTALACAO	und	4,00	177,46	220,94	883,75
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>82.661,61</b>
<b>11</b>		<b>SERVIÇOS FINAIS</b>					
11.1	9537	LIMPEZA FINAL DA OBRA	m <sup>2</sup>	1717,76	1,82	2,27	3.892,27
		<b>SUBTOTAL</b>					<b>3.892,27</b>
<b>TOTAL GERAL</b>							<b>198.131,48</b>

Fonte: SINAP (2018).

**Figura B1 – Fachada da atual usina**



Fonte: Autor (2018).

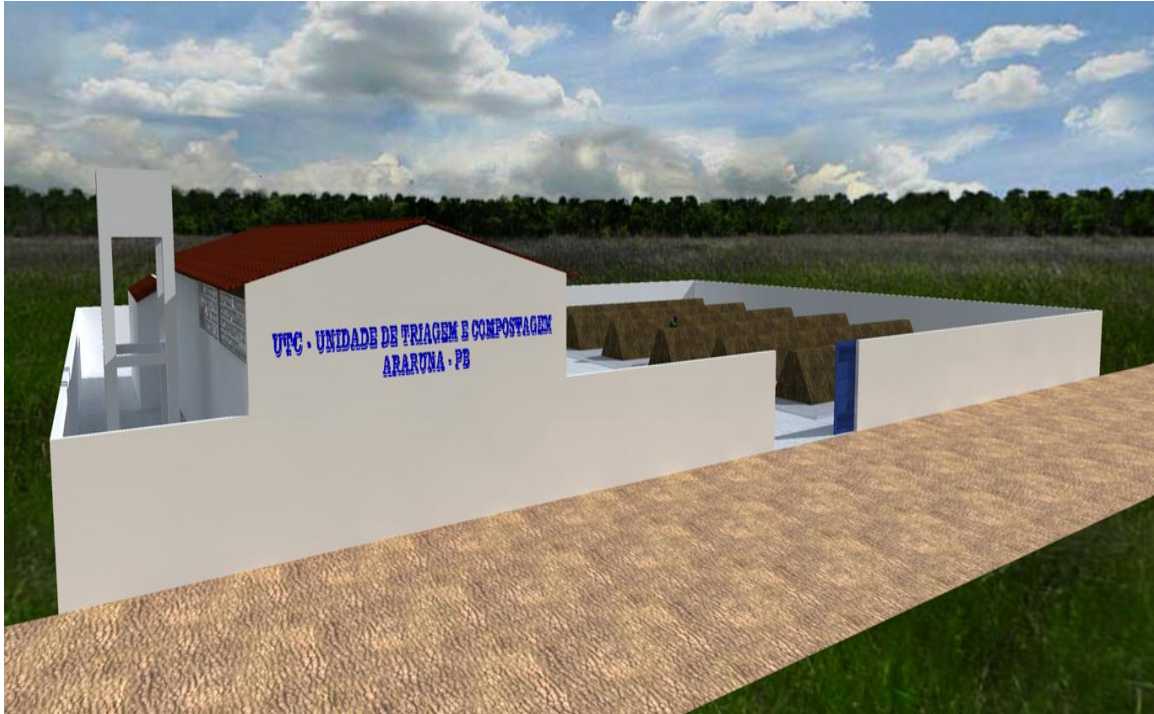
**Figura B2 – Usina de triagem em funcionamento**



Fonte: Autor (2018).

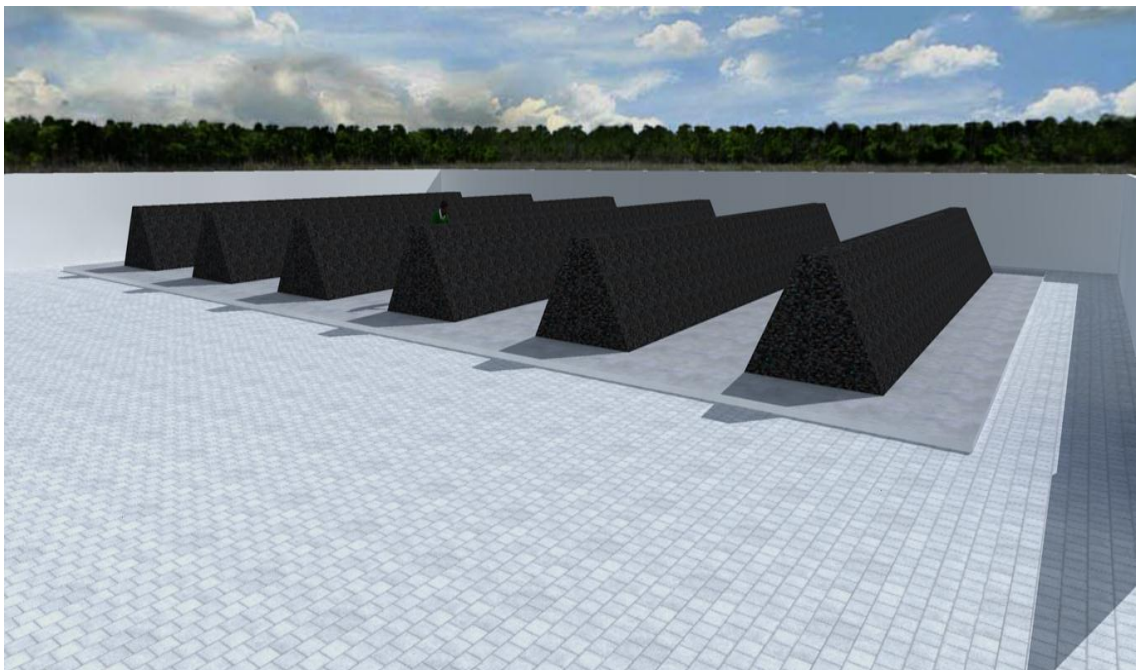
**APÊNDICE C – PROJEÇÕES DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM**

**Figura C1 – Projeção da fachada da usina**



Fonte: Autor (2019).

**Figura C2 – Projeção do pátio de compostagem**



Fonte: Autor (2019).

**Figura C3 – Projeção da área de triagem após reforma**



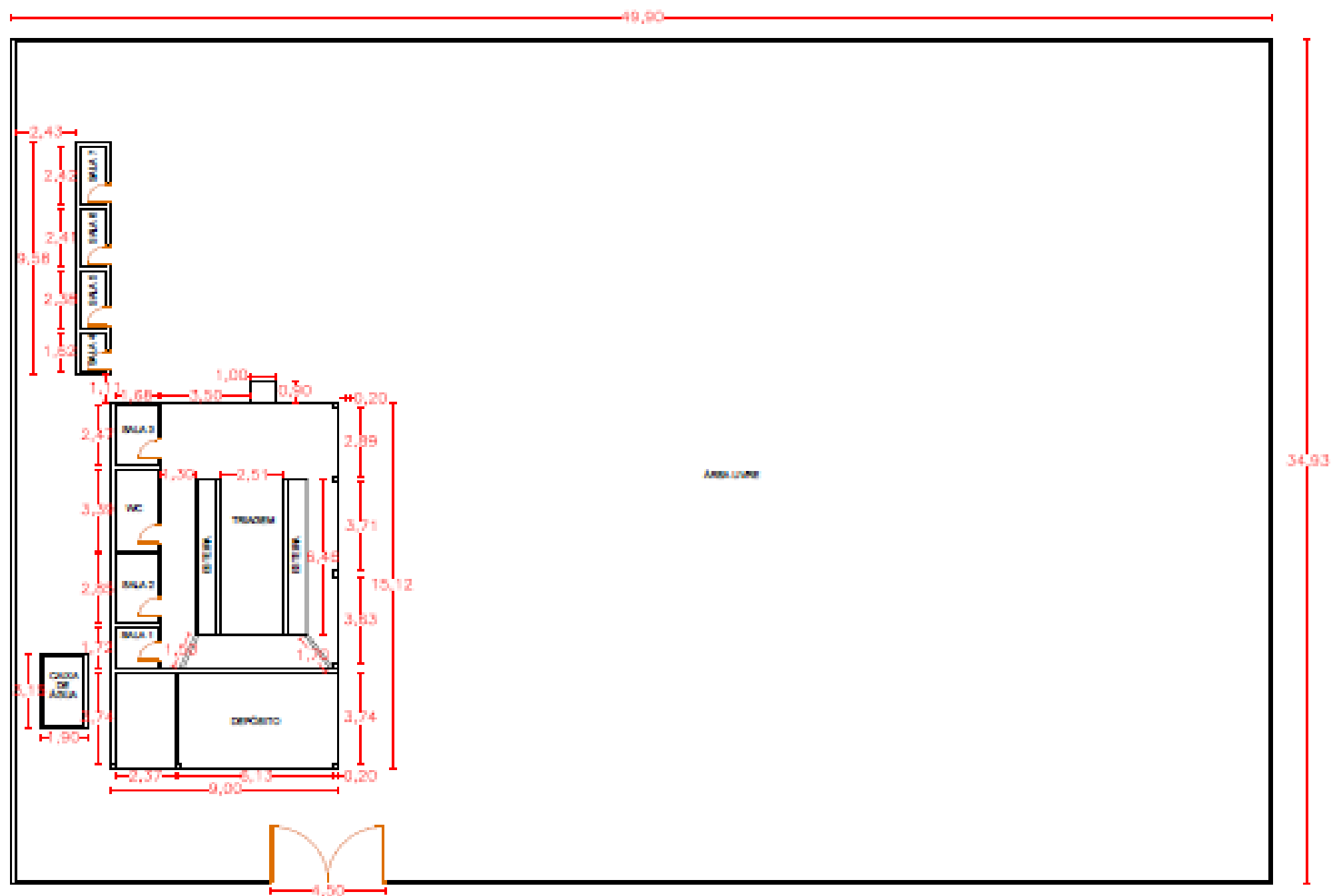
Fonte: Autor (2019).

**Figura C4 – Projeção da área de prensagem e estocagem**



Fonte: Autor (2019).

**APÊNDICE D – PLANTA ATUAL, PLANTA DE DEMOLIÇÃO E PLANTA DE  
READEQUAÇÃO**



Projeto arquitetônico: Planta baixa atual

Imóvel: UTC (Usina de triagem e compostagem)

Local: Araruna - PB

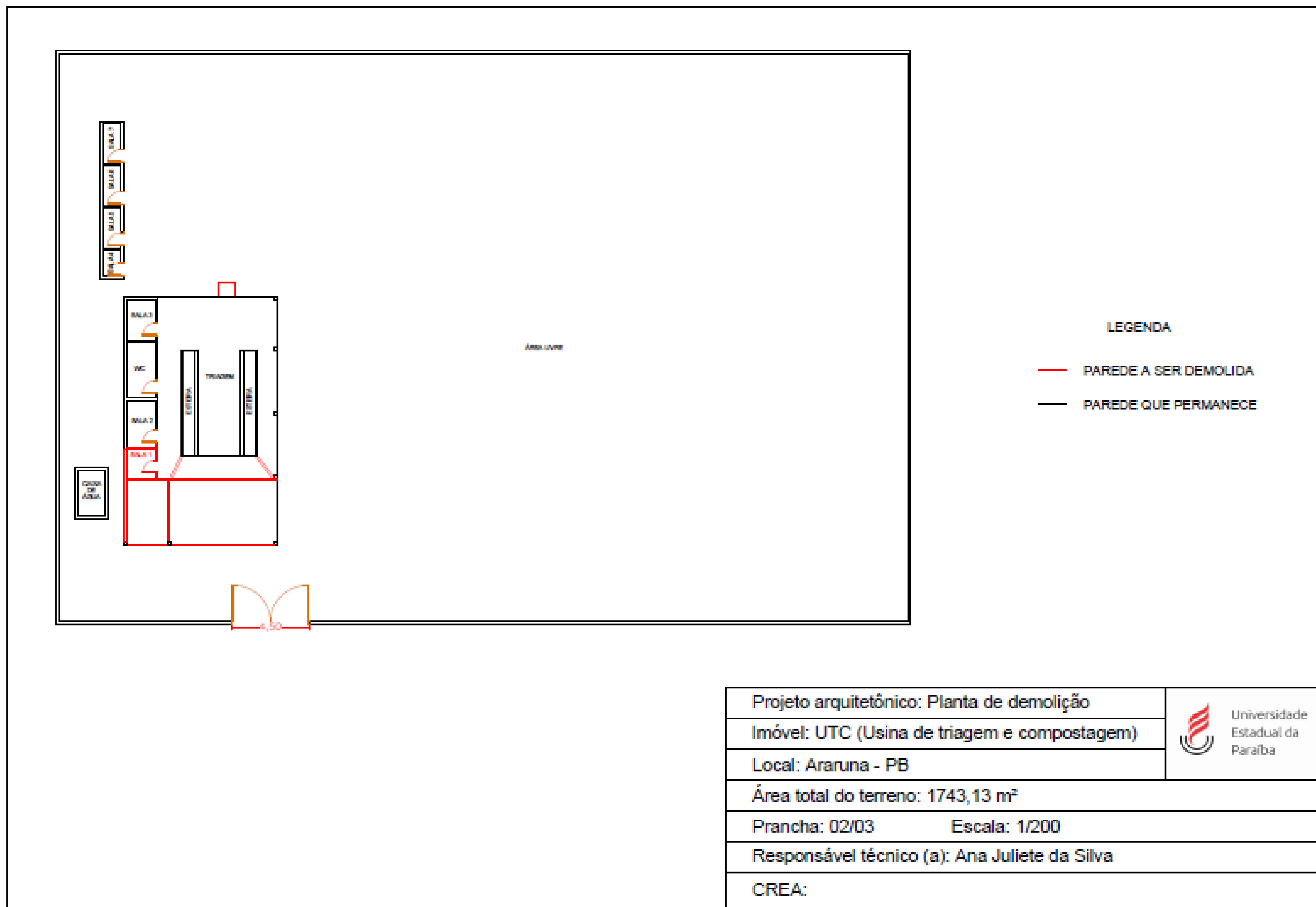
Área total do terreno: 1743,13 m<sup>2</sup>

Prancha: 01/03 Escala: 1/200

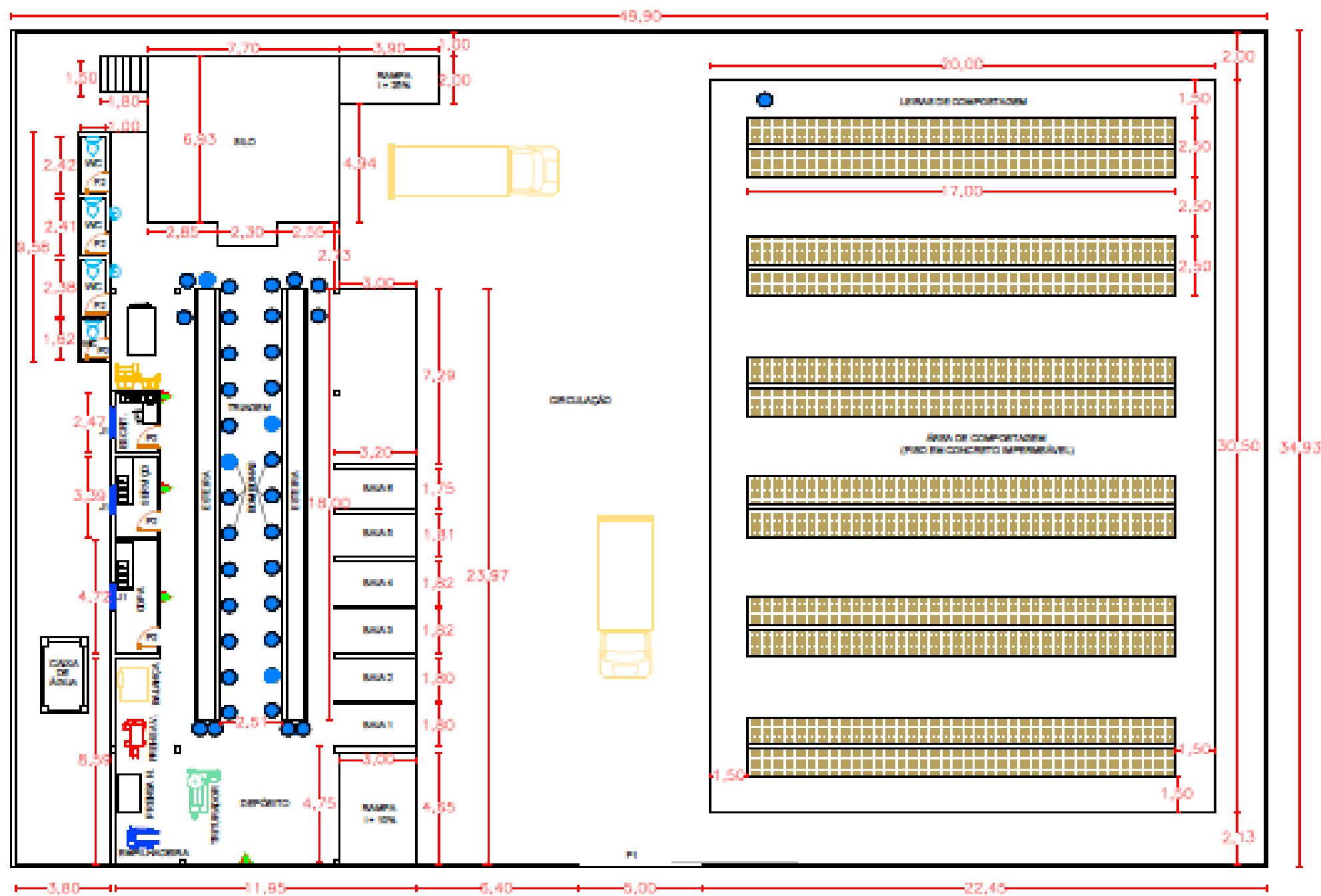
Responsável técnico (a): Ana Juliete da Silva

CREA:









Projeto arquitetônico: Planta baixa de readequação

Imóvel: UTC (Usina de triagem e compostagem)

Local: Araruna - PB

Área total do terreno: 1743,13 m<sup>2</sup>

Prancha: 03/03

Escala: 1/200

Responsável técnico (a): Ana Juliete da Silva

CREA: