

**ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA – ENAP
CURSO DE GESTÃO PÚBLICA MUNICIPAL**

**PROJETO DE INTERVENÇÃO: RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA A PARTIR
DO RSU NO MUNICÍPIO DO RIO GRANDE-RS**

**AUTOR: FÁBIO AUGUSTO SOUZA
ORIENTADOR: MSC. BERNARDO MERCANTE**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
grau de Especialista em Gestão Pública com
ênfase em governo local.**

Aluno: Fábio Augusto Souza

Orientador: Prof. MSc. Bernardo Mercante

**Co-orientadora: Prof^ª. MSc. Rossana Madruga
Telles**

Brasília – DF

10/2018

RESUMO

O presente projeto de intervenção propõe a implantação de uma unidade de gaseificação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no município de Rio Grande para conversão desses resíduos em energia. A disposição final e adequada dos RSU é complexa e de elevado custo ao município, transformar esses resíduos em energia é uma possibilidade de converter um passivo ambiental em um ativo financeiro para o município, assim como uma forma de atender à lei 12.305/10 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) para gestão integrada e gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. A implantação de um empreendimento para o tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da gaseificação do mesmo e, posterior geração de energia elétrica, a partir do gás produzido através de uma transformação termoquímica, reduzirá a necessidade de ampliação de aterros sanitários e todo seu custo de manutenção durante e pós-operação. A geração de energia elétrica produzida será disponibilizada à rede da distribuição local, sendo comercializada e gerando receita ao município através da mão de obra local e dos impostos sobre o faturamento do empreendimento.

Palavras Chave: Gaseificação, Resíduos Sólidos Urbanos, Energia Elétrica.

AGRADECIMENTOS

A Escola Nacional de Administração Pública, seus parceiros, seu corpo docente, administração e direção, que oportunizaram esta especialização que tanto contribuirá para a gestão pública local de qualidade.

Ao prefeito do município do Rio Grande, Alexandre Lindenmeyer, seus secretários municipais, a toda equipe de colaboradores da SMCSU em especial o secretário Dirceu Lopes que foi quem primeiro vislumbrou a quebra do paradigma existente para disposição final dos resíduos sólidos urbanos, despertando-me para a valorização e importância desse tema.

A empresa Lipor II - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, Câmara Municipal de Águeda, a Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves (RS) e Furnas Centrais Elétricas.

Ao meu Orientador, MSc. Bernardo Mercante e a Co-orientadora MSc. Rossana Madruga Telles, pelas valiosas discussões e acompanhamento a este projeto de intervenção.

A minha filha, Vitória Gonçalves Souza, pelo apoio e compreensão pela minha ausência. Filha eu te amo e me esforço para ser um bom exemplo!

SUMÁRIO

RESUMO	2
AGRADECIMENTOS	3
1. DIAGNÓSTICO:	7
1.1. Definição do problema.....	7
1.2. Características ambientais do município do Rio Grande e as limitações à disposição de RSU.....	10
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo Geral	14
2.2. Objetivos Específicos	14
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	15
4. FORMAS ALTERNATIVAS E/OU COMPLEMENTARES PARA A DISPOSIÇÃO DOS RSU.....	16
4.1. Incineração <i>In Natura</i>	16
4.2. Processo de Pirólise.....	21
4.3. Gaseificação Com Leito Fluidizado Circulante	27
4.3.1. Descrição das etapas dos processos.....	28
• ETAPA 01 - Linha de Produção de CDR.....	28
• ETAPA 02 - Gaseificação do CDR.....	32
• ETAPA 03- Geração de energia elétrica	32
5. VALOR PREVISTO.....	34
6. SIMULAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA.....	34
7. LOCALIZAÇÃO DO PLANO DE INTERVENÇÃO	37
8. PÚBLICO-ALVO	38
9. CRONOGRAMA FÍSICO DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO	39
10. ESCOPO DO PROJETO	40
10.1. Estrutura Analítica do Projeto (EAP).....	40
10.2. Estrutura de gestão e principais atores	42
10.3. Não escopo do projeto.....	43
10.4. Premissas.....	43
10.5. Restrições	44
10.6. Riscos.....	44
11. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
12. Referências Bibliográficas.....	47

Lista de Figuras

Figura 1 – Gráfico que compara a vida útil estimada em projeto do aterro sanitário com a série histórica real de deposição de RSU.....	9
Figura 2-Mapa de Localização do Município do Rio Grande	11
Figura 3-Vista Aérea do Antigo Lixão Municipal.....	13
Figura 4-Vista Aérea do Aterro Sanitário da Quinta	13
Figura 5- Fluxograma de uma planta de incineração de RSU.....	17
Figura 6 -Planta Geração de Energia Lipor II capacidade 1.200 ton/dia de RSU.....	18
Figura 7-Tela de controle da usina– LIPOR II	20
Figura 8– Protótipo da planta de Pirolise de Bento Gonçalves.....	23
Figura 9–Processos das etapas das operações previstas para a usina de pirólise	25
Figura 10 –Fluxograma da usina de gaseificação do RSU com capacidade de 250 ton/dia.....	26
Figura 11– Linha de produção de CDR	28
Figura 12-Layout da planta de gaseificação	30
Figura 13- Etapas do processo de produção de CDR	31
Figura 14 – Etapas do processo de Gaseificação do CDR	32
Figura 15 – Etapas do Processo de Geração de Energia	33
Figura 16- Fluxo de caixa com totais trimestrais e o acumulado no período.....	36
Figura 17 -Área do aterro sanitário da Quinta e Lixão/bota-fora	37
Figura 18– Estrutura analítica do projeto.....	41
Figura 19- Força de trabalho demandada para operação da usina de Gaseificação ...	42
Figura 20– Força de trabalho para execução do projeto de construção da usina.....	43

Lista de Tabelas

Tabela 1– Cronograma de desembolsos	34
Tabela 2 – Simulação de Fluxo de caixa e Payback Simples.....	35
Tabela 3- Cálculo do payback descontado	35
Tabela 4 –Cronograma físico do projeto	39
Tabela 5 – Dicionário de dados da Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	40

Lista de Siglas

CDR - Combustível Derivado de Resíduo

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ENAP - Escola Nacional de Administração Pública

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente

MME - Ministério Minas e Energia

PNRS - Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PMRG - Prefeitura Municipal do Rio Grande

PPP - Parceria Público Privada

SMCSU - Secretaria de Município de Controle e Serviços Urbanos

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

1. DIAGNÓSTICO:

Resíduos Sólidos Urbanos Em Rio Grande(RS), Problemas e Possibilidades

1.1. Definição do problema

Coletar e destinar os resíduos sólidos urbanos (RSU), se apresenta como uma constante preocupação às administrações públicas, seja pelos custos cada vez mais elevados, seja pelas dificuldades na escolha de novas áreas para a disposição de resíduos, tanto no Brasil quanto em outros países. Dados apresentados por Carvalhaes (2013, p. 18) mostram que na União Européia (UE) ocorreram melhorias na gestão dos resíduos em quase todos os países na primeira década do Século XXI, uma vez que grande parte dos países reduziu em até 50% os resíduos depositados em aterros, através de recuperação, de reciclagem, de reutilização e de incineração.

Os RSU gerados no cotidiano das cidades brasileiras tomam proporções preocupantes, pois os hábitos de consumo exacerbados dentro do sistema capitalista conduzem a um aumento exponencial de resíduos descartados, fato que vem se tornando um dos principais problemas dos centros urbanos, uma vez que diminuem as alternativas de áreas para disposição dos resíduos. Grandes partes dessas cidades dispõem os RSU de forma inadequada, lançando-os a céu aberto, nos denominados "lixões". Hoje, encontrar uma forma de resolver adequadamente uma disposição final para os resíduos sólidos de uma cidade ou mesmo, formas alternativas de aproveitamento desses resíduos é aspiração comum aos administradores municipais.

A lei 12.305/10, que estabeleceu o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), reitera que os municípios são responsáveis pela gestão e fiscalização dos resíduos gerados em seu território, isto é, tem a responsabilidade por conduzir as várias etapas relativas aos RSU incluindo: a coleta regular, a coleta seletiva, serviços de limpeza urbana e de resíduos de serviços de saneamento, até sua disposição final.

No estado do Rio Grande do Sul dados da Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente (FEPAM) apontam que 80,9% dos municípios do

estado destinaram, em 2014, os seus RSU de forma ambientalmente adequada, o que representa 78,7% da população do estado. O órgão também informa que 17,1% dos municípios destinam seus RSU para áreas inadequadas, representando 20,5% da população do Estado. Para 2% dos municípios não houve informação.

O município de Rio Grande, em seu Plano Ambiental, estabelece diretrizes para a organização administrativa, institucional e operacional para o controle e monitoramento das atividades causadoras de degradação ambiental. Nesse documento podem ser destacadas diretrizes voltadas à recuperação do passivo referente ao antigo lixão no bairro Carreiros, a responsabilidade pelo diagnóstico dos tipos e quantidades de resíduos e sua disposição, à implementação de programas de coleta seletiva de resíduo no município, através da cooperação com as associações de catadores de lixo e recicladoras municipais, além de programas educativos voltados a sociedade sobre as vantagens de se separar o resíduo.

Cabe observar que o município do Rio Grande se empenha na disposição adequada de resíduos mesmo antes da Lei Federal nº 12.305, que define a destinação final adequada dos RSU e propõem ações que incluam a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras formas de destinações admitidas pelos órgãos competentes, desde que não ocorram riscos à saúde pública e à segurança, com mínimos impactos ambientais adversos.

O conjunto das ações necessárias à disposição final dos resíduos é complexa e de custo elevado ao município, uma vez que deve atender às restrições legais para alocação de aterros sanitários, em relação ao suporte geoecológico, no caso do município de Rio Grande, sobre os jovens terrenos da planície costeira do Rio Grande do Sul, fato que impõem inúmeras restrições, que posteriormente serão abordadas.

Em 2009 entrou em operação, o aterro sanitário projetado pela Empresa Azambuja Engenharia e Geotecnia, com capacidade de 1.055.021 m³, com vida útil prevista até o ano de 2033, considerando a produção de resíduo da época do projeto. A operação do aterro sanitário a encargo da empresa Rio Grande Ambiental, registra uma série histórica de depósitos que indicam o esgotamento prematuro deste aterro para meados do ano 2028(Figura 1).

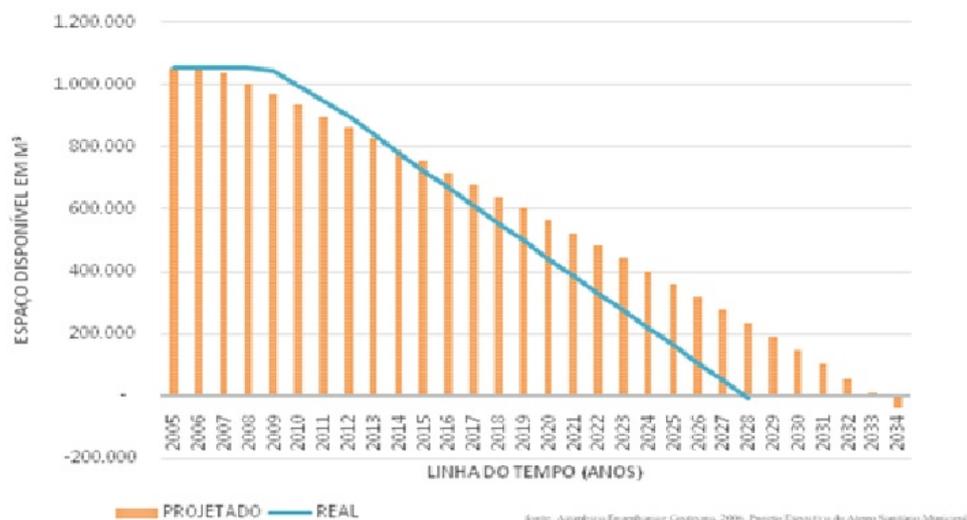


Figura 1 – Gráfico que compara a vida útil estimada em projeto do aterro sanitário com a série histórica real de deposição de RSU.
 Fonte: Elaborado pelo autor sobre a base prevista em projeto

A empresa Rio Grande Ambiental, que vinha operando os vários serviços inerentes à limpeza urbana, teve suas atividades suspensas a partir da Ação Civil Pública nº 0103011-05.2009.8.21.0023. Essa ação determina à Prefeitura Municipal do Rio Grande (PMRG), a retomada dos serviços concedidos a empresa Rio Grande Ambiental em conformidade com o Edital de Concorrência Nº 013/2004. Dadas as recentes circunstâncias, a administração municipal teve que contratar empresas em caráter emergencial para que não ocorresse descontinuidade em serviços essenciais à comunidade, evitando riscos à saúde pública e impactos ambientais, dando continuidade à prestação destes serviços.

Com todos esses transtornos a Secretaria de Município de Controle e Serviços Urbanos (SMCSU) encontra-se desenvolvendo suas atividades num contexto de emergência, com contratos temporários de empresas que coletam e transportam os RSU para o aterro sanitário no município de Candiota, distante duzentos quilômetros de Rio Grande, enquanto concentra esforços para o novo processo licitatório para a concessão dos serviços de limpeza, coleta e disposição de resíduos.

O acompanhamento dos trâmites judiciais e do processo de auditoria no contrato de concessão a Rio Grande ambiental colocou em alerta a Secretaria

Municipal de Controle e Serviços Urbanos (SMCSU) que, a partir do ano de 2014, iniciou estudos e a busca de soluções alternativas ao destino do volume crescente de RSU. Nessa incessante pesquisa sobre a destinação dos RSU e seu espectro de possibilidades, verificou-se que em alguns países são utilizados processos de incineração dos resíduos e, mesmo, a conversão desses resíduos em energia. Assim, considerando essa alternativa, iniciou-se a captura de informações sobre processos de conversão de RSU em energia, para que o município possa trilhar um novo caminho na forma de destinação de resíduos com processos e métodos que diminuam os danos ambientais e ainda agrega um ativo financeiro ao município.

As formas comumente utilizadas para a obtenção de energia a partir de RSU são processos de incineração, a gaseificação e o biogás gerado em aterros sanitários. À administração municipal interessa não apenas gerar energia, mas reduzir significativamente o volume desses resíduos, os gastos e os problemas decorrentes de sua disposição em aterro sanitário. Assim cabe estudar as tecnologias disponíveis, verificar os melhores métodos para o tratamento e de aproveitamento dos RSU.

1.2. Características ambientais do município do Rio Grande e as limitações à disposição de RSU

O município do Rio Grande localiza-se (Figura 2) no litoral sul do Rio Grande do Sul junto às margens do estuário da laguna dos Patos, sobre terrenos sedimentares recentes da planície costeira. Mostra-se como um ambiente vulnerável a contaminações e extremamente restritivo no que se refere à escolha de áreas adequadas à disposição de RSU.

O suporte geológico-geomorfológico é constituído basicamente por areias quartzosas de textura homogênea e muito finas e, a maior parte de seu território encontra-se sobre os compartimentos geomorfológicos (Telles, 2013, p.78) da Barreira II (325.000 a.p) e da Barreira IV (a partir de 5000 a.p), bordejado por terraços lagunares marginais.

Na Barreira IV destaca-se a sequência de cordões regressivos litorâneo se a presença de feições resultantes de processos eólicos (dunas, mantos de aspersão).

Mapa de Localização - Município de Rio Grande/RS

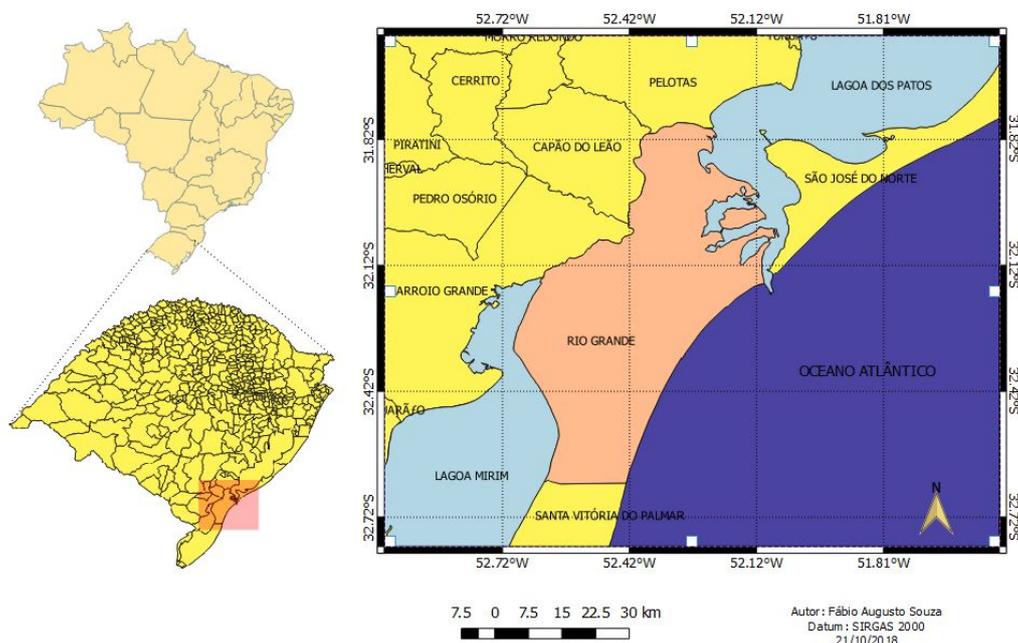


Figura 2-Mapa de Localização do Município do Rio Grande
Fonte:Elaborado pelo autor

A seqüência de cristas arenosas, cobertas ou não por vegetação rasteira, e cavas úmidas que comportam banhados ou mesmo nascentes de alguns arroios do município, constituem áreas com restrições legais a alocação de aterros sanitários.

Já as áreas sobre os terrenos mais elevados da Barreira II, encontramos áreas restritivas de forma mais dispersa (Tagliani, 2000, p.5), como os banhados da Mulata e do Vinte e Cinco, capões de matas paludiais em terrenos mais úmidos, pequenos campos de dunas interiores e mantos de aspersão eólica.

A área territorial é completamente rodeada de corpos hídricos, banhada pelo Atlântico a leste, pelas águas estuarinas da laguna dos Patos a norte, pela lagoa Mirim e pelo canal São Gonçalo a oeste, além de várias pequenas lagoas interiores. Ainda subsuperficialmente, o nível do freático encontra-se a poucos centímetros de profundidade.

O clima subtropical úmido apresenta precipitações durante todos os meses do ano, com índices mais elevados durante os meses de inverno.

Diante da ocorrência de chuvas os terrenos baixos, as áreas alagadiças, principalmente aqueles localizados nas cavas dos cordões litorâneos, aumentam muito, pela rápida percolação das águas no terreno predominantemente arenoso.

Com relação à vegetação é possível identificar as áreas com vegetação mais densa, capões de mata nativa ocupando as áreas mais úmidas, amplas áreas cobertas de vegetação rasteira, partindo das margens lagunares é fácil identificar a sucessão de formações pioneiras. Além da vegetação nativa, amplas áreas do município encontram-se destinadas a atividades agrícolas e silvicultoras. As matas e demais formas de vegetação nativa que se encontram margeando os cursos d'água constituem áreas de preservação permanente, definidas no plano diretor do município, a partir da interpretação da legislação ambiental em suas diferentes esferas. Também constituem áreas de preservação as dunas, os banhados permanentes, pequenas ilhas do estuário e a Estação Ecológica do Taim.

Essa breve caracterização dos aspectos ambientais do município permite perceber o grau de dificuldade enfrentado pela administração municipal para a escolha de novas áreas para o estabelecimento e ampliação de aterros sanitários, pois os terrenos jovens e seus ecossistemas frágeis acabam por limitar formas de uso do solo que causem danos ao ambiente.

Uma das urgências ambientais do município é a remediação do passivo ambiental, do antigo lixão (Figura 3), localizado no bairro Carreiros. Outra urgência é, o monitoramento do aterro sanitário, localizado na Vila da Quinta, e o tratamento do chorume que continua sendo produzido, numa quantidade de 35 m³/dia (Figura 4) torna-se uma tarefa extremamente complexa e de custo muito elevado, considerando que o referido efluente é transportado, para tratamento, a mais de 300 km distante de Rio Grande. Um bom exemplo dessa complexidade pode ser observado pelas consequências da elevada pluviosidade deste inverno de 2018, quando as lagoas de tratamento de chorume do aterro sanitário transbordaram.



Figura 3-Vista Aérea do Antigo Lixão Municipal
Fonte: Acervo da SMCSU



Figura 4-Vista Aérea do Aterro Sanitário da Quinta
Fonte: Acervo da SMCSU

Segundo Schianetz (1999, p.21), as deposições antigas constituem sistemas abertos, que raramente estão isoladas do lençol freático e da atmosfera, cujo número de substâncias diferentes pode chegar mais de um milhão. Tais substâncias possuem uma relação de troca com o ambiente que só termina, decorridas centenas de anos, quando o equilíbrio físico-químico é estabelecido. Ainda esclarece que a via básica das emissões em deposições

antigas é a liberação de substâncias contidas no chorume para o subsolo, causando sérias alterações nas águas subterrâneas, considerando que estão presentes em substâncias nocivas típicas¹.

Entende-se que um aterro sanitário construído para a deposição final de RSU de forma adequada, deve primar pelo controle técnico e operacional eficaz e permanente, de forma que os resíduos e seus efluentes líquidos e gasosos, não causem qualquer problema à saúde pública e ao ambiente. O grau de dificuldade para exequibilidade em um suporte geológico-geomorfológico como o de Rio Grande é enorme e de custos operacionais elevados, daí a necessidade de buscar alternativas a essa modalidade dispor os RSU.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Propor a implantação de uma unidade de gaseificação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no município de Rio Grande para conversão desses resíduos em energia.

2.2. Objetivos Específicos

- Levantar as condições da disposição dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em Rio Grande
- Propor ações que diminuam o custo operacional e os impactos ambientais dessa disposição.
- Apresentar formas alternativas para a disposição final do RSU.
- Propor a recuperação energética do RSU.
- Mitigar os impactos ambientais do lixão desativado com a retirada dos resíduos lá dispostos;
- Demonstrar a contribuição do projeto para o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)² número 7³.

¹Matriz complexa de sais inorgânicos e orgânicos (ânions e cátions), combinações orgânicas de N, S e P, combinações complexas, substâncias semelhantes a substâncias húmicas entre outras.

² Objetivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela Organização das Nações Unidas para 2030

³ Trata do acesso às diferentes fontes de energia, principalmente às renováveis, eficientes e não poluentes.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a investigação proposta utilizou-se pesquisa bibliográfica sobre as formas de tratamento e disposição de RSU, desde as mais tradicionais até as mais recentes. Essa etapa inclui distintos documentos, ensaios realizados por certificadoras, artigos e dissertações.

A base de dados utilizada nesse projeto, referente aos RSU classe II do município do Rio Grande foi levantada na série histórica registrada na SMCSU, referente aos últimos nove anos (2009-2018), um levantamento de dados de coleta e disposição dos resíduos, incluindo tanto os volumes quanto gastos nas várias etapas do processo.

Outro importante procedimento metodológico do projeto foi à realização de visitas as unidades de tratamento de RSU onde existam, tanto em escala real quanto protótipos, com características iguais ou similares aquelas propostas no presente trabalho.

Uma primeira visita foi ao protótipo da usina de transformação de compostos de carbono e hidrogênio em gás de síntese, no município de Mauá-SP, uma planta semi-industrial em operação desde 2000, onde são realizados testes com produtos diversos e desenvolvimento da tecnologia. Este laboratório industrial, permite estudos prévios do processo de gaseificação em leito fluidizado bem como o treinamento de técnicos na operação;

Outra visita muito interessante foi à planta de valorização energética de Lipor II localizada no norte de Portugal, município de Maia na grande Porto. Esta planta muito interessante, pois contempla o processo desde a chegada dos RSU, a planta de geração de energia a partir desses resíduos e os aterros sanitários, sendo um deles completamente envelopado e outro ativo. Lipor II está em funcionamento há vinte anos e com evidente excelência em todo o processo.

4. FORMAS ALTERNATIVAS E/OU COMPLEMENTARES PARA A DISPOSIÇÃO DOS RSU

Conforme apresentamos anteriormente, o município de Rio Grande, conta com sérias restrições para a ampliação de áreas de disposição de resíduos. Mesmo escolhendo as áreas tecnicamente mais viáveis para o estabelecimento de aterros sanitários, muitos problemas operacionais podem ocorrer em razão das intempéries climáticas conjugadas as características do suporte geológico extremamente permeável. Além, é claro, do curto tempo de vida útil desses aterros.

Urge a necessidade de implantar novas formas para a disposição de RSU. Para tanto buscamos informações sobre a recuperação energética do RSU no Brasil, como uma alternativa viável para destinação final.

A Recuperação energética do RSU é uma proposta relativamente recente e pouco explorada. Até pouco tempo só eram conhecidos, basicamente, dois tipos de tecnologia: a incineração *in natura* e a Biodigestão anaeróbica. Atualmente, também se verifica algumas que utilizam o processo de pirólise.

4.1. Incineração *In Natura*

O processo de incineração *in natura*⁴ do RSU consiste na oxidação a altas temperaturas, sob certas condições controladas. Este tipo de tratamento costuma ser muito contestado pela comunidade acadêmica, pelo seu potencial de contaminação do ar, água e solo. Todavia verifica-se que é ainda muito utilizado pelos países industrializados (Shima&Beccari et al., 1996, p.66).

Esse método de tratamento converte materiais combustíveis transformando-os em escórias, cinzas e gases. Estes últimos, eliminados para a atmosfera por meio de chaminés, enquanto que as escórias e cinzas podem ser dispostas em aterros sanitários.

Em visita técnica à planta de LIPOR II (Figura 5), que é a entidade responsável pela gestão, valorização e tratamento dos resíduos urbanos

⁴Sem ser processado

produzidos por 9 municípios⁵ associados do Norte de Portugal, tivemos a oportunidade de conhecer um empreendimento que trata anualmente de cerca de 500 mil toneladas de resíduos urbanos, produzidos por aproximadamente um milhão de habitantes.

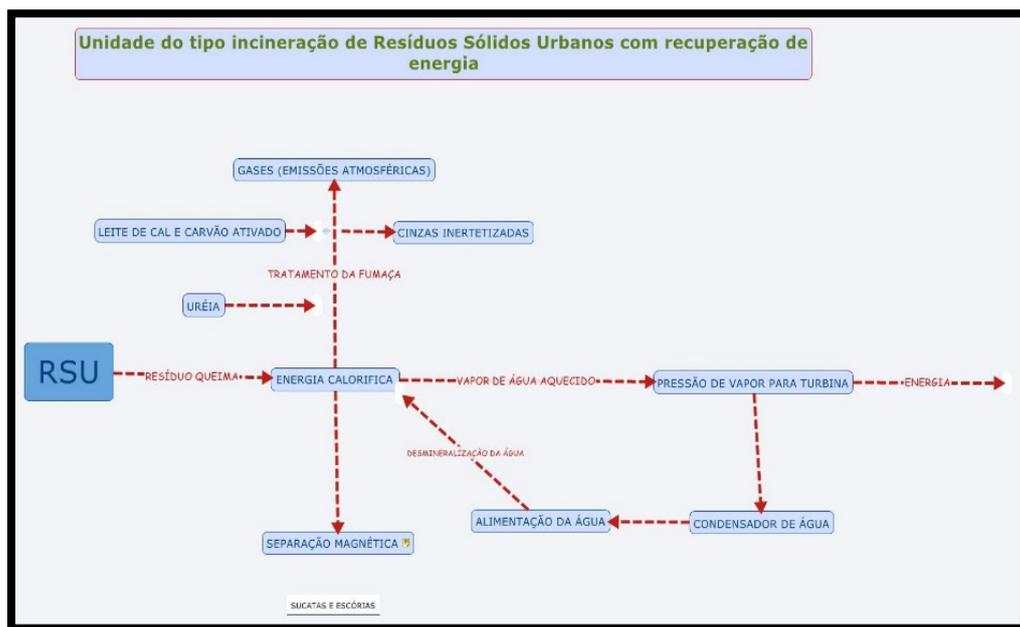


Figura 5- Fluxograma de uma planta de incineração de RSU.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resíduos que chegam a essa planta são queimados *in natura* e geram aproximadamente 600 MW de energia por dia, suficiente para atender a demanda de 15 % dos domicílios da região metropolitana de Porto. Em sete anos tratou aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de resíduos, o que permitiu enviar aproximadamente um milhão de MW de energia a rede de distribuição.

Na oportunidade em que visitamos as dependências da planta de Lipor II, localizada no município de Maia, que faz uso dessa tecnologia, fomos recepcionados e acompanhados na visita técnica pela colaboradora do Departamento de Operação e logística e pelo Gerente da Unidade de Negócios

⁵Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde

Internacional. Apresentaram-nos todas as etapas da queima *in natura* desde a chegada dos resíduos nos berços de deposição, todo o manuseio a distância e condução a fornalha. Informaram-nos que em média por dia são recebidos 180 veículos.

A planta conta com um aterro sanitário, utilizado para a disposição das cinzas que resultam do processo de queima, corresponde a aproximadamente a 10% da massa que entra, ou seja, 60 m³/dia (peso específico do RSU 0,5 ton/m³). Também nos foi informado que está sendo estudada uma destinação mais nobre para este resíduo (cinza), como por exemplo, misturá-lo ao concreto para ser utilizado na pavimentação de vias.

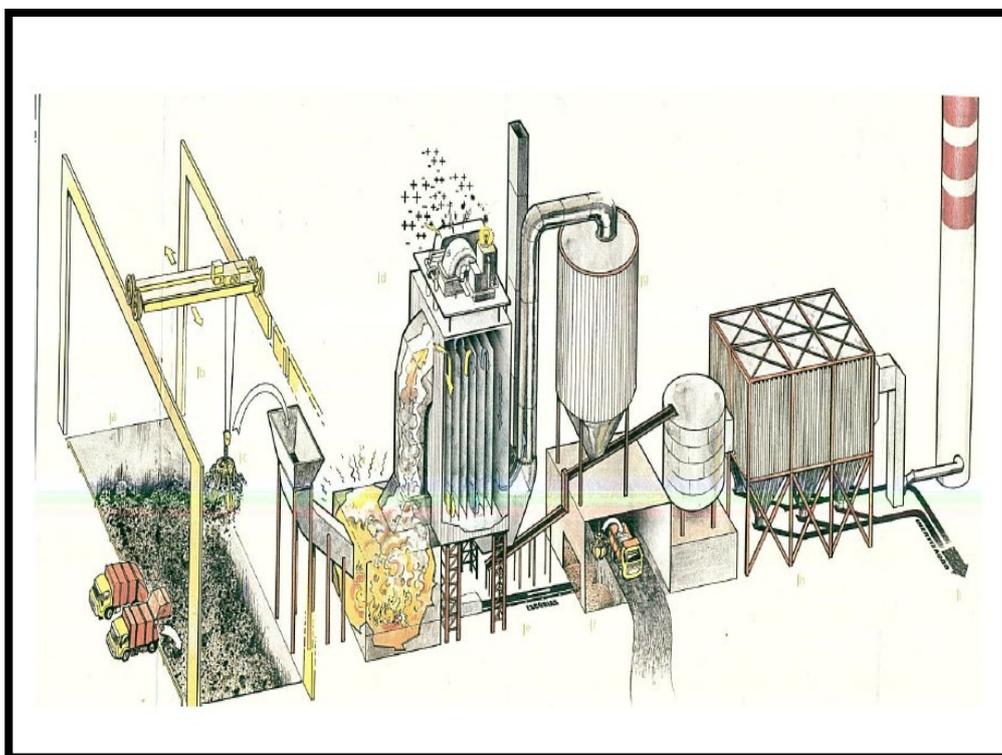


Figura 6-Planta Geração de Energia Lipor II capacidade 1.200 ton/dia de RSU
Fonte:<https://www.lipor.pt/pt/bibliotecas/>

A referida usina funciona vinte e quatro horas por dia, capaz de operar com apenas quatro colaboradores e um vigilante, uma vez que, todas as ações que garantem a contínua geração de energia são realizadas por processos mecanizados, automatizados e controlados por software (Figura 7).

Os caminhões com RSU chegam a Lipor II e descarregam os resíduos no berço de descarga junto à fornalha (Figura 6). Esta tem capacidade de armazenamento para até seis dias de geração de resíduo. Os resíduos são içados e colocados para a queima, esse controle é realizado em uma sala de comandos.

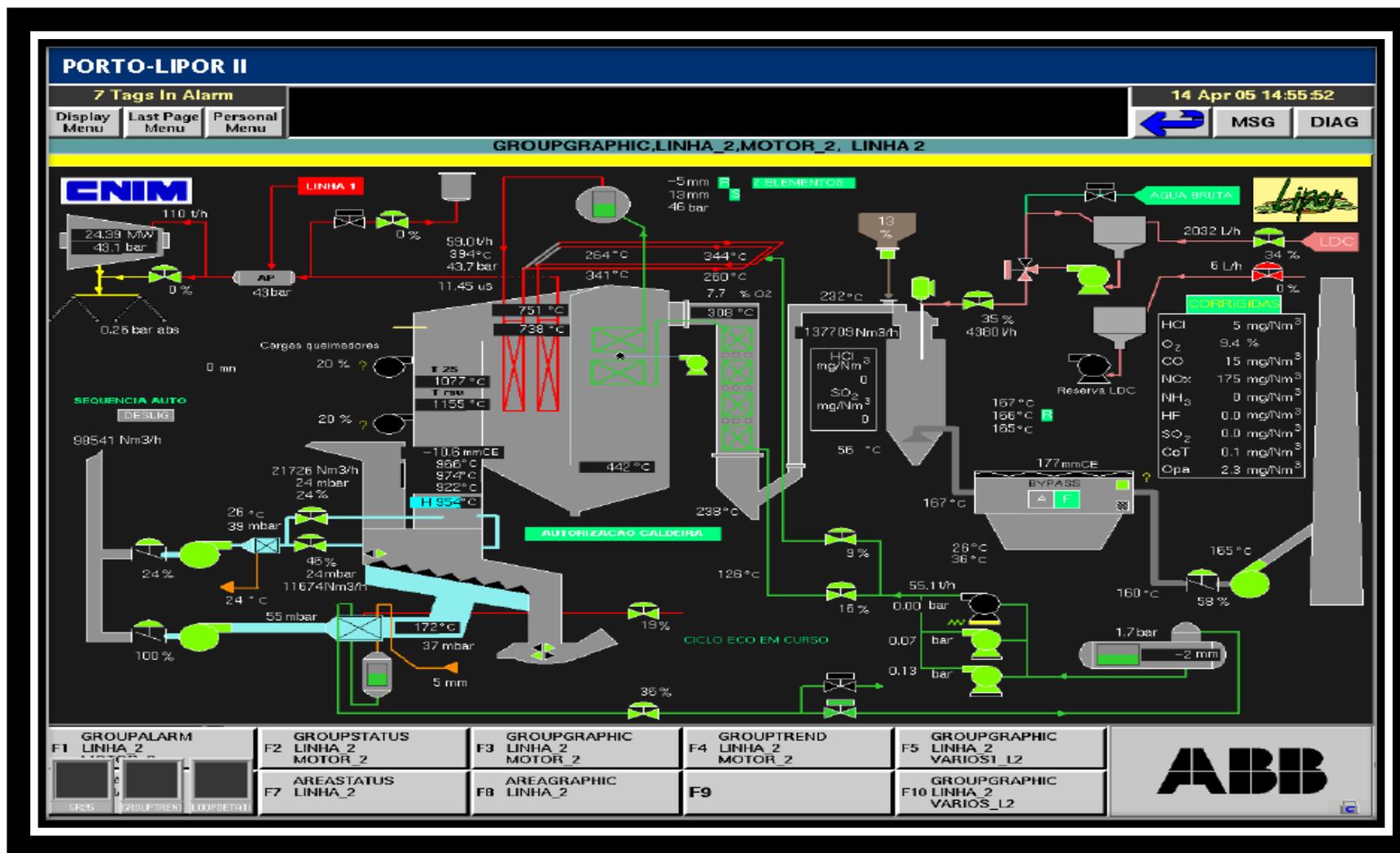


Figura 7-Tela de controle da usina- LIPOR II
 Fonte: <https://www.lipor.pt/pt/bibliotecas/>

A produção de energia da usina se dá a partir do aproveitamento térmico da queima do RSU para produção de vapor, gerando aproximadamente 26 MW/h. A planta consome internamente 13% desta produção.

Durante a visita foi possível observar que a planta opera com base em um plano de monitoramento ambiental processual, que contempla o monitoramento de aproximadamente trezentas variáveis entre elas a temperatura, pressão, emissões atmosféricas, nível, caudal, oxigênio e outros.

4.2. Processo de Pirólise

A tecnologia converte o RSU em gases, líquidos e sólidos (75% de óleos e 25% de gases e carvão), a partir de um processo de degradação termoquímica, com ausência de oxigênio, sob temperatura de aproximadamente 450°C e pressão ligeiramente maior do que a do ambiente.

Embora seja possível a utilização dos elementos produzidos pelo processo de pirólise como fonte de produção energética, verifica-se que o mercado para este tipo de produto não é totalmente garantido, isto porque no principal subproduto, que é o bio-óleo, são encontrados resquícios de carvão, com alto índice de acidez e alta variabilidade das propriedades físico-químicas.

As características dos subprodutos do processo de pirólise no tocante a qualidade e quantidade, depende diretamente das formas com as quais estes são processados, ou seja, vai variar conforme a temperatura de operação, a granulometria do resíduo, a rapidez com a qual a temperatura é elevada, o período de permanência do resíduo na câmara de processamento e a natureza dos resíduos a ser processados, constituem a condições que vão determinar o desempenho do processo.

A eficiência a ser alcançada com a implementação desta tecnologia ainda não pode ser mensurada com a necessária precisão, mas é possível verificar que a utilização do óleo, subproduto do processo, pode ser utilizado em ciclo a vapor, por meio de sua queima direta, ou até mesmo em motores de

funcionamento à combustão interna, registros apontam que existem alguns problemas com o seu alto poder de corrosão e poluição.

Recentemente o município gaúcho, Bento Gonçalves, noticiou que será construída em seu território a primeira usina de Pirólise de RSU do Brasil, que terá capacidade de processar inicialmente cem toneladas de RSU por dia.

Através de contato telefônico com o Gestor da Prefeitura de Bento Gonçalves, obtivemos várias informações sobre o projeto, entre elas de que se trata de uma parceria público privada. O ente privado terá a concessão para explorar a atividade de recuperação energética do RSU por um período de trinta e cinco anos, e que assumirá todos os custos de implantação e operação. Já a prefeitura entregará o resíduo e cederá a área onde deverá ser implantado o projeto, que deverá ser de oitenta e dois mil metros quadrados, bem como a licença prévia emitida pelo órgão de licenciamento Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM).

Está registrado no termo de referência do processo licitatório para implantação e operação da usina, que no processo de pirólise é comum ocorrer à formação de ácidos, tais como: clorídrico, fluorídrico e sulfídrico. Para tanto, é previsto no processo a adição de cal hidratado em quantidade adequada à concentração de ácidos na massa de resíduos, a fim de neutralizar a ação nociva dos ácidos, bem como um processo de lavagem, transformando-o em gás de síntese limpo, livre de contaminantes, e que pode ser enviado diretamente para a geração de energia elétrica. Quanto a formação de dioxinas e furanos, substâncias consideradas cancerígenas, apresentam limites inferiores aos estabelecidos pela legislação, visto que o processo é realizado sob presença de oxigênio em condições controladas.

Já a composição do gás de síntese estimada é de aproximadamente 40% de hidrogênio, 20% de hidrocarbonetos leves (metano, etano e propano), 18% de monóxido de carbono, e 15% de gases inertes como dióxido de carbono, nitrogênio e oxigênio, o qual poderá ser convertido em mais de 12.000 MW/ano, estabelecendo uma relação de 0,5 MW por tonelada de RSU. É previsto que o pré-tratamento do RSU ocorrerá durante 12 horas por dia e seis vezes por semana, portanto nos dias que são realizadas coletas nos domicílios do município.

A planta da unidade (Figura 08), apresentará características industriais, onde ocorrerão processos mecânicos, químicos e elétricos, que integrados e sequenciados apresentarão alto percentual de aproveitamento energético. A unidade contará com uma guarita, uma balança de recepção, uma área para recepção do RSU *in natura*, equipamento rasga sacos, separador magnético, peneira, esteira transportadora, triturador, reator de pirólise, lavador de gases, sala de auxiliares, prédio para controle e administração, gasômetro de membrana dupla de PVC, painéis elétricos, prédio para geração de energia e tocha para queima do gás excedente, que será controlado com moderno sistema de automação englobando a totalidade dos componentes.



Figura 8—Protótipo da planta de Pirolise de Bento Gonçalves
Fonte: Anexo III do Termo de Referência da Chamada Pública para PPP⁶

Para implantação da usina de tratamento térmico/conversão de energia e da central de reciclagem de resíduos prevê-se espaço com até 25.000 (vinte e cinco mil) m².

As operações da usina deverão ser divididas em seis etapas distintas:

⁶ Parceria Público Privada

- 1 - Recepção e armazenamento dos resíduos;
- 2 - Triagem e pré-tratamento dos resíduos;
- 3 - Produção do gás de síntese;
- 4 - Tratamento do gás de síntese;
- 5 - Equalização do gás de síntese e queima controlada; e
- 6 - Geração de energia elétrica.

Para a geração de energia elétrica serão utilizados grupos geradores de menor porte com o objetivo de minimizar a interferência das operações de manutenção em relação à etapa de produção do gás. No início do processo se usarão sete unidades, posteriormente ampliadas ao longo da concessão, atingindo ao final dos 30 anos o quantitativo de dez conjuntos.

O diagrama a seguir, apresenta quais processos serão realizados em cada uma destas etapas, bem como qual a seqüência cronológica com a qual os processos ocorrerão.

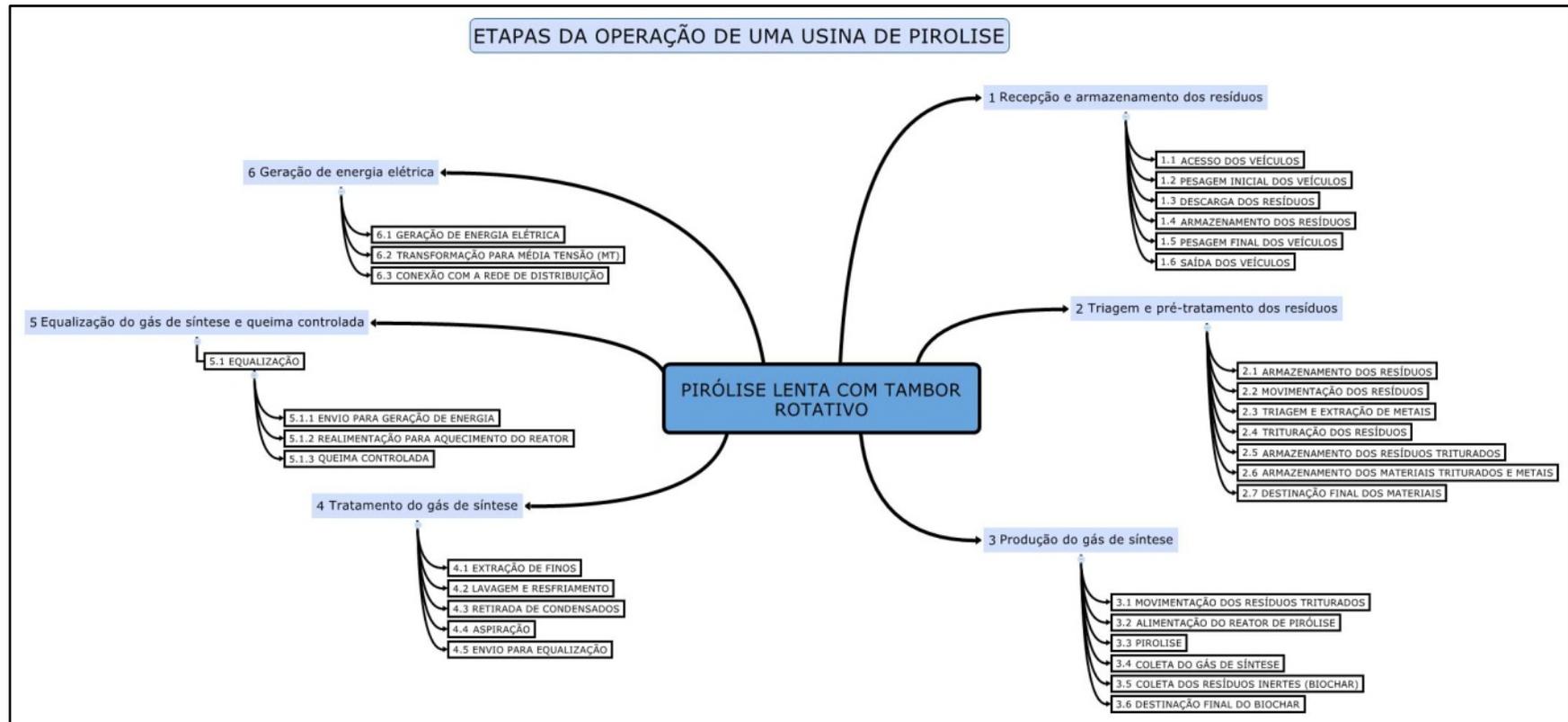


Figura 9–Processos das etapas das operações previstas para a usina de pirólise
 Fonte:Elaborado pelo autor com base no Anexo III do Termo de Referência da Chamada Pública para PPP no Município de Bento Gonçalves-RS



Figura 10 –Fluxograma da usina de gaseificação do RSU com capacidade de 250 ton/dia
 Fonte: Autor com base no projeto da Carbogas Energia

4.3. Gaseificação Com Leito Fluidizado Circulante

O processo de gaseificação, a exemplo do processo de pirólise, também consiste na transformação termoquímica de compostos de carbono e hidrogênio em gás combustível que pode ser empregado em motores com funcionamento a combustão interna ou em sistema de geração de energia elétrica por meio do ciclo Rankine⁷ (caldeira, turbina e gerador).

A gaseificação é um processo de transformação termoquímica utilizado, principalmente pela indústria de cerâmica e de cimento, a qual sofreu evoluções no decorrer destas últimas décadas, inicialmente, com leito fixo, após surgiu com leito fluidizado e atualmente utiliza leito fluidizado circulante, cuja eficiência da produção de gás é aumentada consideravelmente.

A referida tecnologia apresenta ainda um avanço no tocante às emissões de poluentes ao meio ambiente, considerando que não são gerados alcatrões, fenóis, dioxinas e furanos ou demais compostos carbonosos que são craqueados no processo termoquímico em leito fluidizado circulante, ou seja, os compostos de carbono de cadeia longa são quebrados em moléculas mais simples.

A proposta prevê que a operacionalidade da planta seja automática e gerenciada por *software* específico que garante o perfeito desempenho da mesma, seja na continuidade de geração de gás, no poder calorífico do gás, como na confiabilidade da planta que pode trabalhar de maneira contínua por longos períodos.

O produto resultante do processo, denominado gás de síntese, poderá ser empregado diretamente nos secadores e nas caldeiras, como um combustível convencional. É possível também utilizá-lo em moto-geradores elétricos, produzindo, assim, energia elétrica para ser utilizada ou vendida.

Os processos implementados podem ser subdivididos em três etapas distintas: Etapa 01 produção de combustível derivado de resíduo (CDR), etapa 02 gaseificação do CDR e etapa 03 geração de energia.

⁷ O Ciclo Rankine é um ciclo termodinâmico que pode ser reversível, funciona convertendo calor em trabalho. O calor é fornecido à caldeira por uma fonte de calor externa, geralmente utilizando a água como fluido operante

4.3.1. Descrição das etapas dos processos

- **ETAPA 01 - Linha de Produção de CDR**

O projeto prevê a construção de 2 (duas) linhas independentes de processamento de CDR, cada uma com capacidade de processar 125 ton de resíduos por dia, a fim de processar aproximadamente 250 ton por dia (RSU + RCD + PODA +VARRIÇÃO DE VIAS + LIMPEZA URBANA) e de garantir a parada programada das linhas de processamentos para manutenção preventiva, considerando que os resíduos vão ser descarregados no silo da usina permanentemente.

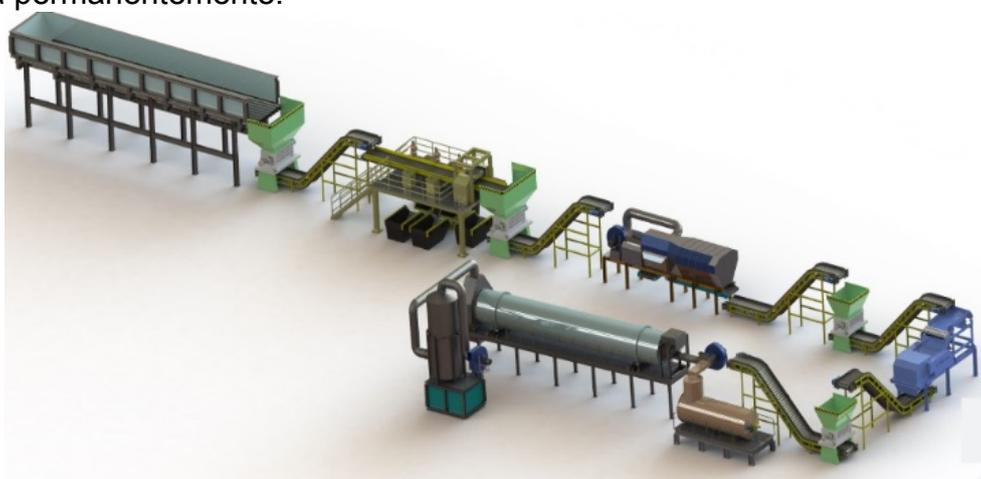


Figura 11– Linha de produção de CDR
Fonte: Carbogás Energias

Na etapa de produção de CDR, os resíduos são recebidos na usina com as mesmas características originais, ou seja, com granulometria de até 1.000 mm e umidade de aproximadamente de 50% e, sairá com granulometria de 25 mm e umidade de no máximo 15 %.

Segue abaixo a sequência percorrida pelo resíduo na linha de produção de CDR:

1º- O resíduo in natura, ainda ensacado, tal como recebido dos geradores domiciliares, são descarregados em um silo (Báia de Recebimento de Matéria Prima);

2º- o resíduo passa por um pré-triturador (Triturador Shredder Primário) e sofre a primeira cominuição;

3°- conduzido por esteira transportadora, o resíduo passa por uma peneira giratória e por um extrator magnético, responsável pela retirada dos materiais ferrosos da linha de produção;

4°- o resíduo é conduzido por esteira transportadora a um separador pneumático e na sequência é processado por um triturador Shredder secundário, responsável pela segunda cominuição;

5°- o resíduo passa por um separador de metais não ferrosos;

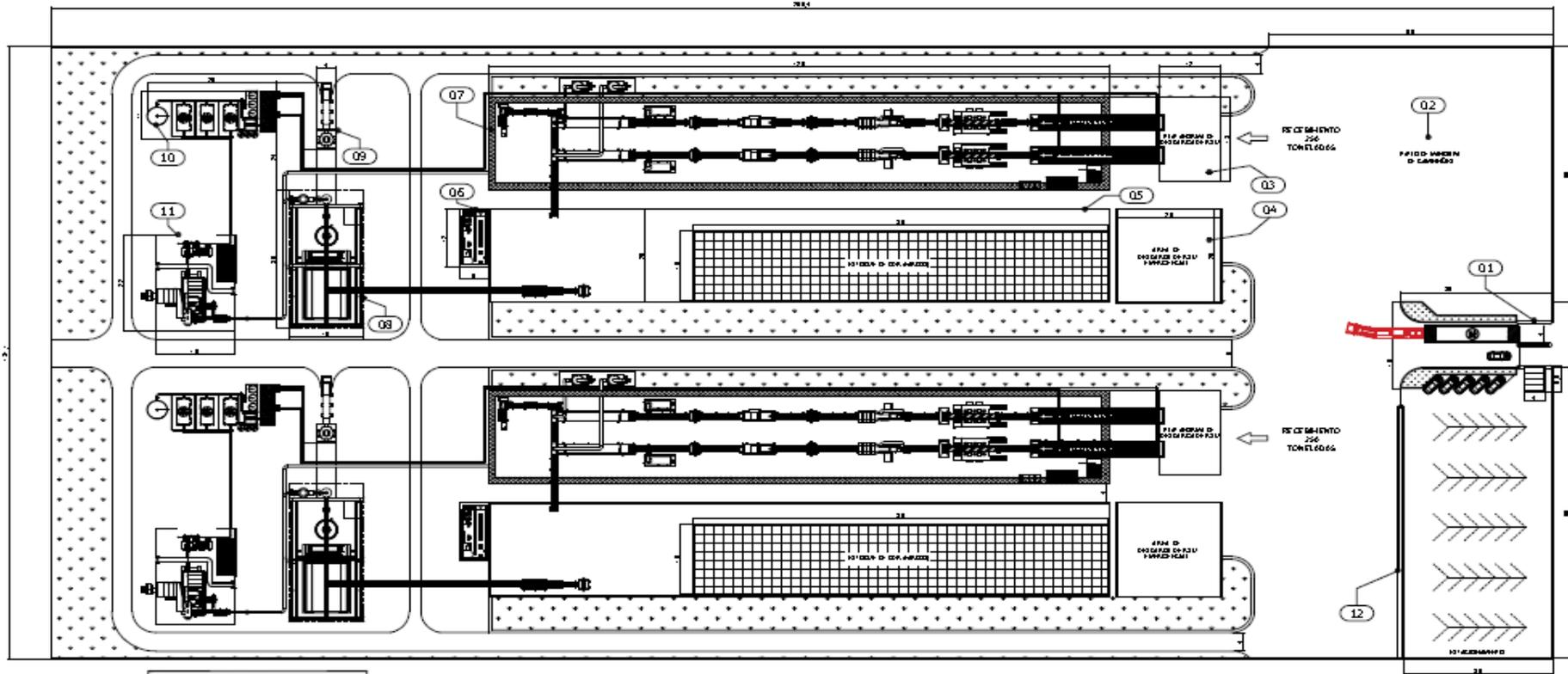
6° - é transportado por uma esteira e passa por um triturador terciário, e sofre a terceira cominuição;

7° - o resíduo é submetido a um separador dessimétrico;

8° - recebe o quarto abatimento granulométrico, após ser processado por um triturador quaternário;

9° - passa por processo de desumidificação no interior de secadores instalados na linha de produção;

10° - ao atingir o percentual de 15 % de umidade, o resíduo é enfardado e depositado na área de estocagem de CDR.



COMPONENTES DA PLANTA

Itens	Área construída (m ²)		
• 01 : PORTARIA	570 m ²	• 10 : SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA	275 m ²
• 02 : PÁTIO DE MANOBRA	3025 m ²	• 11 : CALDERIA + TURBINA	352 m ²
• 03 : PLATAFORMA DE DESCARGA	216 m ²	• 12 : ESTACIONAMENTO	1800 m ²
• 04 : ÁREA DE DESCARGA EMERGENCIAL	400 m ²	• ÁREA CONSTRUIDA POR MÓDULO 250 ton	6661 m ²
• 05 : GALPÃO DE ESTOQUE	2400 m ²	• ÁREA CONSTRUIDA TOTAL	18717 m ²
• 06 : SALA DE COMANDO	72 m ² (2 andares = 144 m ²)	• ÁREA TOTAL	38280 m ²
• 07 : GALPÃO LINHA DE CDR	2400 m ²		
• 08 : PRÉDIO GASEIFICADOR	450 m ²		
• 09 : SISTEMA DE LAVAGEM DOS GASES	96 m ²		

Figura 12-Layout da planta de gaseificação
 Fonte: Elaborado pela Carbogás Energia

O resíduo in natura é descarregado dos caminhões coletores diretamente na baía de recebimento de resíduo da usina e entra na linha de processamento, onde é submetido aos seguintes processos:

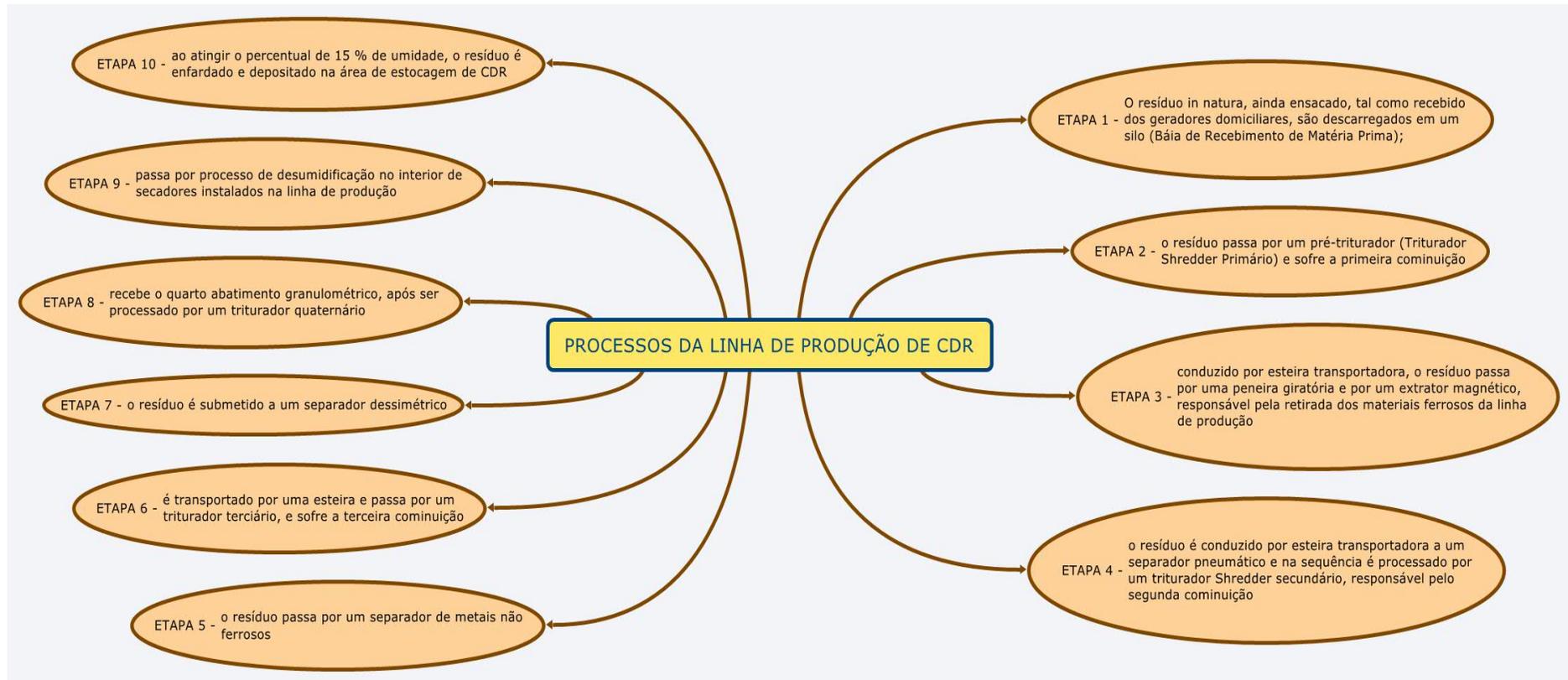


Figura 13- Etapas do processo de produção de CDR
Fonte: Elaborado pelo autor

- **ETAPA 02 - Gaseificação do CDR**

Nesta etapa do processo o CDR transita pelas válvulas alimentadoras do reator termoquímico, por meio de uma rosca sem fim. A sua dosagem no reator é controlada por “software”, que decifra as leituras dos instrumentos de medição online (termopares, transdutores de pressão e medidores de vazão) acoplados ao gaseificador, com a finalidade de regular a velocidade do giro do alimentador, aumentando ou reduzindo a dosagem de CDR a ser inserido no reator.

No interior do reator o CDR é submetido a altas temperaturas, aproximadamente 800°C, com total controle da dosagem de oxigênio no sistema, o que garante que substância altamente nocivas à saúde humana e poluidora do meio ambiente não seja formada no processo.

O fato de que o reator opera em leito fluidizado circulante, garante uma maior eficiência na produção de gás de síntese, uma vez que os compostos de carbono de cadeia longa são quebrados em moléculas mais simples, como por exemplo, o metano.

No fim do processo resulta o gás de síntese e aproximadamente 8% da massa de CDR de cinza inerte, que pode ser utilizada, por exemplo, na aplicação em subleito para pavimentação de vias.

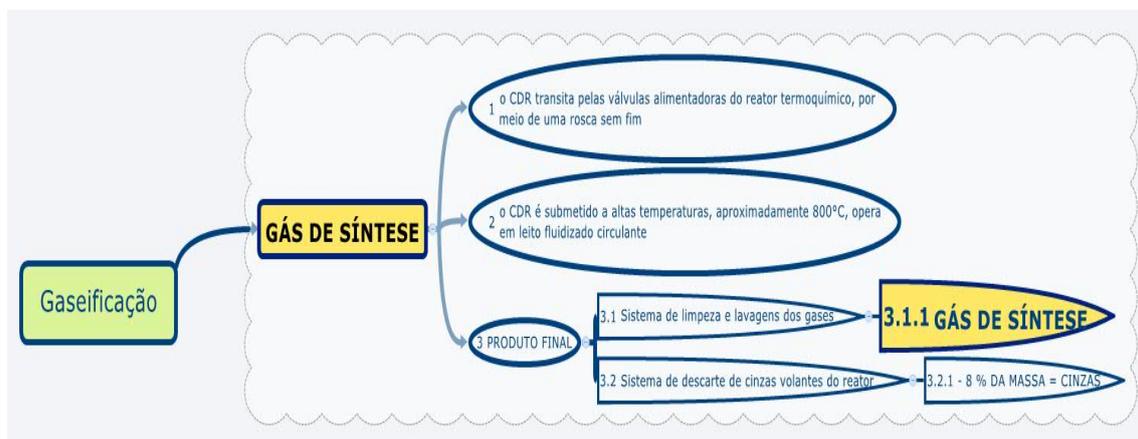


Figura 14 – Etapas do processo de Gaseificação do CDR
Fonte :Elaborado pelo autor com base nas informações da Carbogás Energia

- **ETAPA 03- Geração de energia elétrica**

O gás de síntese produzido na etapa anterior, será utilizado para produção de energia elétrica, que poderá ocorrer de duas formas, a partir de ciclo a vapor ou utilizando um motor com funcionamento a combustão interna,

o primeiro tem maior custo de implantação, se comparado com o segundo, todavia se verifica que o custo de manutenção de um motor a combustão interna é significativamente mais vultuoso, o que torna mais vantajosa o modelo com funcionamento a vapor.

A planta adequada para o município do Rio Grande deverá ter capacidade de processar no mínimo 10 toneladas de RSU por hora, garantindo aproximadamente a produção de 4 MW/hora de energia para exportação, através da geração a partir de um ciclo a vapor, já subtraída a demanda interna existente para o processo de produção.

Conforme publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) o consumo médio residencial na região sul apurado em julho de 2018 foi de 176,8 kWh, o que significa que a usina de gaseificação tem a capacidade de produzir energia suficiente para atender aproximadamente 16.289 residências, que corresponde a aproximadamente 18% demandados domicílios no município, ou seja, a cada seis residências uma poderá ser energizada com a energia produzida pela usina.

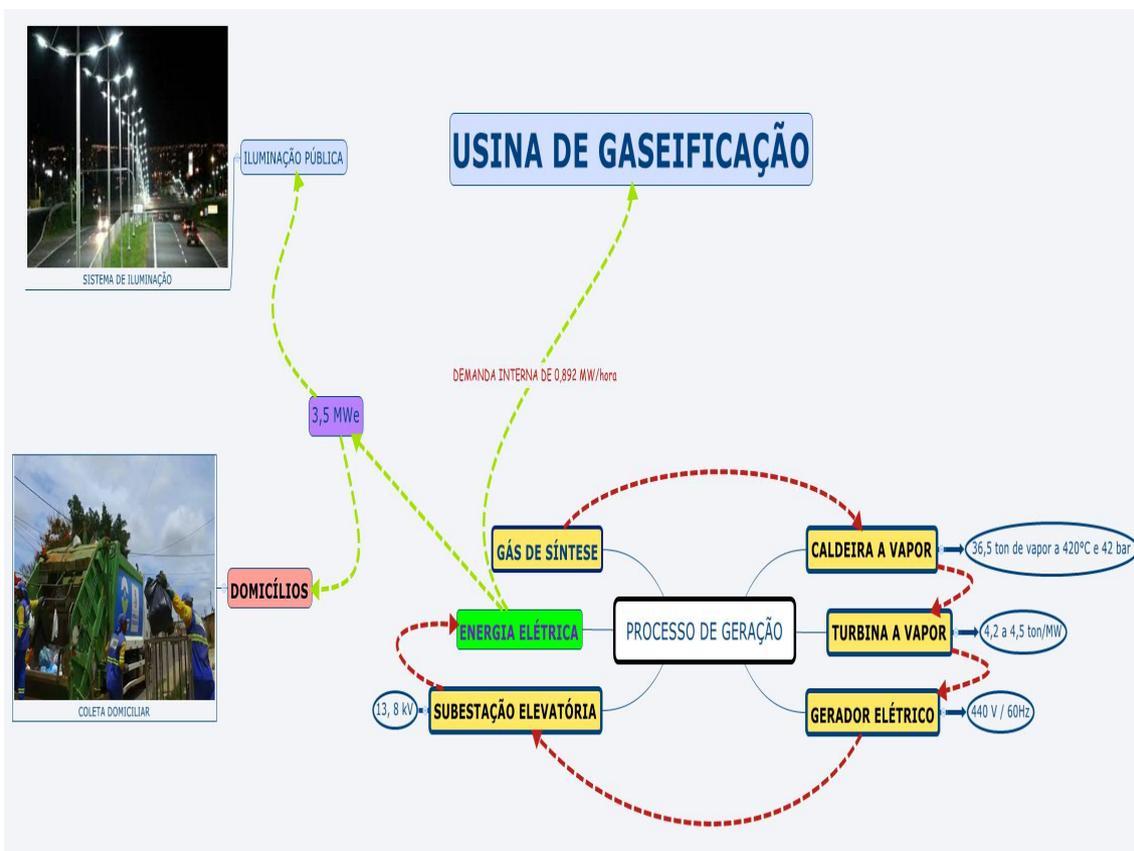


Figura 15 – Etapas do Processo de Geração de Energia
Fonte: elaborado pelo autor

5. VALOR PREVISTO

O custo estimado para a execução do projeto deverá ser de aproximadamente US\$20.408.496,90.

Abaixo a tabela 1 apresenta o cronograma de desembolsos (físico/financeiro) estabelecido para execução em 18 meses.

VALOR FINANCIAMENTO EM DOLLAR			\$	20.362.179,49
VALOR FINANCIAMENTO REAIS			R\$	75.747.307,70
MÊS	%	DESCRIÇÃO DA ETAPA	VALOR DESEMBOLSO	
0	1,00%	Assinatura do contrato	R\$	757.473,08
2	2,00%	Entrega projeto Básico	R\$	1.514.946,15
5	2,00%	Entrega Projeto Detalhado	R\$	1.514.946,15
7	15,00%	Início das fundações	R\$	11.362.096,16
8	15,00%	Entrega do equipamento	R\$	11.362.096,16
9	10,00%	Entrega do equipamento	R\$	7.574.730,77
9	5,00%	Entrega do equipamento	R\$	3.787.365,39
10	5,00%	Entrega do equipamento	R\$	3.787.365,39
11	5,00%	Entrega do equipamento	R\$	3.787.365,39
12	5,00%	Montagem	R\$	3.787.365,39
13	5,00%	Montagem	R\$	3.787.365,39
14	5,00%	Montagem	R\$	3.787.365,39
15	5,00%	Montagem	R\$	3.787.365,39
16	5,00%	Montagem	R\$	3.787.365,39
17	5,00%	Startup / treinamento	R\$	3.787.365,39
18	10,00%	Permecece	R\$	7.574.730,77

Obs: valor apurado com base na cotação do dollar em R\$ 3,72

Tabela 1– Cronograma de desembolsos

Fonte: Elaborado pelo autor com base no anti-projeto fornecido pela Carbogas Energias

6. SIMULAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA

Conforme a Portaria nº 65 do Ministério de Minas e Energia (MME), publicada no dia 28 de fevereiro, no Diário Oficial da União, as distribuidoras têm a opção de comprar energia diretamente de usinas enquadradas como Geração Distribuída (GD)⁸, sendo que a distribuidora interessada neste tipo de contratação realiza uma chamada pública junto aos geradores e o preço de repasse às tarifas dos consumidores é sempre limitado a valores de referências, estabelecidos por regulação, no caso do resíduos sólidos urbanos Valor Anual de Referência Específico (VRES) o valor foi estabelecido em R\$

⁸ Geradores com capacidade entre 75KW e 5 MW.

561,00/MWh, 37% acima do valor previsto na simulação de fluxo de caixa (tabela 2 e 3).

Quantidade de RSU a ser processada (ton)	Receita estimada energia produzida por MWe R\$	custo disposição final por ton R\$	Mwe/h	receita RSU R\$	Receita Energia R\$	saldo parcial R\$	capex (cotação do Dollar = R\$ 3,70) R\$	opex (R\$ 60,00/ton) R\$
250	350,00	99,00	3,55	5.227.200,00	10.875.102,00	16.102.302,00	75.340.064,11	5.475.000,00
Payback simples		7,09 anos						

Tabela 2 – Simulação de Fluxo de caixa e Payback Simples

ANO	RECEITAS		DESPESAS		RESULTADO FLUXO DE CAIXA	VP	SALDO	PAYBACK		TAXA DE RETORNO (TIR)	VP L
	ENERGIA	PREFEITURA	CDR					Nº ANOS	Nº MESES		
0	R\$ -	R\$ -	-R\$ 75.340.064,11		-R\$ 75.340.064,11	-R\$ 75.340.064,11	-R\$ 75.340.064,11				
1	R\$ 5.229.924,00	R\$ 2.637.360,00	R\$ 2.700.000,00		R\$ 5.167.284,00	R\$ 4.697.530,91	-R\$ 70.642.533,20				
2	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 8.540.965,29	-R\$ 62.101.567,91				
3	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 7.764.513,90	-R\$ 54.337.054,02				
4	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 7.058.649,00	-R\$ 47.278.405,02				
5	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 6.416.953,64	-R\$ 40.861.451,38				
6	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 5.833.594,21	-R\$ 35.027.857,17				
7	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 5.303.267,47	-R\$ 29.724.589,70				
8	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 4.821.152,24	-R\$ 24.903.437,45				
9	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 4.382.865,68	-R\$ 20.520.571,78				
10	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 3.984.423,34	-R\$ 16.536.148,44	15	4	11%	R\$ 7.946.408,16
11	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 3.622.203,04	-R\$ 12.913.945,40				
12	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 3.292.911,85	-R\$ 9.621.033,55				
13	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 2.993.556,23	-R\$ 6.627.477,32				
14	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 2.721.414,75	-R\$ 3.906.062,56				
15	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 2.474.013,41	-R\$ 1.432.049,15				
16	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 2.249.103,10	R\$ 817.053,95				
17	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 2.044.639,18	R\$ 2.861.693,14				
18	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 1.858.762,89	R\$ 4.720.456,03				
19	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 1.689.784,45	R\$ 6.410.240,48				
20	R\$ 10.459.848,00	R\$ 5.274.720,00	R\$ 5.400.000,00		R\$ 10.334.568,00	R\$ 1.536.167,68	R\$ 7.946.408,16				
OBS:	1- Valor recebido pela venda da energia					R\$ 350,00	/MWh				
	2- Desembolso existente para disposição final do RSU					R\$ 99,00	/ton				
	3 - Custo para produção do CDR					R\$ 60,00	/ton				
	4- Capacidade de produção de CDR ton/dia					250	/ton				
	5 - Quantidade de resíduo pago/mês para operadora					4440,00	/ton				
	6- Quantidade de energia produzida por mês					2707,00	/MWh/mês				

Tabela 3- Cálculo do payback descontado

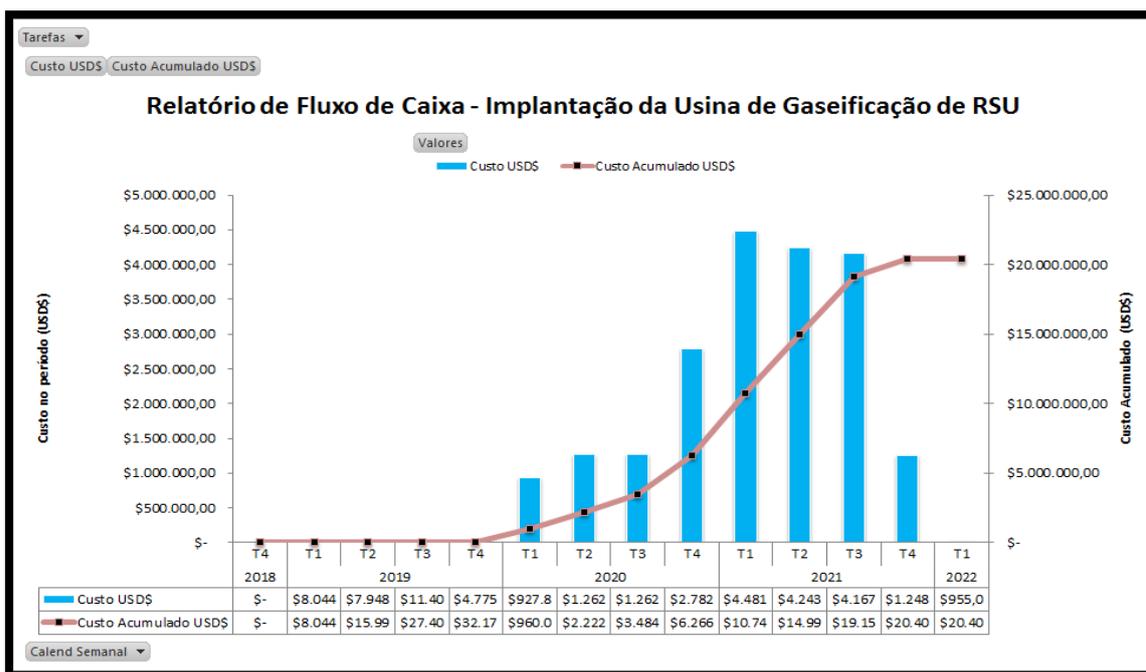


Figura 16- Fluxo de caixa com totais trimestrais e o acumulado no período
Fonte:Elaborado pelo autor

7. LOCALIZAÇÃO DO PLANO DE INTERVENÇÃO

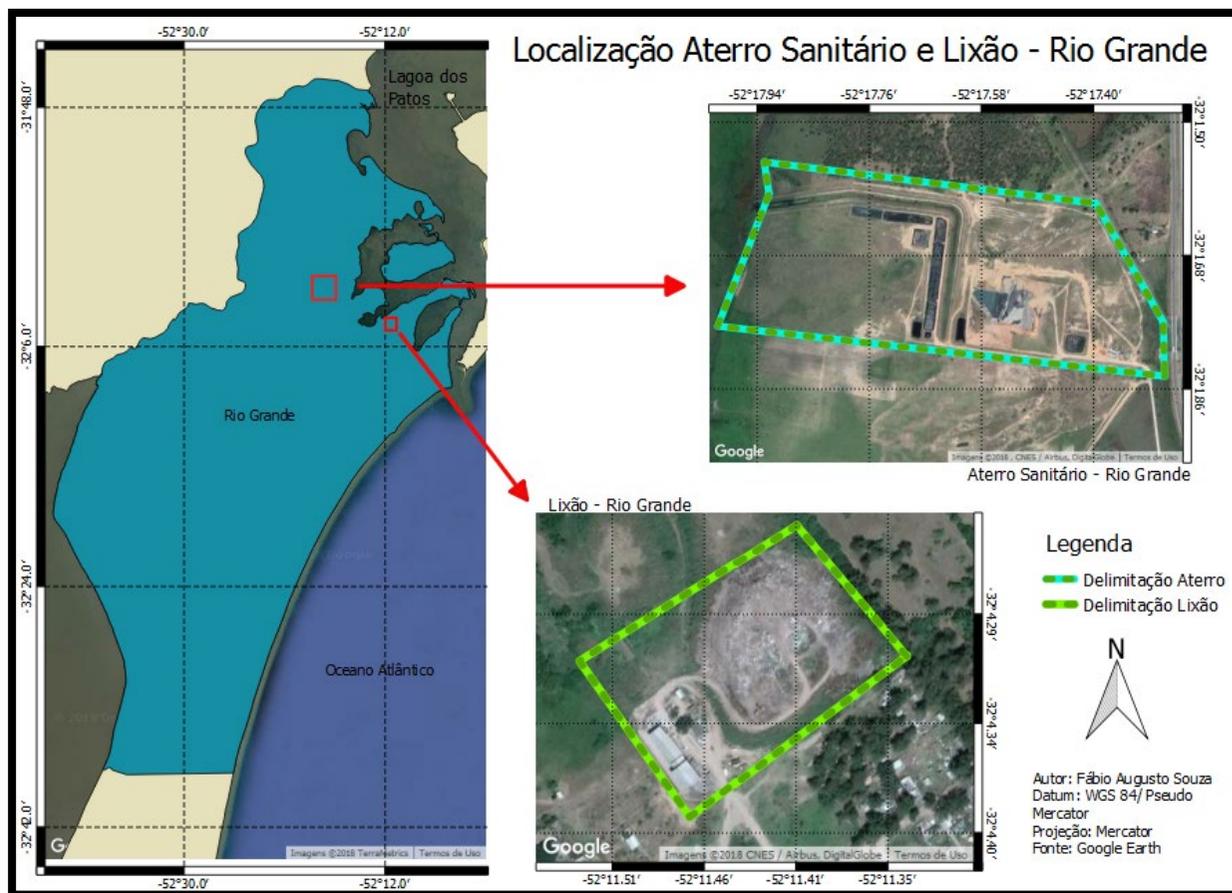


Figura 17 -Área do aterro sanitário da Quinta e Lixão/bota-fora
Fonte:Elaborado pelo autor

8. PÚBLICO-ALVO

O público alvo será a população do município do Rio Grande, que segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui no ano de 2018, 210.005 habitantes.

9. CRONOGRAMA FÍSICO DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

Nome da tarefa	Duração (dias)	Início	Término	Custo (\$USD)
PROJETO LIXO ZERO	821,25 dias	Ter 01/01/19	Qua 23/02/22	\$20.408.496,90
PLANEJAMENTO	227,25 dias	Ter 01/01/19	Qui 14/11/19	\$31.024,40
PROCEDER ESTUDOS PRELIMINARES	16,25 dias	Ter 01/01/19	Qua 23/01/19	\$1.923,00
ELABORAÇÃO DO PROJETO BÁSICO	60 dias	Seg 04/02/19	Seg 29/04/19	\$7.948,40
LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO	15 dias	Seg 04/02/19	Seg 25/02/19	\$1.923,00
PROJETO BÁSICO - ENGENHARIA CIVIL	45 dias	Seg 25/02/19	Seg 29/04/19	\$6.025,40
PROJETO PLANTA BAIXA	30 dias	Seg 25/02/19	Seg 08/04/19	\$3.846,00
PROTOCOLAR PEDIDO DE LICENÇA PARA OS BOMBEIROS	1 dia	Seg 08/04/19	Ter 09/04/19	\$256,40
PROJETO HIDROSANITÁRIA	15 dias	Seg 08/04/19	Seg 29/04/19	\$1.923,00
LICENÇAS AMBIENTAIS	66 dias	Seg 29/04/19	Ter 30/07/19	\$7.692,00
FEPAM (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE)	66 dias	Seg 29/04/19	Ter 30/07/19	\$7.692,00
CONSULTAR IPHAN	5 dias	Seg 29/04/19	Seg 06/05/19	\$0,00
ELABORAR EIA	35 dias	Seg 06/05/19	Seg 24/06/19	\$4.487,00
ESTRUTURAR INFORMAÇÕES DO EIA	5 dias	Seg 17/06/19	Seg 24/06/19	\$641,00
RIMA	25 dias	Seg 24/06/19	Seg 29/07/19	\$3.205,00
ESTRUTURAR INFORMAÇÕES DO RIMA	5 dias	Seg 22/07/19	Seg 29/07/19	\$641,00
PROTOCOLAR PEDIDO DE LP	1 dia	Seg 29/07/19	Ter 30/07/19	\$0,00
ELABORAÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO	65 dias	Ter 30/07/19	Ter 29/10/19	\$10.897,00
PROJETOS COMPLEMENTARES	65 dias	Ter 30/07/19	Ter 29/10/19	\$10.897,00
EXECUTAR SONDADEM DE SOLO	20 dias	Ter 30/07/19	Ter 27/08/19	\$2.564,00
PROJETO DE FUNDAÇÕES	20 dias	Ter 27/08/19	Ter 24/09/19	\$2.564,00
PROJETO ESTRUTURAL	20 dias	Ter 27/08/19	Ter 24/09/19	\$2.564,00
PROJETO SPDA	5 dias	Ter 24/09/19	Ter 01/10/19	\$641,00
ELABORAR PROJETO SPDA	5 dias	Ter 24/09/19	Ter 01/10/19	\$641,00
PROJETO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	5 dias	Ter 01/10/19	Ter 08/10/19	\$641,00
ELABORAR PROJETO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	5 dias	Ter 01/10/19	Ter 08/10/19	\$641,00
PROJETO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	5 dias	Ter 08/10/19	Ter 15/10/19	\$641,00
ELABORAR PROJETO MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	5 dias	Ter 08/10/19	Ter 15/10/19	\$641,00
PROJETO PCI	5 dias	Ter 15/10/19	Ter 22/10/19	\$641,00
ELABORAR PROJETO PPCI	5 dias	Ter 15/10/19	Ter 22/10/19	\$641,00
PROJETO ELÉTRICO	5 dias	Ter 22/10/19	Ter 29/10/19	\$641,00
ELABORAR PROJETO ELÉTRICO	5 dias	Ter 22/10/19	Ter 29/10/19	\$641,00
ELABORAR MEMORIAL DESCRITIVO	5 dias	Ter 29/10/19	Ter 05/11/19	\$641,00
ELABORAR CRONOGRAMA FÍSICO/FINANCEIRO	2 dias	Ter 05/11/19	Qui 07/11/19	\$256,40
ELABORAR PLANILHA ORÇAMENTÁRIA	5 dias	Qui 07/11/19	Qui 14/11/19	\$641,00
PROCESSO LICITATÓRIO	54 dias	Qui 14/11/19	Qua 29/01/20	\$1.794,80
FASE INTERNA	9 dias	Qui 14/11/19	Qua 27/11/19	\$1.153,80
ELABORAR TERMO DE REFERÊNCIA	7 dias	Qui 14/11/19	Seg 25/11/19	\$897,40
ELABORAR DO ATO CONVOCATÓRIO	2 dias	Seg 25/11/19	Qua 27/11/19	\$256,40
FASE EXTERNA	45 dias	Qua 27/11/19	Qua 29/01/20	\$641,00
PUBLICAR	35 dias	Qua 27/11/19	Qua 15/01/20	\$0,00
AVALIAR IMPUGNAÇÕES	5 dias	Qua 15/01/20	Qua 22/01/20	\$0,00
HABILITAR	2 dias	Qua 22/01/20	Sex 24/01/20	\$256,40
RECEBER PROPOSTAS	1 dia	Sex 24/01/20	Seg 27/01/20	\$128,20
ADJUDICAR	1 dia	Seg 27/01/20	Ter 28/01/20	\$128,20
EMITIR OIS - ORDEM DE INÍCIO DE SERVIÇO	1 dia	Ter 28/01/20	Qua 29/01/20	\$128,20
EXECUÇÃO DO PROJETO	540 dias	Qua 29/01/20	Qua 23/02/22	\$20.375.677,70
OBRA CIVIL	210 dias	Qua 29/01/20	Qua 18/11/20	\$4.072.431,30
FABRICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	120 dias	Qua 18/11/20	Qua 05/05/21	\$8.144.870,40
MONTAGEM	80 dias	Qua 05/05/21	Qua 25/08/21	\$5.090.223,00
STARUP/ TREINAMENTO	20 dias	Qua 25/08/21	Qua 22/09/21	\$1.018.102,40
MONITORAMENTO	540 dias	Qua 29/01/20	Qua 23/02/22	\$13.845,60
FISCALIZAÇÃO DA OBRA	540 dias	Qua 29/01/20	Qua 23/02/22	\$13.845,60
EMITIR TERMO DE RECEBIMENTO E REBER TERMO DE GARANTIA	5 dias	Qua 16/02/22	Qua 23/02/22	\$128,20
PERFORMANCE	20 dias	Qua 22/09/21	Qua 20/10/21	\$2.036.205,00

Tabela 4 –Cronograma físico do projeto

10.ESCOPO DO PROJETO

10.1. Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

Entrega	Descrição da entrega
Diagnóstico	Serão verificadas todas as componentes que interferem direta e indiretamente, a fim de se obter um diagnóstico da situação atual;
Estudos preliminares	Serão verificadas as áreas disponíveis para abrigar o empreendimento, bem como será escolhida por um colegiado a melhor alternativa levando em conta diversos aspectos;
Elaboração de projeto básico	Será realizada na área escolhida o levantamento planialtimétrico, necessário para planejamento da construção da planta, bem como para solicitação de licença ambiental;
Projeto executivo	Nesta fase pressupõe-se que a licença prévia foi emitida e, portanto, os projetos complementares poderão ser elaborados;
Processo licitatório	Com base na documentação produzida na fase anterior é elaborado o termo de referência para contratação do objeto
Execução do projeto	Após homologação do resultado e assinada pelas partes a ois será dado início a execução da obra civil do objeto
Fabricação e montagem de equipamentos	Da metade para o fim do cronograma de execução da obra civil será dado início a fabricação dos equipamentos necessários para o funcionamento do objeto
Performance	Após o <i>start up</i> será necessário o monitoramento do funcionamento do objeto e avaliação do seu desempenho

Tabela 5 – Dicionário de dados da Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

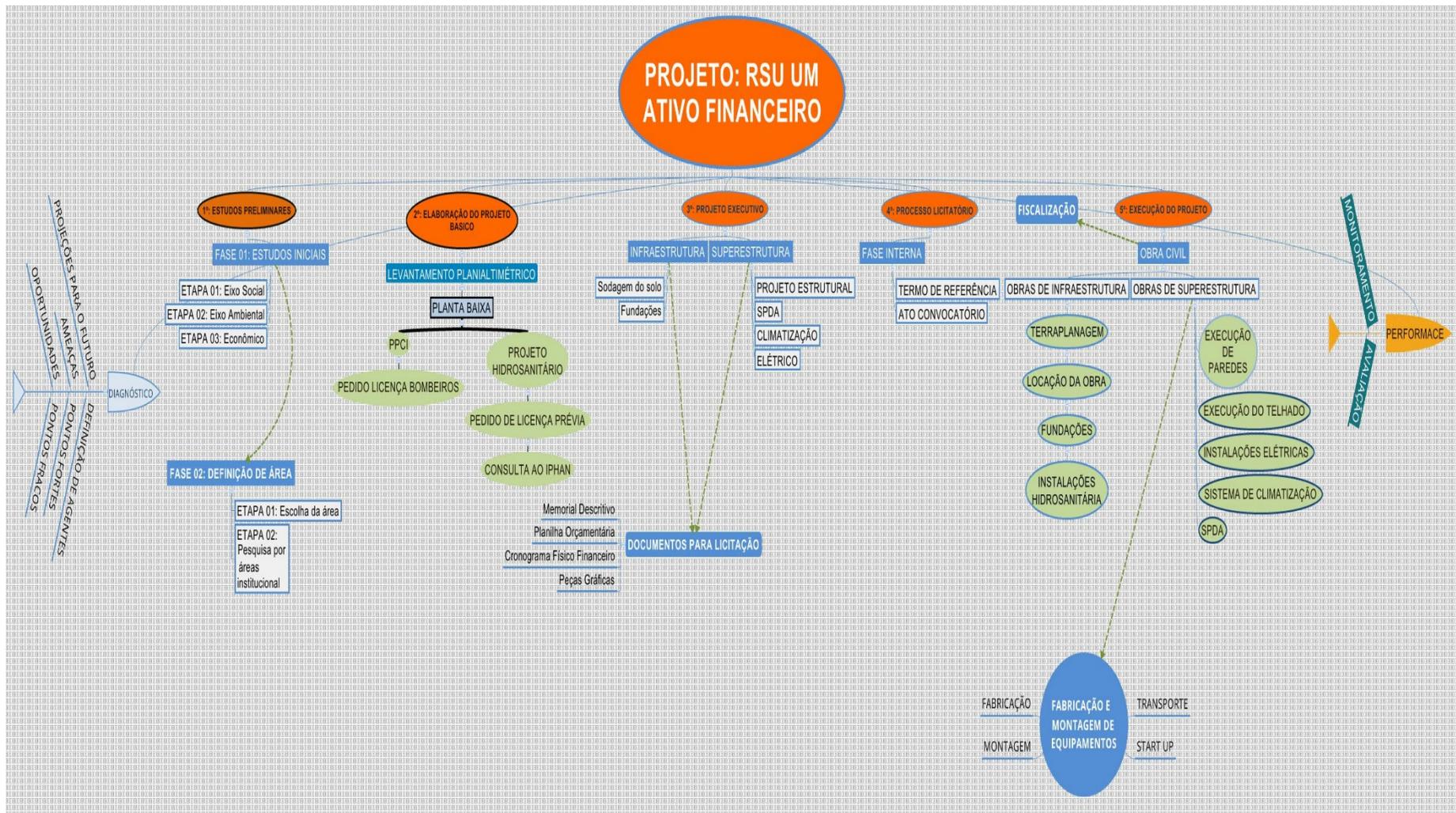


Figura 18– Estrutura Analítica do Projeto
 Fonte:Elaborado pelo autor

10.2. Estrutura de gestão e principais atores

A estrutura de gestão para o funcionamento da usina de gaseificação foi dividida em três setores, administrativo/financeiro, processamento de resíduos (CDR) e produção de gás e energia.

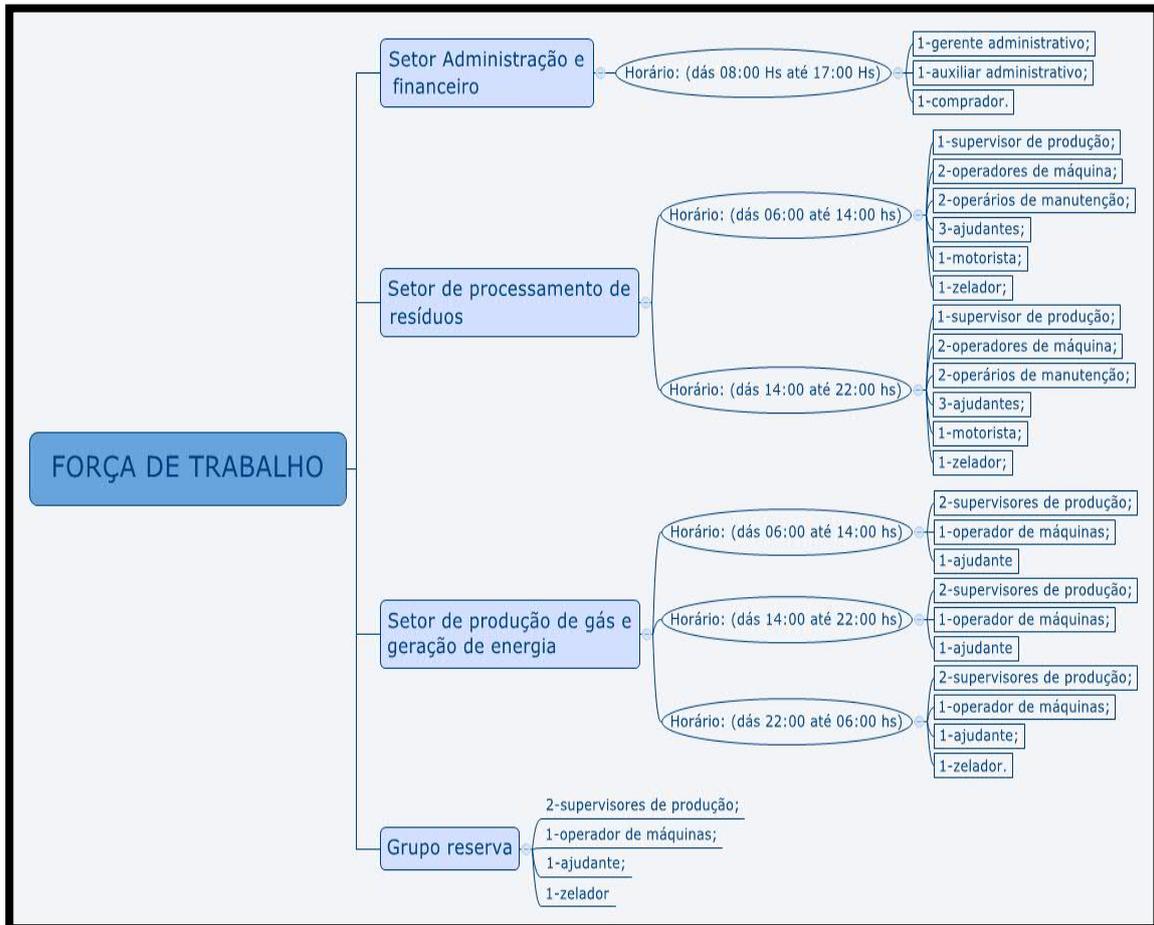


Figura 19- Força de trabalho demandada para operação da usina de Gaseificação
 Fonte:Elaborado pelo autor com base na proposta comercial da Carbogás Energia

O setor administrativo foi planejado para funcionamento em um único turno com intervalo para almoço no meio da jornada, já o setor de processamento de resíduos deverá ser operado por duas equipes de colaboradores (figura 17) em dois turnos de oito horas corridas também com intervalo para almoço no meio da jornada e o Setor de produção de gás e geração de energia funcionará em três turnos ininterruptos de oito horas corridas, visto que a produção de gás e geração de energia não poderá ser interrompida.

Para a implantação do projeto foram estimados os tempos demandados em horas para cada tipo de pacote de tarefa (figura 18), conforme mencionada na EAP.

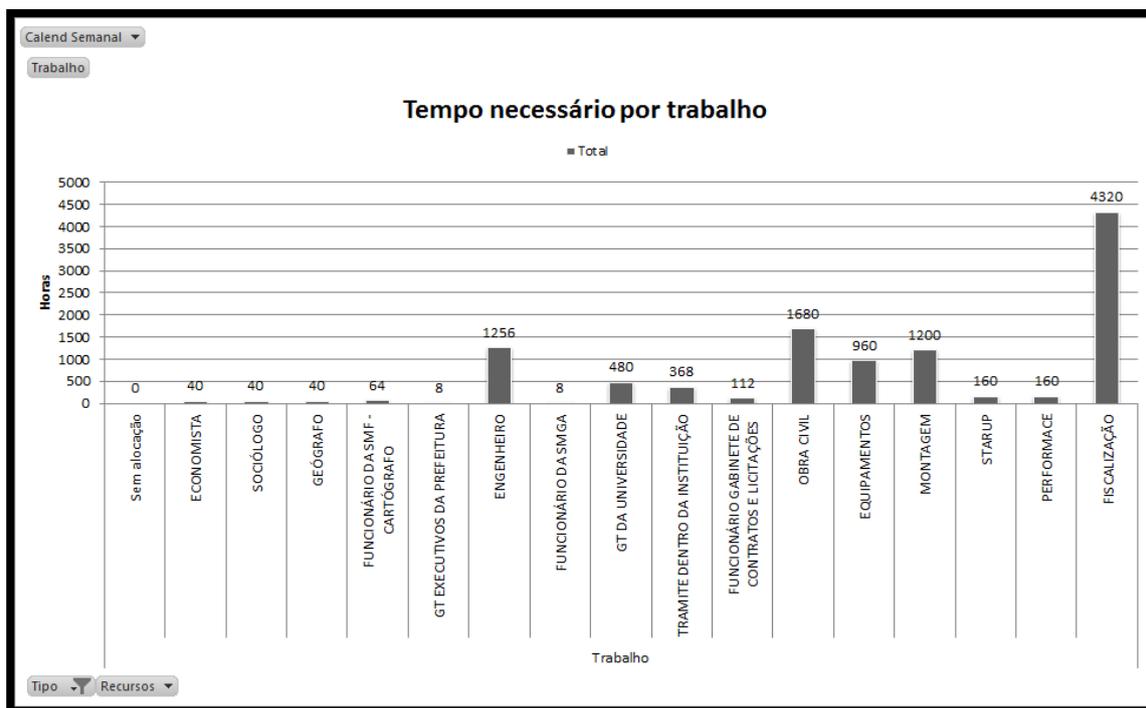


Figura 20– Força de trabalho para execução do projeto de construção da usina.
Fonte – Elaborado pelo autor

10.3. Não escopo do projeto

- Estruturação das cooperativas de catadores;
- Ampliação da frota de veículos da coleta seletiva;
- Aquisição de equipamentos para retirada do material disposto no lixão desativado.

10.4. Premissas

- A usina produzirá no mínimo 4 MW/hora;
- Não haverá emissão de substâncias causadoras de poluição ao meio ambiente;
- O custo operacional para produzir 1 (uma) tonelada de CDR (combustível derivado de resíduo) será de R\$ 60,00;
- A usina terá um consumo de no máximo 5 m³/hora de água;
- A receita oriunda da venda da energia exportada deverá ser de no mínimo R\$ 350,00 por MW.

10.5. Restrições

- Licenciamento ambiental
- Aprovação da proposta para financiamento do projeto

10.6. Riscos

- Se a gravimetria do RSU a ser realizada, indicar uma diferença muito substancial em relação a composição hipotética adotada;
- Se o processo de licenciamento não ocorrer dentro dos prazos previsto no cronograma de execução;
- Se o acesso a futura usina for interrompido por períodos extensos;
- Se houver uma variação cambial de forma que comprometa a previsão orçamentária inicialmente prevista;

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disposição final do RSU em aterro sanitário não pode ser considerada a melhor alternativa para Rio Grande, município localizado em um ecossistema costeiro, extremamente frágil e sobre terrenos muito permeáveis. A possibilidade de promover a valorização do RSU, tanto por meio da reciclagem, quanto pela conversão em energia elétrica, sinaliza como uma solução econômica, ambientalmente sustentável e vantajosa para o município.

Neste cenário, a implantação de uma central de valorização do RSU com a recuperação energética, não só geraria receita aos caixas municipais, como também reduziria o passivo ambiental gerado pela disposição em aterros e, auxiliaria nas ações necessárias para remediar a área do antigo lixão desativado desde o fim de 2009, isto porque os resíduos lá depositados no passado poderiam ser processados em uma mistura na proporção meio a meio com aquele resíduo coletado diariamente nos domicílios.

Das tecnologias disponíveis, aqui apresentadas, a gaseificação em leito fluidizado circulante se mostra mais adequada, tanto no que diz respeito ao controle de emissão de poluentes quanto ao resultado financeiro previsto.

Os altos custos de implantação e operação de uma usina de incineração *in natura* faz com que ela se torne a menos adequada para a realidade de Rio Grande, que necessita processar apenas dez toneladas de RSU por hora. Parte do controle da emissão de poluentes, no processo de incineração *in natura*, é feita por meio de reagentes químicos, o que exponencializa substancialmente o custo do processo, além de provocar o desgaste prematuro dos seus componentes, uma vez que são expostos a uma infinidade de elementos, que provocam a corrosão potencializada pelas elevadas temperaturas a que são submetidos.

O outro tratamento investigado foi a pirólise, que no tocante a realidade quantitativa de Rio Grande é compatível, porém os ensaios de eficiência, não demonstram ser a melhor relação quantidade de energia produzida e de resíduo processado. A gaseificação com leito fluidizado circulante é capaz de produzir cerca de 0,8 MWe/ton de resíduo processado, já a pirólise lenta em tambor giratório produz aproximadamente 0,5 MWe/ton de resíduo processado.

O processo de geração de energia através do ciclo Rankine, apesar de possuir um custo de implantação maior, se comparado com os motores com funcionamento a explosão interna, devido a sua baixa complexidade de funcionamento, não requer gastos de grande monta para sua manutenção. Outro aspecto de extrema relevância é o tipo de reator termoquímico, que no caso da pirólise lenta, ocorre no interior de um tambor metálico que gira durante o processo, já a gaseificação em leito fluidizado circulante as reações ocorrem em um forno em formato de torre, revestido por material refratário, onde o resíduo circula por ação de sopradores potentes, o que o torna a alternativa mais vantajosa, devido ao baixo custo de manutenção.

Qualquer que sejam a opção adotada, que promova o reaproveitamento energético do RSU, verifica-se uma alta complexidade técnica para operação e manutenção. O ente público, no caso a prefeitura, não dispõe no seu quadro funcional, colaboradores com conhecimento técnico para operar um equipamento desta natureza.

Sendo assim, mesmo que a descontinuidade possa ser indesejável, principalmente se tratando de um investimento desta magnitude, ela é um dos pressupostos básicos da alternância de poder, que o regime democrático requer. Desta forma, é recomendado que a administração municipal, a fim de evitar o fracasso do objeto, estabeleça uma parceria com ente privado, para operar e manter os processos de gaseificação e geração de energia, ficando apenas com a etapa de produção de CDR.

Nesta perspectiva, para garantir que o objeto funcione, em sua plenitude, por um período mínimo de 35 anos, uma parceria público-privada, na modalidade de concessão patrocinada⁹, poderia assegurar o desenvolvimento das atividades ditas complexas. Nesta parceria, o município caberia apenas a realização da 1ª etapa dos processos já elencados, produção de CDR, ficando as demais a cargo do ente privado.

⁹Concessão Patrocinada é a modalidade de concessão na qual o ente público se responsabiliza pelo equilíbrio da equação econômica-financeira do objeto da concessão.

12. Referências Bibliográficas

- ABNT, NBR. 10004: 2004. Resíduos sólidos: Classificação. Associação Brasileira de Normas, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos. ABNT, 2004.
- BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. Geotecnia ambiental. Oficina de Textos, 2008.
- CARVALHAES, Vinícius. Análise do potencial energético de resíduo sólido urbano para conversão em processos termoquímicos de gaseificação. 2013. xviii, 99 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas)— Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- MARCHEZETTI, Ana Lúcia; KAVISKI, Eloy; BRAGA, Maria Cristina Borba. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. *Ambiente Construído*, v. 11, n. 2, p. 173-187,
- SCHIANETZ, Bojan. Passivos ambientais: levantamento histórico-avaliação da periculosidade-ações de recuperação. **In:** Passivos ambientais: levantamento histórico-avaliação da periculosidade-ações de recuperação. Senai, 1999.
- TÉCNICAS, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS. NBR 10006: Solubilização de resíduos: procedimento. Rio de Janeiro, 1987.