

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS – UNIGOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO PRESENCIAL – PROEP  
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA - SAPC  
CURSO DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DENTRO DO PROCESSO DE  
INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS

ADRIANO FERREIRA DOS SANTOS  
HADASSA SERAFIM E SILVA  
ORIENTADORA: M<sup>a</sup> MARISA COSTA AMARAL

GOIÂNIA  
JUNHO/2021

ADRIANO FERREIRA DOS SANTOS  
HADASSA SERAFIM E SILVA

COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DENTRO DO PROCESSO DE  
INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS

Artigo Científico apresentado ao Centro  
Universitário de Goiás - UNIGOIÁS sob  
orientação da Profa. M<sup>a</sup> Marisa Costa  
Amaral, como requisito parcial para  
obtenção do título de Tecnólogo em  
Gestão Ambiental.

GOIÂNIA  
JUNHO/2021

**ATA DE NOTA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Certificamos que no dia 10 de junho de 2021, os discentes Adriano Ferreira dos Santos e Hadassa Serafim e Silva, apresentaram o trabalho intitulado Cogeração de Energia Elétrica Dentro do Processo de Incineração de Resíduos, à banca examinadora composta pela Professora e orientadora M<sup>ª</sup> Marisa Costa Amaral, pela coordenadora, professora e membra da banca M<sup>ª</sup> Regina de Amorim Romachelli, e pelo professor e membro Danilo Francisco da Cunha,

O trabalho atendeu satisfatoriamente a avaliação da banca, que levou em consideração aspectos quanto à: estrutura, abrangência temática, conteúdo e perspectivas metodológicas, teóricas e críticas e apresentação oral. Em reunião secreta, a banca examinadora decidiu pela aprovação do trabalho.

Professores/as Avaliadores/as	Nota Atribuída
Prof.ª M <sup>ª</sup> Marisa Costa Amaral (orientadora)	
Prof.ª M <sup>ª</sup> Regina de Amorim Romachelli	
Prof. Esp. Danilo Francisco da Cunha	
Média Final	



Adriano Ferreira dos Santo  
Discente



Hadassa Serafim e Silva  
Discente

Prof.ª M<sup>ª</sup> Marisa Costa Amaral  
Orientadora

Prof.ª M<sup>ª</sup> Regina de Amorim  
Romachelli  
Coordenadora/Membro

Prof. Esp. Danilo Francisco daCunha  
Membro

## COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DENTRO DO PROCESSO DE INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS

**Resumo:** O presente trabalho tem o objetivo de sugerir um modelo de cogeração de energia elétrica dentro do processo de incineração através de revisão bibliográfica e visita técnica *in loco* para análise de documentos pertinentes ao processo de incineração. A incineração de resíduos é um tratamento térmico que reduz volume e massa do volume original e a Lei 12.305 de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece diretrizes que organiza e exige transparência dos setores privados e públicos sobre o gerenciamento de seus resíduos. Já a cogeração de energia é definida por um processo de produção que combina calor e eletricidade proveniente dos combustíveis utilizados no processo. A abordagem é caracterizada como qualitativa, pois as informações obtidas não são quantificáveis e a pesquisa é classificada como exploratória, pois o estudo visa modificar o ambiente existente com base no levantamento bibliográfico e observações diretas. Pelo estágio que a empresa se encontra, serão necessárias mudanças estruturais para a implantação do modelo sugerido de cogeração de energia elétrica que a instalação de turbina a vapor, utilizando o ciclo Rankine do tipo bottoming, pois dependem de investimentos. Conclui-se que o modelo sugerido é viável e possuem diversas vantagens significativas.

**Palavras-chave:** Meio ambiente. Turbinas a vapor. Ciclos termodinâmicos. Tipos bottoming e topping.

## 1 INTRODUÇÃO

A incineração é um tratamento térmico em altas temperaturas, levando à redução de volume e massa entre 85 e 90% do volume original. Reduz possíveis características perigosas dos resíduos, podendo ainda considerar um processo de reciclagem energética contida nos resíduos, liberando na queima e reaproveitando em outros processos (SANTOS, 2011).

De acordo com a NBR 10.004/2004 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas classifica os resíduos sólidos de acordo com os potenciais à saúde e ao meio ambiente. Subdivide-se em “não inertes” e “inertes” e classifica-os em perigosos e não perigosos. (ABNT, 2004).

Para Henriques (2004) a responsabilidade da sociedade quanto à suposição de alternativas que causam menos impacto ao meio ambiente, mostra a necessidade de pesquisa de novas técnicas e tecnologias sobre disposição de rejeitos. Mavropoulos (2010) visa à empregabilidade da tecnologia de incineração como solução aos problemas ambientais associados ao destino final dos resíduos sólidos urbanos.

Após mais de 20 anos de tramitação no Congresso Nacional, no ano de 2010 foi aprovada a Lei 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, visando modificar um cenário prejudicado com seus efeitos adversos ao meio ambiente (BRASIL, 2010). A prioridade é somar esforços ao setor público para a diminuição de geração de resíduos, logística reversa, geração de empregos e renda, tratamento correto dos materiais e aproveitamento de subprodutos para geração de energia (PNUD, 2010).

No Brasil a maioria da energia produzida é proveniente de hidroelétricas e estas causam um grande impacto ambiental, já a cogeração de energia é definida pela produção compatível entre as energias elétrica e a térmica e que ambas se destinam ao consumo (BASQUEROTTO, 2010).

Nos últimos anos é crescente a conscientização da sociedade e dos gestores públicos em relação a preservação ambiental. Acompanhando isso, tem sido criado novas legislações e outros dispositivos legais, com diretrizes e obrigações que vão ao encontro do desenvolvimento sustentável.

Este estudo tem como objetivo sugerir um modelo viável de cogeração de energia elétrica dentro do processo de incineração de resíduos através de revisão

bibliográfica, leis pertinentes e visita *in loco* na empresa com intuito de explorar este campo que vem cada vez mais ganhando espaço e discussões.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada em uma empresa do ramo de coleta, transporte, tratamento e destinação de resíduos perigosos e não perigosos, localizada na cidade de Anápolis em Goiás. Fundada em 2007, a empresa iniciava suas atividades e seu pioneirismo na região, proporcionando incalculáveis benefícios ao longo desses anos, contribuindo com meio ambiente.

Para desenvolvimento desta pesquisa foi realizada primeiramente um levantamento de revisão bibliográfica entre os meses de março e abril de 2021, com intuito de buscar entendimento sobre os assuntos que serão abordados como: processo de incineração, cogeração de energia e suas tecnologias viáveis aplicadas nesses processos. E posteriormente, dentro do mês de abril de 2021 foi realizada uma pesquisa aplicada com escopo de gerar conhecimento aliando a prática e soluções de problemas visto que o estudo foi baseado em observação direta *in loco* por meio de visita técnica e análise de documentos referentes ao processo de incineração de resíduos da empresa. Como as informações não são quantificáveis, a pesquisa é classificada como exploratória, com base no levantamento bibliográfico, de leis pertinentes e observação direta.

A visita *in loco* na empresa teve a finalidade de identificar e levantar documentações pertinentes como licença ambiental e suas condicionantes, procedimento operacional sobre o processo de incineração, indicadores de desempenho referente ao ano de 2020, políticas, missão e visão da empresa, dentre outros assuntos pertinentes para se sugerir um modelo viável de cogeração de energia elétrica para a empresa. Essa visita foi acompanhada pela responsável técnica da empresa e a analista de sistema de gestão da qualidade no dia 09 de abril de 2021.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

Conforme Shinotsuka e Nakagama (2014), o processo de incineração de resíduos é um método de processamento utilizado desde o início do século e durante décadas tem sido amplamente utilizado e com isso as tecnologias estão se

modernizando e se desenvolvendo com o intuito de melhorar os rendimentos de processo em termos de eficiência na queima e geração de energia, redução das emissões gasosas na atmosfera.

A incineração de resíduos pode ser praticada de forma simples sem a recuperação energética, chamada de incineração dedicada, porém, se considerarmos uma busca de novas alternativas para tratamento de resíduos sólidos e a procura sobre novas fontes de energia renovável se mostra muito promissora a incineração de resíduos, pois se trata de formas de destinação de resíduos sólidos que ao final do processo pode gerar como produtos energia elétrica ou térmica (SANTOS apud WINTER, 2011).

Quando buscamos a definição de “resíduo”, ele nos sugere um subproduto de um processo no qual não tem finalidade ou valor determinado para uma instituição ou população, não necessariamente um resíduo se torna inútil ou sem valor já que depende da função o qual resolvemos utilizá-lo, e esta é uma vantagem se utilizarmos para gerar energia (LEME,2010).

Segundo Winter (2011, p. 15) a não existência do uso correto no tratamento dos resíduos sólidos pode:

[...] gerar diversos e sérios problemas à sociedade e ao meio ambiente, como poluição atmosférica, odores e gases nocivos, poluição hídrica, contaminação do solo, desvalorização imobiliária das áreas próximas a locais de disposição de resíduos e proliferação de doenças através de vetores associados aos resíduos sólidos. A presença dos resíduos sólidos municipais nas áreas urbanas é muito significativa, gerando problemas de ordem estética, de saúde pública, pelo acesso a vetores e animais domésticos, obstruindo rios, canais e redes de drenagem urbana, provocando inundações e potencializando epidemias e que o lixo urbano é considerado uma grave ameaça à qualidade de vida das populações, além do prejuízo, de caráter socioeconômico, derivado do atual sistema de gestão dos resíduos sólidos municipais.

A energia gerada pelo tratamento dos resíduos sólidos principalmente urbanos vem se tornando cada vez mais atraente e viável, sendo que uma vez o uso da biomassa e de outras fontes renováveis pode reduzir o consumo de combustíveis fósseis, causando menos impactos ambientais e contribuindo com a matriz energética mais sustentável (PECORA et al., 2013).

Para Caixeta (2005) a educação ambiental pode promover mudanças de comportamentos na população, agregando valores de cidadania, consciência

ambiental e inserção dos catadores, e dentro desse contexto, acredita-se que os projetos de incineração como alternativa de tratamento térmico e aproveitamento de energia devem estar associados a um programa de gerenciamento socialmente integrado que contemple a coleta seletiva, os 3Rs (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) e a educação ambiental.

A maior contribuição com a implantação de projetos de recuperação de energia a partir dos resíduos sólidos urbanos, quando se trata de sustentabilidade ambiental está associada ao esforço global no controle a mudanças climáticas e Pavan (2010, p. 143) destaca:

[...] os sistemas que geram quantidades importantes de oportunidades de emprego, são mais susceptíveis à aceitação da população local. Outra contribuição importante que a implantação de sistemas desta categoria traz é o exercício de atividade econômica relacionada ao manejo de resíduos sólidos e incentivada por meio da implantação ou ampliação de um sistema de coleta seletiva maduro, que envolva a agregação de valor aos materiais, o que pode (e deve) ocorrer quando a implantação de ambos os sistemas.

Observa-se que a falta de confiabilidade de dados fornecidos pelas prefeituras e da capacitação dos quadros técnicos das mesmas, dificultam muito o gerenciamento adequado, assim como a falta de financiamento de programas e projetos com intuito de minimizar os impactos ambientais e na saúde (MARANHO, 2008).

De acordo com os estudos da IEA Bioenergy (2005), existe a possibilidade de geração distribuída por fontes de energia renováveis para obter renda adicional por meio de venda de crédito de carbono. De acordo com as regras estabelecidas pelo protocolo de Quioto, existe o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que são projetos implantados em vários países em desenvolvimento que resultam em reduções adicionais de CO<sub>2</sub> e recebem certificados, também conhecidos como crédito de carbono, sendo estas vendidas a países desenvolvidos e utilizadas para cumprir suas metas de redução ambiental.

O processo de incineração é uma técnica pouco utilizada no Brasil e pode-se dizer que está basicamente restrita a uma parte dos resíduos hospitalares, a embalagens de agrotóxicos e certos resíduos industriais perigosos (WINTER, 2011).

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Uma das grandes vantagens do processo de incineração de resíduos a altas temperaturas é a caracterização dos processos por calor como forma de recuperar, separar ou neutralizar determinadas substâncias, reduzir volume ou produzir energia (FEAM, 2012).

Usando revisão bibliográfica e leis pertinentes ao processo de incineração de resíduos sólidos, ficam aqui registradas algumas sugestões de ciclos e estruturas para cogeração de energia elétrica viável a empresa de estudo desse artigo.

Em visita realizada na empresa no dia 09 de abril de 2021 foi observado que a estrutura da empresa consiste em dois fornos rotativos, sendo um com capacidade de até 700 kg/ hora de resíduos e outro com até 1200 kg/hora de resíduos. Os indicadores de desempenho do ano de 2020 mostram que foram queimados 5.674.872 kg de resíduos sólidos sendo industrial, de saúde e químico. Foram gerados ao final do processo 1.827.960 kg de cinzas destinadas em aterro sanitário no município de Anápolis em Goiás. Importante destacar o tempo de funcionamento dos fornos que foram de 6.818 horas/ano.

Para o processo de incineração é necessário realizar a blend e este processo nada mais é que a mistura de resíduos compatíveis e diferentes com poder calorífico diferentes para se manter a temperatura ideal do forno e assim se obter a total descaracterização dos resíduos, este processo acaba barateando o custo de produção e dando o correto descarte aos resíduos de acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

Para o processo de incineração acontecer, primeiramente os resíduos são colocados através do alimentador, onde um pistão em intervalos de tempo determinado jogando os resíduos dentro do forno na câmara primária. Nesta câmara é onde de fato acontece a queima dos resíduos, a qual é revestida com refratários e isolantes térmicos, projetada para operar sob pressão negativa. Esta injeção de ar possibilita melhor eficiência de queima, uma vez que o ar de combustão percorre toda a carga introduzida no incinerador. Como esta câmara é rotativa, a rotação do forno acontece por sistema de motor redutor e inversor de frequência, mantendo uma temperatura igual ou superior de 800°C.

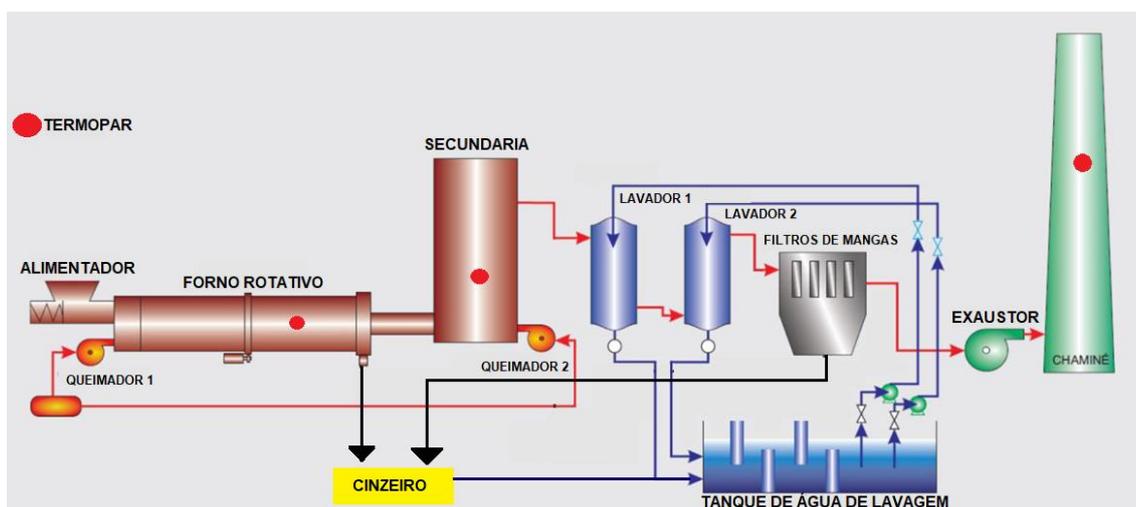
Em seguida, na câmara secundária, acontece o processo de queima dos gases combustíveis resultantes da queima na câmara primária. Na secundária serão mantidas a

temperatura de aproximadamente 1200°C para garantir a completa destruição das substâncias mais resistentes ao processo anterior. Após esta etapa restarão somente pequenas quantidades de gases ácidos como cloreto de hidrogênio - HCl, trióxido de enxofre - SO<sub>3</sub>, dióxido de enxofre - SO<sub>2</sub>, ácido fluorídrico – HF, cloro - Cl<sub>2</sub> e cinzas, os gases deixam esta câmara com um mínimo de 7% de oxigênio na sua composição.

Dando continuidade ao processo, o tratamento de gases propicia e aperfeiçoa a mistura e difusão do pó de hidróxido de cálcio na corrente dos gases, pois fará a adsorção das moléculas de dioxinas e furanos ainda remanescentes do processo de destruição. O resfriamento ocorre por aspersão de água com o objetivo principal de evitar a regeneração de moléculas orgânicas tóxicas e o lavador é alimentado com alta vazão de água na qual é reutilizada em processo de recirculação e não disposta em rede pública de esgoto.

No final da linha do processo, um filtro de manga tem a função de retenção dos materiais particulados da solução de hidróxido de cálcio e sais. Após o filtro de manga, o exaustor responsável pela pressão negativa do processo, lança na chaminé os gases limpos e tratados. Desta forma, o sistema de incineração como um todo, não gera efluentes líquidos, apenas gases de combustão previamente tratados e cinzas da câmara de combustão.

Figura 1 – Layout completo do sistema



Fonte: Elaboração da empresa de incineração (2019)

Sendo assim, para Barja (2006) conceituam-se os dois tipos de cogeração de energia, sendo que o topping se dá através da energia disponibilizada pelo combustível e aproveitando em energia eletromecânica. Esta tecnologia é muito empregada em

indústrias de cerâmicas por exemplo. O objetivo principal na cogeração topping é a obtenção de energia elétrica no final do processo passando pelo calor e transformada em energia mecânica e após convertida em energia elétrica.

Já no sistema de cogeração de energia tipo bottoming uma vez o calor rejeitado pelos processos industriais já se encontra em níveis de temperatura insuficientes para geração de energia eletromecânica. Esta tecnologia é muito empregada em siderúrgicas, fornos, cimenteiras e outros que operam a altas temperaturas, entre 1000 e 1200°C. Após o processo, as temperaturas dos gases de exaustão chegam a 500 a 600°C e ao invés de descartá-la na atmosfera, este calor residual é direcionado a um trocador de calor e produzirá vapor que alimentará uma turbina, desta forma, converte energia térmica em eletricidade num ciclo bottoming que trabalha em temperaturas mais elevadas. O objetivo principal da cogeração tipo bottoming é obter energia térmica ao final do ciclo, apresentando poucas perdas durante o processo não interferindo no objetivo principal.

Existem 3 tipos de ciclos termodinâmicos mais utilizados sendo, o ciclo Rankine que o calor resultante é transferido para um volume de água transformando em vapor em uma caldeira e posteriormente o vapor resultante se expande acionando uma turbina que acoplada a um gerador fornece energia. Sua principal vantagem é a flexibilidade de combustíveis utilizada como bagaço de cana, lenha e resíduos industriais.

Já no ciclo Brayton, o ar atmosférico é comprimido e injetado em uma câmara e misturado ao combustível gerando gases em alta temperatura, estes gases acionam uma turbina a gás gerando energia. Por último, no ciclo combinado consiste na interação dos dois ciclos citados, sendo que um sistema é acoplado a outro e a prioridade é a eficiência na conversão de energia térmica em mecânica e posteriormente em elétrica.

Para Balestieri (1994) o ciclo Rankine propõe um regime bottoming e os demais operam em regime topping conforme exemplo dos tipos de ciclos termodinâmicos citados na figura 2 abaixo.

Figura 2 – Vantagens e desvantagens dos ciclos termodinâmicos

Sistema	Vantagens	Desvantagens
---------	-----------	--------------

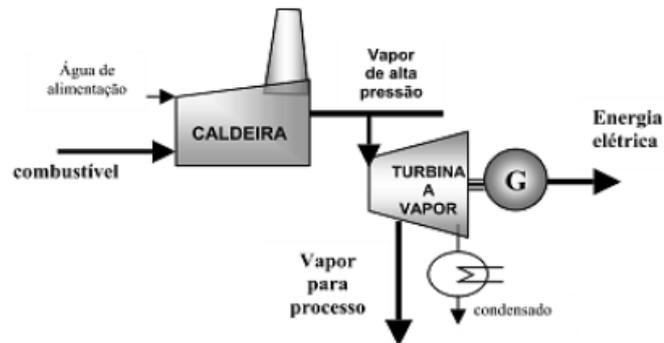
Turbina a Gás	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta confiabilidade;</li> <li>• Baixa emissão de gases poluentes;</li> <li>• Grande quantidade de energia térmica disponível;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requer gás a alta pressão ou compressor de gás;</li> <li>• Baixa eficiência com carga parcial;</li> <li>• Rendimento depende das condições do ambiente;</li> <li>• Tempo de instalação é alto;</li> </ul>
Microturbina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor número de partes móveis (baixo desgaste);</li> <li>• Pequenas dimensões e baixo peso;</li> <li>• Baixa emissão de gases poluentes;</li> <li>• Não necessita sistema de refrigeração;</li> <li>• Tempo de instalação é baixo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto custo inicial;</li> <li>• Relativamente baixo rendimento mecânico;</li> <li>• Limitada a sistemas de cogeração de baixa temperatura;</li> </ul>
Motor a Combustão Interna (Ciclos Otto e Diesel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta eficiência e possibilidade de operar com carga parcial;</li> <li>• Partida rápida;</li> <li>• Relativamente baixo custo de investimento;</li> <li>• Pode ser usado em locais remotos;</li> <li>• Utiliza gás em baixa pressão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto custo de manutenção;</li> <li>• Limitado a sistemas de cogeração de baixa temperatura;</li> <li>• Alta taxa de emissão de gases poluentes (ciclo Diesel);</li> <li>• Requer sistemas de refrigeração;</li> <li>• Alto nível de ruído;</li> </ul>
Turbinas a Vapor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta eficiência;</li> <li>• Flexibilidade de combustíveis;</li> <li>• Capaz de atender a grandes demandas de calor;</li> <li>• Vida útil longa e de alta confiabilidade;</li> <li>• Flexibilidade na relação potência/calor;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partida lenta;</li> <li>• Operação precisa de pessoal especializado;</li> </ul>
Células a Combustível	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa emissão de gases poluentes e baixo ruído;</li> <li>• Alta eficiência sobre toda faixa de potência;</li> <li>• Flexibilidade modular;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto custo inicial;</li> <li>• Baixa durabilidade;</li> <li>• Baixa densidade de potência</li> <li>• Dependência de hidrogênio manufaturado</li> </ul>

Fonte: Andreos (2013)

Para Basquerotto (2010) a grande vantagem desse sistema de cogeração a vapor é a possibilidade de utilizar qualquer tipo de resíduos como combustível o que

torna uma opção bastante viável. Como mostra na figura 3, a queima do combustível na caldeira transformando energia térmica liberada transferida como fluido que atinge altas temperaturas. Este processo a vapor chega à turbina, expandindo, convertendo em cinética e em seguida é transferida as palhetas fixas e móveis do rotor transformando em trabalho gerando energia e quando chega ao condensador, é retirado o calor da pressão para que haja condensação da água.

Figura 3 – Sistema de cogeração a vapor



Fonte: BRASIL, 2005. Adaptado

Embora as sugestões anteriormente variam de acordo com a sua complexidade e investimentos, todas as etapas são de suma importância para a implantação do sistema completo.

Através da observação direta foi possível identificar que a empresa não possui nenhum modelo específico de cogeração de energia implantada, mas firma um compromisso em suas políticas para chegar nessa etapa.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho contribuiu para embasar através de revisão bibliográfica uma sugestão de um modelo viável de cogeração de energia elétrica dentro do processo de incineração de resíduos, portanto, foi realizada uma apreciação dos ciclos termodinâmicos para fundamentar a melhor escolha a que se adequam as necessidades da empresa.

Após observações, sugere-se um modelo mais adequado para as instalações da empresa que é a instalação de turbina a vapor no ciclo Rankine do tipo bottoming. As vantagens do sistema de turbinas a vapor, a mesma se apresenta bastante flexível em

relação ao combustível utilizado, possuem alta eficiência energética, atende altas temperaturas e a desvantagem é possuir necessidade de mão de obra especializada.

Dessa forma, percebe-se que a viabilidade da cogeração de energia permite que a empresa obtenha certa independência da energia fornecida pela concessionária do Estado de Goiás, mas traz um alto custo de investimento para ser instalado.

Cabe ressaltar que o presente estudo teve algumas limitações, portanto sugere-se estudos relacionados com custos (orçamentos) para propor uma análise econômica do modelo proposto, ficando como sugestão para estudos futuros.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Classificação de resíduos sólidos. ABNT, 2004.

ANDREOS, R. **Estudo de viabilidade técnico-econômica de pequenas centrais de cogeração a gás natural no setor terciário do Estado de São Paulo**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

BALESTIERI, J. A. P. **Planejamento de centrais de cogeração: uma abordagem multi objetiva**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 1994.

BARJA, G. J. A. **A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 157. 2006.

BASQUEROTTO, Cláudio Henrique Cerqueira Costa: **Cogeração de energia elétrica com bagaço de cana-de-açúcar comprimido**. Trabalho de graduação da Faculdade de Tecnologia de Araçatuba, 2010.

BRASIL, Newton Paterman. **Curso de Engenharia de Equipamentos**. Ed. Única. 2005.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 22/03/2021.

CAIXETA, D.M, **Geração de energia elétrica a partir da incineração do lixo urbano: O caso de Campo Grande/MS**, 2005. Monografia (Especialização em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável) Programa de Pós-Graduação do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, 2005.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: Guia de orientações para governos municipais de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2012. Disponível em:<[http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost\\_files/aproveitamento\\_20energ\\_c3\\_a9tico.pdf](http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/aproveitamento_20energ_c3_a9tico.pdf)>. Acesso em: 27/03/2021.

HENRIQUES, R. M. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Abordagem Tecnológica**. Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

IEA Bioenergy. **Benefits of bioenergy**. ExCo:2005:01. Whakarewarewa, Rotorua, New Zealand. 2005.

LEME, M.M.V. **Avaliação das opções tecnológicas para geração de energia através dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia da Universidade Federal de Itajubá-MG, 2010.

MARANHO, A.S. **Potencial de geração de energia elétrica a partir de resíduos sólidos urbanos para Bauru e região**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista – UNESP – Faculdade de Engenharia, 2008.

MAVROPOULOS, A. “**Thermal treatment in transition countries. Is there any future and how?**” **Seminário Internacional de Tecnologias e Gestão de Resíduos Sólidos**, 1, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 26-28 Maio, 2010.

PAVAN, M.C.O. **Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos: avaliação e diretrizes para tecnologias potencialmente aplicáveis no Brasil**, 2010.186 f. Tese (Doutorado em Energia) Programa de Pós-Graduação em Energia EP/FEA/IEE/ IF da Universidade de São Paulo-SP, 2010.

PECORA, V.; VELÁZQUEZ, S.M.S.G.; COELHO, S.T. **Aproveitamento do biogás proveniente dos resíduos sólidos urbanos para geração de energia elétrica: estudo de caso em São Paulo**, 2013. Centro Nacional de Referência em Biomassa. Disponível em:<[http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/congbioen\\_pecora.pdf](http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/congbioen_pecora.pdf)>. Acesso em: 01 de Abril de 2021.

PNUD- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - **Produto 6 – Resumo Executivo**. São Paulo, 2010.

SANTOS, G.G.D., **Análise e perspectivas de alternativas de destinação dos resíduos sólidos urbanos: o caso da incineração e da disposição em aterros**. 2011. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

**SHINOTSUKA, L. Y., NAKAGAWA, M. I. Avaliação do Ciclo de Vida da Incineração de um Resíduo Sólido Urbano, 2014.**

**WINTER, L.F.O. Gestão de resíduos sólidos: Recuperação de energia por meio de incineração e proposta de localização de usina em Juiz de Fora – MG, 2011.**  
Dissertação (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2011.