



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

RAFAELA PEREIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE PROCESSOS DE DESINFECÇÃO DE
RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE: AUTOCLAVAGEM X INCINERAÇÃO**

**CAMPINA GRANDE
2021**

RAFAELA PEREIRA DOS SANTOS

**ANÁLISE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE PROCESSOS DE DESINFECÇÃO DE
RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE: AUTOCLAVAGEM X INCINERAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em engenharia sanitária e ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira

**CAMPINA GRANDE
2021**

S237a Santos, Rafaela Pereira dos.

Análise ambiental e econômica de processos de desinfecção de resíduos de serviço de saúde [manuscrito] : autoclavagem x incineração / Rafaela Pereira dos Santos. - 2021.

28 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2021.

"Orientação : Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira , Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."

1. Resíduos de serviços de saúde. 2. Autoclavagem. 3. Incineração. 4. Meio ambiente. I. Título

21. ed. CDD 628.42

RAFAELA PEREIRA DOS SANTOS

ANÁLISE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE PROCESSOS DE DESINFECÇÃO DE
RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE: AUTOCLAVAGEM X INCNERAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado ao Departamento do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em engenharia sanitária e ambiental.

Área de concentração: Resíduos de Serviço de saúde - RSS.

Aprovada em: 06/10/2021.

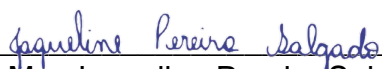
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Neyliane Costa de Souza
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Me. Jaqueline Pereira Salgado

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma da metodologia.....	15
Figura 2 - Representação esquemática dos processos de autoclave e incineração	16
Figura 3 - Análise da capacidade de tratamento dos RSS em 10h de produção utilizando-se da tecnologia de incineração e autoclave.	18
Figura 4 - Análise da redução de peso dos RSS tratados por incineração.	19
Figura 5 - Análise da redução de custo na destinação final dos RSS tratado em 10h de produção.	19
Figura 6 - Quantidade em Kg de RSS tratado com um metro cúbico de gás natural.	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores estimados para instalação de um sistema autoclave.....	17
Tabela 2 - Análise comparativa das características das duas tecnologias estudadas	23
Tabela 3 - Matriz de ponderação usada como auxílio na escolha de melhor tecnologia de tratamento de RSS para empresa X.	24
Tabela 4 - Matriz de ponderação usada como auxílio na escolha de melhor tecnologia de tratamento de RSS para empresa Y.	24
Tabela 5 - Lista de dados necessários para a fase de pesquisa informacional.	27
Tabela 6 - Ex. de atribuição de peso como critério de seleção na empresa X	27
Tabela 7 - Ex. de atribuição de peso como critério de seleção na empresa Y	27

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens x desvantagens da tecnologia de incineração no tratamento de RSS.....	13
Quadro 2 - Vantagens x desvantagens da tecnologia de autoclavagem no tratamento de RSS.....	14
Quadro 3 - Elementos típicos de custo de capital	18
Quadro 4 - Aspectos operacionais observados na empresa “A”	21
Quadro 5 - Análise comparativa do desempenho ambiental da autoclave x incinerador.....	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
PGRSS	Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde
RSS	Resíduos de Serviço de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	Resíduos de serviço de saúde (RSS).....	10
2.1.1	<i>Classificação</i>	11
2.1.2	<i>Riscos associados aos resíduos de serviço de saúde</i>	12
2.2	A incineração como tratamento de RSS.....	12
2.3	Autoclavagem como tratamento de RSS.....	13
3	METODOLOGIA	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
4.1	Instalação dos equipamentos.....	16
4.2	Capacidade de tratamento: Autoclave x Incineração	18
4.3	Destinação Final dos RSS tratados	19
4.4	Consumo de gás	20
4.5	Aspectos operacionais	20
4.6	Aspectos ambientais	21
4.7	Análise comparativa	23
5	CONCLUSÃO	24
	REFERÊNCIAS	25
	APÊNDICE A – LISTA DE DADOS NECESSÁRIOS PARA A PESQUISA INFORMACIONAL	27
	APÊNDICE B – CRITÉRIOS DE SELEÇÃO	27

ANÁLISE AMBIENTAL E ECONÔMICA DE PROCESSOS DE DESINFECÇÃO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE: AUTOCLAVAGEM X INCINERAÇÃO

Rafaela Santos¹

RESUMO

O aumento da população aliado ao desenvolvimento tecnológico e ao consumo desmedido, contribuíram com o aumento do volume dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Esse crescimento também levou ao aumento no acesso aos serviços de saúde, que consequentemente acarretou na maior produção de resíduo de serviço de saúde (RSS), sendo este um dos maiores problemas do saneamento ambiental, mediante o seu potencial risco ao meio ambiente e a saúde humana. Com isso, diversas são as tecnologias para o tratamento dos RSS, porém, a tomada de decisão quanto ao método mais adequado neste tratamento, não se restringe a total eficiência na desinfecção, embora este ser um dos pontos mais relevantes, os aspectos ambientais e econômicos de todo processo, também deverão ser considerados. Diante deste cenário, a elaboração deste trabalho avaliou dois processos aptos ao tratamento dos RSS, a autoclave e o incinerador. Para isto, foi realizado um estudo de caso em uma empresa de tratamento de RSS no estado da Paraíba – PB, e com base nos dados documentais da empresa e nas observações feitas nas visitas de campo, foi realizado uma avaliação dos aspectos ambientais e econômicos envolvidos no tratamento da unidade funcional, que vão desde da instalação dos equipamentos até a destinação final dos resíduos. Por fim, avaliou-se que a autoclave apresenta um menor custo de instalação, maior capacidade de tratamento e menor despesa operacional já o incinerador se mostrou mais eficiente quanto ao consumo de gás e com menor custo na destinação final e nos aspectos ambientais, ambas as tecnologias se mostraram bastante competitivas. De forma geral, dentre os dois processos analisados, o tratamento dos RSS por autoclave é o que melhor alia o desempenho ambiental com o menor custo, porém, a escolha na instalação de um destes processos irá depender da necessidade do empreendimento, de qual aspecto terá mais peso na tomada de decisão.

Palavras-chave: Resíduos de serviço de saúde. Autoclave. Incinerador. Aspectos ambientais e econômicos.

ABSTRACT

The increase in population, combined with technological development and excessive consumption, contributed to the increase in the volume of urban solid waste (USW). This growth also led to an increase in access to health services, which consequently resulted in a greater production of health service waste (HSW), which is one of the biggest problems of environmental sanitation, due to its potential risk to the environment and health human. Thus, there are several technologies for the treatment of HSW, however, the decision-making as to the most appropriate method in this treatment is not restricted to full efficiency in disinfection, although this is one

¹ Técnica em segurança do trabalho – ETER e Concluinte em Engenharia Sanitária e Ambiental – UEPB, rafaelapsantos10@gmail.com

of the most relevant points, the environmental and economic aspects of the entire process, should also be considered. Given this scenario, the elaboration of this work evaluated two processes suitable for the treatment of HSW, the autoclave and the incinerator. For this, a case study was carried out in an HSW treatment company in the state of Paraíba - PB, and based on the company's documentary data and the observations made during field visits, an assessment of the environmental and economic aspects involved was carried out. in the treatment of the functional unit, ranging from the installation of equipment to the final destination of waste. Finally, it was evaluated that the autoclave has a lower installation cost, greater treatment capacity and lower operating expense, whereas the incinerator was more efficient in terms of gas consumption and with lower cost in final disposal and in environmental aspects, both technologies proved to be quite competitive. In general, among the two processes analyzed, the treatment of HSW by autoclave is the one that best combines environmental performance with the lowest cost, however, the choice of installing one of these processes will depend on the need of the enterprise, on what aspect it will have more weight in decision making.

Keywords: Health service waste. Autoclave. Incinerator. Environmental and economic aspects.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, o desenvolvimento e o avanço das sociedades têm estado intimamente ligados a maior produção de resíduos, pois, em virtude do aumento da população, temos uma produção mundial cada vez mais ampliada, que exige uma crescente extração de recursos naturais e que conseqüentemente resulta em uma vasta degradação ambiental.

De acordo com os últimos dados apresentados no ano de 2020 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no ano de 2019 cerca de 79 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) foram gerados, representando uma geração per capita de 379 kg/hab./ano. Desses resíduos, aproximadamente 92% foram coletados, restando 6,32 milhões de toneladas de resíduos não coletados e que tiverem destinação inadequada.

Dentre os resíduos mal gerenciados no Brasil e no mundo, destaca-se os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), que assim como os RSU vem aumentando em consequência do desenvolvimento da sociedade, a demanda por atendimento médico também aumentou e conseqüentemente acarretou na maior geração de resíduos proveniente dos atendimentos.

Vale ressaltar que além disso, a geração de tais resíduos (RSU e RSS) se intensificou ainda mais nos últimos anos, uma vez que fomos todos surpreendidos por uma pandemia. Estima-se que, durante o período de emergência sanitária decorrente da Pandemia de COVID-19, e por conta das medidas de quarentena, isolamento e distanciamento social adotadas haverá um aumento relevante na quantidade gerada de resíduos sólidos domiciliares (15-25%) e um crescimento bastante considerável na geração de resíduos de serviço de saúde em unidades de atendimento à saúde (10 a 20%), conforme descreve a associação ABRELPE (2020). A situação excepcional e o aumento das quantidades de RSS certamente demandarão ainda mais atenção nas soluções logísticas e operacionais.

A legislação brasileira atual prevê que os RSS devam ter uma disposição final diferenciada dos resíduos sólidos urbanos e os custos com sua destinação devem ser arcados pela instituição geradora (Resolução 358/05 do CONAMA e Resolução RDC nº 222/2018 da ANVISA).

Segundo a ABRELPE (2020), apesar dos avanços observados no período de 2019, cerca de 36% dos municípios brasileiros ainda destinaram os RSS coletados sem nenhum tratamento prévio, o que contraria as normas vigentes e apresenta riscos diretos aos trabalhadores, à saúde pública e ao meio ambiente.

Atualmente existe diversas técnicas que permitem o tratamento dos RSS, estas vão desde de métodos mais simples, como a desinfecção por fervura em água, até processos mais complexos como a esterilização ionizante ou não-ionizante, entre outros. “No entanto, a maioria das tecnologias disponíveis para o tratamento são incompatíveis com a realidade econômica brasileira” (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

“Assim, a tomada de decisão sobre o método mais adequado para o tratamento destes resíduos não deverá se restringir à sua eficiência total de desinfecção, embora seja esta a condição primária de opção” (DIAS, 2008). “Os aspectos ambientais e econômicos de todo o ciclo do processo deverão ser também eles considerados” (DIAS, 2008).

Diante disto, o presente trabalho visa avaliar dois processos aptos ao tratamento de RSS: Autoclave e Incineração.

Esta avaliação ocorrerá através de uma abordagem prática, com base em uma empresa de tratamento de RSS situada no Estado da Paraíba – PB, no qual será avaliado a viabilidade econômica e ambiental diante da escolha na instalação de um desses processos de tratamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Resíduos de serviço de saúde (RSS)

A resolução RDC nº 222/2018 define os resíduos de serviços de saúde como sendo todos os resíduos com a possível presença de agentes biológicos; resíduos que contêm substâncias químicas que possam apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente; rejeitos radioativos; resíduos que tenham sido gerados em estabelecimentos de saúde, mesmo que sejam equiparados aos resíduos domiciliares e resíduos perfurocortantes ou escarificantes, tais como lâminas de barbear, agulhas, brocas e bisturis.

A resolução CONAMA nº 358/2005, de forma semelhante, define os resíduos de serviços de saúde como sendo todos aqueles provenientes dos serviços relacionados à saúde humana e animal, estando inclusos:

Serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico *in vitro*; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de tatuagem, entre outros similares. (Resolução CONAMA nº 358/05).

A Resolução CONAMA nº358/05, assim como a RDC ANVISA nº 222/18, determinam que os geradores de resíduos de serviço de saúde são responsáveis pelo gerenciamento desses, desde a geração até a destinação final, devendo atender aos requisitos ambientais, de saúde pública e saúde ocupacional.

2.1.1 Classificação

“Todo estabelecimento gerador de RSS deve elaborar, portanto, um plano de gerenciamento de resíduos de saúde (PGRSS), baseado nas características dos resíduos gerados e na classificação desses resíduos” (COSTA, 2013). A RDC ANVISA nº 222/18, em seu anexo I, traz as devidas classificações dos resíduos de serviços saúde, divididos em 5 grupos (A, B, C, D e E):

I - GRUPO A: são todos os resíduos com possível presença de agentes biológicos que, devido suas características, podem apresentar riscos de infecção, a exemplo de culturas e estoques de microrganismos; descarte de vacinas de microrganismos vivos; bolsas transfusionais contendo sangue ou hemocomponentes rejeitadas por contaminação; sobras de amostra de laboratórios; peças anatômicas (animal ou humana); órgãos e tecidos orgânicos.

II – GRUPO B: são resíduos que contém substâncias químicas que, dependendo das suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade, podem apresentar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente. São eles:

Produtos farmacêuticos; Resíduos de saneantes, desinfetantes, desinfetantes; resíduos contendo metais pesado; reagentes para laboratório, inclusive os recipientes contaminados por estes; efluentes de processadores de imagem (reveladores e fixadores); efluentes de equipamentos automatizados utilizados em análises clínicas; demais produtos considerados perigosos: tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos (RDC ANVISA 222/18).

III – GRUPO C: Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN e os quais a reutilização é imprópria. Pode-se citar como exemplo: “[...] rejeito radioativo, proveniente de laboratório de pesquisa e ensino na área de saúde, laboratório de análise clínica, serviços de medicina nuclear e radioterapia [...]”.

IV – GRUPO D: são todos aqueles resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares. São exemplos desses resíduos:

Papel de uso sanitário e fralda, absorventes higiênicos, peças descartáveis de vestuário, resto alimentar de paciente, material utilizado em anti-sepsia e hemostasia de venóclises, equipo de soro e outros similares não classificados como A1; sobras de alimentos e do preparo de alimentos; resto alimentar de refeitório; resíduos provenientes das áreas administrativas; resíduos de varrição, flores, podas e jardins; resíduos de gesso oriundos de assistência à saúde; forrações de animais de biotérios, desde que não tenham risco biológico associado; resíduos recicláveis sem contaminação biológica, química e radiológica associada (RDC ANVISA 222/18).

V – Grupo E: são materiais perfuro cortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidro, lâminas de bisturi, lancetas; tubos capilares; micropipetas; lâminas e lamínulas; espátulas; e todos os utensílios de vidro quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coleta sanguínea e placas de Petri) e outros similares.

2.1.2 Riscos associados aos resíduos de serviço de saúde

Os resíduos de serviços de saúde (RSS) merecem atenção especial, não apenas pela quantidade gerada - cerca de 1% a 3% do total de resíduos sólidos - mas pelo risco potencial que representa à saúde e ao meio ambiente. Para Bidone (2001), o caráter perigoso deste resíduo pode favorecer o desenvolvimento de inúmeros organismos veiculadores de doenças transmissíveis, tornando-se fontes potenciais de disseminação de doenças.

Diante disto, segundo Souza (2006) além dos parâmetros microbiológicos dos RSS, como a presença de bactérias vírus, fungos e protozoários, deverá também ser considerado os parâmetros físico-químicos, como umidade, carbono, hidrogênio, enxofre sólidos, voláteis, poder calorífico e etc., pois, os resíduos de serviços de saúde exigem atenção especial e técnicas corretas de manejo e gerenciamento, devido ao seu potencial infeccioso degradante e poluente contra o meio ambiente e contra a saúde humana.

2.2 A incineração como tratamento de RSS

“O processo de incineração de resíduos, consiste na redução de peso e volume do lixo através da combustão controlada em equipamento de Tratamento Térmico de Múltiplas Câmaras” (Eleutério,2008). Os remanescentes da queima são, geralmente, constituídos de gases, como dióxido de carbono (CO₂); dióxido de enxofre (SO₂); Nitrogênio (N₂); oxigênio (O₂) proveniente do ar em excesso que não é queimado completamente; água (H₂O); cinzas e escórias, constituídas de metais ferrosos e materiais inertes, como por exemplo, vidros etc.

Segundo Costa (2006), a operação de um sistema de incineração inclui uma estrutura para manuseio de resíduos, um lavador de gases, um sistema de tratamento de efluentes e a destinação das cinzas, devendo este equipamento (incinerador) atender aos padrões rígidos de alta temperatura de combustão e filtragem de gases para que não emitam substâncias prejudiciais à qualidade do ar. A norma da ABNT NBR 11175 fixa as condições exigíveis de desempenho de um equipamento de incineração de resíduos sólidos perigosos.

De forma resumida, os parâmetros que devem ser rigorosamente seguidos para uma boa combustão são, segundo Costa (2013), a temperatura (na faixa de 800° C a 1000° C), o tempo de retenção (de aproximadamente dois segundos), a turbulência para que se possibilite um maior contato das partículas com o oxigênio necessário para a sua queima e a disponibilidade de oxigênio em taxas adequadas ao processo. “Tais fatores asseguram a completa distribuição dos resíduos pela combustão e evitam a formação de substâncias tóxicas” (Costa,2013).

“Quando a operação de um incinerador não é bem conduzida, resultando em combustão incompleta, ocorre o aparecimento de monóxido de carbono (CO) e material particulado (fuligem)” (Brito,2013). “No caso de ocorrer queima a altas

temperaturas, o nitrogênio pode ser dissociado, levando à formação de óxidos de nitrogênio como NO e N₂O₅” (Brito,2013). “Alterações de temperatura e pressão durante o processo podem levar a um estado de equilíbrio químico de tal forma que a reação de combustão é inibida completamente” (Silva, 1998).

A partir de algumas bibliografias consultadas e da análise prática realizada neste trabalho, pode-se considerar as seguintes vantagens e desvantagens da tecnologia de incineração quando adotada como processo de tratamento dos RSS. Vejamos a Tabela 1.

Quadro 1 - Vantagens x desvantagens da tecnologia de incineração no tratamento de RSS

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Pode ser utilizado para resíduos infectantes, químicos ou orgânicos	Possibilidade de efluentes gasosos tóxicos, furanos e partículas metálicas, se o incinerador não for bem projetado e operado.
Redução significativa de peso e volume = menor custo com a destinação final	Os resíduos hospitalares apresentam teores de enxofre e ácido clorídrico. Na reação de combustão, tais produtos podem aparecer nos gases de combustão expelidos pela chaminé em incineradores impropriamente projetados ou operados
Se bem operado, os produtos finais são somente cinza e gases	Dificuldade de operação e manutenção exigindo pessoal especializado
Destrói organismos patogênicos e substâncias orgânicas	Exige grande investimento inicial e em medidas de controle ambiental, além de seu alto custo de manutenção e operação
Descaracterização completa dos RSS	Alto risco ocupacional
Menor consumo de GN (Gás Natural)	Necessita de constante manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

2.3 Autoclavagem como tratamento de RSS

“A autoclavagem é um tratamento térmico que consiste em manter os RSS a uma temperatura elevada e em contato com o vapor de água por um período de tempo suficiente para destruir os microrganismos” (ELEUTÉRIO,2008).

Segundo o manual de gerenciamento de RSS do ministério da saúde / ANVISA - 2006, o processo normal de autoclavagem comporta basicamente as seguintes operações:

- Pré-vácuo inicial: criam-se condições de pressões negativas de forma a que na fase seguinte o vapor entre em contato com os resíduos;

- Admissão de vapor: introdução de vapor na autoclave e aumento gradual da pressão de forma a criar condições para o contato entre o vapor e os resíduos e para destruição de invólucros que limitem o acesso do vapor a todas as superfícies;
- Exposição: manutenção de temperaturas e pressões elevadas durante um determinado período de tempo até se concluir o processo de descontaminação. De acordo com os testes biológicos, o operador define o tempo e a temperatura de cada ciclo;
- exaustão lenta: libertação gradual do vapor que passa por um filtro poroso com uma malha suficientemente fina para impedir a passagem de microrganismos para o exterior da autoclave. Diminuição gradual da pressão até a pressão de 1 atmosfera;
- Arrefecimento da carga: redução da carga até uma temperatura que permita a retirada dos resíduos da autoclave.

Após o tratamento, esses resíduos sólidos devem ser encaminhados para disposição final licenciada pelo órgão ambiental competente.

Com base em algumas bibliografias consultadas e da análise prática realizada neste trabalho, podemos considerar as seguintes vantagens e desvantagens na utilização da tecnologia de autoclavagem no tratamento de RSS. Vejamos na Tabela 2.

Quadro 2 - Vantagens x desvantagens da tecnologia de autoclavagem no tratamento de RSS

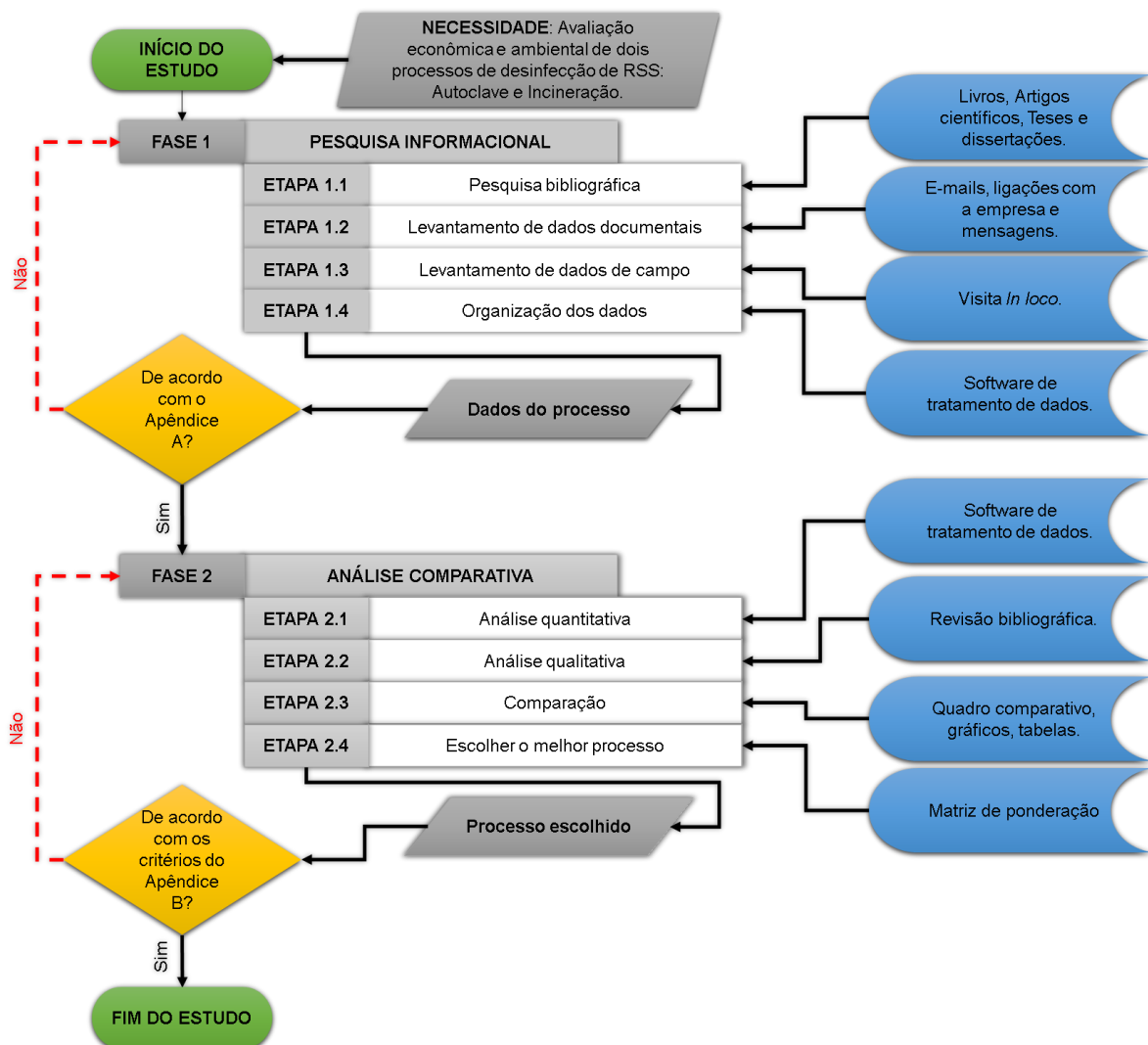
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Alto grau de eficiência quando a operação é bem monitorada	não reduz o volume dos resíduos tratados = maior custo com a destinação final
Menor custo em manutenção e operação quando comparado a incineração	Os RSS não são descaracterizados
Não emite efluentes gasosos e o efluente líquido é estéril;	Não trata resíduos do grupo B
Fácil instalação e operação do sistema	os materiais perfuro cortante permanecem com suas características originais
Menor risco ocupacional	Necessidade de um excelente controle dos indicadores biológicos e químicos, para garantia de que todas as bactérias sejam totalmente destruídas na faixa da temperatura de trabalho.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

3 METODOLOGIA

Para este trabalho foi realizada uma análise comparativa de duas tecnologias empregadas para o tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), sob a ótica ambiental e econômica. Para tanto, foi feito um estudo de caso em uma empresa de tratamento de RSS no Estado da Paraíba – PB, no qual seguiu as etapas conforme o fluxograma abaixo

Figura 1 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Elaborado pelo auto, 2021.

Na etapa 1.1 é feito uma revisão bibliográfica a partir da consulta de livros e/ou artigos científicos que fundamentam o assunto de forma a comprovar a verdade das variáveis utilizadas neste estudo.

Na etapa 1.2 ocorre o levantamento dos dados a partir da pesquisa documental em arquivos relacionados com o processo operacional da autoclave e incineração da empresa foco deste trabalho.

Na etapa 1.3 é realizado o levantamento de dados de campo a partir de visitas feitas a empresa "A".

Na etapa 1.4 os dados levantados na pesquisa documental e nas vistas de campo, são organizados de forma a proporcionar uma melhor tratativa.

Na etapa 2.1 é feita uma análise quantitativa dos dados coletados na etapa 1.2 e 1.3.

Na etapa 2.2 é conduzido uma análise qualitativa do tema com base nas revisões bibliográficas e nos dados coletados na empresa “A”.

Na etapa 2.3 uma análise comparativa dos dois processos de desinfecção (autoclave e incinerador) é feita com base nos dados da etapa 1.2 e 1.3.

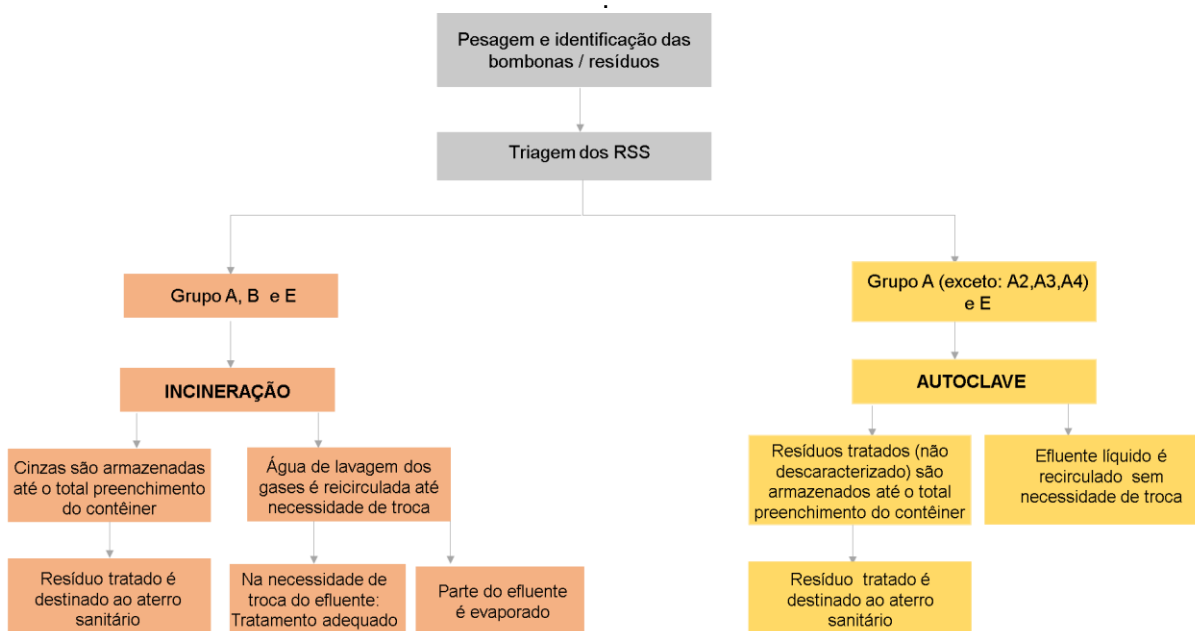
Na etapa 2.4 é escolhido o melhor método para o tratamento dos RSS com base na matriz de ponderação, que levará em consideração os aspectos ambientais e econômicos destes processos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise ambiental e econômica do processo de desinfecção dos RSS por autoclave e incineração foi feito com base em uma empresa de tratamento de RSS (empresa A) situada no Estado da Paraíba – PB.

Para que possamos melhor compreender a cadeia de processos que envolve a tecnologia de autoclavagem e incineração na empresa A, segue uma representação esquemática do mesmo.

Figura 2 - Representação esquemática dos processos de autoclave e incineração



Fonte: Autor 2021, com base na empresa A

A Figura 2 servirá como base para compreensão do estudo apresentado nos tópicos a seguir.

4.1 Instalação dos equipamentos

Do ponto de vista de instalação dos equipamentos (autoclave x incineração) vamos avaliar os itens necessários e o custo médio deste investimento. Assim, uma

análise das implicações econômicas da implantação do sistema de tratamento por autoclave pode ser analisada perante a tabela 3.

Tabela 1 - Valores estimados para instalação de um sistema autoclave

DESCRIÇÃO	VALOR MÉDIO
Caldeira Geradora de vapor	R\$ 180.000,00
Autoclave com carrinhos (10 un.)	R\$ 315.500,00
Dessalinizador	R\$ 22.500,00
Tanque de purga e sala do dessalinizador	R\$ 10.000,00
Estrutura física para caldeira	R\$ 387,00
Compressor	R\$ 10.290,00
Parte elétrica	R\$ 8.310,00
Contêiner para acondicionar o resíduo tratado	R\$ 21.200,00
Logística	R\$ 1.150,00
Revestimento tanque de purga	R\$ 3.000,00
Lavador de Bombona	R\$ 13.000,00
Tanque 2m ³ - armazenamento de água	R\$ 3.050,00
Estrutura física para armazenamento da água	R\$ 1.000,00
Curso NR13	R\$ 3.800,00
Total:	R\$ 593.187 ,00

Fonte: Autor 2021, com base nos dados de 2019 da empresa A

Como podemos observar, alguns custos como transporte e construção civil não foram considerados, uma vez que estes itens podem sofrer variações em função da localização (localização da compra da autoclave x localização do local de instalação do equipamento) e da necessidade de reparos ou não, para receber o equipamento.

Quanto ao custo de instalação do incinerador, esse não pôde ser avaliado perante os dados da empresa A, pois, o mesmo não foi disponibilizado. Diante disto, está avaliação ocorrerá com base na literatura.

Segundo Leme (2011) os custos de instalação de uma planta de incineração são conhecidamente altos, principalmente em razão dos equipamentos necessários para o tratamento dos efluentes gasosos, sendo estes essenciais para cumprir os limites de emissão estabelecidos pelas legislações.

Eleutério (2009) em sua pesquisa quanto ao custo para a instalação de um sistema completo de incineração, junto a empresa Lufetch Tecnologia Ambiental Ltda. (fabricante de sistemas de incineração para RSS) informa que o sistema RGL 600 SE com capacidade para incinerar 200 kg/hora tem seu preço estimado em R\$ 660.000,00. Levando em consideração a inflação acumulada de 2009 até os dias atuais este valor seria corrigido para 1,3 milhão. Quando comparado a autoclave, já podemos notar uma diferença significativa de custo.

Para fecharmos está discursão, Vieira (2012) apresenta em seu livro uma tabela com os elementos de despesa de capital mais significativos na adoção de um incinerador. Vejamos na Tabela 4.

Quadro 3 - Elementos típicos de custo de capital

Equipamentos Principais
Filtro de Manga
Precipitador eletrostático
Leito de carvão ativado
Lavador Venturi
Câmaras de incineração
Auxiliares:
Bomba
Soprador
Chaminé
Dutos
Quencher
Ciclone

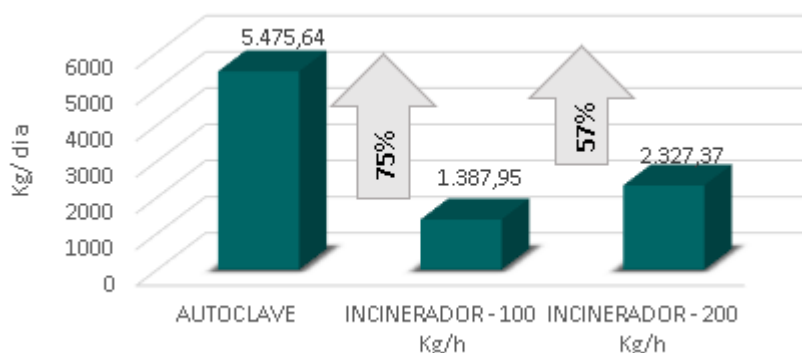
Fonte: Adaptado de Vieira (2012)

“Cabe ressaltar que não estão incluídos nesse custo alguns acessórios e itens complementares ao processo de incineração de resíduos perigosos, como equipamentos para controle de emissões e recuperação de calor” Vieira (2012). Também não entrou neste custo as licenças e seguros.

4.2 Capacidade de tratamento: Autoclave x Incineração

Sob ótica da capacidade de tratamento dos RSS através das duas tecnologias (autoclave e incineração) com base nos dados coletados na empresa A, podemos observar no Figura 3 os seguintes resultados.

Figura 3 - Análise da capacidade de tratamento dos RSS em 10h de produção utilizando-se da tecnologia de incineração e autoclave.



Fonte: Autor 2021, com base nos dados da empresa A

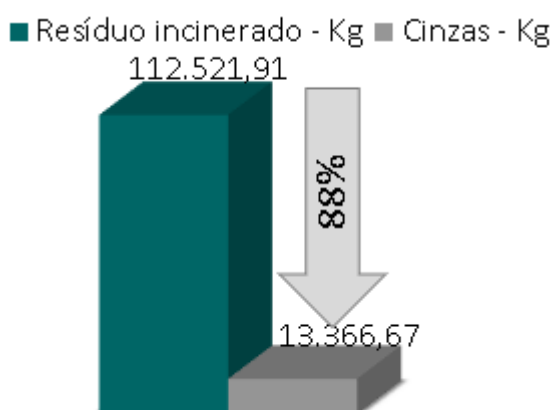
Nota-se que a capacidade de tratamento da autoclave é de 75% a mais quando comparado a um incinerador de 100 Kg/h e de 57% quando comparado a um incinerador de 200 Kg/h, isto considerando um tempo médio de tratamento de 10h.

Tudo isso implica dizer que neste aspecto (capacidade de tratamento), a tecnologia de autoclavagem apresenta uma melhor eficiência de produção, porém, este não é o único parâmetro a ser levado em consideração na determinação de escolha de instalação desses equipamentos.

4.3 Destinação Final dos RSS tratados

Quando se trata da destinação final dos RSS tratados por incineração ou autoclave, é muito nítido a diferença econômica entre as duas tecnologias, pois, como podemos observar na Figura 4, com base nos dados amostrais de seis meses da empresa “A”, a incineração é capaz de reduzir cerca de 88% do peso do resíduo tratado, o que comparado com o processo de autoclavagem isso significa uma redução extremamente significativa de custo com o aterro sanitário, uma vez que os resíduos tratados na autoclave não sofrem redução de volume e peso.

Figura 4 - Análise da redução de peso dos RSS tratados por incineração.



Fonte: Autor 2021, com base nos dados da empresa A

Considerando às 10h de produção no sistema de autoclave e incineração (Figura 3), e adotando um preço médio de R\$100,00 por tonelada de resíduo descartado em um aterro sanitário, teremos os seguintes custos.

Figura 5 - Análise da redução de custo na destinação final dos RSS tratado em 10h de produção.



Fonte: Autor 2021, com base nos dados da empresa A.

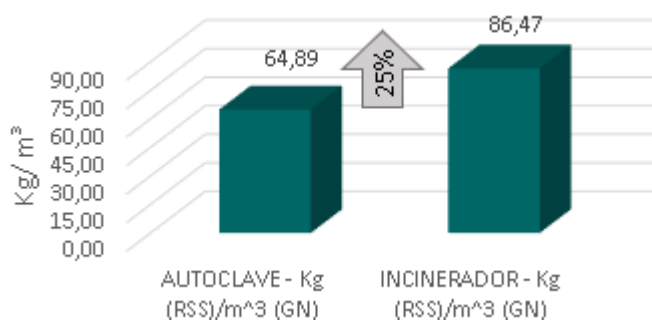
Diante dos resultados apresentados acima, podemos observar um custo muito mais significativo no tratamento por autoclavagem. Nota-se que os R\$ 547,56 gasto na destinação final dos RSS autoclavados é referente a 5475,64 Kg de resíduos tratados em 10 h de produção (Figura 5 e 3), isso significa que, para tratar o mesmo quantitativo de resíduo em um incinerador, considerando os 88% de redução no peso desse resíduo, teríamos um custo de R\$ 65,70 ou seja, uma redução de R\$481,86 quando comparado com a autoclave.

Além disso, é importante ressaltar que o impacto ambiental na destinação final dos resíduos tratados por autoclave também é mais expressivo, uma vez que a não redução de volume irá contribuir com o já expressivo volume gerado pelo resíduo doméstico que superlota os aterros sanitários.

4.4 Consumo de gás

Com relação ao consumo de gás para o tratamento de RSS através do sistema de autoclave e incineração, temos na Figura 6, uma análise comparativa da quantidade em quilos de resíduos tratados com um metro cúbico de gás natural. Para esta análise foi considerado um dado amostral de cinco meses da empresa A.

Figura 6 - Quantidade em Kg de RSS tratado com um metro cúbico de gás natural.



Fonte: Autor 2021, com base nos dados da empresa A

Como podemos observar acima, nota-se que a autoclave demanda um maior consumo de gás natural em seu processo de desinfecção dos RSS quando comparado com o incinerador, uma vez que este segundo chega a tratar cerca de 25% a mais de quilo de RSS por metro cúbico de gás natural. Esta diferença se dá pela característica intrínseca do próprio processo, uma vez que a autoclave utiliza um fluxo contínuo de combustível durante a autoclavagem e já o incinerador utiliza o combustível apenas no início da queima, sendo o próprio material incinerado o combustível para o decorrer do processo.

Em termos de custos, se considerarmos o preço médio de R\$3,28 por m³ de GN e desconsiderarmos os fatores de correção, para tratar 1000 Kg de RSS teríamos uma economia de R\$12,61, valor este que traria um impacto bastante significativo na fatura mensal, principalmente após a aplicação dos fatores de correção.

4.5 Aspectos operacionais

Do ponto de vista operacional, o incinerador demanda uma maior complexidade, necessitando assim de funcionários com um maior nível de capacidade técnica, já com relação ao número de pessoas necessárias para sua operacionalização, é menor, uma vez que a sua capacidade de tratamento também é reduzida quando comparado com sistema de autoclavagem.

Nesta perspectiva, na empresa "A" foi feita a seguinte observação:

Quadro 4 - Aspectos operacionais observados na empresa “A”

INCINERADOR (100kg/h + 200kg/h)	AUTOCLAVE
5 funcionários	12 funcionários – 6 funcionários por turno
média de 3 ton./dia de RSS tratado	média de 9 ton./dia de RSS tratado
9 h de produção por dia	14 h de produção por dia – 2 turnos de 7:00h
0,066 ton. / (dia. HH)	0,107 ton. / (dia. HH)

Fonte: Autor 2021, com base nos dados da empresa A

Diante da Tabela acima podemos notar que, embora haja mais funcionários envolvidos no processo operacional da autoclave, sua capacidade de tratamento compensa esta diferença, uma vez que 12 funcionários são responsáveis por tratar em um dia o correspondente a 3 dias de incineração. Esta diferença também pode ser notada através do cálculo de produtividade em relação a hora-homem, no qual temos uma diferença de 38,3 % entre a autoclave e o incinerador, tornando então a autoclave, o sistema mais eficiente neste aspecto.

4.6 Aspectos ambientais

Sob a ótica dos aspectos e impactos ambientais, este é um tema delicado a ser tratado, tendo em vista que às duas tecnologias terão prós e contra. Vejamos a seguir uma análise comparativa diante das observações feitas na empresa “A”.

Quadro 5 - Análise comparativa do desempenho ambiental da autoclave x incinerador.

	INCINERAÇÃO	AUTOCLAVAGEM
POLUENTE ATMOSFÉRICO	<p>Muitos poluentes atmosféricos são emitidos a partir do processo de combustão, podendo estes causar graves impactos ambientais, com isso é necessário:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratar alguns poluentes gerados de modo a se atender aos padrões estabelecidos em condicionantes legais – ex: lavagem dos gases... • Realizar um acompanhamento técnico diário; • Fazer teste de queima e análise de cinza anualmente (preço médio da documentação - R\$14.000). 	Não existe emissão de gases

RESÍDUO	Resíduo tratado tem redução significativa do volume e do peso (Figura 4), porém, pode ser gerado um subproduto que demandará novo tratamento, uma vez que haverá a possibilidade do não atendimento aos padrões de disposição em aterro.	Resíduo tratado não tem redução de volume e com isso contribui com a superlotação dos aterros municipais e conseqüentemente com a geração de chorume.
EFICIÊNCIA NA DESINFECÇÃO	Ótimo desempenho na destruição efetiva dos organismos patogênicos.	<p>Por não alterar a propriedade dos resíduos, os microrganismos patogênicos podem sobreviver ao processo como consequência da má operação do equipamento. Diante disso é necessário:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Teste de qualificação – anual – R\$ 3.000; • Teste do resíduo autoclavado – anual – R\$ 2.688; • Teste de indicador biológico – mensalmente – 160,00 R\$
EFLUENTE LÍQUIDO	<p>Efluente líquido gerado pelo lavador de gás é decantado, neutralizado (uso de cal hidratado – neutralizante de PH) e novamente utilizado no sistema de incineração.</p> <p>Na necessidade de troca deste efluente, é necessário o tratamento adequado, afim de atender os padrões legais exigidos na redução dos impactos ambientais.</p>	<p>É necessária uma água previamente tratada a fim de garantir o bom funcionamento da caldeira, pois, o tratamento inadequado desta água traz como consequência a corrosão, incrustação e o arraste.</p> <p>Tratamento utilizado pela empresa A:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Osmose reversa: Além da água tratada a osmose produz a água de rejeito (efluente altamente salino), que se disposto diretamente no solo provoca a salinização da área agravando o processo de desertificação. • Água é recirculado no processo sem necessidade de troca.

4.7 Análise comparativa

Para melhor avaliar às duas tecnologias de tratamento de RSS (autoclave e incinerador) diante da escolha de instalação de um destes, a seguir será apresentado uma matriz de ponderação, na qual levará em consideração às características já apresentadas para cada um dos processos.

Nesta matriz serão considerados 2 fatores para o cálculo. O primeiro é referente ao nível de relevância de cada característica do processo para a empresa, por exemplo, se o custo de instalação é muito importante então ele terá peso máximo. O segundo fator é uma nota atribuída para cada uma dessas mesmas características em ambos os processos, autoclave e incineração, utilizando os mesmos critérios dos pesos.

Com base nesses dois fatores, será realizada uma multiplicação cruzada (Pesos x Notas) e a soma delas resultará em uma nota final para cada processo. A escala de proporção das notas poderá ser:

- Menos eficiente ou maior custo = 1
- Média eficiência ou médio custo = 2,5
- Mais eficiente ou menor custo = 5

Tabela 2 - Análise comparativa das características das duas tecnologias estudadas

Processo	Autoclave	Incinerador
Custo de instalação	5	2,5
Capacidade de tratamento	5	2,5
Redução de peso	1	5
Consumo de gás natural	2,5	5
Custos operacionais	5	2,5
Aspectos ambientais	2,5	2,5

Fonte: Autor 2021, com base nos dados da empresa A

Vale ressaltar que, cada nota acima atribuída teve como base as discussões feitas nos tópicos anteriores. Já no que diz respeito ao peso dos componentes, teremos que:

- 5 = Muito relevante
- 2,5 = Média relevância
- 1 = Pouquíssima relevância

Diante disso, na tabela 8 e 9 iremos levar em consideração 2 cenários, no primeiro cenário chamaremos de empresa X e no segundo, empresa Y. Vejamos.

Tabela 3 - Matriz de ponderação usada como auxílio na escolha de melhor tecnologia de tratamento de RSS para empresa X.

EMPRESA X					
Critérios	Peso	Autoclave		Incinerador	
		Nota	Ponderação	Nota	Ponderação
Custo de instalação	5	5	25	2,5	12,5
Capacidade de tratamento	5	5	25	2,5	12,5
Redução de peso	2,5	1	2,5	5	12,5
Consumo de gás natural	2,5	2,5	6,25	5	12,5
Custos operacionais	5	5	25	2,5	12,5
Aspectos ambientais	2,5	2,5	6,25	2,5	6,25
Totais			90		68,75

Fonte: Autor, 2021.

Isto implica dizer que a empresa X, diante de seus critérios de prioridades, teria a autoclave como melhor opção de escolha.

Tabela 4 - Matriz de ponderação usada como auxílio na escolha de melhor tecnologia de tratamento de RSS para empresa Y.

EMPRESA Y					
Critérios	Peso	Autoclave		Incinerador	
		Nota	Ponderação	Nota	Ponderação
Custo de instalação	1	5	5	2,5	2,5
Capacidade de tratamento	2,5	5	12,5	2,5	6,25
Redução de peso	5	1	5	5	25
Consumo de gás natural	5	2,5	12,5	5	25
Custos operacionais	2,5	5	12,5	2,5	6,25
Aspectos ambientais	2,5	2,5	6,25	2,5	6,25
			53,75		71,25

Fonte: Autor, 2021.

Já na empresa Y, podemos notar que diante de seus critérios de prioridades, o incinerador poderá atender melhor às suas expectativas.

5 CONCLUSÃO

A partir do estudo feito a respeito das duas tecnologias de tratamento de RSS, sendo elas autoclave e incinerador, pôde-se notar diante dos tópicos apresentados que:

- Na instalação dos equipamentos, o incinerador é o que apresenta o maior custo de aquisição, uma vez que os equipamentos necessários para o tratamento dos efluentes gasosos elevam muito esta despesa.
- Na capacidade de tratamento, a autoclave se mostrou bem mais eficiente, pois, diante da análise comparativa feita, considerando 10h de produção, notou-se que a autoclave possui capacidade de tratar até 75% a mais de RSS quando comparado ao incinerador de 100 kg/h.
- Na destinação final dos RSS tratados, A diferença de custo é bastante significativa entre a autoclave e o incinerador, pois, diante da análise feita, foi notado uma redução de 88% do peso do resíduo tratado pelo incinerador, fazendo desta tecnologia, a de menor custo neste quesito.

- No consumo de gás, o incinerador ganha destaque por apresentar uma capacidade de tratar 25% a mais de resíduo por m³ de gás natural, trazendo então um impacto considerável com o custo deste componente.
- Nos aspectos operacionais, a autoclave ganha destaque por apresentar um número de funcionários compensatório para sua capacidade de produção, chegando a apresentar mais custo benefício neste aspecto, quando comparado com o incinerador.
- Nos aspectos ambientais, ambas tecnologias apresentaram prós e contra se mostrando bastante competitivas nesta categoria.

Dante disto, foi possível concluir que o processo de desinfecção dos RSS por autoclave é o que mais alia os fatores ambientais e o menor custo, porém, a escolha na instalação de uma destas tecnologias irá depender da necessidade do empreendimento, de quais dos aspectos acima apresentados, terá mais peso na tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 11175: Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho. Rio de Janeiro, 1990.

BRASIL. Resolução RDC nº 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências. Órgão emissor: **ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/3427425/RDC_222_2018_.pdf/c5d3081d-b331-4626-8448-c9aa426ec410>. Acesso em: 03 de julho de 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 182 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos) ISBN 85-334-1176-6, 1. Gerenciamento de resíduos. 2. Serviços de saúde. I. Título. II. Série, NLMWA

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Recomendações para a gestão de resíduos sólidos durante a pandemia de coronavírus (COVID-19). 5 p. 2020. Disponível em: < abrelpe.org.br>. Acesso em: 03 de julho de 2021.

BIDONE, Francisco R. A. **Resíduos Sólidos provenientes de coletas especiais: reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RiMa, 2001. Projeto PROSAB – Programa de pesquisa de saneamento básico.

BRITO, Adailton Pereira. **Análise econômica preliminar da implantação de incinerador de resíduos sólidos urbanos na região de Bauru**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2013.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 358, de 29 de abril de 2005. **Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.** Órgão emissor: CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>>. Acesso em: 03 de julho de 2021.

BRASIL. Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

COSTA, Gabriel Soares Pena. **Análise de viabilidade financeira para um investimento privado para implantação de unidade de tratamento de resíduos de Serviço de Saúde no Distrito Federal.** 2013. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas) - – Universidade de Brasília, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Bacharelado em Ciências Econômicas, 2013.

DIAS, Filipe Alexandre de Almeida. **Análise ambiental e econômica de processos de desinfecção de resíduos de serviços de saúde (RSS).** 2008. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia sanitária e ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008.

ELEUTÉRIO, JPL; HAMADA, J.; PADIM, A. F. Gerenciamento eficaz no tratamento dos Resíduos de Serviços de Saúde-estudo de duas tecnologias. n: **Anais 18° Encontro Nacional de Engenharia de Produção**; 2008 out 13-16; Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Enep; 2008. p. 1-11.

ELEUTÉRIO, João Pedro Lima. **Proposta de um modelo de negócio para a implantação de um sistema para tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS).** 2009. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru, 2009.

Leme, Marcio MV, et al. "**Recuperação Energética de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**: abordagem econômica e ambiental." Congresso de Inovação Tecnológica. 2011.

SILVA, C. L.; Tratamento Térmico de Resíduos Sólidos, Apostila de Curso de Pós - Graduação – FEB/UNESP, Bauru, 1998. VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em administração.** São Paulo: Atlas, 2005.

SOUZA, E. L., 2006. **Contaminação ambiental pelos resíduos de serviços de saúde. Faculdades Integradas Fafibe – Bebedouro.** São Paulo, Brasil.

TEIXEIRA, G. P., FERREIRA, J. A., CAMPOS, J. C., 2005. Descrição e **Análise da Gestão dos Resíduos de Serviços de Saúde no Município de Juiz de Fora – MG.** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande, MS, Brasil.

VIEIRA, Marcelo Pestana. **Fundamentos de Incineração.** São Paulo: Editora Gregory, 2012.

APÊNDICE A – LISTA DE DADOS NECESSÁRIOS PARA A PESQUISA INFORMACIONAL

Tabela 5 - Lista de dados necessários para a fase de pesquisa informacional.

Dados
Custo com a instalação dos equipamentos (R\$)
Capacidade de tratamento (Kg; %)
Redução de peso (Kg; %; R\$)
Consumo de Gás (Kg/m ³ ; %; R\$)
Produtividade em relação a hora homem (ton. / (dia. HH))
Nº de funcionários necessário para operação (Un.)

Fonte: Autor, 2021.

APÊNDICE B – CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Tabela 6 - Ex. de atribuição de peso como critério de seleção na empresa X

Critério – Empresa X	Peso	Autoclave	Incineração
Custo de instalação	5	x	
Capacidade de tratamento	5	x	
Redução de peso	2,5		x
Consumo de gás natural	2,5		x
Custos operacionais	5	x	
Aspectos ambientais	2,5	x	x

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 7 - Ex. de atribuição de peso como critério de seleção na empresa Y

Critério – Empresa Y	Peso	Autoclave	Incineração
Custo de instalação	1	x	
Capacidade de tratamento	2,5	x	
Redução de peso	5		x
Consumo de gás natural	5		x
Custos operacionais	2,5	x	
Aspectos ambientais	2,5	x	x

Fonte: Autor, 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me mantido com saúde e forças para chegar até o final.

À minha mãe Marlene Galdino, meu pai José Pedro e minha irmã Rayane Pereira pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

Ao meu noivo Filipe Damasceno, que sempre esteve ao meu lado durante o percurso acadêmico, sendo sempre muito compreensivo nos momentos de dificuldades enfrentados.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira, pelas valiosas contribuições dadas durante todo o período de orientação e todos os anos de graduação. Obrigada pelo excelente profissionalismo.

À diretoria da empresa foco deste estudo, e em especial a Met. Jaqueline Salgado, por todo auxílio e apoio no fornecimento dos dados necessários para a elaboração deste trabalho.

As minhas amigas de curso, Pâmela Raissa e Fernanda Bernardino que compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, sempre com o espírito colaborativo, além de terem me ajudado de inúmeras formas durante todo o período de graduação.

À Universidade Estadual da Paraíba, pela oportunidade de realizar o curso.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.