



Universidade de Brasília
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade
Departamento de Economia

GABRIEL SOARES PENA COSTA

ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA PARA UM INVESTIMENTO
PRIVADO PARA IMPLANTAÇÃO DE UNIDADE DE TRATAMENTO DE
RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE NO DISTRITO FEDERAL

BRASÍLIA
2013

GABRIEL SOARES PENA COSTA

ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA PARA UM INVESTIMENTO
PRIVADO PARA IMPLANTAÇÃO DE UNIDADE DE TRATAMENTO DE
RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE NO DISTRITO FEDERAL

Monografia apresentada ao
Departamento de Economia da
Universidade de Brasília (UnB) como
requisito parcial à obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Pedro Henrique Zuchi da Conceição

BRASÍLIA
2013

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 / Gabriel Soares Pena Costa – Brasília, 2013.

62 f.: il. Color.

Orientador: Pedro Henrique Zuchi da Conceição
Monografia – Universidade de Brasília, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Bacharelado em Ciências Econômicas, 2013.

1. Análise de Viabilidade. 2. Externalidades. 3. Incineração
4. Resíduos de serviço de saúde. I. Título.

GABRIEL SOARES PENA COSTA

ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA PARA UM INVESTIMENTO PRIVADO PARA IMPLANTAÇÃO DE UNIDADE DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE NO DISTRITO FEDERAL

Monografia apresentada ao Departamento de Economia da Universidade de Brasília (UnB) como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovada em de de 2013.

BANCA EXAMINADORA:

Professor Doutor Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Professor Doutor Antônio Nascimento Júnior

BRASÍLIA
2013

Agradeço a Deus em primeiro lugar, que sempre me derramou bênçãos e continua me guiando pelas veredas.

E agradeço imensamente à minha família, por sempre estar em união e me incentivar a buscar o conhecimento.

“Bem aventurado o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento; porque é melhor sua mercadoria do que artigos de prata, e maior o seu lucro que o ouro mais fino.” (Provérbios 3:13-14)

RESUMO

A proposta deste estudo é analisar a viabilidade financeira de um projeto de investimento em uma usina de tratamento de resíduos de serviço de saúde (RSS) no Distrito Federal sob o ponto de vista privado. Dado o desenvolvimento exponencial da escala da economia nos últimos dois séculos, os rejeitos crescentes dos processos econômicos e os RSS, principalmente, tem atraído uma atenção especial da sociedade devido ao risco de contaminação e contágio. Considerando que os RSS geram externalidades que provocam ineficiências, a legislação e a regulamentação sobre a questão avançaram nos últimos anos no sentido de internalizar estas externalidades passando a responsabilidade deste passivo ao setor privado.

A análise será feita comparando-se duas possíveis escalas iniciais de incineração, tecnologia recomendada pela regulamentação. Os resultados mostram que ambas as escalas são financeiramente viáveis. Uma análise incremental apresenta preferência pela alternativa de escala maior.

Palavras chaves: viabilidade, resíduos de serviço de saúde, incineração, externalidades.

ABSTRACT

This work proposes to analyse the financial feasibility of an investment project in a private medical waste treatment plant in the Federal District, Brazil. Due to the exponential development of the economy scale on the last two centuries, the rising rejects of the economic processes and specially the medical waste issue have attracted special attention. Given that medical waste generates externalities causing inefficiencies, the legislation and regulation about this issue has moved aiming to internalize these externalities transferring to the private sector the responsibility over this environmental passive.

The analysis will be done comparing two possible initial scales of incinerations, which is the recommended technology by the regulation bodies. The results show that both scales can be financially considered. A incremental analysis shows preference of the larger scale alternative.

Keywords: feasibility analysis, medical waste, incineration, externalities

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução.....	9
Capítulo 2 – Retrato atual da geração de resíduos no mundo e no Brasil.....	12
2.1 – As conseqüências do desenvolvimento e crescimento econômico... 12	
2.2 – Os resíduos de serviço de saúde..... 14	
2.3 – Legislação e normatização..... 16	
2.4 – Os RSS no Distrito Federal..... 19	
Capítulo 3 – A tecnologia de incineração como tratamento de RSS.....	21
Capítulo 4 – Uma abordagem da teoria econômica sobre a questão dos resíduos.....	25
4.1 – Relações entre o sistema econômico e o Meio Ambiente..... 25	
4.2 – Externalidades da poluição e ineficiência de mercado..... 26	
4.3 – Internalização das externalidades..... 22	
4.3.1 – O princípio do poluidor pagador..... 28	
4.3.2 – O imposto de Pigou..... 30	
4.4 – Externalidades nos Resíduos de Serviço de Saúde..... 31	
Capítulo 5 – Análise de viabilidade do projeto de instalação de uma unidade de incineração de RSS no DF.....	33
5.1 – Metodologia de análise..... 33	
5.2 – Investimentos..... 34	
5.3 – Projeções financeiras..... 36	
5.3.1 – Análise da alternativa I: escala inicial de menor porte..... 37	
5.3.2 – Análise da alternativa II: escala inicial de maior porte..... 39	
5.4 – Resultados..... 41	
5.5 – Análise de sensibilidade..... 43	

Capítulo 6 – Considerações Finais.....	47
Referências Bibliográficas.....	50
Apêndice A.....	55
Apêndice B.....	56
Apêndice C.....	57
Apêndice D.....	58
Apêndice E.....	59
Apêndice F.....	60
Apêndice G.....	61
Anexos.....	62

Capítulo 1

Introdução

Em um relatório de 1992 do Banco Mundial, foi introduzida uma hipótese especial para a relação entre o crescimento econômico e a degradação ambiental (Mueller, 2001). De acordo com este relatório, em um mundo com aumentos acelerados de renda *per capita* há um concomitante aumento de consumo e de produção. Além disso, a taxa de crescimento da população e a distribuição geográfica desse crescimento são fatores fundamentais na determinação dos impactos da sociedade humana sobre o meio ambiente (Mueller, 2001). Portanto, somando os fatores crescimento populacional e econômico, é fácil observar que a geração de lixo é também crescente em uma taxa proporcional ou maior. Desta forma, pode-se dizer que um dos maiores problemas do nosso tempo consiste na geração e disposição de resíduos.

A partir da segunda metade do século XX, intensificou-se a preocupação com a disposição final inadequada de resíduos em virtude do aumento da população mundial, a produção mundial ampliada, a crescente extração de recursos e a conseqüente degradação ambiental. Muitos dejetos provenientes da produção são, inclusive, tóxicos e a destinação final e o processamento desse tipo de resíduo em particular, geram, quando efetuados inadequadamente, um tipo de poluição que ninguém quer por perto (Sayago *et al*, 1998). Por isso o gerenciamento de resíduos tornou-se necessário para se buscar meios para a não geração, para a minimização, o reaproveitamento e, finalmente, para o tratamento e a disposição final adequada.

Os rejeitos dos processos econômicos tem se tornado cada vez mais repleto de componentes altamente poluentes e nocivos à saúde humana. De acordo com Lima (2002), resíduo é genericamente definido como um conjunto de rejeitos sólidos resultantes da atividade humana. Para Schneider *et al* (2001), resíduo é tudo aquilo que não tem mais utilidade e que se descarta. Sob a ótica econômica, Bidone (2001) definiu resíduo como uma matéria sem valor quantitativo, cujo valor de uso ou de troca é nulo ou negativo para seu proprietário.

Há diferentes classes de resíduos categorizadas pela sua fonte de geração. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2006), pode-se agrupá-los em dois grandes grupos: resíduos sólidos urbanos, constituídos de resíduos domésticos, comerciais e públicos e o grupo dos resíduos especiais, a saber: resíduos industriais, da construção civil, radioativos, de portos, aeroportos, agrícolas e de serviço de saúde, este último objeto de estudo do presente trabalho.

A denominação atribuída aos resíduos provenientes de estabelecimentos de saúde é controversa para Schneider *et al* (2001). Muitos termos são utilizados indistintamente como sinônimos: resíduos sólidos hospitalares, resíduos hospitalar, resíduo biomédico, resíduo médico, resíduo clínico, resíduo infeccioso, entre outros. Por uma questão de terminologia a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adotou o termo “resíduos de serviços de saúde”, os quais foram definidos como aqueles “resultantes das atividades exercidas por estabelecimentos prestadores de serviços de saúde”. Por sua vez, a Resolução nº 283 do CONAMA (2001) definiu os resíduos de saúde como: “aqueles provenientes de qualquer unidade que execute atividades de natureza médico-assistencial humana ou animal; aqueles provenientes de centros de pesquisa, desenvolvimento ou experimentação na área de farmacologia e saúde; medicamentos e imunoterápicos vencidos ou deteriorados; aqueles provenientes de necrotérios, funerárias e serviços de medicina legal; e aqueles provenientes de barreiras sanitárias”. Toda preocupação com tais resíduos se dá em virtude dos riscos de transmissão de doenças e contaminação à saúde humana e ao meio ambiente durante o manuseio, o tratamento e a destinação final. Os RSS, apesar de todas as normas existentes para sua disposição, são dispostos quase sempre de forma irregular, trazendo consequências significativas para a saúde humana e para o equilíbrio dos ecossistemas (Barba, 2002).

Felizmente, percebe-se, nas últimas décadas, uma intolerância crescente quanto a negligências aos passivos ambientais da sociedade (Grimberg, 2002). Um tópico constante nas últimas pautas é a questão dos resíduos perigosos – químicos, biológicos, industriais, hospitalares. No Brasil, o reflexo dessa preocupação é a recente aprovação, em agosto de 2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que contém seções específicas relativas

a estes resíduos, configurando um marco significativo para a adequação da regulamentação ambiental brasileira.

Já no Distrito Federal, onde cerca de 1 a 3% do total de resíduos sólidos são oriundos dos serviços de saúde (DF, 2003), também foi recentemente decretada uma lei distrital (nº 4.352/2009, de 30 de junho de 2009) baseada no princípio “poluidor-pagador”, onde cada empresa geradora desse tipo de resíduo tornou-se responsável pela destinação correta do mesmo, ausentando o setor público de tal responsabilidade.

Diante disto, o presente trabalho trata especificamente da questão do processamento dos resíduos do serviço de saúde no Distrito Federal, agora sob responsabilidade do setor privado. A ótica privada exige analisar a viabilidade, as características e as variáveis desse mercado peculiar e desse tipo de operação. É pertinente, nesse caso, a utilização de instrumentais da engenharia econômica para avaliar, por exemplo, a estrutura de custos, os indicadores financeiros, a demanda, os fluxos de caixa, a taxa interna de retorno e a sensibilidade a diferentes cenários. A relevância do presente estudo proposto será, portanto, no âmbito de avaliar a viabilidade da instalação de uma usina de processamento de resíduos do serviço de saúde (RSS), valendo-se para isso de critérios econômico-financeiros de análise de projetos.

Portanto, o estudo se valerá de instrumentais existentes na literatura a fim de utilizá-los em uma abordagem prática para o estudo de caso em questão e responder se há viabilidade financeira para implantar uma operação de processamento de RSS para atender o Distrito Federal e entorno e qual seria melhor escolha da escala inicial de operação.

O trabalho será estruturado em seis capítulos. Após esta introdução, o Capítulo 2 discorrerá a respeito da situação atual da questão dos resíduos como consequência do desenvolvimento e apresentará classificações, legislações e também estatísticas. O capítulo 3 tratará a respeito da tecnologia de incineração, onde se destacará as vantagens e as desvantagens da mesma. O capítulo 4 trará uma ótica da teoria econômica abordando as externalidades dos resíduos. O capítulo 5 será a análise de viabilidade financeira do projeto e o Capítulo 6, a conclusão.

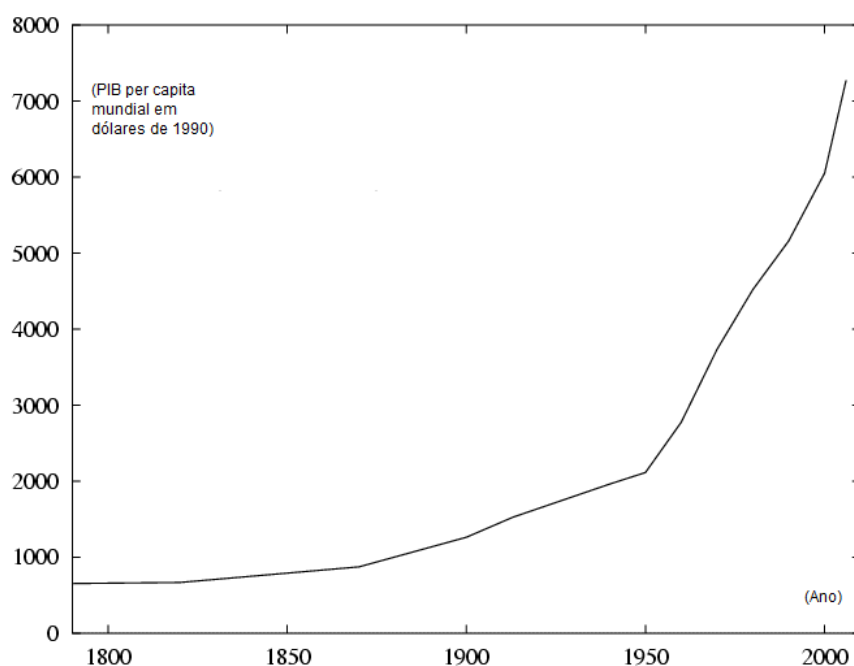
Capítulo 2

Retrato atual da geração de resíduos no mundo e no Brasil

2.1 As consequências do desenvolvimento e crescimento econômico

Nos últimos dois séculos, a humanidade vivenciou um momento único em termos de desenvolvimento econômico, evolução tecnológica e crescimento populacional. Um dos fatos mais importantes a respeito deste crescimento econômico mundial é que se trata de um fenômeno bastante recente. Antes da Revolução Industrial do final do século XVIII, o crescimento econômico, com característica exponencial, era praticamente despercebido (Jones 2000). O retrato que Maddison (2006) apresentou, mostra que a renda por indivíduo praticamente permaneceu estática até antes do século XIX. O gráfico 1 mostra a estimativa de Maddison para o PIB Mundial per capita ajustado à inflação desde o século XIX, permitindo verificar o aspecto exponencial deste crescimento econômico .

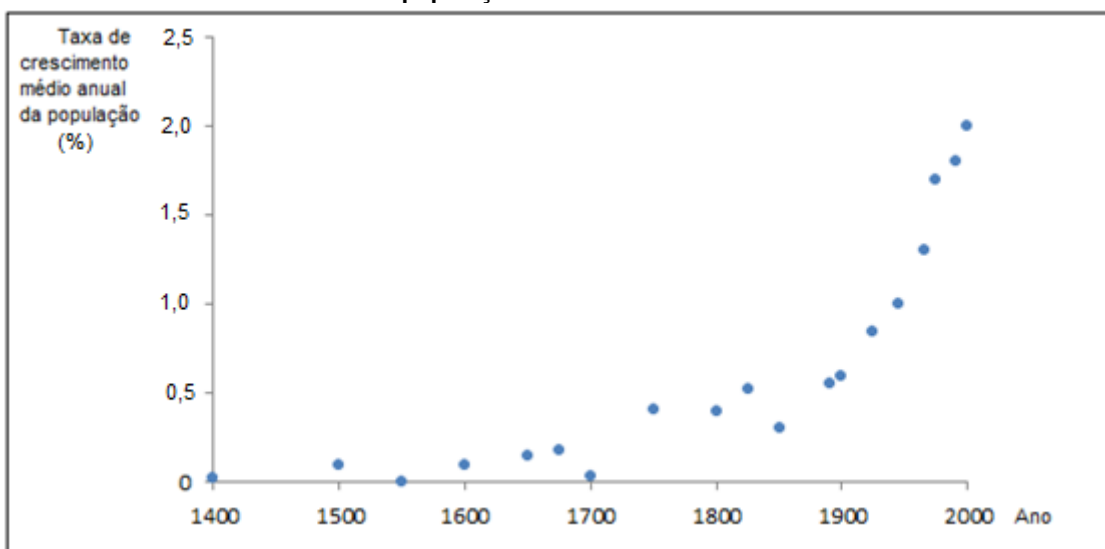
Gráfico 1: PIB per capita mundial em dólares ajustado à inflação com ano base de 1990 (1780-2006)



Fonte: Angus Maddison, Historical Statistics of the World Economy, 2006

Concomitante ao desenvolvimento econômico, a população mundial também viveu um crescimento exponencial acentuado. O gráfico 2 apresenta as taxas de crescimento médio anual da população mundial nos últimos séculos. Assim como no crescimento da renda, o crescimento populacional foi extremamente baixo nos primeiros séculos. Este fato corrobora com a teoria de Thomas Malthus que explica a alta correlação entre os crescimentos de renda e da população. De acordo com Kremer (1993), a taxa média de crescimento populacional no período do ano 1 ao ano 1700 foi de aproximadamente 0,075% ao ano. A partir do século XVIII, as taxas se aceleraram, e nos últimos anos, a população mundial cresceu a uma média de 2% ao ano.

Gráfico 2: Taxa de crescimento da população mundial



Fonte: Adaptado de Charles I. Jones, 2000

Todo este desenvolvimento trouxe, como consequência, um crescimento desenfreado das cidades e das populações urbanas. Dados da Organização das Nações Unidas – ONU apontam, que aproximadamente 3 bilhões de pessoas vivem nas cidades, ou seja, 47% da população mundial. Enquanto que no início do século XX, aproximadamente 10% da população mundial somente eram habitantes urbanos.

Em virtude da ampliação da escala da economia, da produção e consumo nos grandes centros urbanos e o consequente rejeito desses processos econômicos, um problema específico tem se destacado como um dos maiores de nossa atualidade – os resíduos.

Tal questão se tornou ainda mais marcante a partir da segunda metade do século XX, quando a economia mundial passou por um momento de grande desenvolvimentismo com grande estímulo ao consumo. Paralelamente ao desenvolvimento, a geração de resíduos também cresceu de forma alarmante com um crescente risco à saúde e ao meio ambiente. E os resíduos de serviço de saúde principalmente, devido ao maior risco de contaminação e contágio, chamou bastante atenção da sociedade nas últimas décadas.

2.2 Os resíduos de serviço de saúde

Os resíduos de serviços de saúde (RSS) merecem atenção especial, não necessariamente 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 (DF, 2003). 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.

Portanto, em decorrência dos riscos graves e imediatos que podem oferecer, os resíduos de serviços de saúde carecem de um programa específico de gerenciamento que possa contemplar diretrizes de manejo em diversas fases: separação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final. Tal cuidado decorre principalmente do risco infecto-contagioso tanto para aqueles envolvidos no manuseio deste material nos estabelecimentos de saúde, quanto para a população em geral, se dispostos de maneira inadequada. Schneider (2001) alerta para o risco potencial dos RSS em três níveis: a saúde ocupacional de quem manipula este tipo de resíduo, o aumento da taxa de infecção hospitalar e o dano ao meio ambiente.

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. A resolução 358 do CONAMA classifica os RSS em cinco grupos de acordo com suas características:

I – GRUPO A: Resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características de maior virulência ou concentração, podem apresentar risco de infecção.

II – GRUPO B: Resíduos contendo substâncias químicas que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.

III – GRUPO C: Quaisquer materiais resultantes de atividades humanas que contenham risco radiológico em quantidade superior aos limites de eliminação especificados nas normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) para os quais a utilização é imprópria ou não prevista.

IV- GRUPO D: Resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo equiparados aos resíduos domiciliares.

V – GRUPO E: Materiais perfuro-cortantes ou escarificantes, tais como: lâminas de barbear, agulhas, escalpes, ampolas de vidros, brocas, limas endodônticas, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, tubos capilares, micro pipetas, lâminas e lamínulas, espátulas, e todos os utensílios de vidros quebrados no laboratório (pipetas, tubos de coletas sanguíneas e placas de Petri) e outros similares.

Além disso, é importante analisar dados a respeito da produção de RSS em relação à produção de resíduos comuns, a distribuição por estabelecimentos geradores, a distribuição por origem de produção e a distribuição por classificação. Segundo Akutsu e Hamada (1993), que fizeram um levantamento na cidade de Porto Alegre/RS e de Guarulhos/SP, os hospitais são responsáveis por 85% e 62%, respectivamente, dos RSS gerados nestes municípios. A taxa de geração específica por fonte (leito, paciente)

também é uma informação importante quando se quer acompanhar a evolução do sistema de gerenciamento interno do RSS em uma unidade de saúde.

Em relação à origem da produção dos resíduos nos hospitais, a Tabela 1, presente no trabalho de Akutsu e Hamada(1993), apresenta o estudo de dois autores :

Tabela 1: Participação dos setores na produção de resíduos sólidos em hospitais

Setor	CETESB, 1997	Castro, 1998
Enfermaria	17,0%	18,6%
UTI	-	8,4%
Centro Cirúrgico	4,0%	6,7%
Pérfuro-cortante	-	2,6%
Administrativo	2,0%	2,4%
Ambulatório	-	3,7%
Cozinha	50,0%	47,7%
Maternidade	8,0%	-
Ortopedia	7,0%	-
Outros	12,0%	9,7%

Fonte: Adaptado de Akutsu e Hamada, 1993

Com exceção dos resíduos administrativos, que são encaminhados como resíduo comum, todo o resto são RSS. Observa-se, pela tabela, que a participação da cozinha e do setor administrativo é semelhante nas duas pesquisas, bem como nas enfermarias. Fica evidente, portanto, que metade da produção de resíduos em um hospital provém do setor da cozinha, o que evidencia uma preponderância de material orgânico nos RSS. A predominância de matéria orgânica acarreta em uma maior umidade no resíduo, o que potencializa ainda mais a proliferação de microrganismos e seu vetor patogênico. Além disso, a umidade presente nos resíduos demanda um manejo apropriado por técnicos especializados para manter o poder calorífico da mistura de resíduo o mais constante possível durante o processo de tratamento térmico (Costa, 2007).

2.3 Legislação e Normatização

As principais causas do crescimento das taxas de geração de RSS são o contínuo incremento da complexidade da atenção médica e o uso crescente de

materiais descartáveis (SANCHES, 1995). Até recentemente, os resíduos de serviços de saúde, em geral ainda não recebiam o devido tratamento diferenciado, tendo muitas vezes como destino final o mesmo local utilizado para descarte dos demais resíduos urbanos (Costa, 2007). A maior parte destes locais tem o acesso livre aos catadores que praticam a reciclagem informal, elevando-se as possibilidades de assimilação de doenças infecto-contagiosas pelas pessoas expostas a áreas contaminadas por estes resíduos (BIDONE e POVINELLI, 1999). Risso (1993) destaca vários casos de acidentes com resíduos de serviços de saúde existentes na literatura, incluindo o acidente com o Césio 137 em Goiânia.

Embora este problema venha sido bastante discutido ultimamente, dados do IBGE mostram que ainda são 1.193 os municípios sem tratamento para RSS, no universo de 3.466 municípios pesquisados.

Diante tal potencial de risco, se faz necessário normatizar um gerenciamento adequado dos RSS em diferentes esferas, de modo a garantir que as diversas etapas – segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destino final – ocorram de maneira a não causar danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Nos últimos anos certas medidas foram tomadas no sentido de normatizar a questão do gerenciamento dos resíduos em geral. O marco mais importante de tal esforço é simbolizado pela Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

A PNRS estabelece que os resíduos de serviço de saúde, em particular, devem ser tratados (inertizados) antes da sua deposição em valas sépticas do aterro. Entretanto, existem atualmente diversas formas para o tratamento de resíduos de serviço de saúde, como a incineração, a auto-clavagem, a irradiação com micro-ondas e a tecnologia de plasma. Todas com o objetivo principal de eliminação do risco infectante (Costa, 2007). Todavia, não existe método perfeito para o tratamento dos RSS, sendo que cada tecnologia apresenta vantagens e desvantagens.

Segundo IPEA (2012), a legislação nacional referente aos RSS resume-se conforme a tabela 2:

Tabela 2: Síntese da legislação pertinente a respeito de RSS

Instrumentos Legais	Descrição
Portaria Minter nº53, de 01/03/1979	Uso de incineradores como tratamento de resíduos de serviços de saúde.
Lei Federal nº6.938, de 31/08/1981	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente.
Lei Federal nº 8.080, de 19/09/1990	Dispõe sobre a Política Nacional de Saúde.
Decreto Federal nº 100, de 16/04/1991	Institui a Funasa.
Resolução nº 6, de 19/09/1991	Dispõe sobre o tratamento dos resíduos sólidos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos.
Resolução Conama nº 5, de 05/08/1993	Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.
Lei Federal nº 9.782, de 26/01/1999	Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências.
Resolução RDC Anvisa nº 50, de 21/02/2002	Dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde.
Resolução Conama nº 316, de 20/11/2002	Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.
Resolução RDC Anvisa nº306, de 07/12/2004	Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.
Lei Federal nº 11.105, de 24/03/ 2005	Dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança.
Resolução Conama nº 358, de 29/04/2005	Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.
Lei Federal nº11.445, de 05/01/2007	Dispõe sobre a Política Nacional de Saneamento Básico.
Lei Federal nº12.305, de 12/08/2010	Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
Decreto Federal nº7.404, de 23/12/2010	Regulamenta a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.
Resolução Conama nº430, de 13/05/2011	Dispõe sobre as condições e os padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conama.

Fonte: IPEA, 2012

A Resolução nº 05/1993 do CONAMA, Artigo 11, recomenda a tecnologia de incineração para o tratamento dos resíduos de serviço da saúde. A Resolução nº 358/2005 do CONAMA, que dispõe sobre a destinação dos resíduos de serviços da saúde, também apresenta a incineração como a melhor forma na atualidade, em concordância ainda com a RDC 306/2004 da ANVISA.

Ademais, a grande diferença estipulada nestas normatizações recentes diz respeito à questão da responsabilidade destes resíduos. No passado, tal resíduo era responsabilidade do Estado. Entretanto, atualmente a regulamentação e legislação caminharam no sentido de passar tal responsabilidade para o setor privado, estipulando o princípio do gerador-pagador. O princípio do poluidor-pagador pode ser entendido como sendo um instrumento que exige do poluidor, uma vez identificado, suportar os custos das

medidas preventivas e/ou das medidas cabíveis para, senão a eliminação, pelo menos a neutralização dos danos ambientais (Derani, 1997).

2.4 Os RSS no Distrito Federal

De acordo com o Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de saúde – CNES - do Ministério da Saúde há, no DF, 6089 estabelecimentos prestadores de serviços de saúde cadastrados. Segundo o Plano Diretor de Resíduos Sólidos do Distrito Federal – PDRSDF, em 2006 estes estabelecimentos geraram uma média de 583 toneladas por mês de resíduos de serviço de saúde. Atualmente, estima-se que são geradas de 700 a 1000 toneladas de resíduos a serem tratados sob competência do setor privado.

Dados de 2012 mostram que o Brasil gerava em torno de 63 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano. Desse total, aproximadamente 245 mil toneladas correspondiam a resíduos gerados por estabelecimentos de saúde (ABRELPE, 2012). No Distrito Federal, em particular, são geradas estimadas 2.700 toneladas de resíduos sólidos por dia, das quais, em média, são em torno de 30 toneladas de RSS (DF, 2007).

Quanta a legislação local, a tabela 3 abaixo apresenta algumas regulamentações distritais, nas quais foi possível identificar instrumentos legais pertinentes a RSS.

Tabela 3

Distrito Federal	Instrução nº 54/2009 (Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal)	Dispõe sobre as suas responsabilidades perante o estabelecimento gerador de resíduos de serviços de saúde, em cumprimento da Resolução Conama nº 358/2005 e RDC Anvisa nº 306/2004.
	Lei nº 3.248/2003	Altera a Lei nº 247, de 31 de março de 1992, que dispõe sobre a seleção, coleta e destino dos resíduos gerados por estabelecimentos de serviços de saúde.
	Lei nº 247/1992	Promulgação negada pelo governador do Distrito Federal ao projeto de lei que dispõe sobre a seleção, coleta e destino dos resíduos gerados por estabelecimentos de serviços de saúde.

Fonte: IPEA, 2012

Ademais há a Lei Distrital nº 4352/2009, que discorre a respeito do tratamento e disposição final dos resíduos do serviço de saúde e, assim como recomendado pelas regulamentações, transfere para o setor privado a responsabilidade sobre tal resíduo. Esta lei também recomenda um tratamento especial aos RSS e incluiu ainda um artigo controverso exigindo que tal tratamento fosse feito dentro das delimitações do Distrito Federal. Tal artigo, o

nº 9, posteriormente à aprovação da lei, foi alvo de críticas e segundo o Ministério Público do DF (2011), o artigo ergueu-se “como fruto da articulação política de alguns poucos empresários no Distrito Federal com tecnologia disponível para prestar o referido serviço, com vistas a impedir que empresas concorrentes do entorno do Distrito Federal e de outros estados oferecessem o mesmo serviço por preços melhores”. Tal discussão alimenta a reflexão do presente trabalho sobre a real viabilidade para o setor privado arcar com o tratamento e coleta de tais resíduos a partir de uma instalação dentro do território do Distrito Federal.

Capítulo 3

A tecnologia de incineração como tratamento de RSS

A incineração é uma solução que apresenta como principais vantagens o alto grau de eliminação da patogenicidade, a descaracterização e a grande redução de volume dos RSS. Sua desvantagem mais marcante é poder proporcionar, caso feita inadequadamente, as condições necessárias à formação de outras substâncias ainda mais prejudiciais ao meio ambiente, notadamente as dioxinas e furanos (Costa, 2007).

O presente trabalho não tem o intuito de analisar qual tecnologia é a mais viável para o tratamento de RSS, carecendo a este tema uma discussão mais aprofundada. Entretanto, além das regulamentações recomendarem, Valle (2002) confirma a incineração como a solução mais indicada e viável para o tratamento de resíduos perigosos, considerando as alternativas tecnológicas disponíveis na atualidade e ainda critérios como custo de instalação e operação.

A operação de um sistema de incineração precisa incluir uma estrutura para manuseio de resíduos, um lavador de gases, um sistema de tratamento de efluentes e a destinação das cinzas. Por conta disto, os investimentos necessários para sua instalação são relativamente altos. Os gases resultantes da incineração devem passar por um sistema de lavagem, que costuma representar um investimento tão ou mais caro que o próprio forno de incineração. Estes incineradores devem atender padrões rígidos de alta temperatura de combustão e filtragem de gases para que não emitam substâncias prejudiciais à qualidade do ar (Costa, 2007). A norma da ABNT NBR 11175 fixa as condições exigíveis de desempenho de um equipamento de incineração de resíduos sólidos perigosos.

A incineração ainda é a forma de tratamento mais utilizada para os RSS, aplicada por 589 do total de 3.466 municípios brasileiros (ANVISA, 2006; IBGE). Desta forma, a incineração deverá permanecer como o método tradicional para tratamento de resíduos perigosos até que alguma outra tecnologia mais avançada, eficaz e economicamente viável a substitua.

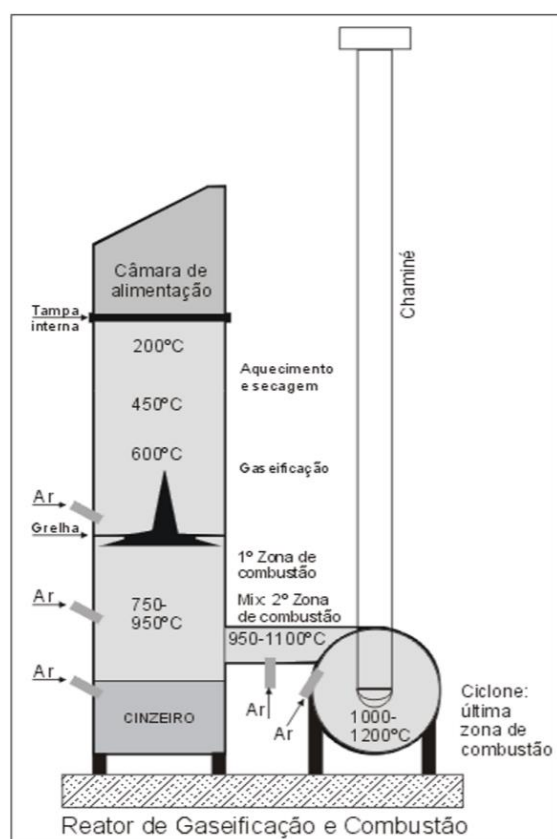
Trata-se de uma tecnologia térmica existente para o tratamento de resíduos há várias décadas. Consiste na queima de materiais em alta temperatura (geralmente acima de 900° C), em mistura com uma quantidade apropriada de ar e durante um tempo pré-determinado. Compostos orgânicos são reduzidos a seus constituintes minerais, dióxido de carbono gasoso, vapor d'água e sólido inorgânicos (cinzas). Alguns cuidados devem ser tomados antes de se decidir pela instalação de um incinerador, pois uma boa incineração exige exatidão no conhecimento das características do resíduo e os recursos comprometidos nesta fase podem prevenir erros de alto custo durante as fases seguintes (Costa, 2007).

De acordo com a empresa fornecedora de incineradores Luftech Ambiental, o processo de incineração deve ocorrer em duas fases a fim de se adequar aos padrões de controle de emissões para atmosfera: a combustão primária e a combustão secundária.

- **Combustão primária:** Nesta fase, com duração de 30 a 120 minutos, a cerca de 500 a 800° C, ocorrem a secagem, o aquecimento, a liberação de substâncias voláteis e a transformação do resíduo remanescente em cinzas. Durante este processo é gerado o material particulado.
- **Combustão secundária:** Os gases, vapores e material particulado, liberados na combustão primária, são soprados ou succionados para a câmara de combustão secundária ou pós-combustão, onde permanecem por cerca de 2 segundos expostos à 1000° C ou mais, ocorrendo a destruição das substâncias voláteis e parte do material particulado.

No modelo esquemático da figura 1, fornecido pelo fabricante de incineradores Luftech, considera-se uma incineração através de um reator de gaseificação e combustão. A zona primária corresponde à primeira zona de combustão no modelo e a secundária corresponde à última zona de combustão.

Figura 1



Fonte: Fornecedor de Incineradores – Luftech Ambiental

Em resumo, os parâmetros que devem ser rigorosamente seguidos para uma boa combustão são, segundo Costa (2007), 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.

Segundo o IPT/CEMPRE (1995), os metais são apenas redistribuídos ao passar pelo incinerador, sendo que uma parte é evaporada ou arrastada para a corrente gasosa e outra parte permanece nas cinzas. As cinzas, após serem analisadas, deverão ser dispostas em aterros Classe I ou II de acordo com sua classificação final.

A partir da bibliografia consultada, pode-se resumir as vantagens e desvantagens da tecnologia de incineração quando adotada como processo de tratamento dos RSS conforme tabela 4:

Tabela 4: Vantagens e Desvantagens da tecnologia de incineração de RSS

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Pode ser utilizado para qualquer tipo de resíduo infectante, e mesmo para alguns resíduos especiais (é possível ser utilizado sem necessidade da segregação interna)	Possibilidade de efluentes gasosos tóxicos, sendo que pode haver emissão de dioxinas
Redução significativa de peso e volume	Furanos, partículas metálicas, se o incinerador não for bem projetado e operado
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
Opera independentemente das condições meteorológicas	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 imprópriamente projetados ou operados
Necessita de área relativamente reduzida	
Eliminação das características repugnantes dos resíduos patológicos e de animais	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 imprópriamente projetados ou operados
Evita o monitoramento de lençol freático no longo prazo, visto que os resíduos são destruídos e não guardados	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de bibliografia consultada

De maneira geral, percebe-se que as vantagens se sobressaem em relação às desvantagens. Para um relatório da CETESB (1997), os fatores que interferem na operação de um incinerador podendo vir a causar poluição ambiental e ineficiência na destruição de microorganismos, são: gradientes de temperatura causados pelo uso intermitente; velocidade de queima excedendo os critérios de temperatura ou umidade por não permitir a combustão completa dos resíduos.

Os custos do tratamento do RSS por meio de incineração são elevados, em grande parte em função das exigências ambientais com a depuração dos gases. Segundo o IPT/CEMPRE (1995), os custos com a aquisição de incineradores diminuem à medida que aumenta a capacidade do equipamento.

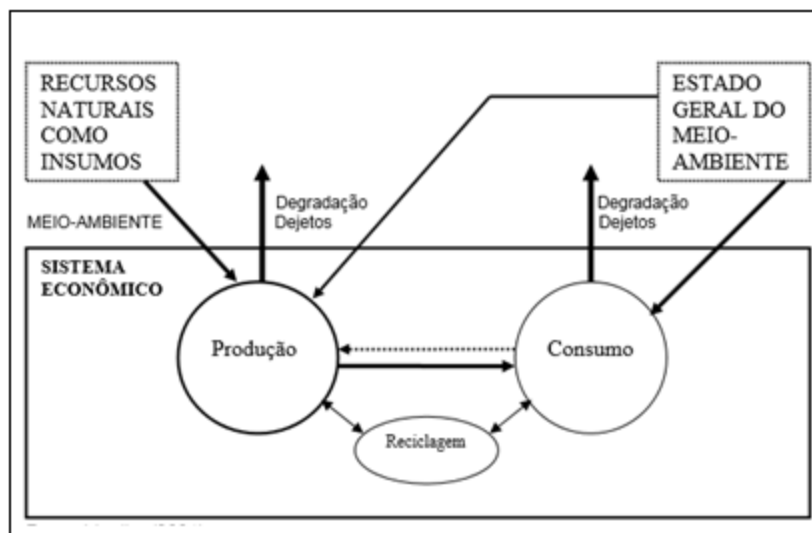
Capítulo 4

Uma abordagem da teoria econômica sobre a questão dos resíduos

4.1 Relações entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente

O crescimento populacional gera uma demanda crescente por consumo e conseqüentemente traz uma elevação de produção. O aumento de consumo e demanda reflete em maiores danos ao meio ambiente, devido a rejeitos e dejetos resultantes destes processos econômicos. Esta produção crescente utiliza insumos do meio ambiente, o que acarreta uma redução do estoque de recursos naturais – processo também degradante ao meio ambiente (Mueller, 2001). O diagrama a seguir retrata tal sistema:

Figura 2: Diagrama das Inter-relações entre o Sistema Econômico e o Meio-Ambiente



Fonte: Mueller, 2001

A ciência econômica tem desenvolvido, ao longo do tempo, diversas formas de abordagem ao meio ambiente. A teoria econômica neoclássica assume uma série de hipóteses para demonstrar que mercados livres conduzem a eficiência alocativa de recursos na economia. Entretanto, uma condição em especial - a não existência de externalidade - torna tal cenário hipotético pouco realista (Mueller, 2012). Perman et al. (1999) definem

externalidade como “um efeito externo que ocorre quando as decisões de produção e consumo de um agente afeta a utilidade e as possibilidades de produção de outro, de forma não intencional e sem nenhuma compensação às partes afetadas“. Dito de outra forma, na teoria econômica neoclássica, a obtenção de eficiência através de mercados livres requer que as atividades de produção ou consumo de qualquer agente não sejam afetadas pelas atividades de produção e consumo de outros agentes econômicos (Mueller, 2012).

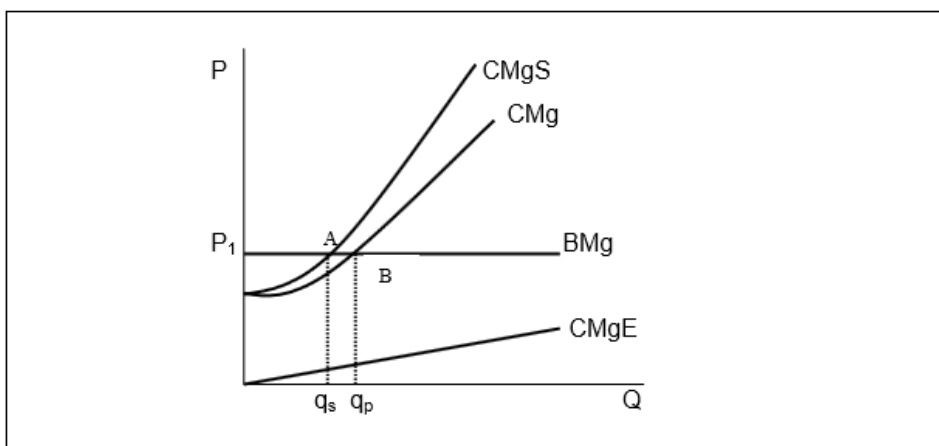
4.2 Externalidades da poluição e ineficiência de mercado

O exemplo clássico de externalidade é o caso da fábrica que dispõe seus dejetos em um rio e mais abaixo no rio atua uma empresa de atividade pesqueira. O comportamento da fábrica prejudica a pesca da outra empresa de forma direta e não compensada, tratando-se, portanto, de uma externalidade (Rosen, 2012).

As externalidades podem ser positivas ou negativas. É fácil concluir que geração de resíduos, e poluição em geral, são externalidades negativas. De acordo com Mueller (2012), os produtores poluidores originam fluxos de bens e serviços que, quando consumidos, geram bem-estar aos indivíduos; e o processo produtivo também origina, simultaneamente à produção, fluxos de resíduos, de dejetos – de poluição – que, dispersos no meio ambiente, causam mal-estar não compensados aos indivíduos.

O gráfico 3 abaixo exemplifica como uma externalidade afeta um equilíbrio de mercado.

Gráfico 3: Custo das externalidades alterando equilíbrio de mercado



Fonte: Elaborado pelo autor

Supondo que este gráfico seja representativo da fábrica poluidora do rio no exemplo mencionado anteriormente, o equilíbrio de produção da fábrica se dá quando o benefício marginal (BMg) iguala-se ao custo marginal privado (CMg). Entretanto, a poluição causada pela fábrica, gera uma curva de custo marginal da externalidade (CMgE) percebida sob a ótica social. Logo, o custo marginal social da fábrica (CMgS), considerando o custo da externalidade somado ao custo marginal privado, geraria um novo equilíbrio social para a produção desta fábrica, que escolheria produzir menos ($q_s < q_p$), caso esta externalidade fosse precificada.

Em suma, dentro do conjunto habitual de instituições de mercado, o produtor (ou poluidor) não tem nenhum incentivo para levar em conta o custo que ele impõe à sociedade, e a sociedade não tem como proporcionar a ele tal incentivo. Por causa disso, o resultado induzido pelo mercado diante da externalidade pode ser ineficiente (Eaton, 1999). Devido ao fato das externalidades não serem incorporadas nos preços de mercado, elas poderão se tornar, portanto, uma causa de ineficiência econômica (Pindyck, 1994).

De acordo com Contador (2000), três características das externalidades são responsáveis pelas ineficiências de mercado:

- i) definição imprecisa do direito de propriedade;
- ii) seu caráter incidental e involuntário;
- iii) a falta de controle direto a certo custo nulo sobre as fontes dos efeitos externos, a não ser pelo próprio externalizador.

Na questão ambiental, sendo o ambiente um bem público, um agente econômico pode dele utilizar-se sem incorrer plenamente nos custos sociais correspondentes aos danos ambientais causados, impondo assim custos externos (externalidades negativas) à economia dos demais agentes que se utilizam do mesmo bem público (Amazonas, 1996). Neste sentido, o agente poluidor estaria influenciando negativamente o bem-estar da sociedade.

No caso do seu caráter involuntário, um poluidor não provoca danos ao meio-ambiente pelo simples prazer, mas pela necessidade de produzir, o que conseqüentemente, causa algum tipo de poluição. Segundo Contador (2000), a poluição é apenas uma conseqüência, um subproduto desagradável da

atividade econômica, com efeitos incômodos às outras pessoas e indústrias. Para o autor, o poluidor está consciente da poluição e talvez seja também prejudicado por ela, mas os danos que causa ao bem-estar de outras pessoas e atividades não são considerados nos cálculos de seus custos e benefícios.

4.3 Internalização das externalidade

Percebe-se, portanto, que a presença de externalidades pode implicar uma ineficiência na alocação de recursos se nada for feito a respeito. Sob a ótica do setor privado, uma solução aos problemas causados por uma externalidade seria internalizá-la juntando-se as partes envolvidas – uma fusão. No caso da fábrica e da pesca, se eles coordenassem suas atividades, então o lucro das operações fundidas seria maior do que a soma dos lucros individuais quando operando separadamente. Tal fenômeno se dá por um ajuste na escolha ótima produzida pela fábrica de modo a se considerar o impacto produzido pelos rejeitos no rio para a pescaria da outra empresa e de tal forma esta lucraria mais com a coordenação.

Pode-se considerar que o problema da externalidade da poluição reside na ausência de mercado para a mesma, característica de mercados incompletos. O problema existe porque o poluente tem preço zero, quando deveria ter preço negativo (custo) do ponto de vista social.

Em um mercado sem regulação, a produção e a poluição serão excessivas em relação aos respectivos níveis ótimos. O setor público deverá assim intervir regulando o mercado de forma a que se possa atingir a solução ótima, ou pelo menos, a solução que se aproxima mais daquela (Rosen, 2012).

4.3.1 O princípio do poluidor pagador

O princípio do poluidor-pagador pode ser entendido como sendo um instrumento econômico e também ambiental, que exige do poluidor, uma vez identificado, suportar os custos das medidas preventivas e/ou das medidas cabíveis para, senão a eliminação, pelo menos a neutralização dos danos ambientais. A falha de mercado deverá ser suprida através da aplicação do princípio do poluidor pagador. Este princípio consagra a obrigação do agente poluidor pagar o custo de poluição que provocou. O princípio do Poluidor Pagador (PPP) foi reconhecido pela Organização para Cooperação e para o

Desenvolvimento Econômico (OCDE), através da Recomendação C (72) 128, de maio de 1972, e assim o descreveu:

“[...] o princípio que usa para afetar os custos das medidas de prevenção e controle da poluição, para estimular a utilização racional dos recursos ambientais escassos e para evitar distorções ao comércio e ao investimento internacionais, é o designado princípio do poluidor-pagador. Este princípio significa que o poluidor deve suportar os custos do desenvolvimento das medidas acima mencionadas decididas pelas autoridades públicas para assegurar que o ambiente esteja num estado aceitável. Por outras palavras, os custos destas medidas devem-se refletir no custo dos bens e serviços que causam poluição seja na produção, seja no consumo. Tais medidas não devem ser acompanhadas por subsídios que criariam distorções significativas no comércio internacional e no investimento [...]”.

Da análise do enunciado do princípio acima exposto, constata-se que o PPP é um princípio de internalização de custos - o agente poluidor deve pagar os custos da poluição a que deu origem (ARAGÃO, 1997). É um princípio internacional porque a aplicação não deverá falsear a competitividade externa da economia através de políticas compensatórias de subsídios (Bidone ,2001).

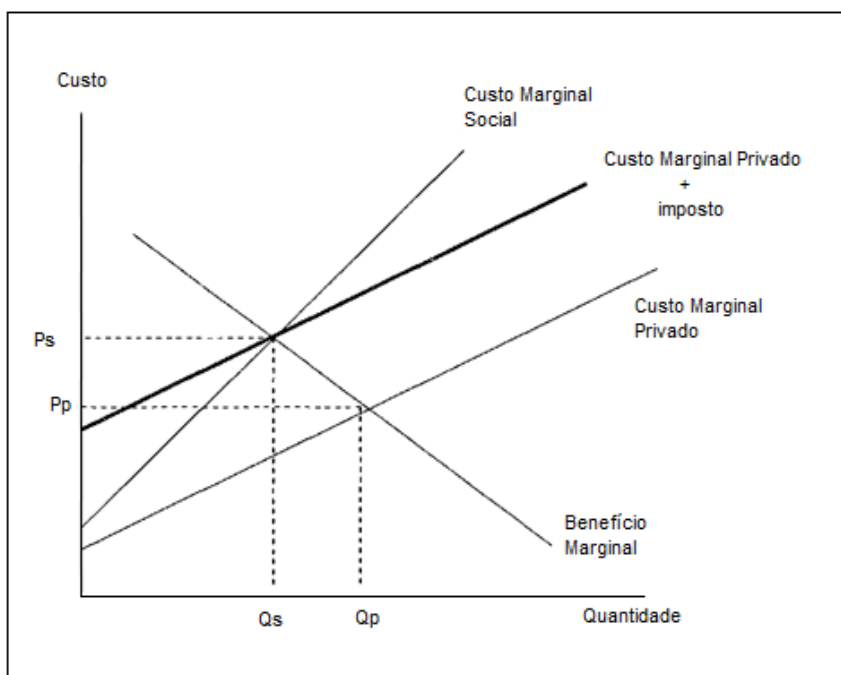
É importante ressaltar que este princípio não é tolerante com a poluição permitindo pagar para poluir. Pelo contrário, ele procura assegurar a reparação econômica de um dano ambiental quando não for possível evitar o dano ao meio ambiente através das medidas de precaução. Desta forma, o princípio do poluidor-pagador não se reduz à finalidade de somente compensar o dano ao meio ambiente, este deve também englobar os custos necessários para a precaução e prevenção dos danos, assim como sua adequada repressão.

A aplicação do princípio do poluidor pagador supõe que o setor público tem à sua disposição um conjunto de instrumentos de regulação do mercado. Os instrumentos podem ser divididos em dois grandes grupos consoantes ao tipo de abordagem da regulação de mercado. A regulação poderá ser feita através de regulamentação ou através de uma política baseada em incentivos económicos.

4.3.2 O imposto de Pigou

Uma maneira de “internalizar” a externalidade da poluição através de incentivos económicos foi sugerida pelo economista britânico A. C. Pigou. Tal solução, cabendo ao setor público, seria impor uma taxa sobre o poluidor. O imposto de Pigou consiste na cobrança de uma taxa sobre a poluição/externalidade em um montante igual ao efeito marginal causado pelo poluidor sobre o equilíbrio eficiente sem externalidade (Rosen, 2012). O gráfico 4 ilustra o imposto de Pigou:

Gráfico 4: O imposto de Pigou



Fonte: Adaptado de Rosen, 2012

Vemos que o custo marginal privado daria um equilíbrio em Q_p , onde o custo marginal se iguala a benefício marginal. Com a externalidade, o equilíbrio socialmente eficiente seria em Q_s . Com o imposto de Pigou a curva marginal

privada passa a se igualar com o benefício marginal exatamente no mesmo ponto do equilíbrio de eficiência social.

4.4 Externalidades nos Resíduos de Serviço de Saúde

Resíduos de serviço de saúde apresentam características qualitativas e quantitativas que os tornam diferenciados em relação ao seu gerenciamento. O aumento no volume desses resíduos, quando mal dispostos, causa sensíveis danos econômicos e ambientais, elevando os custos sociais para a sociedade. Para BAUMOL e OATES (1992), a teoria econômica ensina que a geração de resíduos como resultado dos processos de produção, distribuição e consumo de bens e serviços é um exemplo de externalidade. Quando os custos da degradação ambiental não são pagos por aqueles que a geram, esses custos são externalidades para o sistema econômico como um todo. Ou seja, quando a atividade de um agente (indivíduo ou empresa) repercute sobre o bem estar de outro agente, sem que haja compensação paga ou recebida estamos diante de uma externalidade. A disposição final inadequada dos RSS gera externalidades negativas, o que torna necessária a intervenção do Estado na economia por meio de políticas públicas e de gestão ambiental.

Vários instrumentos de política pública, desde mecanismos voluntários a imposições mais rígidas, foram desenvolvidos com o objetivo de se adotar ações que venham minimizar estas externalidades. As legislações recentes no Brasil a respeito dos RSS passaram recentemente a se basear no princípio do gerador-pagador, dando a responsabilidade sobre tal passivo ambiental ao setor privado.

É obrigatório a todo estabelecimento de saúde gerador de RSS estabelecer um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviço de Saúde – PGRSS, no qual define qual a destinação final do resíduo. Como para a grande maioria dos estabelecimentos instalar uma estrutura própria de transporte e tratamento de RSS é inviável economicamente, opta-se por contratar uma empresa especializada para fornecer tal serviço. Tal responsabilidade serve inclusive como um incentivo econômico contrário para estimular ao gerador a produzir menos resíduos.

Uma vez que a tecnologia considerada para o projeto do presente trabalho é a incineração, é sabido que, caso operada inadequadamente, ela

pode causar danos ao meio ambiente. O próprio tratamento dos RSS pode, portanto, também gerar externalidades.

A tabela 5 lista os supostos impactos de uma unidade de incineração:

Tabela 5: Impactos sociais de uma unidade de incineração

Impactos Positivos (Benefício Social)	Impactos Negativos (Custo Social)
Redução dos gastos com tratamento médico pela diminuição de doenças e moléstias relacionadas à poluição da água e do solo.	Poluição atmosférica caso não haja tratamento adequado dos gases provenientes da incineração
Proteção e aumento da renda dos catadores, devido a não contaminação do lixo pelos resíduos perigosos	Contaminação dos trabalhadores do incinerador caso não exista um controle rígido com relação a medidas de proteção
Incremento no bem-estar social resultante da redução de doenças pela poluição causa pelos RSS	A operação inadequada pode gerar odores desagradáveis à vizinhança da usina
Incremento no bem-estar social com a preservação do meio ambiente com a eliminação do lançamento a céu-aberto de RSS sem tratamento	Barulho da operação na usina pode afetar bem-estar da vizinhança
Incremento no bem-estar social com a eliminação de odores causados pelo lançamento a céu aberto de RSS sem tratamento	Custo com tratamento médico caso haja intoxicação com dioxina e furano com trabalhadores ou pela vizinhança caso haja descuido e poluição atmosférica
Diminuição da potencialidade de contaminação do lençol freático por RSS	

Fonte: Adaptado de Pinto (2006)

O panorama geral de impactos positivos (benefícios) e negativos (custos) apresenta, portanto, que, se operado adequadamente, os benefícios da incineração sobrepõem-se aos seus custos. Uma avaliação econômica das externalidades ambientais da incineração, feito pela COWI (2000), indica que os impactos ambientais mais expressivos de uma atividade de incineração estão nas emissões das incineradoras de resíduos, particularmente nas partículas em suspensão caso a incineração seja feita incorretamente. Ademais, outros efeitos desagradáveis são os impactos sobre o bem-estar das populações locais em virtude do maior congestionamento do tráfego, odores, ruídos, lixos, etc. Estes fatores podem, por exemplo, reduzir os preços dos bens imobiliários na zona em redor de uma instalação de gestão de resíduos.

Capítulo 5

Análise de viabilidade do projeto de instalação de uma unidade de incineração de RSS no DF

De acordo com o exposto nos capítulos anteriores a respeito da legislação, a destinação final dos resíduos de serviço de saúde é de responsabilidade do setor privado sob a ótica do princípio do poluidor-pagador. Ademais a regulamentação recomenda a incineração como tecnologia de processamento dos RSS.

Diante disso, o presente estudo propõe avaliar a viabilidade para o setor privado, do ponto de vista financeiro, da execução do projeto de investimento de implantação de uma unidade de tratamento de RSS no Distrito Federal. A viabilidade do projeto será avaliada em torno das alternativas de dimensão da escala financeiramente mais adequada. Serão avaliadas duas alternativas de investimentos, uma com um incinerador com capacidade de queimar 500 quilos de RSS por hora e a outra com uma escala inicial de 200 quilos por hora e um aumento de escala ao longo do tempo de acordo com a demanda.

Os dados referentes a esta análise foram levantados de diferentes fontes, como informações de fornecedores, de estabelecimentos de saúde, pesquisa de campo e bibliografia consultada.

5.1 Metodologia de Análise

A análise da viabilidade financeira utilizará os métodos de VPL e TIR. O método VPL, também chamado de método do Valor Anual Líquido, tem como finalidade determinar um valor no instante inicial, a partir de um fluxo de caixa formado por uma série de receitas e dispêndios (Hirschfeld, 2009). O VPL de um fluxo de caixa é, portanto, a somatória algébrica dos valores presentes envolvidos neste fluxo de caixa, e podem ser representados pela equação 1. Esse método é um dos mais utilizados na avaliação de investimentos, por obter

o valor da produção em termos atuais, considerando uma taxa de desconto equivalente a uma taxa mínima de atratividade.

$$VPL = \sum_0^n F_n(1+i)^{-n} \quad (1),$$

onde VPL é o valor presente líquido de um fluxo de caixa; n equivale aos períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e dispêndio do fluxo de caixa; F_n corresponde a cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa em cada período n e i é a taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade, também chamada taxa de equivalência, taxa de expectativa, geralmente equivalente à taxa de retorno livre risco ou à taxa de juros.

A Taxa Interna de Retorno (TIR), é a taxa de juro ganho sobre o investimento não-recuperado de tal forma que o esquema de pagamento reduz a zero o investimento não-recuperado no final da vida do investimento (Hirschfeld (2009). A TIR pode ser entendida como a taxa que faz com que o valor atualizado dos benefícios sejam iguais aos valores atualizados dos custos. O cálculo da TIR é semelhante ao do valor presente líquido, sendo que no lugar de fixar uma taxa de desconto, esta iguala o VPL à zero para estimativa da taxa de retorno do investimento, conforme a equação 2 (Hirschfeld , 2009).

$$TIR \stackrel{\text{def}}{=} i, \text{ tal que } \sum_0^n F_n(1+i)^{-n} = 0 \quad (2)$$

Sendo um método que depende exclusivamente do fluxo de caixa de sistemas de produção, constitui uma medida relativa que corresponde ao aumento da taxa i no valor do investimento ao longo tempo, tendo em vista os recursos demandados para produzir o fluxo de receitas.

5.2 Investimentos

O investimento necessário para a implantação da unidade de tratamento de resíduos envolve planejamento, construção e implementação operacional da usina. Considera-se para o investimento os estudos de impactos ambientais exigidos, os projetos para a construção da unidade, os equipamentos necessários para a estrutura operacional e administrativa, uma frota para coleta e ainda um capital de giro correspondente à aproximadamente ao custo de 2 meses de operação. O capital estimado de investimentos varia R\$ 2.040.840

ou R\$ 2.685.500 desembolsados no primeiro ano de operação. A tabela 6 discrimina os investimentos a serem realizados:

Tabela 6: Discriminação do Investimentos

Descrição	Alternativa I: Incinerador de 200kg/hr	Alternativa II: Incinerador de 500kg/hr
Incinerador ¹	R\$ 655.340	R\$ 1.300.000
Obras Civis ²	R\$ 600.000,00	R\$ 600.000,00
Instalações ³	R\$ 55.000,00	R\$ 55.000,00
Terreno ⁴	R\$ 450.000,00	R\$ 450.000,00
Equipamentos	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Móveis	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
Utensílios	R\$ 15.000,00	R\$ 15.000,00
Equipamento de Informática	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00
Veículos ⁵	R\$ 90.000,00	R\$ 90.000,00
Estoque	R\$5.000,00	R\$5.000,00
Capital de Giro	R\$ 100.000,00	R\$ 100.000,00
Gastos Pré-Operacionais	R\$ 31.000,00	R\$ 31.000,00
Projeto Eng. E Arquitetura	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00
TOTAL	R\$ 2.040.840	R\$ 2.685.500

Fonte: elaborado pelo autor através de informações de fornecedores

Nota: ¹ Incinerador + Lavador de Gases + Monitoramento de Emissões

² Galpão de 750m² mais bloco administrativo de 150m²

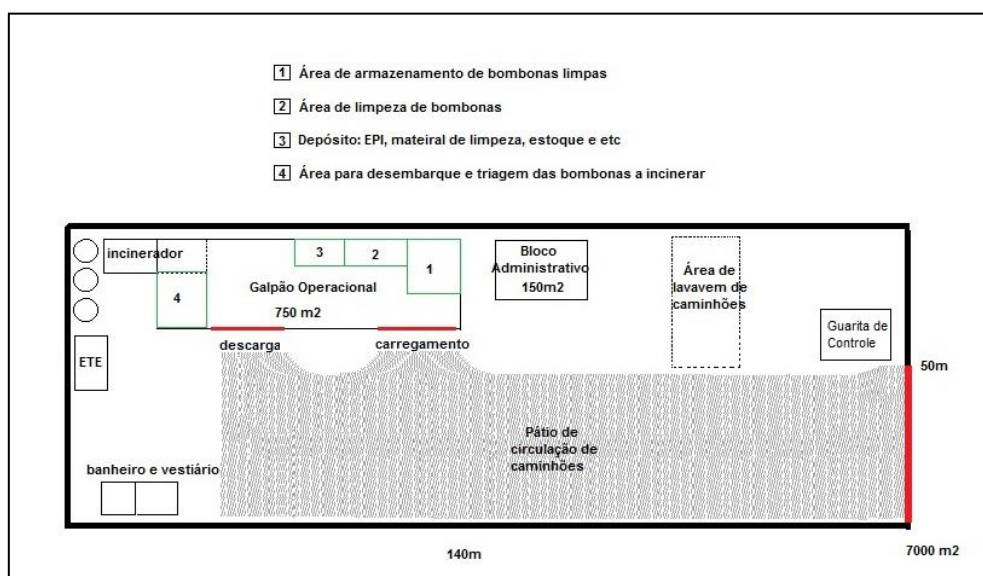
³ Estação de Tratamento de Efluentes - ETE

⁴ Aquisição de terreno de 7.500 m² situado no Pólo JK via Pró-DF

⁵ Iveco Daily Massimo

A figura 3 apresenta um esboço da planta baixa da área onde seria implantada a usina.

Figura 3: Esboço da planta baixa da usina de incineração



Fonte: elaborado pelo autor

5.3 Projeções Financeiras

Através de pesquisa com os estabelecimentos de saúde e alguns provedores do serviço de coleta no Distrito Federal, verificou-se que o preço cobrado para a coleta dos resíduos se dá de acordo com o porte do gerador, variando de R\$2 para grandes hospitais para até R\$10 por quilo para os pequenos geradores como dentistas e pequenas clínicas. De acordo com o estudo de Akutsu e Hamada (1993), a maior parte dos RSS advém de grandes geradores, sendo os hospitais responsáveis por 60% a 85% dos RSS gerados nos municípios observados em tal pesquisa. Em uma estimativa conservadora para a projeção financeira do projeto, assume-se, portanto, uma receita de R\$2 por quilo de RSS. Desta forma, supõe-se que a totalidade da demanda pelo serviço de tratamento de RSS adviria de grandes geradores. Entretanto, simularemos também uma demanda a um preço maior a partir de uma análise de sensibilidade com um cenário mais otimista.

Conforme mencionado, o mercado de RSS gera uma demanda de aproximadamente 9600 toneladas por ano no Distrito Federal. De acordo com PDRSDF (2007), estima-se um crescimento de aproximadamente 40% na população do DF para os próximos 10 anos, o que acarretaria um crescimento no mínimo proporcional na geração de RSS. Assumindo uma participação inicial de somente 8,25% no mercado, correspondente a 792 toneladas de RSS por ano, assumimos um crescimento no qual aumenta-se a participação de *marketshare* do mercado junto com um aumento gradual na demanda agregada por coleta de RSS. Em uma estimativa conservadora, assumimos uma projeção de crescimento de 20% até o quarto ano, 15% nos 2 anos subsequentes, 10% nos dois anos seguintes e 5% nos dois últimos anos até atingir 2414 toneladas no décimo ano de operação, equivalendo a menos de um quarto de *marketshare*.

Tabela 7: Projeção de crescimento de quantidade de resíduos processada

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Crescimento em relação ao ano anterior	792 t	20%	20%	20%	15%	15%	10%	10%	5%	2414 t

Fonte: elaborado pelo autor 1

Em relação aos custos, a operação da usina tem um custo fixo mensal de aproximadamente R\$46.780, igual para ambas as alternativas em análise (Apêndice A).

Como os custos variáveis são em função da quantidade de resíduos tratada, podemos utilizar a margem bruta operacional para estimar o resultado ao longo dos anos. Para obter a margem operacional, simulamos, para os dois incineradores, um mês de operação da usina processando uma quantidade de resíduos próxima da saturação mensal do incinerador de menor porte, que seria 88 toneladas e corresponderia a um faturamento de R\$176.000 (Apêndice B e C). O custo de Operação e Manutenção (O&M) do equipamento menor equivale a R\$0,2758 por quilograma tratado, enquanto que no equipamento maior este custo é de R\$0,2222 por quilograma, respectivamente 13,79% e 11,11% da receita de R\$2 suposta para o quilo de RSS. Ou seja, quanto maior o incinerador melhor sua eficiência e menor o custo. Portanto, para as projeções financeiras, assume-se um custo variável de 34,46% e 31,66% da receita total advinda com o incinerador de menor e maior porte respectivamente (Apêndice A).

5.3.1 Análise da Alternativa I: escala inicial com menor capacidade de incineração

A alternativa I, portanto, consiste-se em um investimento de R\$2.040.840 no primeiro ano para a aquisição do incinerador de menor porte (200 kg/hora) e dos outros itens para implantação. Entretanto, no quarto ano seria necessário um segundo investimento para aquisição de um segundo incinerador de mesmo porte para se adequar a demanda projetada. Para efeito da análise comparativa, este investimento de R\$ 655.340 no segundo incinerador foi trago para valor presente do Ano 1 e posteriormente convertido em Custo Anual Equivalente (CAE), com uma taxa de desconto de 12% aa de acordo com a fórmula (3) a seguir:

$$CAE = \frac{655.340}{1,12^4} \times \frac{0,12}{1-1,12^{-10}} \quad (3)$$

Portanto o investimento desembolsado no quarto ano, para efeitos de comparação com a outra alternativa, é equivalente no fluxo de caixa como um custo anual, corrigido pelo fator tempo, somado aos custos fixos e variáveis

Dado os parâmetros de investimentos, preço, receitas estimadas, custos fixos e custos variáveis, é possível realizar uma projeção de fluxo de caixa para cada alternativa. O fluxo de caixa projetado (Apêndice D), com uma taxa de desconto de 12%, para a Alternativa I, a de menor escala inicial, gera os seguintes resultados:

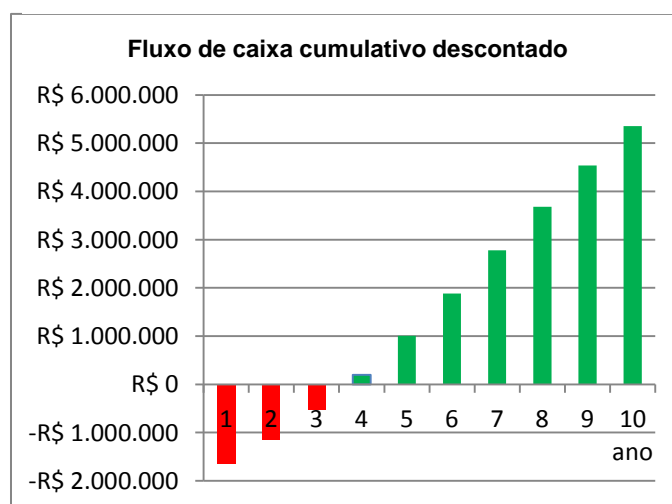
Tabela 8: Fluxo de caixa da Alternativa I em Reais

Alternativa I		Resultado
Investimento		-2.040.840
Período	Ano 1	403.077
	Ano 2	610.183
	Ano 3	859.235
	Ano 4	1.158.097
	Ano 5	1.426.811
	Ano 6	1.734.849
	Ano 7	1.973.415
	Ano 8	2.235.575
	Ano 9	2.379.763
	Ano 10	2.529.194

Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados de cada ano aumentam devido ao crescimento da demanda. Tais resultados geram um fluxo de caixa cumulativo descontado conforme o gráfico 5 a seguir:

Gráfico 5



Fonte: elaborado pelo autor

Percebe-se que o payback descontado se dá, portanto, entre o terceiro e o quarto ano, quando o valor acumulado descontado se iguala a zero. Os indicadores financeiros para tal alternativa são mostrados na tabela 9:

Tabela 9: Indicadores financeiros da Alternativa I: escala com capacidade de incineração reduzida

Investimento inicial	R\$2.040.840
VPL	R\$ 4.740. 790
TIR	43,10%
Payback Descontado	3,73

Fonte: elaborado pelo autor

Por apresentar uma TIR bem maior que a taxa mínima de atratividade, que corresponde à taxa de desconto, e um VPL positivo, esta alternativa por si só já mereceria consideração. Entretanto, a proposta é analisar a escala mais adequada para início do projeto. Portanto a análise será feita comparando com uma segunda alternativa, denominada Alternativa II.

5.3.2 Análise da Alternativa II: escala de maior capacidade de incineração

Enquanto a Alternativa I começa o projeto com um incinerador menor com capacidade de 200 kg/hora e após um segundo investimento realizado durante a projeção financeira, termina com dois incineradores do mesmo porte; a Alternativa II difere-se tendo um investimento inicial contemplando já um incinerador de maior porte, de 500 kg/hora, logo no início do projeto. O investimento total de tal alternativa é, portanto, idêntico à outra com diferença no preço do equipamento somente, totalizando R\$ 2.685.500.

Esta alternativa de escala do projeto, projetada no mesmo horizonte de 10 anos (Apêndice E), com taxa de desconto de 12% e preço médio estimado por quilo de RSS de R\$2, apresenta os seguintes resultados:

Tabela 10: Fluxo de caixa Alternativa II em Reais

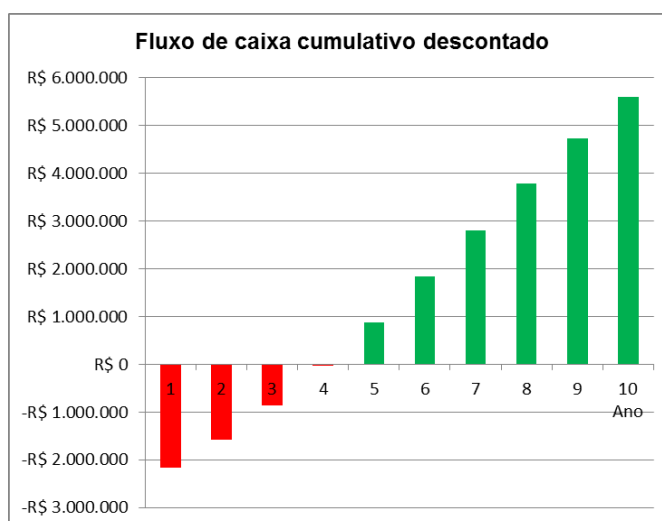
Alternativa II		Resultado
	Investimento	-2.685.500
Período	Ano 1	521.145
	Ano 2	737.100
	Ano 3	996.792
	Ano 4	1.308.422
	Ano 5	1.588.616
	Ano 6	1.909.814
	Ano 7	2.158.572
	Ano 8	2.431.932
	Ano 9	2.582.280
	Ano 10	2.738.095

Fonte: elaborado pelo autor

Conforme mencionado, os custos fixos são idênticos nas duas alternativas (R\$46.780). Já os custos variáveis, diferem-se na opção II pois há maior eficiência de custos de O&M no equipamento maior. Os custos variáveis na Alternativa II correspondem a 31,66% da receita. O investimento na Alternativa II é maior, entretanto, em contrapartida, os resultados da Alternativa II são melhores devido à essa maior eficiência operacional.

Tais resultados geram um fluxo de caixa cumulativo descontado conforme o gráfico 6 a seguir:

Gráfico 6



Fonte: elaborado pelo autor

Nesta alternativa, o payback descontado se encontra, conforme mostra o gráfico 6, entre o quarto e quinto ano, quando o valor acumulado descontado passa a ser positivo. Os indicadores financeiros para tal alternativa são mostrados na tabela 11:

Tabela 11: Indicadores da Alternativa II: escala inicial com maior capacidade de incineração

Investimento inicial	R\$2.685.500
VPL	R\$ 4.954.349
TIR	38,86%
Payback descontado	4,04

Fonte: elaborado pelo autor

Percebe-se, portanto, que apesar de que o investimento na Alternativa II seja maior, seus resultados geram um VPL maior no final da projeção, em contrapartida, a TIR é menor.

5.4 Resultados

Portanto, considerando um horizonte de 10 anos para o projeto e uma taxa mínima de atratividade de 12% ao ano, a alternativa de uma escala inicial menor apresentou um VPL positivo de R\$4.740.790, uma TIR de 43% e um payback descontado em 3,73 anos. Já a segunda alternativa, com um investimento e uma escala inicial maior, apresentou um VPL superior, de R\$ 4.954.349, além de um payback descontado e uma TIR menores, de 4,04 anos e 39%, respectivamente.

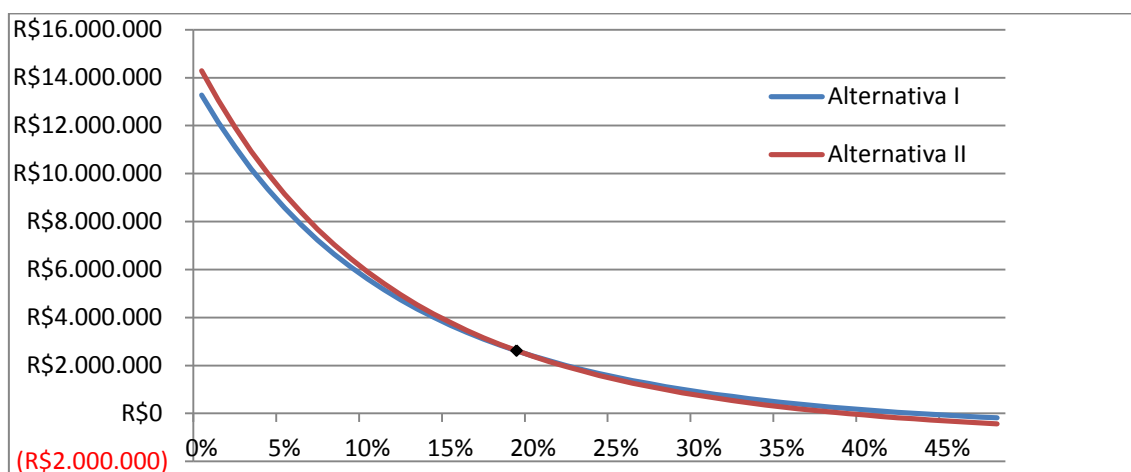
Tabela 12: Comparação dos indicadores financeiros das duas alternativas

Indicador	Alternativa I	Alternativa II
Investimento Inicial	R\$ 2.040.840	R\$ 2.685.500
VPL	R\$ 4.740.790	R\$ 4.954.349
TIR	43,10%	38,86%
Payback Descontado	3,73	4,04

Fonte: elaborado pelo autor

Percebe-se, portanto, que as duas alternativas podem ser consideradas por apresentar taxas internas de retorno altas, paybacks relativamente curtos e VPLs positivo. Entretanto estes indicadores sozinhos não são determinantes para a escolha da escala do projeto. Se considerarmos a TIR como preponderante na escolha da alternativa optaríamos pela alternativa I que possui uma TIR maior, mas se optarmos por dar mais destaque ao VPL, a alternativa II é mais interessante. No gráfico 7, a taxa na qual as curvas cruzam o eixo horizontal corresponde à TIR.

Gráfico 7: Relação entre VPL e a taxa de desconto para as duas alternativas (VPL x i)



Fonte: elaborado pelo autor

Neste contexto, como as duas alternativas são consideradas, é recomendado utilizar o método da Taxa de Retorno Incremental (TRI), que é uma variante da TIR e pode ser usado sempre que estivermos comparando alternativas que possuam investimentos iniciais diferentes (Hirschfeld, 2009). A TRI consiste-se na TIR referente ao incremento de receita de uma alternativa em relação a outra, considerando-se o investimento incremental ao se optar pela escala maior. Graficamente, a taxa de retorno incremental corresponde ao ponto de interseção das duas curvas no gráfico 7 anterior. A análise incremental se dá a partir da Tabela 13 a seguir:

Tabela 13: Fluxo de caixa incremental

		Alternativa I	Alternativa II	Incremento (II-I)
	Investimento	-2.040.840	-2.685.500	-644.660
Resultado	Ano 1	403.077	521.145	118.068
	Ano 2	610.183	737.100	126.917
	Ano 3	859.235	996.792	137.557
	Ano 4	1.158.097	1.308.422	150.325
	Ano 5	1.426.811	1.588.616	161.805
	Ano 6	1.734.849	1.909.814	174.965
	Ano 7	1.973.415	2.158.572	185.157
	Ano 8	2.235.575	2.431.932	196.357
	Ano 9	2.379.763	2.582.280	202.517
	Ano 10	2.529.194	2.738.095	208.901
	TIR	43,10%	38,86%	19,86%

Fonte: elaborado pelo autor 2

A alternativa I gera uma TIR maior, mas não necessariamente reflete o melhor investimento. A coluna “Incremento (II-I)” na tabela 8 mostra o fluxo de caixa considerando o retorno sobre o investimento incremental necessário para selecionar a opção II ao invés de I, ou seja, investe-se R\$644.660 a mais e obtém-se um resultado incremental por ano. Esse fluxo de caixa incremental resulta uma TIR de 19,86%, que é maior que a TMA do projeto (12% a/a). Portanto, como a TRI é superior à TMA, o incremento de investimento é justificável. A partir desta análise incremental, conclui-se então que:

A alternativa de investimento com uma escala inicial maior, aqui denominada Alternativa II, é financeiramente preferível em relação à Alternativa I.

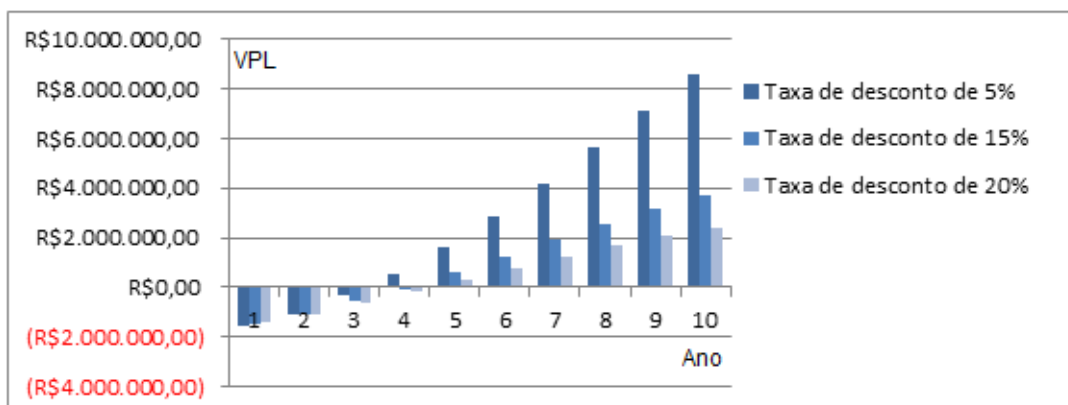
5.4 Análise de sensibilidade

É amplamente sabido que as decisões sobre projetos são tomadas envoltas por incertezas quanto ao futuro. Não é possível garantir que as expectativas formadas sobre os benefícios e custos serão perfeitamente realizadas e, para algumas atividades, os erros cometidos nas expectativas serão provavelmente maiores do que em outras (Contador, 2000).

Nesta seção, o VPL será calculado novamente mudando a taxa de desconto considerado para o projeto em diferentes horizontes de tempo para o investimento. A sensibilidade à incerteza em relação a estes parâmetros se dá caso haja, por exemplo, fortes alterações na taxa de juros da economia ou mudanças regulatórias com proibição da incineração, o que traria a necessidade de revisão para a taxa mínima de atratividade e para o horizonte de tempo do projeto, respectivamente.

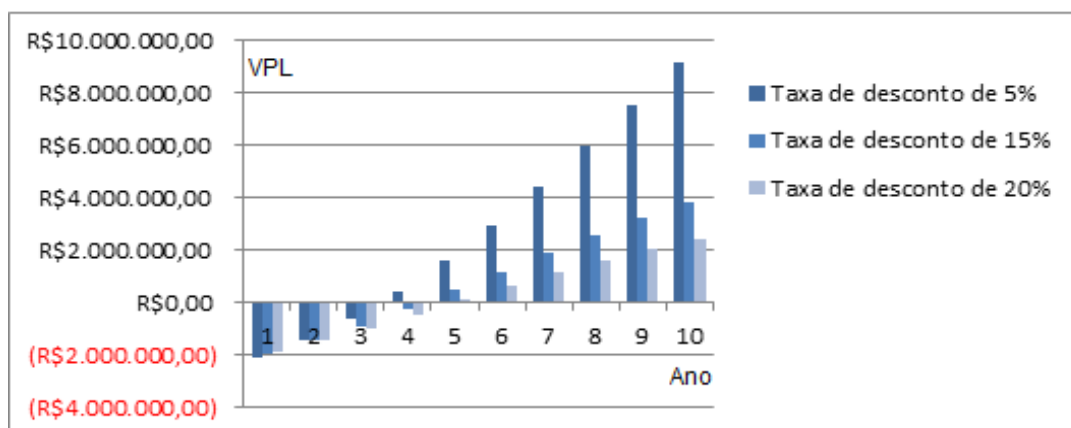
Os gráficos 8 e 9, a seguir, apresentam o que acontece com a variação destes parâmetros para as duas alternativas de investimentos.

Gráfico 8: VPL em diferentes taxas de desconto para diferentes horizontes para a Alternativa I



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 9: VPL em diferentes taxas de desconto para diferentes horizontes para a Alternativa II



Fonte: elaborado pelo autor

Percebe-se, portanto, que mesmo com variações na taxa de juros e ainda com redução no ciclo de vida do projeto, este permanece com um VPL positivo em maior parte da análise. A partir de um horizonte mínimo de 5 anos para o projeto, todas as taxas de desconto consideradas resultaram em VPL positivos.

Além disso, é importante analisar a sensibilidade do projeto à diferentes cenários de receita. Tais cenários ocorreriam devido a preços praticados distintos daquele suposto na projeção financeira ou ainda uma queda ou aumento na demanda de RSS a serem tratados. Foram criados três cenários diferentes da projeção suposta, a partir de alterações proporcionais na demanda ao longo de toda projeção financeira. Desta forma pode-se constatar o que acontece com a rentabilidade do projeto se as estimativas de receitas forem reduzidas ou aumentadas. Para o cenário pessimista, supomos uma redução de 20% das receitas estimadas de todos os anos do fluxo. Tal redução se daria, por exemplo, se o preço praticado fosse R\$1,60 ao invés de R\$2. O cenário muito pessimista supõe uma redução de 50% de todas as receitas estimadas do fluxo e o otimista simula uma receita 20% maior do que aquela inicialmente estimada (Apêndice G).

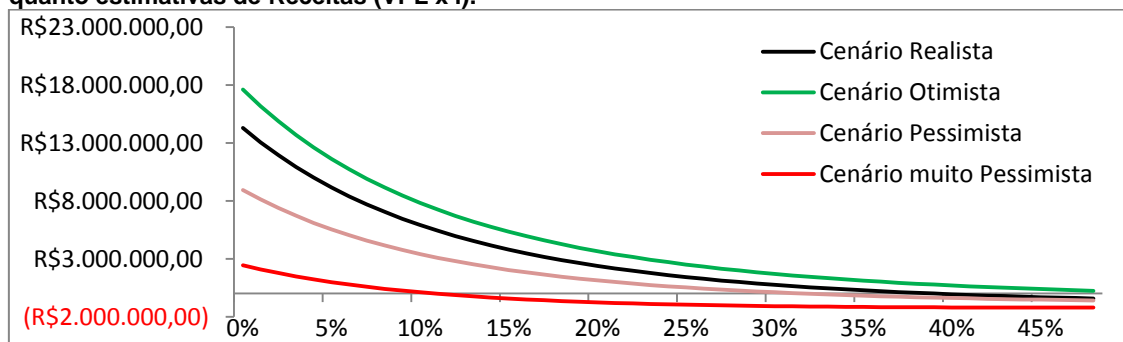
Tabela 14: descrição dos diferentes cenários supostos para análise de sensibilidade

Cenário otimista	Receitas 20% maiores do que aquela projetada
Cenário realista	Receitas conforme projeções financeiras do item 5.3
Cenário pessimista	Redução de 20% nas receitas estimadas em todos os anos da projeção
Cenário muito pessimista	Redução de 50% nas receitas estimadas em todos os anos da projeção

Fonte: elaborado pelo autor

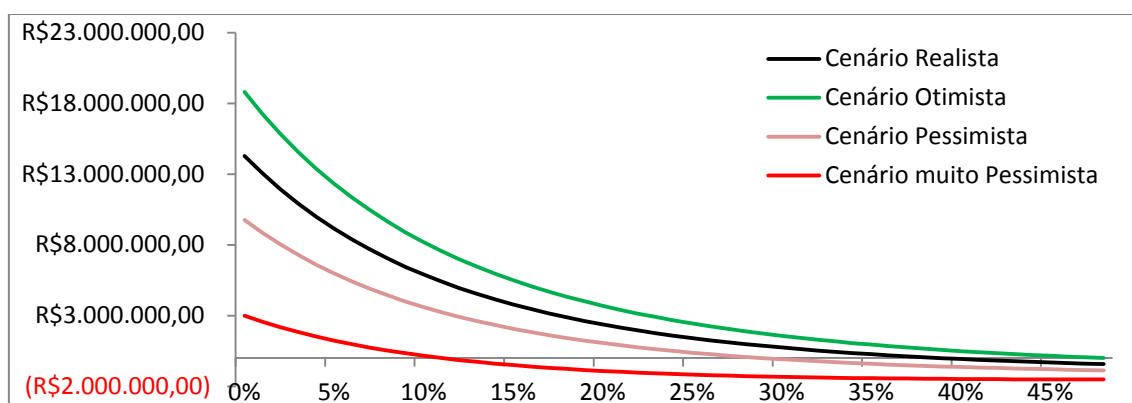
Como se vê nos gráficos 10 e 11 a seguir, percebe-se que tais mudanças de cenário não impactam a viabilidade do projeto.

Gráfico 10: Sensibilidade do VPL da Alternativa I à taxa de desconto para diferentes cenário quanto estimativas de Receitas (VPL x i).



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 11: Sensibilidade do VPL da Alternativa II à taxa de desconto para diferentes cenário quanto estimativas de Receitas (VPL x i).

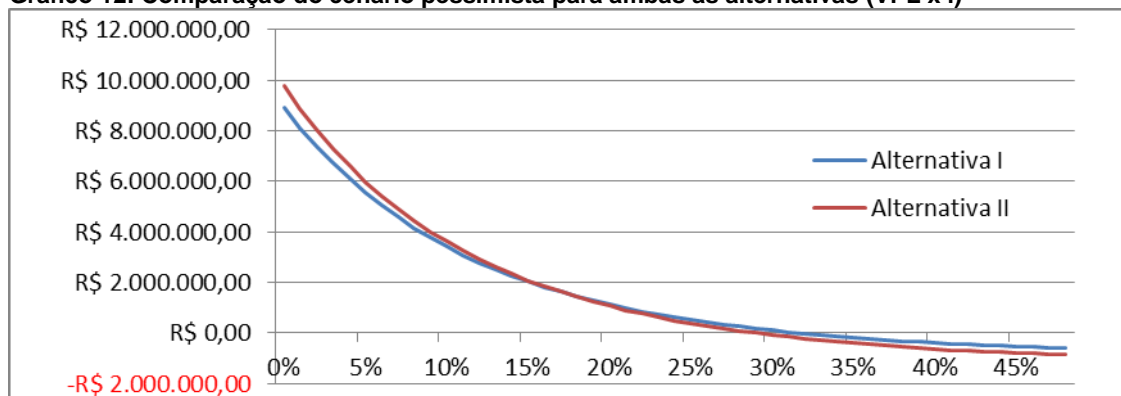


Fonte: elaborado pelo autor

Em ambas as alternativas, mesmo no cenário mais pessimista, é gerada uma TIR, que equivale ao ponto onde a curva cruza o eixo horizontal, aproximada à TMA. No cenário otimista há excelentes retornos para ambas alternativas, com taxas internas de retornos superiores a 45% e VPL próximo de 8 milhões de reais. Tais gráficos mostram que o projeto de investimento suportaria eventuais mudanças de cenários diferentes daquela projetada e mostra, ainda que a possibilidade de um cenário otimista com excelentes retornos torna o projeto ainda mais atrativo.

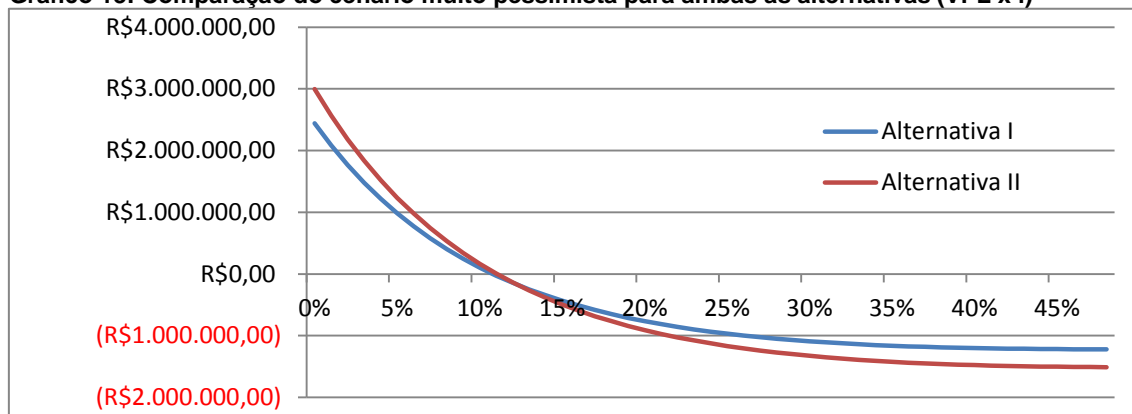
Além de se analisar os diferentes cenários para cada alternativa separadamente, é relevante comparar as duas alternativas em cada cenário. Os gráficos 12, 13 e 14, a seguir, mostram as curvas de VPL em relação à taxa de desconto com um comportamento semelhante em todos os cenários. A taxa de retorno incremental, que corresponde à interseção das curvas, permanece sempre acima da taxa mínima de atratividade de 12%, o que corrobora para a escolha da Alternativa II em qualquer cenário.

Gráfico 12: Comparação do cenário pessimista para ambas as alternativas (VPL x i)



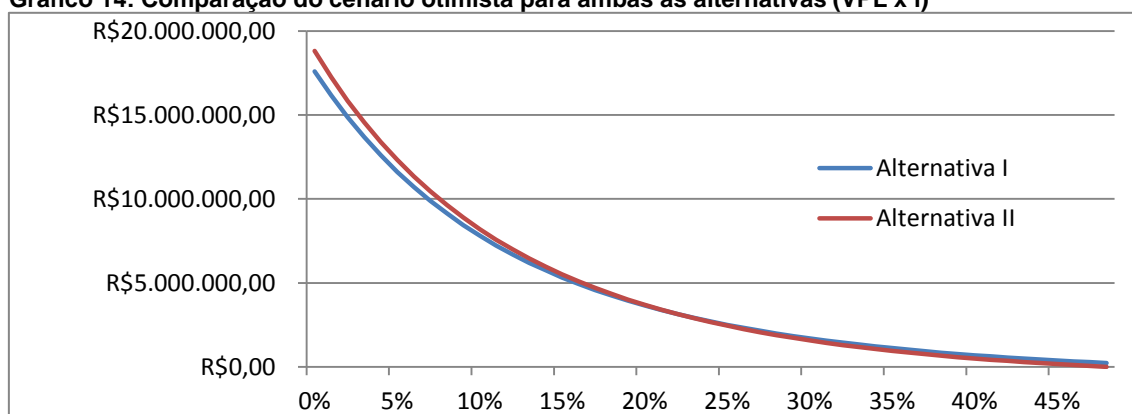
Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 13: Comparação do cenário muito pessimista para ambas as alternativas (VPL x i)



Fonte: elaborado pelo autor

Gráfico 14: Comparação do cenário otimista para ambas as alternativas (VPL x i)



Fonte: elaborado pelo autor

Foram consideradas, portanto, como análise de sensibilidade, alterações no horizonte de tempo da projeção financeira, variações na taxa de desconto e cenários pessimistas e otimistas em relação à estimativa de receita. Diante estas incertezas, a viabilidade do projeto não se altera, provando ser um projeto de investimento viável mesmo com alterações nestes parâmetros. A Alternativa II, na qual se investe no incinerador de maior porte, é preferida para todos os cenários supostos, devido ao retorno incremental maior que a taxa mínima de atratividade.

Capítulo 5

Considerações finais

A proposta deste estudo foi analisar a viabilidade de um projeto de investimento em uma usina de tratamento de resíduos de serviço de saúde (RSS) no Distrito Federal, sob o ponto de vista financeiro privado. Tal análise foi feita comparando-se duas possíveis escalas iniciais como alternativas de investimentos.

Mostrou-se que tal estudo é necessário devido aos problemas decorrentes dos rejeitos dos processos econômicos dados o crescimento e desenvolvimento exponencial da escala da economia nos últimos dois séculos. Dentro deste contexto, os resíduos da saúde se destacam, devido aos potenciais riscos que estes conferem à sociedade e ao meio ambiente. Por esta razão, nos últimos anos tem se intensificado discussões a respeito da legislação e da regulamentação dos RSS. O presente trabalho destacou o fato de que atualmente, tanto no DF quanto no Brasil, a legislação se baseia na ótica de um “poluidor-pagador”, no qual o estabelecimento arca com os custos dos resíduos que o próprio gerar.

Sob a ótica da teoria econômica, a transição de responsabilidade pública para privada se justifica no sentido de internalização de uma externalidade. Mostrou-se que a presença de externalidade pode implicar a ineficiência na alocação de recursos em uma economia. Agora, uma vez estipulado o princípio do gerador-pagador, os custos das externalidades dos RSS passam a ser considerados, fazendo com que haja um ajuste na escolha ótima de produção de modo a igualar o benefício marginal ao custo marginal social.

Por mais que certas regulamentações recomendem a incineração como alternativa de tratamento para os RSS, sabe-se que atualmente há outras tecnologias interessantes como plasma ou micro-ondas. O presente estudo não teve o intuito de analisar alternativas tecnológicas e apoiou-se nas recomendações atuais da legislação. Entretanto, esta questão abre caminho para novos estudos, principalmente em relação à viabilidade financeiras do uso de novas tecnologias.

Mostrou-se que a incineração é uma solução que apresenta como vantagem o alto grau de eliminação da patogenicidade e grande redução de volume dos RSS, em contrapartida, oferece um risco ambiental considerável caso operada inadequadamente. Ademais, de acordo com o panorama geral de impactos positivos (benefícios) e negativos (custos), este trabalho apresentou pontos em que os benefícios sobrepõem-se aos custos.

Mostrou-se que o investimento para implantação de uma usina de tratamento é relativamente alto. Por esta razão se fez necessário verificar a viabilidade financeira de um projeto privado de incineração no Distrito Federal. Tal análise se deu em torno das alternativas de dimensão da escala financeiramente mais adequada. Foram avaliadas duas alternativas de investimentos, uma com um incinerador com capacidade de 500 quilos por hora e a outra com uma escala inicial de 200 quilos por hora e um aumento de escala ao longo do tempo de acordo com a demanda.

Os resultados demonstraram, que para ambas as alternativas, um investimento neste projeto seria bem recompensado e, portanto, viável. Além disso, a análise financeira facilitou a escolha das duas alternativas de investimento. Tal impasse foi resolvido através da análise da taxa de retorno incremental. Tal análise mostrou que o investimento adicional para se optar pela escala maior, gera um incremento de receitas produzindo uma taxa interna de retorno incremental de 19,86%. Como a TRI é superior à TMA de 12%, o incremento de investimento é recomendado. Desta forma, a alternativa de investimento com uma escala inicial maior mostrou-se financeiramente preferível em relação à escala inicial de menor porte.

A projeção de demanda para a análise financeira apresentou limitações por se basear em suposições. Por esta razão, para verificar a viabilidade o estudo assumiu uma projeção bastante conservadora. Um estudo mais aprofundado utilizando ferramentas mais robustas para a estimativa de demanda poderia contribuir bastante para os resultados do trabalho.

Diante disso, por lidar com incertezas em relação ao futuro, foram simuladas mudanças nos parâmetros da projeção financeira para verificar a viabilidade nestas condições. Simulou-se alterações na taxa de desconto, mudanças no horizonte de tempo do investimento e variações de cenários em relação a projeção de receita futura. Tais alterações não alteraram a viabilidade

do projeto, apresentando um resultado com uma TIR sempre maior ou no mínimo igual à TMA.

Tendo como objetivo analisar a viabilidade financeira de uma usina de incineração de RSS no DF, temos, portanto, que é o investimento privado em tal projeto é viável, com preferência para um dimensionamento de escala de maior porte dentre as alternativas analisadas. Além de viável, o investimento produz excelentes retornos e ainda contribui à sociedade através de seu papel sócio-ambiental na internalização de externalidades.

Referências Bibliográficas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2012. Disponível em <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>. Acessado em 20 de junho de 2013.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde**. Brasília, DF, 2006, 182 p.

_____. **Resolução da Diretoria Coletiva – RDC Nº 306**, de 7 de dezembro de 2004. Ministério da Saúde, dez. 2004.

AKUTSU, J. e HAMADA, J., **Resíduos de Serviço de Saúde: Avaliação de Aspectos Quali-Quantitativos**, Seminário Internacional sobre Resíduos Hospitalares, Cascavel - PR, novembro de 1993

AMAZONAS, M. C. **Custos e benefícios do controle da poluição: algumas observações críticas**. Campinas: Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia (ANPEC), 1996.

ARAGÃO, Maria Alexandra de Souza. **O princípio do poluidor-pagador. Pedra angular da política comunitária do ambiente**. São Paulo: Coimbra, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12807: Resíduos de Serviços de Saúde: Terminologia**. Rio de Janeiro, 1993.

BARBA, I. **Valoração do serviço de coleta de lixo: o caso de Naviraí – MS**. Brasília: UnB/Centro de Desenvolvimento Sustentável, dissertação de mestrado, 2002.

BAUMOL, W. J. e OATES, W. E. **The Theory of Environmental Policy**. 2ª edição: Londres, 1992. Cserge Report

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESS/USP, 1999. 120p.

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.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 283**, de 12 de julho de 2001. Ministério do Meio Ambiente, jul. 2001

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 358**, de 29 de abril de 2005. Ministério do Meio Ambiente, abr. 2005.

_____. Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010.

CETESB – Cia. De Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Resíduos de serviços de saúde**. São Paulo, SP: CETESB, 1997. 18p

CONTADOR, C. R. **Projetos sociais: avaliação e prática**. São Paulo: Atlas, 2000.

COSTA, Fernando Corner. **Pespectivas da incineração de resíduos de serviço de saúde com atmosferas ricas em oxigênio**, São Caetano do Sul, 2007.

COWI. **“A study of economic valuation of environmental externalities from landfill disposal and incineration waste”**. Final Main Report, EU-DG XI, 2000. http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/waste/cowi_ext_from_landfill.pdf

DERANI, Cristiane. **Direito Ambiental Econômico**. São Paulo: Max Limonad, 1997.

DISTRITO FEDERAL. **Lei Distrital Nº 4.352** de 30 de junho de 2009

_____. **Manual de gestão de resíduos de saúde**. Diretoria de Saúde do Trabalhador. Brasília, 2003.

_____. **Plano Diretor de Resíduos Sólidos**, 2007. Disponível http://observatorioderesiduos.com.br/obsr3df/banco_arquivos/6172db68fab161f00073649852b8f139.pdf> Acesso em 25 de março de 2013

EATON, B. C. **Microeconomia**. Trad. Cecília Bartalotti. São Paulo: 1999. Original de Microeconomics.

GRIMBERG, E. **A política nacional de resíduos sólidos: a responsabilidade das empresas e a inclusão social**. São Paulo: 2002. Disponível em: < www.polis.org.br/publicacoes/artigos>. Acesso em: 20 de março de 2013

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores**. São Paulo: Atlas, 2009.

IPEA, **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde**. Brasília: Ipea, 2012.

IPT/CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo, 1995

JONES, Charles I. **Introdução à Teoria do Crescimento Econômico**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2000.

Kremer, Michael. **Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990**. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 108, p. 681–716, 2003.

LIMA, Fabíola Carvalho de Almeida. **Gerenciamento integrado de serviços de saúde: microrregião da Baixada Fluminense**. Escola de Enfermagem - UFMG, 2002.

MADDISON, A. **Historical Statistics of the World Economy**. OECD. Paris, 2006

MOTTA, R. SAYAGO, D. **Propostas de instrumentos econômicos ambientais para a redução do lixo urbano e o reaproveitamento de sucatas no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 1998.

MUELLER, Charles Curt. **Manual de Economia do Meio Ambiente. Parte III – A Economia Ambiental Neoclássica**. Departamento de Economia – UnB. Março de 2001.

NBR 10004: **Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 1987.

NBR 11175: **Incineração de resíduos perigosos: Padrões de desempenho**. Rio de Janeiro, 1990.

NOGUEIRA JUNIOR, Jorge Madeira. **Políticas de gestão de resíduos sólidos: análise teórica da viabilidade econômica dos três erres**. Dissertação de Mestrado, UnB, Brasília, 2006.

PERMAN, R.; MA, Y.; MCGILVRAY, J e COMMON, M. **Natural Resource & Environmental Economics**. 2ª edição: Essex, Inglaterra: Longman, 1999.

PINDYCK, R. S. e RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. Trad. Pedro Catunda. São Paulo: 1994.

RISSO, W. M. **Gerenciamento de Serviços de Saúde: A caracterização como instrumento básico para abordagem do problema**. 162 f. Dissertação. São Paulo: USP. 1993.

ROSEN, Harvey. **Public Finance**, 8ª edição, Estados Unidos: MacGraw-Hill, 2008.

SANCHES, P. S. **Caracterização dos Riscos nos Resíduos de Serviço de Saúde e na Comunidade**. Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde. São Paulo: CETESB, 1995. p. 33-46.

SAYAGO, D. E.; OLIVEIRA, J. M. D. e MOTTA, R. S. **Resíduos Sólidos: propostas de instrumentos econômicos ambientais**. Brasília: MPO/SEPURB, 1998. (Série Modernização do Setor Saneamento, 15).

SCHNEIDER, V.E. et al. **Manual de Gerenciamento de resíduos Sólidos de Serviço de Saúde**. São Paulo: Balieiro, 2001. 173 p.

VALLE, Cyro Eyer do. **Qualidade Ambiental: ISO 14 000**. São Paulo: SENAC, 2002.

APÊNDICE A

Discriminação de custos fixos e variáveis

Tabela 15: Custos fixos, iguais nas duas alternativas

Custo fixos ambas alternativas	Valor
Pró-Labore+Encargos	R\$ 3.500,00
Folha de Pagamento	R\$ 12.300,00
FGTS(8%)	R\$ 984,00
INSS(20%)	R\$ 2.460,00
Férias(11,11%)	R\$ 1.366,53
13º Salário(8,33%)	R\$ 1.025,00
Vale-Alimentação	R\$ 2.440,00
Vale-Transporte	R\$ 3.640,00
Insalubridade	R\$ 2.640,00
Contador	R\$ 500,00
Água (uso administrativo)	R\$ 500,00
Luz (uso administrativo)	R\$ 500,00
Telefone	R\$ 60,00
Internet	R\$ 40,00
IPVA	R\$ 250,00
IPTU	R\$ 1.500,00
Mat .Escritório	R\$ 100,00
Mat. Expediente	R\$ 100,00
Mat. Limpeza	R\$ 100,00
Propaganda	R\$ 1.000,00
Depreciação	R\$ 9.274,08
Manutenção	R\$ 1.500,00
Seguros	R\$ 1.000,00
TOTAL	R\$ 46.779,61

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 16: Custos variáveis da Alternativa I

Custos Variáveis Alternativa I	Valor (R\$)	% do faturamento
O&M	24.274,73	13,79%
Impostos	28.740,80	16,33%
Frota manutenção	800	0,45%
Combustível	1.412,52	0,80%
Imprevistos	1.500,00	0,85%
Comissão comercial	3.520,00	2%
Marketing	400	0,23%
TOTAL	R\$ 60.648,05	34,46%

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 17: Custos variáveis da Alternativa II

Custos Variáveis Alternativa II	Valor	% do faturamento
O&M	19.567,61	11,12%
Impostos	28.740,80	16,33%
Frota manutenção	800	0,45%
Combustível	1.200,00	0,68%
Imprevistos	1.500,00	0,85%
Comissão	3.520,00	2%
Marketing	400	0,23%
TOTAL	R\$ 55.728,41	31,66%

Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE B

Discriminação de custos de Operação e Manutenção (O&M) do incinerador de menor porte da Alternativa I

Tabela 18: Custos de O&M do incinerador de menor porte da Alternativa I em uma simulação com tratamento de 88 toneladas por mês.

Item	% da O&M	Quant.	Und.	Descrição	Custo unit(R\$)	Custo/kg	Custo total
				Insumos			5.685,48
1	13,2%	13,5	kWh	energia (kWh)	0,54	0,0365	3.207,60
2	7,2%	0,6	m ³ /h	evaporação	6,65	0,0200	1.755,60
3	3,0%	2	L/dia	querosene	13,89	0,0082	722,28
				ETE			7.185,28
4	19,0%	3,5	Kg/h	soda (NaOH)	3,00	0,0525	4.620,00
5	3,0%	1,85	kWh	energia	0,54	0,0082	719,28
6	1,5%	20	Kg/dia	coagulante	0,70	0,0041	364,00
7	3,2%	3	Kg/dia	floculante	10,00	0,0089	780,00
8	2,9%	30	Kg/dia	ácido sulfúrico	0,90	0,0080	702,00
				Custos de Manutenção			11.403,97
9	22,7%	0,0016	Pç/h	grelha	7.800,00	0,0625	5.500,00
10	2,5%	125	kg/mês	refratário	4,90	0,0070	612,50
11	0,1%	0,0833	Pç/mês	Termopar tipo K	400,00	0,0004	33,33
12	0,4%	0,0833	Pç/mês	Termopar tipo S	1.050,00	0,0010	87,50
13	0,2%	0,5	Pç/mês	Velas de ignição	90,00	0,0005	45,00
14	0,0%	0,5	Pç/mês	Supressores	11,00	0,0001	5,50
15	1,2%	8	M/mês	Gaxeta 1"	36,30	0,0033	290,40
16	0,5%	6	M/mês	Gaxeta 3/4"	21,40	0,0015	128,40
17	0,1%	4	M/mês	Gaxeta 1/4"	4,00	0,0002	16,00
18	3,3%	1	Pç/mês	Placa isolit	790,00	0,0090	790,00
19	0,3%	1	Pç/mês	Vidro visor reator	71,00	0,0008	71,00
20	0,1%	1	Pç/mês	Vidro visor ignitor	27,00	0,0003	27,00
21	10,2%	16	kg/hr	Deposição de cinzas	0,35	0,0280	2.464,00
22	5,5%	0,08	Pç/ano	análises de gases periódicas	16.000,00	0,0152	1.333,33
TOTAL	100,0%			TOTAL		R\$ 0,2758	R\$ 24.274,73

Fonte: Lufttech Ambiental, empresa fabricante dos incinerador

APÊNDICE C

Discriminação de custos de Operação e Manutenção (O&M) do incinerador de maior porte da Alternativa II

Tabela 19: Custos de O&M do incinerador de maior porte da Alternativa II em uma simulação com tratamento de 88 toneladas por mês.

Item	% da O&M	Quant.	Und.	Descrição	Custo unit(R\$)	Custo/kg	Custo total
				Insumos			6.278,36
1	17,0%	35	kWh	energia (kWh)	0,54	0,0321	3.326,40
2	12,0%	2	m ³ /h	evaporação	6,65	0,0226	2.340,80
3	3,1%	2	L/dia	querosene	13,89	0,0059	611,16
				ETE			6.241,28
4	20,2%	7,5	Kg/h	soda (NaOH)	3,00	0,0483	3.960,00
5	3,7%	1,85	kWh	energia	0,54	0,0069	719,28
6	1,6%	20	Kg/dia	coagulante	0,70	0,0030	308,00
7	3,4%	3	Kg/dia	floculante	10,00	0,0064	660,00
8	3,0%	30	Kg/dia	ácido sulfúrico	0,90	0,0057	594,00
				Custos de Manutenção			7.047,97
9	11,2%	0,0016	Pç/h	grelha	7.800,00	0,0413	2.200,00
10	3,1%	125	kg/mês	refratário	4,90	0,0059	612,50
11	0,2%	0,0833	Pç/mês	Termopar tipo K	400,00	0,0003	33,33
12	0,4%	0,0833	Pç/mês	Termopar tipo S	1.050,00	0,0008	87,50
13	0,2%	0,5	Pç/mês	Velas de ignição	90,00	0,0004	45,00
14	0,0%	0,5	Pç/mês	Supressores	11,00	0,0001	5,50
15	1,5%	8	M/mês	Gaxeta 1"	36,30	0,0028	290,40
16	0,7%	6	M/mês	Gaxeta 3/4"	21,40	0,0012	128,40
17	0,1%	4	M/mês	Gaxeta 1/4"	4,00	0,0002	16,00
18	4,0%	1	Pç/mês	Placa isolit	790,00	0,0085	790,00
19	0,4%	1	Pç/mês	Vidro visor reator	71,00	0,0007	71,00
20	0,1%	1	Pç/mês	Vidro visor ignitor	27,00	0,0003	27,00
21	7,2%	40	kg/hr	Deposição de cinzas	0,35	0,0136	1.408,00
22	6,8%	0,08	Pç/ano	análises de gases periódicas	16.000,00	0,0152	1.333,33
TOTAL	100,0%			TOTAL		R\$ 0,2222	R\$ 19.567,61

Fonte: Luftech Ambiental, empresa fabricante dos incinerador

APÊNDICE D

Fluxo de caixa discriminado projetado para alternativa I: escala inicial reduzida

Tabela 20: Projeção Financeira para Alternativa I

Descrição	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Investimento (R\$)	2.040.840	-	-	655.340*	-	-	-	-	-	-
Custo Anual Equivalente*	(73.717)	(73.717)	(73.717)	(73.717)	(73.717)	(73.717)	(73.717)	(73.717)	(73.717)	(73.717)
Qtde estimada (ton)	792	950	1140	1368	1573	1808	1990	2190	2300	2414
Receitas (R\$)	1.584.000	1.900.000	2.280.000	2.736.000	3.146.000	3.616.000	3.980.000	4.380.000	4.600.000	4.828.000
Custo fixos	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)
Custo Variáveis	(545.846)	(654.740)	(785.688)	(942.825)	(1.084.116)	(1.246.073)	(1.371.508)	(1.509.348)	(1.585.160)	(1.663.728)
Resultado	403.077	610.183	859.235	1.158.097	1.426.811	1.734.849	1.973.415	2.235.575	2.379.763	2.529.194
Margem(%)	25%	32%	37,6%	42%	45,3%	48%	50%	51%	51,7%	52,3%

Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE E

Fluxo de caixa discriminado projetado para alternativa II: maior escala inicial

Tabela 21: Projeção Financeira para Alternativa II

Descrição	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Investimento (R\$)	2.685.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Qtde estimada (ton)	792	950	1140	1368	1573	1808	1990	2190	2300	2414
Receitas (R\$)	1.584.000	1.900.000	2.280.000	2.736.000	3.146.000	3.616.000	3.980.000	4.380.000	4.600.000	4.828.000
Custo fixos	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)	(561.360)
Custo Variáveis	(501.494)	(601.540)	(721.848)	(866.217)	(996.023)	(1.144.825)	(1.260.068)	(1.386.708)	(1.456.360)	(1.528.544)
Resultado	521.145	737.100	996.792	1.308.422	1.588.616	1.909.814	2.158.572	2.431.932	2.582.280	2.738.095
Margem(%)	33%	38%	43%	47,8%	50%	52,8%	54%	55,5%	56,1%	56,7%

Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE F

Tabela 22: Fluxos de Caixa da Alternativa I

		Fluxo de Caixa	Cumulativo nominal	Fluxo descontado	Cumulativo Descontado
Investimento		-2.040.840	-2.040.840	-2.040.840	-2.040.840
Resultado	Ano 1	403.077	-1.637.763	403.077	-1.637.763
	Ano 2	610.183	-1.027.580	486.434	-1.151.329
	Ano 3	859.235	-168.345	611.587	-539.742
	Ano 4	1.158.097	989.752	735.992	196.249
	Ano 5	1.426.811	2.416.563	809.611	1.005.860
	Ano 6	1.734.849	4.151.412	878.928	1.884.789
	Ano 7	1.973.415	6.124.827	892.673	2.777.461
	Ano 8	2.235.575	8.360.402	902.911	3.680.373
	Ano 9	2.379.763	10.740.165	858.166	4.538.539
	Ano 10	2.529.194	13.269.359	814.333	5.352.872

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 23: Fluxos de Caixa da Alternativa II

		Fluxo de Caixa	Cumulativo nominal	Fluxo descontado	Cumulativo Descontado
Investimento		-2.685.500	-2.685.500	-2.685.500	-2.685.500
Resultado	Ano 1	521.145	-2.164.355	521.145	-2.164.355
	Ano 2	737.100	-1.427.255	587.612	-1.576.743
	Ano 3	996.792	-430.463	709.497	-867.247
	Ano 4	1.308.422	877.959	831.526	-35.721
	Ano 5	1.588.616	2.466.575	901.423	865.703
	Ano 6	1.909.814	4.376.389	967.571	1.833.274
	Ano 7	2.158.572	6.534.961	976.428	2.809.702
	Ano 8	2.431.932	8.966.893	982.217	3.791.919
	Ano 9	2.582.280	11.549.173	931.196	4.723.115
	Ano 10	2.738.095	14.287.268	881.593	5.604.708

Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE G

Fluxos de caixa em diferentes cenários hipotéticos

Tabela 24: Cenário Pessimista (Receita 20% menor)

	Alternativa I	Alternativa II
Investimento	-2.040.840	-2.685.500
Ano 1	322.462	416.916
Ano 2	488.146	589.680
Ano 3	687.388	797.434
Ano 4	926.478	1.046.738
Ano 5	1.141.449	1.270.893
Ano 6	1.387.879	1.527.851
Ano 7	1.578.732	1.726.858
Ano 8	1.788.460	1.945.546
Ano 9	1.903.810	2.065.824
Ano 10	2.023.355	2.190.476
TIR	36%	32%
VPL	3.428.196	3.483.926

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 25: cenário muito Pessimista (Receita 50% menor)

	Alternativa I	Alternativa II
Investimento	-2.040.840	-2.685.500
Ano 1	201.539	260.573
Ano 2	305.092	368.550
Ano 3	429.618	498.396
Ano 4	579.049	654.211
Ano 5	713.406	794.308
Ano 6	867.425	954.907
Ano 7	986.708	1.079.286
Ano 8	1.117.788	1.215.966
Ano 9	1.189.882	1.291.140
Ano 10	1.264.597	1.369.048
TIR	24%	21%
VPL	1.459.306	1.278.291

Fonte: elaborado pelo autor

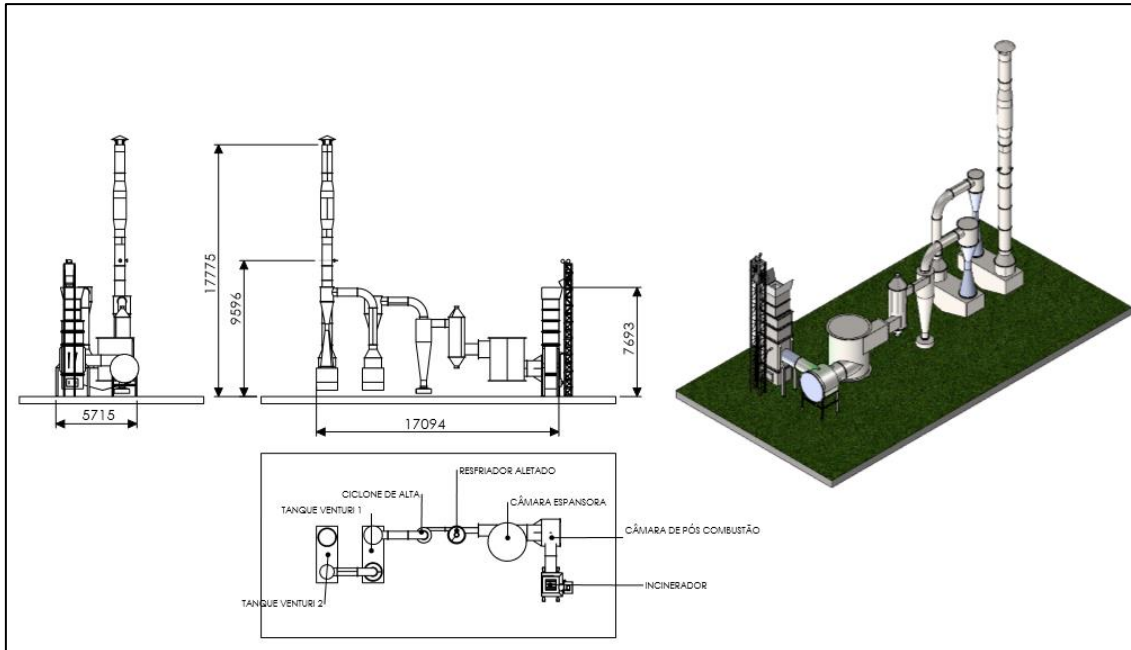
Tabela 26: Cenário Otimista (Receita 20% maior)

	Alternativa I	Alternativa II
Investimento	-2.040.840	-2.685.500
Ano 1	483.692	625.374
Ano 2	732.220	884.520
Ano 3	1.031.082	1.196.150
Ano 4	1.389.716	1.570.106
Ano 5	1.712.173	1.906.339
Ano 6	2.081.819	2.291.777
Ano 7	2.368.098	2.590.286
Ano 8	2.682.690	2.918.318
Ano 9	2.855.716	3.098.736
Ano 10	3.035.033	3.285.714
TIR	49%	45%
VPL	6.053.384	6.424.773

Fonte: elaborado pelo autor

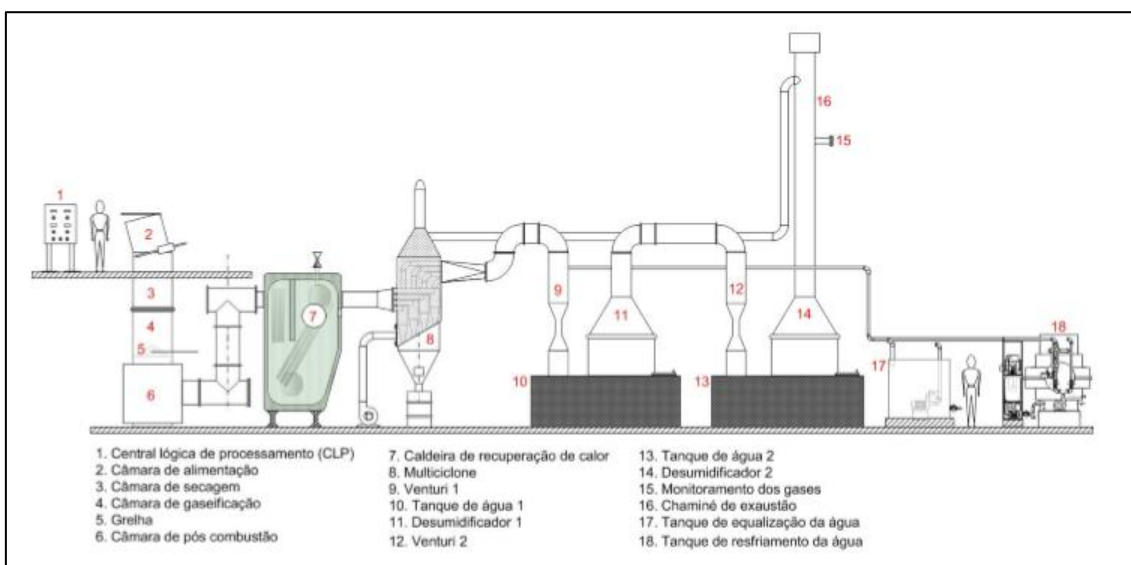
ANEXOS

Figura 4: Desenho modelo do incinerador com capacidade de 500 kg/hora



Fonte: Luftech Soluções Ambientais

Figura 5: planta alta esquemática do sistema de incineração



Fonte: Luftech Soluções Ambientais