



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Marcos Henrique Figueiredo Vital

Externalidades e análise de rentabilidade em projeto de aterro sanitário de grande porte no Brasil: estudo de caso da Central de Tratamentos de Resíduos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (CTR-Rio)

Rio de Janeiro

2023

Marcos Henrique Figueiredo Vital

**Externalidades e análise de rentabilidade em projeto de aterro sanitário de grande porte
no Brasil: estudo de caso da Central de Tratamentos de Resíduos da Região
Metropolitana do Rio de Janeiro (CTR-Rio)**



Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação Engenharia Ambiental, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental

Orientadora: Prof.^a Dra. Camille Ferreira Mannarino

Coorientador: Prof.^o Dr. João Alberto Ferreira

Rio de Janeiro

2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

V836 Vital, Marcos Henrique Figueiredo.
Externalidades e análise de rentabilidade em projeto de aterro sanitário de grande porte no Brasil: estudo de caso da Central de Tratamento de Resíduos da Região metropolitana do Rio de Janeiro (CTR-Rio) / Marcos Henrique Figueiredo Vital. – 2023.
118 f.

Orientadora: Camille Ferreira Mannarino.
Coorientador: João Alberto Ferreira.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Aterro sanitário – Lixiviação - Teses. 3. Gestão integrada de resíduos sólidos - Teses. 4. Custo-benefício - Teses. I. Mannarino, Camille Ferreira. II. Ferreira, João Alberto. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 628.4.02

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

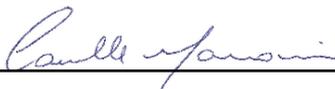
Marcos Henrique Figueiredo Vital

Externalidades e análise de rentabilidade em projeto de aterro sanitário de grande porte no Brasil: estudo de caso da Central de Tratamento de Resíduos da Região metropolitana do Rio de Janeiro (CTR-Rio)

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Engenharia Ambiental, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada em 01 de fevereiro de 2023.

Banca Examinadora:



Prof.^a Dra. Camille Ferreira Mannarino (Orientadora)

FIOCRUZ



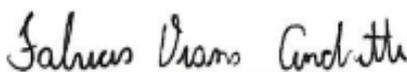
Prof.^o Dr. João Alberto Ferreira (Coorientador)

Faculdade de Engenharia – UERJ



Prof.^o Dr. Alexandre Lioi Nascentes

Instituto de Tecnologia – UFRRJ



Dr. Fabrício Viana Andretti

Consultor Empresarial – TC Target Consulting



Prof.^a Dra. Elisabeth Ritter

Faculdade de Engenharia – UERJ

Rio de Janeiro

2023

DEDICATÓRIA

À Gaia.

AGRADECIMENTOS

À Deus, aos orientadores Camille Ferreira Mannarino e coorientador João Alberto Ferreira, aos progenitores tutor Sebastião Marcos Vital e Ana Maria Fontes Figueiredo, Marco Aurélio Cabral Pinto, Júlia Félix, Ingrid Damm, Louise Felix, Márcio Macedo da Costa, Martin Ingouville, Isabela Freitas (Bell) e Roseni Macedo, Eluciana Iris Cardoso e Guga boy.

À Deus, por ser o início e o fim e me dar força e disciplina;

Camille Mannarino pela aguçada clareza em orientar, explicar, guiar e aperfeiçoar todo o trabalho;

Professor João Alberto, pela amizade, esforço, paciência (quase infinita) e confiança depositada;

Aos Dr. Fabrício Vianna, professora Dra. Elisabeth Ritter e Dr. Alexandre Nascentes, por disponibilizarem seu tempo;

Pai, sem suas habilidades e força, eu não teria conseguido;

Mãe, pelas orações diárias;

Marco Aurélio por acreditar em mim e sempre tentar fazer acreditar que sou muito maior do que realmente sou;

Márcio Macedo da Costa, por sempre acreditar nos impossíveis e lutar pelo meio ambiente e a correta gestão dos recursos públicos à ele destinados;

Martin Ingouville, o amigo mais inteligente, objetivo, organizado, sério e doce, por salvar-me da morte em 2013;

Bell, pelas incansáveis correções.

Íris, por mantes meus olhos sempre abertos.

Guga, por ser sempre amigo.

Se você não limpar seu quarto hoje, terá que limpá-lo amanhã!

Ana Maria F. Figueiredo

Difícil é tudo aquilo que você ainda não aprendeu. Após aprender, tudo é fácil.

Élon Lages Lima

Desenvolvimento sustentável consiste em garantir o bem-estar no presente sem comprometer o bem-estar das gerações futuras.

Relatório Brundtland

O descompasso e o desperdício herdeiros são, agora, das virtudes que perdemos.

Renato Manfredini Jr.

Para todo esforço há fruto. Muito palavrório só leva às penúrias.

(Provérbios 14:23)

RESUMO

VITAL, M.H.F. **Externalidades e análise de rentabilidade em projeto de aterro sanitário de grande porte no Brasil**: estudo de caso da Central de Tratamento de Resíduos da região metropolitana do Rio de Janeiro (CTR-Rio). 2023. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

O presente trabalho teve como objetivo estimar valores de externalidades em um aterro sanitário de grande porte (10.000 t/dia), localizado em Seropédica (RJ), Brasil, com foco em: (i) emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE); (ii) outras emissões atmosféricas; (iii) lixiviados; (iv) deslocamento da poluição; e (v) desconfortos. De modo a estimar valores para as externalidades identificadas, foram utilizados os métodos de (i) transferência de benefícios e (ii) fator de impacto. Os valores estimados foram comparados com a rentabilidade privada, analisada a partir de indicadores financeiros selecionados (LAJIR, LAIR e Lucro Líquido) obtidos nos demonstrativos de resultado dos exercícios (DRE). No período 2012-2015, a concessionária responsável (SERB S.A.) apresentou prejuízos anuais médios no intervalo [R\$ 9.434.750,00 (LAJIR); R\$ 75.114.500,00 (LAIR)] a depender do indicador utilizado. Já no período 2016-2021, a outra concessionária responsável (CICLUS AMBIENTAL S.A.) apresentou lucros sequenciais, independente do indicador utilizado – exceto em 2016. O LAJIR apresentou média de R\$ 101.765.468,00 por ano e o LAIR apresentou média de R\$ 23.015.700,00 por ano, com Lucro Líquido médio foi de R\$ 16.042.045,00 por ano. Já no período 2012-2021, como todo, as concessionárias, em conjunto, apresentaram prejuízos líquidos que somaram R\$ 11.897.834,65, com média anual de R\$ 1.189.783,47. A análise custo-benefício mostrou uma relação Receita Operacional Bruta/Custo dos Serviços Prestados (B/C) média de 1,28 no período 2012-2021. Sob diferentes perspectivas (somadas, subtrações e comparações de proporcionalidades), foi possível comparar custos privados com os custos externos estimados de modo a indicar meios para inseri-los na análise econômico-financeira dos projetos. As emissões de GEE apresentaram benefícios líquidos estimados em R\$ 15.658.500,00 por ano. O custo dos lixiviados foi estimado em R\$ 182.500,00, por ano. O deslocamento da poluição se ressalta como maior benefício externo (intervalo entre R\$ 151.767.000,00 e R\$ 284.882.500,00 por ano, a depender da hipótese e metodologia utilizada). Os custos anuais dos desconfortos foram estimados em R\$ 15.658.500,00.

Palavras-chave: Aterros sanitários. Análise custo-benefício. Avaliação econômico-financeira. CICLUS AMBIENTAL S.A. CTR-Rio. Custos Privados em aterros sanitários. Externalidades. Método do Fator de Impacto. SERB S.A. Técnicas de Precificação de externalidades. Transferência de Benefícios. Rentabilidade Social.

ABSTRACT

VITAL, M.H.F. **Externalities and profitability analysis in a large landfill project in Brazil:** the case study of the Waste Treatment Center of the metropolitan region of Rio de Janeiro (CTR-Rio). 2023. 118 f. Dissertation (Master's in Environmental Engineering) – Engineering Faculty, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

The present work aimed to estimate externality values in a large-scale landfill (10,000 t/day), located in Seropédica (RJ), Brazil, focusing on: (i) greenhouse gas (GHG) emissions; (ii) other atmospheric emissions; (iii) leached; (iv) displacement of pollution; and (v) disamenities. In order to estimate values for the identified externalities, the methods of (i) benefit transfer and (ii) the impact factor model were used. The estimated values were compared with private profitability, analyzed from selected financial indicators (EBIT, EBITDA and Net Income) obtained in the Income Statements for each Fiscal Years analyzed. In the period 2012-2015, the concessionaire responsible (SERB S.A.) presented average annual losses in the range of [R\$ 9,434,750.00 (EBIT); R\$ 75,114,500.00 (EBITDA)] depending on the indicator used. On the other hand, in the period 2016-2021, the new responsible concessionaire (CICLUS AMBIENTAL S.A.) reported sequential profits, regardless of the indicator used – except in 2016. EBIT averaged R\$ 101,765,468.00 per year and EBITDA averaged R\$ 23,015,700.00 per year, with an average Net Income of R\$ 16,042,045.00 per year. In the period 2012-2021, as a whole, the two companies, together, presented Net Losses in the total amount of R\$ 11,897,834.65, with an annual average of R\$ 1,189,783.47. The cost-benefit analysis showed an average Gross Operating Revenue/Cost ratio of 1.28 in the period 2012-2021. From different perspectives (sum, subtractions, proportionalities), it was possible to compare private costs with the estimated external costs, in order to indicate different ways to insert them into the economic analysis. GHG emissions had net benefits estimated at R\$ 15,658,500.00 per year. The estimated cost of leached was R\$ 182,500.00 per year. The displacement of pollution stands out as the greatest external benefit, ranging between R\$ 151,767,000.00 and R\$ 284,882,500.00 per year - depending on the hypothesis and methodology used. The annual costs of disamenities were estimated at R\$ 15,658,500.00 per year.

Keywords: Benefit of Transfer Method. CICLUS AMBIENTAL S.A. Cost-Benefit Analysis. CTR-Rio. Externalities pricing techniques. Economic and financial analysis. Externalities. Impact factor method. Landfills. Private costs. SERB S.A. Social profitability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 -	Representação esquemática das inter-relações entre aterros sanitários e suas externalidades.....	23
Figura 02 -	Aspectos básicos de Engenharia Ambiental de aterros sanitários.....	28
Figura 03 -	Modelo esquemático do ciclo de vida financeiro de aterro sanitário.....	47
Figura 04 -	Informática e estimativas de custos em aterros sanitários.....	48
Figura 05 -	Evolução de implementação e operação da CTR-Rio (2011-2016).....	51
Figura 06 -	Modelo esquemático do Método de fator de Impacto (<i>The impact fator method</i>).....	60
Figura 07 -	Desconforto: População exposta (bairro de Chaperó, Itaguaí (RJ).....	67
Figura 08 -	Aterro Controlado de Gramacho encerrado.....	81
Figura 09 -	Lixão de Seropédica (RJ) após remediação.....	81

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 -	Variabilidade de valores para custos externos totais (em R\$, 2021).....	58
Gráfico 02 -	Externalidades em aterros europeus e o descolamento da poluição (em R\$ (2021) /t/d).....	64

LISTA DE GRÁFICOS

Quadro 01 -	Externalidades em aterros sanitários.....	25
Quadro 02 -	Externalidades fixas e variáveis em aterros sanitários.....	26
Quadro 03 -	Demonstração de Resultado do Exercício (DRE): operações algébricas.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 -	Custos privados em aterros sanitários (em R\$ 2021).....	42
Tabela 02 -	Taxa Interna de Retorno para aterros de diferentes portes e distintas Taxas Mínimas de Atratividade (TMA).....	44
Tabela 03 -	Parâmetros originais para custos privados e externos, BDA (2009) (AU\$ (2008)).....	59
Tabela 04 -	Custos externos de emissões de GEE em aterros sanitários, por clima (em R\$ (2021) /t/d).....	61
Tabela 05 -	Custos externos de outras emissões atmosféricas em áreas rurais (em R\$ 2021/t/d).....	63
Tabela 06 -	Custos de externalidades de lixiviados (em R\$ (2021) /t/d)....	64
Tabela 07 -	Deslocamento de poluição (em R\$ 2021/t/d).....	66
Tabela 08 -	Valores propostos para desconfortos (em R\$ (2021) /t/d).....	67
Tabela 09 -	Parâmetros de custos externos para aterros sanitários de grande porte em área rural (em R\$ 2021/t/d).....	68
Tabela 10 -	Evolução do lucro da SERB S.A. (2012-2015) (em R\$ (2021)).....	71
Tabela 11 -	Análise Custo-Benefício (2012-2015) (em R\$ (2021)).....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
B/C	Receita Operacional Bruta / Custos dos Serviços Prestados
CAPEX	<i>Capital Expenditures</i>
CSLL	Contribuição Social sobre o Lucro Líquido
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Física
COMLURB	Companhia Municipal de Limpeza Urbana
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
CTR	Central de Tratamento de Resíduos
DOERJ	Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro
DRE	Demonstrativo de Resultado de Exercício
EBIT	<i>Earnings Before Interests and Taxes</i>
EBTIDA	<i>Earnings Before Interests and Taxes and Depreciation</i>
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EVTE	Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica
FCD	Fluxo de Caixa Descontado
FDR	Função Dose-Resposta
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FMI	Fundo Monetário Internacional
GEE	Gases de Efeito Estufa
IGP-DI	Índice Geral de Preço-Disponibilidade Interna
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPTU	Imposto Predial Territorial e Urbano
IR	Imposto de Renda
LAIR	Lucro Antes do IR e CSLL
LAJIR	Lucro Antes das Despesas e Receitas Financeiras
LL	Lucro Líquido do Exercício
NBR	Norma Brasileira da ABNT
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
OPEX	<i>Operational Expenses</i>

ROB	Receita Operacional Bruta
ROL	Receita Operacional Líquida
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SERB	Saneamento e Energia Renovável do Brasil S.A.
TIR	Taxas Mínimas de Atratividade
TMA	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	18
1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
1.1	Externalidades e aterros sanitários	22
1.1.1	Conceitos.....	22
1.1.2	Externalidades em aterros sanitários.....	22
1.1.3	Externalidades quantitativas e qualitativas em aterros sanitários...	23
1.1.4	Externalidades fixas e variáveis (negativas e positivas).....	26
1.2	Técnicas de valoração e precificação de variáveis ambientais.	30
1.2.1	Disposição a pagar ou avaliação contingente.....	30
1.2.2	Preços de equilíbrio de mercado na economia clássica.....	31
1.2.3	O método de alterações na produtividade.....	31
1.2.4	Função dose-resposta.....	32
1.2.5	Custo de viagem.....	33
1.2.6	O método de Perda de Renda.....	34
1.2.7	Custo de prevenção.....	34
1.2.8	Custo de compensação.....	35
1.2.9	Desconfortos e Preços hedônicos.....	35
1.3	Revisão de Literatura	36
1.3.1	Estudos de casos.....	38
1.3.1.1	<i>Gases de Efeito Estufa (GEE)</i>	38
1.3.1.2	<i>Outras emissões atmosféricas</i>	38
1.3.1.3	<i>Lixiviados</i>	39
1.3.2	Externalidades Qualitativas: Desconfortos.....	40
1.4	Custos privados em aterros sanitários e técnicas tradicionais de análise econômico-financeira de projetos	41
1.4.1	Custos privados em aterros sanitários.....	41
1.4.2	Indicadores econômico-financeiros tradicionais.....	43
1.4.2.1	<i>Taxa Interna de Retorno (TIR)</i>	43
1.4.2.2	<i>O Fluxo de caixa descontado</i>	44
1.4.2.3	<i>Tempo de Payback</i>	45

1.4.2.4	<i>Valor Presente Líquido (VPL)</i>	45
1.4.2.5	<i>Análise Custo-Benefício</i>	46
1.4.2.6	<i>Fluxo de caixa em aterros sanitários</i>	46
1.4.2.7	<i>Aplicação de Software na estimativa de custos privados em aterros sanitários</i>	47
2	METODOLOGIA	49
2.1.	A metodologia de estudo de caso: Área de estudo	49
2.2	Base de dados, cálculos de rentabilidade privada e deduções contábeis	52
2.2.1	A escolha das variáveis.....	52
2.2.2	Base de dados para análise de rentabilidade.....	53
2.2.3	Cálculos de rentabilidade por meio de operações contábeis.....	53
2.3	Atualização monetária dos custos privados do estudo da FGV/ABETRE (2009) e dos Demonstrativos de Resultado de Exercícios (DRE): O IGP-DI (2012-2021)	55
2.4	A metodologia de transferência de benefícios	56
2.5	Atualização e conversão dos dados dos estudos com valores em moeda estrangeira	58
2.6	O método de fator de impacto	59
2.7	Critérios utilizados na escolha de parâmetros de custos externos	60
2.7.1	Gases de Efeito Estufas (existência ou não de coleta de gases e reaproveitamento de biogás).....	60
2.7.2	Outras emissões em aterros sanitários.....	61
2.7.3	Lixiviados.....	62
2.7.4	Deslocamento da poluição.....	63
2.7.4.1	<i>Deslocamento da poluição Emissões evitadas por substituição de combustíveis fósseis</i>	63
2.7.4.2	<i>Deslocamento de poluição: Substituição de lixões e/ou aterros controlados</i>	65
2.7.5	Desconfortos (Odores, tráfego, animais, doenças e ruídos).....	66
2.8	Limitações metodológicas	68
3	RESULTADOS	70

3.1	Rentabilidade privada da CTR-Rio - Resultados Econômicos.	71
3.1.1	Empresa SERB S.A.: Período 2012-2015.....	71
3.1.1.1	<i>Rentabilidade privada.....</i>	71
3.1.1.2	<i>Análise de Custo-Benefício SERB S.A.....</i>	72
3.1.2	Empresa CICLUS S.A Período: 2016-2021.....	73
3.1.2.1	<i>Rentabilidade privada.....</i>	73
3.1.2.2	<i>Análise Custo-Benefício CICLUS S.A.....</i>	74
3.1.3	Rentabilidade privada: Concessionárias SERB S.A. e CICLUS S.A. Período (2012 - 2021).....	76
3.2	Estimativa de custos externos do CTR-Rio.....	78
3.2.1	Gases de Efeito Estufa.....	78
3.2.2	Outras emissões atmosféricas.....	79
3.2.3	Lixiviados.....	79
3.2.4	Deslocamento da poluição.....	80
3.2.4.1	<i>Emissões evitadas e reaproveitamento energético.....</i>	80
3.2.4.2	<i>Encerramento de “lixões” e aterros controlados.....</i>	80
3.2.5	Desconfortos: fator de impacto e população exposta.....	82
3.3	Externalidades e análise de rentabilidade econômico- financeira.....	82
3.3.1	Balanco das externalidades.....	83
3.4	A CTR-Rio no contexto de aterros de grande porte.....	88
3.4.1	Economias de escala em aterros sanitários.....	88
3.4.2	Recursos para gestão de resíduos sólidos urbanos.....	90
4	CONCLUSÃO.....	93
	REFERÊNCIAS.....	98
ANEXO A	Demonstrativo do Resultados dos Exercícios (DRE).....	105
ANEXO A1	Demonstrativo do Resultado do Exercício SERB S.A. 2012-2013	106
ANEXO A2	Demonstrativo do Resultado do Exercício SERB S.A. 2014-2015	107
ANEXO A3	Demonstrativo do Resultado do Exercício transição SERB S.A. / CICLUS AMBIENTAL S.A. 2016-2017.....	108
ANEXO A4	Demonstrativo do Resultado do Exercício de 2017-2018.....	109

ANEXO A5	Demonstrativo do Resultados do Exercício de 2018-2019.....	110
ANEXO A6	Demonstrativo do Resultado do Exercício 2020/2021.....	111
ANEXO B	Atualizações dos Demonstrativos de Resultados dos Exercícios: O IGP-DI (FGV) e a “Calculadora do cidadão” do Banco Central do Brasil. (BACEN).....	112
ANEXO B1	Atualização de prejuízo líquido 2012 (Tela de entrada de dados)..	113
ANEXO B2	Atualização de prejuízo líquido 2012 (tela de resultados da atualização).....	113
ANEXO B3	Atualização de prejuízo líquido 2017 (tela de entrada de dados)..	114
ANEXO B4	Atualização de prejuízo líquido 2017 (tela de resultados).....	114
ANEXO C	Transferência de benefícios: amplitude de valores.....	115
ANEXO C1	Intervalos de valores monetários atribuídos às emissões de GEE, (AU\$ (2008) por tonelada).....	116
ANEXO C2	Intervalos de valores de impacto das emissões de lixiviados de aterros sanitários (AU\$ 2008/t/d).....	117
ANEXO C3	Custos externos de desconfortos gerados em aterros sanitários (AU\$2008/t/d).....	118

INTRODUÇÃO

Os aterros sanitários ainda são a tecnologia mais utilizada no mundo para o descarte ambientalmente correto dos resíduos sólidos urbanos (RSU), em pequenas, médias e grandes cidades, consistindo em importante solução tecnológica para a minimização dos impactos ambientais, oriundos da crescente geração de resíduos – cada vez mais diversificados e complexos em sua natureza físico-química (VERGARA e TCHOBANOGLIOUS, 2012; KAZA et al., 2018).

Aterros sanitários consistem em obras de engenharia devidamente regulamentadas em suas especificidades, de modo a lidar com impactos ambientais possíveis (além da necessidade legal para obtenção de licença para operação), em conformidade com as leis e normativos nacionais, valendo citar como principais tecnologias para mitigação de impactos: sistemas de drenagem de gases, sistema de tratamento de lixiviados, sistema de escoamento de águas pluviais, unidades de reaproveitamento do biogás, uso de geomembranas (proteção de lençóis freáticos), dentre outras, (ABNT, 1992).

Em 2016, na América Latina e Caribe, por exemplo, 68,5 % dos RSU gerados tiveram como destinação aterros sanitários, enquanto na União Europeia, apenas 25,9 % possuem a mesma destinação. Já nos Estados Unidos, 54,3 % dos RSU ainda são destinados a aterros, enquanto nos Leste Asiático e Pacífico, na África Subsaariana e a Oriente Médio com Norte da África, os percentuais de destinação para aterros são de 46%, 24% e 34 %, respectivamente. O Sul da Ásia chama atenção pelo pequeno percentual (apenas 4%) (KAZA et al; 2018).

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde – OPAS (CERDA; CÚNEO, 1999) os aterros sanitários, por meio do confinamento e aterramento dos resíduos sólidos de maneira ordenada e sistemática, ocupando o menor volume possível, minimizam os potenciais impactos negativos à saúde e ao meio ambiente.

Embora existam questões sobre os riscos ambientais decorrentes da disposição dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários, tais como: (i) emissão de gases de efeito estufa (GEE); (ii) possibilidade de contaminação de corpos hídricos (infiltração de lixiviados); (iii) desconfortos (tais como odores, ruídos, intensificação de tráfego de veículos pesados, poeira, dentre possíveis outros – a depender das especificidades locais e tecnológicas), eles representam a alternativa técnica e economicamente mais viável para os países em desenvolvimento, permitindo o deslocamento da poluição por resíduos (RSU que teriam destinações inadequadas como rios, solo, lixões, por exemplo) pelo descarte ambientalmente correto dos mesmos. Não se vislumbra, em um futuro previsível próximo, a possibilidade dos

mesmos não integrarem os sistemas de gestão de resíduos sólidos urbanos nestes países (VAVERKOVÁ, 2019).

De acordo com Jentzen (2006), quando uma atividade econômica gera custos sobre outras atividades, indivíduos ou coletividade sem que o gerador de tais impactos pague por isso, diz-se que a atividade gera uma externalidade (neste caso, negativa).

A presença de externalidades em uma dada atividade econômica pode gerar subestimativa ou superestimativa do real valor econômico da atividade (ou projeto de investimento) – devido a não incorporação dos custos ou benefícios externos (sociais) nas análises de projetos (JENTZEN, 2006).

Notoriamente, aterros sanitários são empreendimentos que demandam investimentos de longo prazo e são avaliados, em termos de rentabilidade, como todo negócio, por meio da utilização de diversidade de técnicas, valendo citar: Análise do Resultado do Exercício, Análise Custo-Benefício, Valor Presente Líquido (VPL), Taxas Internas de Retorno (TIR), dentre outros. Tais técnicas desconsideram custos e benefícios externos relacionados aos projetos de investimento (EUROPEAN COMMISSION, 2000).

De modo tradicional, os Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica (EVTE) de aterros sanitários, consideram, de modo geral, a vida útil de 42 anos, sendo 22 anos de operação e o restante para atividades de encerramento (cobertura, monitoramento, pós-monitoramento) (ABETRE, 2009). Note-que a CTR-Rio possui ainda potencial de receber resíduos por tempo mais longo.

Na maioria dos casos, o cálculo de rentabilidade é desenvolvido utilizando-se técnicas de análise econômico-financeiras convencionais (que não levam em consideração os custos causados pela presença de externalidades), valendo citar:

- (i) custo de mitigação dos impactos climáticos das emissões de GEE;
- (ii) elevação de gastos públicos e/ou privados com a Saúde Pública;
- (iii) custo de remediação das contaminações de solos e aquíferos;
- (iv) perda de bem-estar social pela exalação de odores nas localidades das cercanias dos aterros; e
- (v) aumento do tráfego local (EUROPEAN COMMISSION, 2000).

No Brasil, onde os principais aterros sanitários são operados por empresas privadas e onde não é usual a associação de seguros - é importante que se conheçam os reais valores de custos desta tecnologia.

Por hipótese a ser testada, tem-se que as externalidades positivas e negativas presentes na atividade dos aterros sanitários, não incorporadas na estrutura de custos privados dos mesmos, acabam por definir, erroneamente, os indicadores financeiros convencionais citados.

Uma vez que os cálculos financeiros são elaborados sob a ótica puramente privada, de rentabilidade financeira para o operador do aterro, e não para toda a comunidade por ele afetada, a rentabilidade privada do projeto difere da rentabilidade social, podendo, em certos casos, a primeira ser maior que a última.

Tal fato pode resultar em má alocação dos recursos econômicos, levando a possível viés contra alternativas como a reciclagem, compostagem e/ou incineração, que podem possuir rentabilidades privadas maiores do que as de um aterro sob a perspectiva puramente financeira, mas preferível do ponto de vista ambiental e social, quando incorporados os custos e benefícios sociais das externalidades (BDA, 2009).

Note ainda que as externalidades podem resultar numa disparidade entre os retornos social e privado de um determinado bem ou serviço (OLIVEIRA e FERREIRA, 2021).

Justifica-se, portanto, a necessidade de quantificar os custos externos, positivos e negativos, em termos monetários, para que diferentes opções de gestão de resíduos sólidos urbanos possam ser comparadas com base em seus custos globais para a sociedade como um todo e não apenas para a empresa que opera o aterro (EUROPEAN COMMISSION, 2000).

Assim sendo, a diferença entre os valores dos custos privados e sociais determina a diferença entre a rentabilidade privada e a rentabilidade social de dado projeto.

Argumenta-se que os métodos tradicionais de avaliação econômico-financeira utilizados por grandes bancos nacionais (como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, por exemplo) não contemplam as referidas externalidades ou custos sociais, uma vez que visam maximizar a rentabilidade privada do capital investido e não o bem-estar da sociedade como um todo (SIMONSEN, 1969; JENTZEN, 2006).

Desta forma, de acordo com Jentzen (2006), foram criadas técnicas capazes de atribuir valores monetários às referidas externalidades, de modo a corrigir os cálculos financeiros privados, incluindo tais valores. Citam-se, como exemplos, algumas técnicas e métodos, tais como: Preços Hedônicos, Avaliação Contingente, Disposição a pagar, Custo de Viagem, etc., (EUROPEAN COMMISSION, 2000; JENTZEN, 2006).

No Brasil, existe pouca discussão sobre externalidades de aterros sanitários, que constituem a principal tecnologia para disposição final dos resíduos sólidos urbanos, cuja utilização tende a crescer. Assim, uma dissertação sobre o tema de externalidades de aterros sanitários mostra-se oportuna, e espera-se possa contribuir para a discussão sobre a necessária introdução das mesmas nos custos da tecnologia, assim como nas técnicas de análises de projeto.

A presente dissertação possui como objetivos:

Objetivo Geral

Identificar e analisar os impactos dos custos e benefícios associados a externalidades da implementação, operação, encerramento e pós encerramento de um aterro sanitário de grande porte de modo a comparar as rentabilidades privada e social.

Objetivos Específicos

(i) identificar as externalidades (positivas e negativas) oriundas da implantação, operação, encerramento e pós encerramento de um aterro sanitário de grande porte;

(ii) estimar os valores monetários dos custos externos identificados, em particular: (a) emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE); (b) outras emissões atmosféricas; (c) lixiviados; (d) deslocamento da poluição; e (e) desconfortos;

(iii) desenvolver avaliação econômico-financeira do aterro sanitário da Central de Tratamento de Resíduos do município do Rio de Janeiro (CTR-Rio); e

(iv) comparar os custos privados, efetivamente incorridos na operação de um aterro de grande porte no Brasil com custos e benefícios externos estimados.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente revisão bibliográfica está organizada em quatro tópicos: (i) identificação e descrição das externalidades (custos externos) originadas de aterros sanitários; (ii) apresentação de técnicas de valoração econômica das mesmas; (iii) revisão de literatura; (iv) custos privados e a rentabilidade em aterros sanitários.

1.1 Externalidades originadas de Aterros Sanitários

1.1.1 Conceitos

O conceito de externalidade foi desenvolvido pelo economista Arthur C. Pigou, pioneiro a tratar dos efeitos da poluição sobre a produtividade econômica, em sua obra *The Economics of Welfare* (BRITANNICA, 2022) para caracterizar qualquer efeito de uma transação em uma parte que não esteja envolvida naquela transação (OLIVEIRA E FERREIRA, 2021).

As externalidades surgem quando as atividades sociais ou econômicas de um grupo de pessoas têm impacto sobre outro e quando o primeiro grupo não leva totalmente em conta seu impacto (ESHET, 2005). Ou ainda, externalidades são custos gerados que recaem sobre um dado agente econômico sem que o agente gerador pague por eles: (JENTZEN, 2006).

1.1.2 Externalidades em aterros sanitários

Todas as alternativas de gestão de resíduos sólidos urbanos podem resultar em externalidades geradas nas etapas de coleta, transporte e até a disposição final dos mesmos.

Externalidades ocasionadas por dado aterro sanitário estão relacionadas às suas singularidades: localização, características do entorno, capacidade instalada, tecnologia aplicada, características dos resíduos, vida útil, etc. Embora os projetos e procedimentos operacionais possam variar entre diferentes aterros, de modo geral, as fontes emissoras quantitativas de poluentes assim como os corpos receptores estão indicados na figura 01.

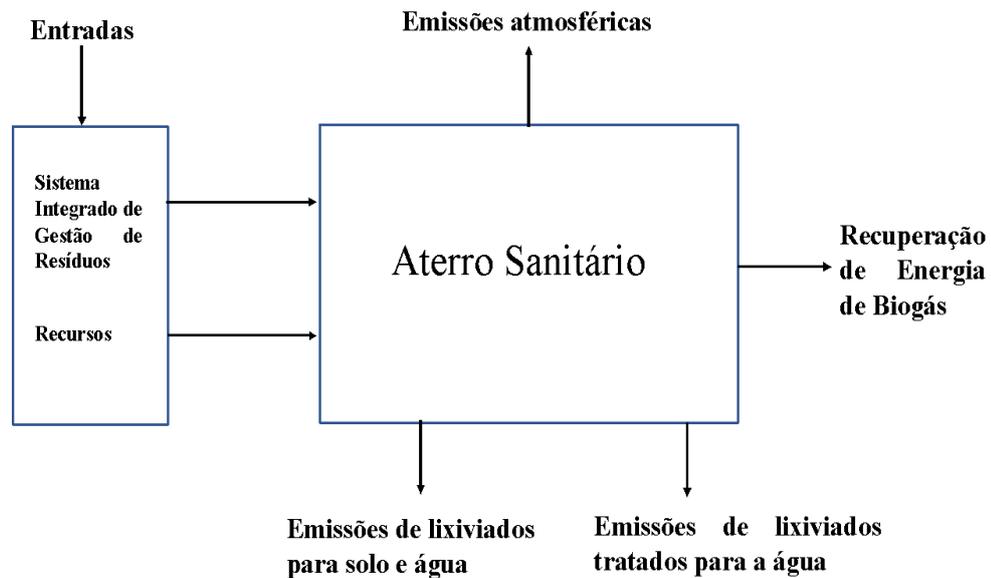


Figura 01 - Representação esquemática das inter-relações entre aterros sanitários e suas externalidades

Fonte: EUROPEAN COMMISSION, 2000.

1.1.3 Externalidades quantitativas e qualitativas em aterros sanitários

As principais externalidades relacionadas aos aterros sanitários de grande porte podem ser divididas em quantitativas e qualitativas.

QUANTITATIVAS:

- (i) emissão de GEE (sobretudo CH₄) por decomposição de matéria orgânica;
- (ii) poluentes convencionais e substâncias tóxicas transportadas pelo ar;
- (iii) infiltração de lixiviados no solo e na água;
- (iv) emissões de GEE relacionados ao transporte dos RSU; e
- (v) recuperação energética do biogás.

QUALITATIVAS:

- (i) odores;
- (ii) ruídos de caminhões e máquinas;
- (iii) aumento no tráfego local;
- (iv) presença de vetores de doenças e aves de carniça (urubus, etc.);

(v) resíduos espalhados, poeira; e

(vi) aspectos estéticos (ESHET, 2005; EUROPEAN COMMISSION, 2000).

Destaca-se a importância do projeto e da operação que devem ter níveis de qualidade que podem minimizar as externalidades associadas aos aterros.

No quadro 01 estão detalhadas algumas das externalidades de aterros sanitários, suas fontes e os respectivos impactos sobre o meio ambiente e a Saúde Pública.

Destacam-se as emissões de óxido nitroso, N₂O dada sua elevada pegada de carbono (potencial de impacto no aquecimento global mais de 300 vezes maior que o CO₂) de acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) das Organizações das Nações Unidas (ONU) IPCC (2014).

Quadro 01 - Externalidades em aterros sanitários

A - Categoria Quantitativa	Externalidades exemplos	Fonte	Principais impactos
(I) Emissões de GEE	Metano (CH ₄ , N ₂ O, NO _x :NO, NO ₂).	Biogás; Transportes de resíduos.	Aquecimento global.
	Dióxido de carbono (MP, CO, C*, CO ₂).	Queima de metano; Transportes de resíduos.	Aquecimento global.
(II) Poluentes convencionais	Poluentes atmosféricos locais: dióxido de enxofre (SO ₂), óxido (e dióxido) de nitrogênio (NO, NO ₂), material particulado e compostos orgânicos voláteis (COV).	Biogás, componentes traços misturados nos resíduos na forma líquida (que tendem a se volatilizar);e transporte de resíduos.	Saúde Pública, danos à edificações culturais, florestas e água.
(III) Recuperação Energética	Deslocamento de poluição (externalidade positiva/benefício externo).	Recuperação de energia (GEE é capturado e o conteúdo de metano é usado para gerar energia).	Impactos evitados sobre o aquecimento global/saúde humana.
(IV) Lixiviados	Emissões ao solo e à água.	Decomposição anaeróbia e lixiviação de água de chuva.	Saúde Pública e ecológica.
B- Categoria Qualitativa	Externalidades exemplos	Fonte	Principais impactos
(IV) Desconforto	Odores, poeira, Resíduos espalhados, presença de animais (por exemplo, roedores, moscas e aves de cachaça), ruídos, tráfego/congestionamento, intrusão visual, risco de incêndios e explosões.	Proximidade ao aterro sanitário, transporte de resíduos. Odores e riscos de incêndio/explosão surgem principalmente das emissões de metano.	Saúde Pública, impacto no valor de imóveis.

Fonte: NAHMAN, 2011.

1.1.4 Externalidades fixas e variáveis (negativas e positivas)

De acordo com EUROPEAN COMMISSION (2000), as externalidades podem ser divididas, ainda, entre fixas ou variáveis:

"Externalidades são danos ou benefícios, que não são pagos pelo poluidor ou beneficiário em condições normais de mercado. Podem ser divididos em custos e benefícios fixos (independentes da quantidade de resíduos) ou variáveis (dependendo da quantidade de resíduos). A maioria dos custos externos quantitativos, como emissões de ar, água e solo, são externalidades variáveis. Os efeitos de desconfortos dos aterros sanitários e das plantas de incineração são, em sua maioria, custos externos fixos. O principal benefício externo neste contexto é a recuperação de energia da incineração e queima de gás de aterro." (EUROPEAN COMMISSION, 2000).

Externalidades fixas são aquelas oriundas da simples implementação do aterro e independente das escalas de operação, enquanto externalidades variáveis correm em função da escala de operação. Uma externalidade é dita negativa quando afeta adversamente outro indivíduo ou coletividade e positiva, caso o contrário ocorra (EUROPEAN COMMISSION, 2000).

O quadro 02 apresenta exemplos de externalidades fixas e variáveis, negativas e positivas.

Quadro 02 – Externalidades fixas e variáveis em aterros sanitários

	Externalidades Variáveis	Externalidades Fixas
Externalidade negativa	Custos das emissões para o ar (GEE e outros), solo e água (lixiviados)	Custos do desconforto (odores, tráfego, ruídos, etc.)
Externalidade positiva	Custos evitados de poluição deslocada (emissões evitadas) pela recuperação de energia de biogás Deslocamento da poluição por substituição às destinações inadequadas	Redução de problemas de saúde cujos vetores são oriundos dos RSU descartados de modo inadequado

Fonte: EUROPEAN COMMISSION, 2000.

Embora o presente trabalho tenha foco nos aterros sanitários, de forma geral, todas as outras etapas dos sistemas de limpeza urbana também podem gerar externalidades, dependendo da qualidade operacional.

Na etapa de coleta, podem ocorrer problemas no acondicionamento e a presença de RSU, nas calçadas e eventuais resíduos e lixiviados despejados direto nas vias, entupindo bueiros e gerando poluição e contaminação e contribuindo para inundações e alagamentos com prejuízos materiais e até mesmo mortes. O aumento do tráfego nos bairros e nos ruídos causados pelos caminhões e equipe de coleta também causa desconfortos.

Já nas estações de transbordo existem externalidades relacionadas às trocas de veículos, podendo ocorrer emissão de materiais particulados, poeira, odores que afetam a vizinhança, assim como a presença de despejo de lixiviado direto no solo.

Além disso, as atividades de transporte, por sua vez, são intensivas em emissões atmosféricas por motores de caminhões à diesel, antes que os rejeitos sejam efetivamente aterrados, emitindo, em particular CO, CO₂, NO, NO₂, C*(carbono sob a forma fuligem), gerando O₃ (ozônio troposférico) e suas consequências sobre a saúde humana.

Entre os aspectos técnicos que podem influenciar o controle das externalidades em aterros sanitários relacionados à qualidade da construção do aterro e da gestão ambiental de sua operação são:

(i) impermeabilização com geomembranas;

A geomembrana é uma manta geossintética, de liga plástica, elástica e flexível. Em aterros sanitários, a geomembrana de PEAD cumpre a função de controle do fluxo de líquidos, preservando os lençóis freáticos e afluentes, e o meio ambiente da contaminação do solo, CICLUS (2022).

(ii) drenagem de gases;

Inicialmente, de modo a reduzir o maior impacto do metano sobre a camada de ozônio, sistemas de tratamento de gases consistiam em tubulações para captação dos mesmos de modo a concentrá-los em distintas células e canalizá-los em uma tubulação final única para queima, nos denominados *flares*. A figura 02 apresenta os diferentes componentes da tecnologia atual de aterro sanitário, visando minimizar os principais impactos sobre o meio ambiente e a saúde pública.

A figura 02 ilustra cada aspecto tecnológico supramencionado.

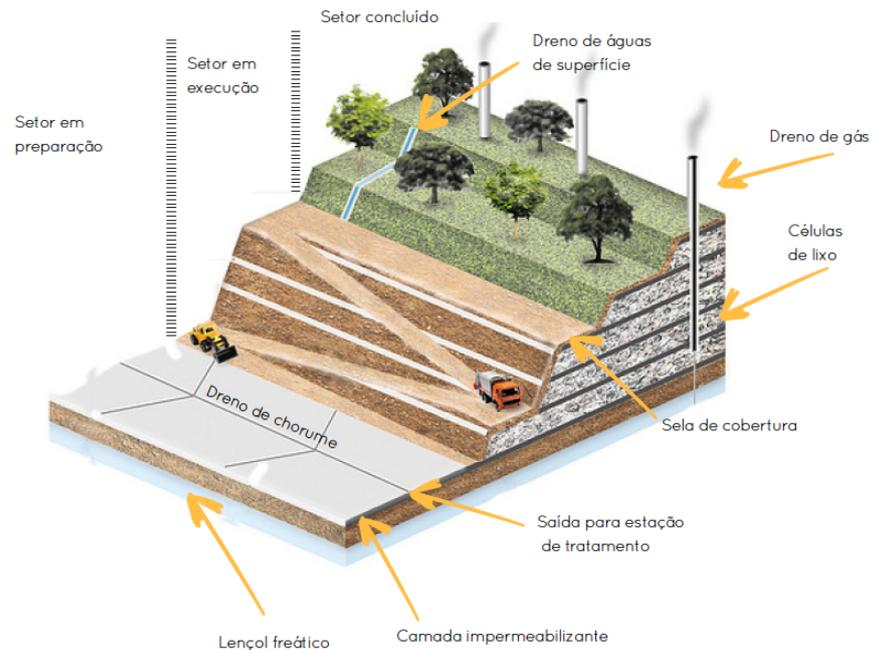


Figura 02 - Aspectos básicos de Engenharia Ambiental de aterros sanitários

Fonte: PASSOS, 2019.

É previsto um sistema para a drenagem de gases, que pode ou não ser integrado ao sistema de drenagem de líquido percolado. Deve ser apresentada descrição de todos os elementos do sistema citado com indicação:

- a) da disposição em planta desses elementos, em escala não inferior a 1:2000;
- b) das dimensões desses elementos;
- c) dos materiais utilizados com suas especificações; e
- d) dos cortes e detalhes necessários à perfeita visualização do sistema” (C,1992).

(iii) drenagem e tratamento de lixiviados e;

(iv) gestão de águas pluviais.

De acordo com ABNT (1992):

Deve ser previsto sistema de drenagem das águas superficiais que tendam a escoar para a área do aterro sanitário, bem como das águas que se precipitam diretamente sobre essa área. (ABNT, 1992).

- a) indicação da vazão de dimensionamento do sistema;

- b) disposição dos canais em planta, em escala não inferior a 1:1000;
 - c) indicação das secções transversais e declividade do fundo dos canais em todos os trechos;
 - d) indicação do tipo de revestimento (quando existente) dos canais, com especificação quanto ao material utilizado;
 - e) indicação dos locais de descarga da água coletada pelos canais; e
 - f) detalhes de todas as singularidades existentes, tais como alargamentos ou estrangulamentos de seção, curvas, degraus, obras de dissipação de energia e outros.” (ABNT, 1992).
- (iv) camadas de cobertura;

Falhas de construção e operação nos sistemas de cobertura podem resultar em emissões de GEE para a atmosfera através de rachaduras e fissuras, devidas a distintos fatores: (i) oscilação de temperatura; (ii) ciclos de molhagem e ressecamento; (iii) recalques causados pela decomposição dos resíduos; (iv) movimentos eventuais de veículos; (v) erosão por água ou vento; (vi) presença de raízes etc. (BOSCOV, 2008).

As células iniciais devem ser rigorosamente operadas para garantir o controle ambiental, a otimização da qualidade do maciço de resíduos e a eficiência das várias atividades envolvidas (ISWA, 2010). A compactação dos resíduos sólidos é um dos principais parâmetros a ser controlado (número de passadas, peso específico, inclinação da rampa, etc.) devido a sua importância na otimização e na melhoria das propriedades geomecânicas dos resíduos (RIBEIRO, 2015; CATAPRETA, 2008). Inspeções rotineiras de campo, controle de deslocamentos horizontais e verticais podem identificar indícios de erosão e a estabilidade de taludes (IPT/CEMPRE, 2010).

- (v) monitoramento durante e após operação; e

A CTR-Rio possui diferentes sistemas de monitoramento. Em particular, na detecção de vazamentos de lixiviados para o solo.

- (vi) reaproveitamento do biogás.

Em aterros de grande porte, o reaproveitamento do biogás pode gerar externalidades positivas líquidas para toda a sociedade, não apenas por meio da redução de emissões de GEE

e pelas emissões evitadas pela substituição de combustíveis fósseis pelo biogás, mas sobretudo pelo deslocamento da poluição quando em substituição aos lixões.

1.2 Técnicas de valoração e precificação de variáveis ambientais

“Quantificar custos ou benefícios externos requer a colocação de um valor monetário sobre as mudanças de bem-estar vivenciadas pelas pessoas como resultado da exposição a externalidades. Economistas desenvolveram uma série de métodos de avaliação para quantificar essas mudanças no bem-estar. Diferentes métodos são apropriados para a valorização de diferentes tipos de externalidades.” (EUROPEAN COMMISSION, 2000).

Jentzen (2006), James (1994) e Motta (1997), de modo independente, apresentam algumas técnicas, desenvolvidas, com objetivo de valorar externalidades, em particular, ativos ambientais não transacionados nos mercados. Note-se, ainda, outros custos, tais como custo de limpeza, custo da doença, custo de monitoramento/controle, custo de reposição ou comportamento para evitar, etc. (ESHET et al; 2005).

1.2.1 Disposição a pagar ou Avaliação contingente

De acordo com James (1994), o método objetiva a mensuração da disposição dos indivíduos em pagar por bens e serviços que não são comercializados em mercados, como, por exemplo, a proteção ambiental ou proteção de ecossistemas (como preservar nascentes, ar e água não poluídos, populações de peixes e animais selvagens).

Segundo Motta (1997) o método de Avaliação Contingente, busca medir em moeda o impacto no nível de bem-estar dos indivíduos, posterior a variação quantitativa ou qualitativa de bens ambientais.

Baseia-se em pesquisas, através de questionários, onde as pessoas têm a oportunidade de tomar uma decisão econômica sobre o valor destes tipos de bens e serviços.

Além disso, pode ser dividido em duas categorias: (i) jogos de leilões e (ii) jogos de *trade off*. Os jogos de leilões, por sua vez, dividem-se em (i) leilões simples e (ii) leilões convergentes. No caso de leilões simples os indivíduos são questionados acerca de quanto estariam preparados, dispostos, a pagar por determinado bem-estar oriundo da preservação de certo ativo ambiental. Já no caso dos leilões convergentes, definem-se dois preços: um muito alto a ponto de ser rejeitado por quase todos e outro muito baixo, suficiente para que todos se

disponham a pagar. A partir daí, o maior preço vai sendo reduzido e o menor preço aumentado até que os dois converjam.

Entretanto em jogos de *trade-off*, em que os indivíduos recebem uma lista e precisam desenvolver um *ranking* de certa quantia em dinheiro a ser recebida como presente em uma coluna e certo preço para manutenção de dado atributo ambiental (taxa de limpeza de determinada praia, por exemplo), em outra, o equilíbrio se dá no ponto em que a quantia recebida ou taxa a ser paga pelo indivíduo são indiferentes (JAMES, 1994).

Para Jentzen (2006), trata-se de um método que necessita de grande quantidade de dados coletados através de pesquisas e aplicação de métodos estatísticos avançados, exigindo recursos relativamente elevados.

1.2.2 Preços de equilíbrio de mercado na economia neoclássica

No caso dos bens tangíveis de uso direto, os preços de mercado são os indicadores das preferências dos consumidores. Ao ir à um supermercado, um indivíduo saberá o preço do kg de peixe, de produtos à base de madeira, produtos agrícolas ou produtos resultantes do extrativismo vegetal. Nestes casos, de produtos tangíveis, o consumidor se baseia nos preços de mercado e em sua restrição orçamentária para maximizar a sua função de utilidade, igualando a relação utilidade marginal-preço para todos os bens. Em economias de livre mercado, os preços são formados a partir do equilíbrio entre as forças de oferta e demanda (JENTZEN, 2006; SIMONSEN, 1969).

Para se avaliar o valor de uma floresta de eucalipto, por exemplo, bastaria multiplicar a quantidade de madeira produzida anualmente (em idade de corte – seis anos a seis anos e meio no caso do eucalipto para indústria de celulose) multiplicado pelo preço do m³ da madeira no mercado local (ou internacional – no caso de madeiras mais nobres ou da própria celulose).

1.2.3 O método de alterações na produtividade

O método de alteração na produtividade mensura as alterações na produtividade de sistemas (naturais ou antrópicos) resultantes das alterações das condições ambientais (JAMES, 1994).

De modo geral, preços de mercado são utilizados para tal mensuração. O método é útil para avaliação dos impactos ambientais que afetam, por exemplo, as atividades de pesca,

extrativismo vegetal, florestas plantadas, atividades agrícolas e outros ativos ambientais, impactadas por ações de outros setores. Uma fábrica que polua um rio e afete a biodiversidade local, por exemplo, reduz a quantidade de peixes disponíveis e, reduzindo, assim, a produtividade da pesca. Com metade dos peixes, por exemplo, o pescador teria que fazer o dobro de viagens para conseguir a mesma quantidade de peixes, ou seja, uma queda em sua produtividade diária.

De acordo James (1994), alterações de produtividade podem ser oriundas dos seguintes aspectos:

- (i) degradação ou redução de insumos básicos (como o impacto da poluição dos rios e mares sobre a pesca); ou
- (ii) piora na qualidade dos produtos dada redução na qualidade das matérias primas utilizadas pelos sistemas industriais;
- (iii) redução da produtividade do solo oriunda da erosão;
- (iv) degradação na saúde pública e, conseqüentemente, na produtividade do trabalho e elevação dos gastos com “doenças da poluição”; e
- (v) redução de poluição.

1.2.4 Função dose-resposta

O método é utilizado com frequência em estudos que estimam o valor monetário de danos ao meio ambiente (estimativas de custo de reparação), como por exemplo, poluição atmosférica: material particulados, GEE, compostos orgânicos voláteis (COV), etc. Requer banco de dados e estabelecimento de uma Função Dose Resposta (FDR). A FDR corresponde à medida do grau de exposição de certa população a dada concentração de poluente (JENTZEN, 2006).

A economia ambiental, ao tentar calcular o valor monetário de danos ambientais depende da FDR ou da Função de Resposta de Exposição (FRE) para identificar o impacto, sendo este último o mais simples de ser calculado porque é baseado na concentração de poluente presente no receptor no meio ambiente, enquanto a FDR, além desses dados, tenta analisar o impacto do poluente no receptor (grau de exposição) (ESHET, 2005).

A função dose-resposta é a relação da dose de dado poluente no meio, e o efeito causado pela externalidade. Por exemplo, uma fábrica que emite dada concentração de GEE, localizada próxima à um centro urbano (grande número de indivíduos expostos) causa danos muito

maiores do que uma fábrica localizada mais distante e, assim sendo, custa mais para a sociedade (em termos de gastos com doenças pulmonares, por exemplo).

O verdadeiro valor dos impactos da poluição dependerá do tipo de poluente, concentrações, população impactada (exposta). Depende ainda, do limite de concentração em que as pessoas (ou indivíduos de dada população de espécies) toleram sem ser impactadas e por quais meios (água, solo ou ar) o poluente afeta a referida população (como, por exemplo, aumento da incidência de doenças, deterioração da infraestrutura urbana, etc.) (PEPPER et al. 1996).

Assim sendo, a localização do aterro é muito importante, pois o impacto das emissões de ar em uma área urbana pode ser muito maior do que em áreas rurais ou menos populosas (BDA, 2009; NAHMAN, 2011; EUROPEAN COMMISSION, 2000).

Já de acordo com James (1994), a função dose-resposta é utilizada para determinar a alteração na mortalidade resultante de alterações de concentração de dados poluentes em certo meio.

1.2.5 Custo de viagem

O método de custo de viagem objetiva mensurar os custos de locomoção como, por exemplo, o preço do transporte urbano para se chegar a um parque, praia, ou alguma outra área recreacional. Consiste no preço mínimo que o indivíduo atribui àquele bem ou serviço ambiental (JAMES, 1994).

O conceito básico neste método é de que, por exemplo, se um indivíduo está disposto a pagar R\$ 20,00 somente para chegar a dado lugar, tal custo de transporte pode ser utilizado como indicador do preço mínimo atribuído à tal local, de modo que o indivíduo possa usufruir do bem ou serviço ambiental (obtendo aumento em seu bem-estar individual) (SILVA, et al. 2014).

James (1994) aponta que tal método requer o rigor dos seguintes passos:

- (i) frequência de visitantes e zona de origem;
- (ii) os custos de transporte são definidos em função da zona de origem;
- (iii) as taxas de visitação são estimadas com base no custo de transporte de cada zona;
- (iv) é feita, então, hipótese de que o custo de transporte pode ser indicador do preço de admissão em dada localidade recreacional;

(v) a estimativa do número de visitantes de cada zona ou localidade é obtido multiplicando-se a população da referida região pela taxa de visitação (gastos totais da população para se deslocar até o local);

(vi) repete-se os passos 4 e 5 de modo a se derivar a curva de demanda pelo conforto ou prazer causado por estar presente em dada localidade; e

(vii) sob a hipótese de que a localidade não cobra ingresso (preço da praia igual à zero, por exemplo), o custo de transporte mostra a disposição a pagar do indivíduo ou o preço do conforto (ou desconforto) (JAMES,1994).

1.2.6 O método de Perda de Renda

A poluição causa efeitos diretos sobre a saúde humana. Um dos custos das doenças da poluição consiste no absenteísmo laboral, levando a perdas nos processos produtivos intensivos em mão de obra – além de reduzir a renda do trabalhador, dado o menor número de dias trabalhados.

Além disso, o custo de tratamento de tais doenças é tratado como o custo mínimo relacionado, de modo indireto, à poluição. Os custos com a saúde humana podem ser vistos como um custo de reposição do capital humano ou reparação sendo o ser humano o recurso natural (econômico) em questão (JAMES, 1994).

1.2.7 Custo de prevenção

A ideia de custo de prevenção baseia-se na hipótese do mesmo ser substancialmente menor do que os custos de reparação. A aplicação de medidas preventivas pode ser uma forma de mitigar os efeitos negativos do desenvolvimento econômico sobre a natureza. Exemplos de tais medidas podem ser: (i) outros percursos rodoviários mais longos (para evitar o corte de uma área natural); (iii) túneis em rodovias que permitam a passagens de animais, mitigando mortes por atropelamento e a descontinuidade do bioma (corredores ecológicos), preservação das florestas (JENTZEN, 2006).

James (1994) pondera que nem sempre existe alguma disposição a pagar por parte dos indivíduos ou coletividade para se evitar certo dano ambiental. O autor apresenta método de aferição por meio de análise de correlação entre a distância de dadas residências ao redor do Aeroporto de Londres e a demanda por vidros e janelas duplos (capazes de reduzir ruídos).

1.2.8 Custos de compensação

A tradução de *compensation costs* aproxima-se mais quando traduzido como custo de reparação ou restauração. Entende-se, hipoteticamente, que o método supõe que todo dano ambiental seja passível de restauração (inexistência de custos irreversíveis) (JAMES, 1994).

Assim sendo, à título de exemplo, o preço de um hectare desmatado de floresta ombrófila densa ou mista (presentes nos biomas subtropical e tropical úmido, como na Mata Atlântica), por exemplo, seria dado pelo custo de se reflorestar tal área.

1.2.9 Desconfortos: Preços Hedônicos

O método de precificação hedonística mostra o valor que os indivíduos atribuem às diferentes características específicas de certos bens ou serviços (também conhecido como a abordagem de demanda por características).

Inicialmente, o método foi utilizado para valorar o impacto de características da vizinhança (presença de mercados, lojas de conveniência, metrô, pontos de ônibus, ruídos de bares) sobre o preço dos imóveis.

O preço do atributo silêncio (ausência de poluição sonora), por exemplo, poderia ser aferido, indiretamente, a partir da comparação entre o preço de dois imóveis com o maior grau de semelhança possível (número de quartos, vagas de garagens, existência de áreas de lazer, etc.) sendo um próximo à bares e restaurantes e outro localizado em cercanias silenciosas (MOTTA, 1997).

No caso de características ambientais – como odores de aterros – o valor é obtido por meio de diferenças nos preços das residências em relação à distância dos mesmos (ESHET, 2005).

Por fim, James (1994) o denomina como “abordagem do valor das propriedades”.

$P = f(A_1, A_2, \dots, A_n, Q)$, onde:

P é o preço da propriedade, A_n são os atributos do imóvel, e Q é a qualidade ambiental ao redor do imóvel.

De acordo com Oteng-Ababio et al. (2017), aterros de grande porte estão associados a maiores externalidades, existindo uma correlação entre valores de propriedades e distância de aterros.

Ressalta-se, contudo, que a aplicação do método de preços hedônicos exige acesso e capacidade de processamento de grandes quantidades de informações do mercado imobiliário, características ambientais e físicas das propriedades e, também, conhecimentos em processos estatísticos, com recursos elevados (GREENE,1996).

1.3. Estudos de caso

Mijango (2020), em artigo denominado *Research Trends in the Economic Analysis of Municipal Solid Waste Management Systems: A Bibliometric Analysis from 1980 to 2019*, faz uma ampla revisão sobre questões econômicas da gestão de resíduos sólidos urbanos.

O autor encontrou 563 artigos relacionados aos aspectos econômicos e metodologias para análise econômica dos sistemas de gestão de RSU. Entre os 229 artigos que desenvolveram métodos para análise econômica foram encontrados apenas 21 que tratavam das questões relacionadas aos impactos externos ou externalidades (MIJANGO, 2020).

Freitas (2013) desenvolveu estudo sobre impactos e externalidades, com foco nas questões de saúde ambiental, relacionadas ao aterro sanitário CTR-Rio. Entre potenciais externalidades do aterro, a autora elenca:

- (i) desconfortos como ruídos e vibrações;
- (ii) variação dos valores da terra e das residências;
- (iii) evasão da fauna;
- (iv) deterioração do sistema viário; e
- (v) aumento do tráfego local.

Sem estimar valores, ressalta a possibilidade de impactos na saúde por emissão de material particulado, cuja valoração exigiria estudos da saúde da população da região do município de Seropédica (RJ) e cercanias da CTR-Rio.

Eshet (2005) apresenta diferentes métodos de precificação de externalidades presentes em aterros sanitários, com ênfase em:

- (i) Função Dose-Resposta (FDR); e
- (ii) Métodos de inferência indireta (avaliação contingente, preços hedônicos, transferência de benefícios, dentre outros).

O autor apresenta, ainda, como resultado de seu estudo, quadro que sumariza valores para diferentes formas de poluição atmosférica, precificando compostos de nitrogênio (NO, NO₂); compostos de enxofre: SO, SO₂; compostos orgânicos voláteis (COV), materiais particulados (MP₁₀, MP_{2.5}, MP_{0.1}, etc.), além de CO, CO₂.

Kreling (2006) realizou pesquisa através do uso de questionários e buscou analisar a percepção de desconforto e também a percepção do impacto sobre a paisagem local, no município de Porto Alegre (RS). Após definir como público-alvo a população localizada a 2 km de distância do aterro, concluiu, com a utilização de questionários, que os indivíduos atribuíam valores aos desconfortos e a alteração na paisagem – sem, entretanto, monetizá-los.

Apresentou também a percepção dos indivíduos afetados, destacando tanto aspectos positivos do empreendimento (enxergavam o aterro como benéfico para o meio ambiente, entendiam a importância da operação e do controle do processo para diminuir os impactos ao meio ambiente) assim como os aspectos negativos apresentados (a população exposta temia possibilidade de ter poluição e riscos de doenças).

Em estudo realizado na Malásia por Rahim e Rahimah (2021) para determinar a viabilidade de um aterro sanitário, incluindo seus valores ambientais, se utilizou de três métodos:

- (i) Avaliação não-mercado (preços hedônicos, avaliação contingente, questionários etc.);
- (ii) Transferência de benefícios; e
- (iii) Análises de Custo-Benefício.

Os autores realizaram o estudo em dois aterros, com o uso de questionários aplicados a 624 imóveis sobre a disposição dos moradores a pagar pelos atributos ambientais, aferindo preços implícitos de descarga de lixiviados, maus odores, vetores e paisagem (estética). (RAHIM E RAHIMAH, 2021)

1.3.1 Externalidades quantitativas

1.3.1.1 Gases de Efeito Estufa (GEE)

Cada um dos setores da economia tem uma dinâmica própria em sua relação com a natureza. Por uma questão de facilidade metodológica avalia-se todo o impacto ambiental em termos de um denominador comum. O mais usual é utilizar a emissão de uma tonelada de gás carbônico equivalente como métrica de impacto ambiental (OLIVEIRA e FERREIRA, 2021).

O conceito de carbono equivalente surgiu como necessidade após o Tratado de Quioto, para representar todos os gases de efeito estufa em uma mesma unidade, tendo em vista a comercialização do crédito de carbono. Os valores dos potenciais de efeito estufa dos principais gases estão tabelados. O dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) consiste no resultado da multiplicação das toneladas emitidas de gases de efeito estufa pelo seu potencial de aquecimento global.

De acordo com ELK (2007), o biogás de aterros é composto de vários gases, principalmente metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), que, juntos, constituem aproximadamente 99% de seu total. Pontua ainda que as diferentes fases de decomposição da matéria orgânica presente na massa de resíduos não estão claramente definidas no tempo e podem ocorrer simultaneamente em diferentes partes do aterro, como resultado da composição heterogênea dos resíduos e dos microambientes gerados dentro do aterro. Assim, a duração de cada fase de geração de gás variará conforme a distribuição dos componentes orgânicos no aterro, a disponibilidade de nutrientes, a umidade dos resíduos, a entrada de água no aterro e o grau de compactação inicial.

1.3.1.2 Outras emissões atmosféricas

A BDA (2009) considera, ainda, os custos externos relacionados à outras emissões atmosféricas tais como poeira (materiais particulados) e outros gases não reaproveitáveis.

Tais emissões não são passíveis de reaproveitamento, consistindo, de fato, em custos externos que recaem sobre toda a sociedade local.

1.3.1.3 Lixiviados

Os lixiviados podem ser definidos como o líquido proveniente da umidade inicial dos resíduos, da água de constituição presente na matéria orgânica dos resíduos, dos produtos da degradação biológica dos materiais orgânicos e da água de infiltração na camada de cobertura e interior das células de aterramento (TCHOBANOGLIOUS et al. 1993).

No processo de percolação de líquidos através das camadas de resíduos no aterro, ocorre a solubilização de substâncias orgânicas e inorgânicas, formando um novo líquido de composição bastante variável.

As características do lixiviado são alteradas em função das características dos resíduos dispostos no aterro (composição, teor de umidade, grau de compactação), de fatores relativos à área de disposição de resíduos (permeabilidade do aterro, escoamento superficial, idade do aterro) e de fatores climáticos (regime de chuvas, temperatura) (TCHOBANOGLIOUS et al. 1993; LANGE e AMARAL, 2009).

O potencial poluidor do lixiviado está ligado principalmente aos altos valores de carga orgânica que apresenta, o que leva à redução do oxigênio disponível em cursos d'água com que tenha contato, prejudicando a fauna e a flora nesses meios. Pode ainda haver a incorporação de substâncias tóxicas dissolvidas ou em suspensão cujas características apresentem risco de contaminação para os ecossistemas locais e à saúde humana (TCHOBANOGLIOUS et al. 1993, LANGE e AMARAL, 2009).

Dessa forma, as características do lixiviado exigem que o mesmo seja tratado antes de ser lançado no meio ambiente atendendo os padrões para efluentes estabelecidos pelos Órgãos Ambientais.

De acordo com a CICLUS S.A. (2022), desde novembro de 2019, se encontra em operação planta de tratamento de lixiviado com tecnologia de osmose reversa, instalada na CTR-Rio. A estação de tratamento contribui para purificar parte do lixiviado gerado diariamente pelo aterro. A capacidade nominal total é de 1.000 m³/dia (CICLUS S.A., 2022).

O tratamento inadequado do chorume lixiviado pode trazer consequências para todo ecossistema, sobretudo para os recursos hídricos, podendo afetar ainda redes de abastecimento e a saúde da população, por isso seu devido enquadramento é essencial. De acordo com a CICLUS S.A., o sistema de osmose reversa da CTR-Rio possui duas linhas independentes, com capacidade de 500 m³/dia, instalado em 4 contêineres marítimos de 12,2 metros (CICLUS, S.A., 2022).

1.3.2 Externalidades qualitativas: Desconfortos

Um aspecto de contaminação atmosférica frequentemente relacionado a aterros sanitários refere-se a odores, associados a atividades como o manuseio de resíduos odoríferos e a componentes presentes nos gases dos mesmos.

Embora, compostos odoríferos não sejam necessariamente tóxicos ou perigosos para a saúde humana, já foi demonstrado que o bem-estar psicossocial e o comportamento das pessoas são negativamente influenciados pela exposição a odores (SIRONI et al. 2005; ESPIRITU et al. 2021).

Na composição do biogás de aterro, o sulfeto de hidrogênio (H_2S) está presente, em baixa concentração, identificado como um composto com odor característico de “ovo podre”, é facilmente detectado pela maioria dos indivíduos em concentrações extremamente baixas e em curtos intervalos de tempo pelo sistema olfativo humano. Em baixas concentrações o H_2S pode resultar em irritação das membranas mucosas dos olhos e do trato respiratório (GOSTELOW et al. 2001).

Ham (2013) utilizou-se do método de preços hedônicos para calcular valores para os desconfortos causados pelos aterros. No caso, em que foi estudado o valor dos desconfortos gerados por odores e ruídos na cidade de Birmingham, terceira maior cidade inglesa, o autor demonstra como resultados valores de 40% de redução no preço dos imóveis a cada 4 km de proximidade do aterro. O autor apresenta ainda, revisão de literatura de diversos autores que se utilizaram do método de preços hedônicos para estimar externalidades em aterros sanitários, valendo citar, como exemplos, Nelson (1992) e Greenberg & Hughes (1992).

Amorim (2013) desenvolveu estudo, através de aplicação de questionários, de modo a determinar impacto dos odores no bairro de Chaperó, município de Itaguaí (RJ), distante 2,5 km da CTR-Rio (Sul-Sudoeste da CTR-Rio). O estudo constatou a existência de queixas de incômodos sobre odores na população estudada. Tal vizinhança tem apresentado maior número de queixas ao longo do tempo após a abertura da CTR-Rio, em abril de 2011 (AMORIM, 2013).

Ruídos em aterros sanitários decorrem do movimento dos caminhões transportando os resíduos e dos equipamentos utilizados na operação de aterramento dos mesmos. De forma geral, os ruídos gerados nos aterros não são associados a transtornos significativos para as *populações que vivem nas suas proximidades. Problemas de ruídos em áreas urbanas são em geral associados aos veículos transportando os resíduos para os aterros (NJOKU, et al. 2019).

1.4 Custos privados em aterros sanitários e técnicas tradicionais de análise econômico-financeira de projetos

1.4.1 Custos privados em aterros sanitários

No Brasil, a principal literatura utilizada para parametrização monetária de custos de aterros sanitários foi desenvolvida por estudo da Fundação Getúlio Vargas em conjunto com a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE, 2009).

No referido estudo, foram considerados os seguintes custos:

(i) pré-implantação: Estudo de viabilidade, aquisição do terreno, projeto e licenciamento, impostos e taxas;

(ii) implantação: Infraestrutura geral, células de disposição, sistemas de tratamento de líquidos e percolados, sistema de drenagem de águas superficiais, áreas verdes monitoramento, equipe de operação, administração, impostos e taxas;

(iii) operação: Células de disposição, sistema de drenagem e tratamento de percolados, áreas verdes, monitoramento, equipe de operação, administração, impostos e taxas, tratamento de percolados, sistema de drenagem de águas superficiais, áreas verdes, monitoramento, administração, equipe de operação, impostos e taxas;

(iv) encerramento: Obras de encerramento; e

(v) pós-encerramento (ABETRE, 2009).

O estudo da Fundação Getúlio Vargas (FGV) segrega aterros em três categorias, por escala de produção: (i) grande (2000 t/d); (ii) médio (800 t/d); (iii) pequeno (100 t/d).

Conforme Vital et al. (2014), estimaram-se os custos para aterros de 10.0000 t/d, criando 4 categorias (Quadro 03). Tais custos foram atualizados para valores de 2021, com base no IGP-DI/FGV acumulado no período de dezembro de 2008 a dezembro de 2021.

O estudo considera o tempo total de investimento como sendo de 42 anos.

Nos dois primeiros anos, ocorrem investimentos em implantação.

As operações são consideradas nos 20 anos seguintes, sendo o encerramento previsto para o 23º ano e outros 24 anos considerados como pós- encerramento (FGV, 2009).

Note-se a presença de economias de escala: ao dobrar a capacidade do aterro de 1000 t/d para 2000 t/d, o custo se eleva menos do que o dobro (apenas 73% do dobro), conforme quadro 03. Assim sendo, o custo de um aterro de 4.000 t/d custaria o apenas 73% do dobro de 2.000 t/d.

O efeito de economia de escala (redução do custo médio total) se dá uma vez que o custo fixo e as elevadas necessidades de financiamentos iniciais (*CAPEX – Capital Expenditures*) é diluído tão maior o tempo e a escala do projeto, ou seja, tanto mais quantidade produzida (processada) menor o custo fixo médio, reduzindo o custo médio total (tabela 01).

Tabela 01 – Custos privados em aterros sanitários (em R\$, 2021))

Custos	PORTE			
	Grande 10.000 t/d	Médio-Grande 2000 t/d	Médio 800 t/d	Pequeno 100 t/d
Pré-Implantação	30.700.780,00	11.585.000,00	6.549.000,00	1.732.000,00
Implantação	137.228.660,00	51.784.000,00	26.163.000,00	7.606.000,00
Operação	3.485.433.000,17	1.315.257.000,00	588.482.000,00	129.583.000,00
Encerramento	49.008004,00	18.493.000,00	9.245.000,00	1.387.000,00
Pós-Encerramento	268.687.740,00	101.391.000,00	43.684.000,00	9.154.000,00
TOTAL	489.110.617.000,00	1.498.512.000,00	674.124.000,00	149.465.000,00

Fonte: Adaptado ABETRE, 2009; FGV, 2009; Vital et al. 2014.

Note que as despesas operacionais (*OPEX – Operational Expenditures*) são bem maiores que os custos de implementação e as despesas de capital (*CAPEX – Capital Expenditures*).

No estudo utilizado como referência de parâmetros para as estimativas propostas, BDA (2009), são considerados os seguintes custos privados e sociais incorridos na implementação de um aterro sanitário ao longo de toda sua vida útil:

- (i) pré-implantação: mão de obra qualificada, aquisição de terras, licenciamento, construções e modificações;

(ii) operacionais: operação e manutenção de veículos, custos de capital, encargos financeiros, combustíveis, materiais, maquinário, mão de obra e equipamentos;

(iii) encerramento: fechamento, após-fechamento, aposentadorias, monitoramento e disposição de equipamentos utilizados; e

(iv) remediação: investigação de contaminação, tratamentos, etc; (BDA, 2009).

1.4.2 Indicadores econômico-financeiros tradicionais: a ausência de custos externos em análises de projetos

1.4.2.1 Taxa Interna de Retorno (TIR)

De acordo com a FGV (2009), TIR é a taxa de desconto que torna o valor presente das entradas de caixa igual ao valor presente das saídas de caixa do projeto de investimento (faz com que o VPL seja igual a zero). A taxa mínima de atratividade de dado investimento consiste em valor menor ou igual à TIR de qualquer outro investimento alternativo – como títulos públicos, por exemplo. Assim sendo, verificam-se as seguintes possibilidades para a Taxa Interna de Retorno de um projeto de investimento em função da taxa de atratividade.

- $TIR > TMA$: O investimento é economicamente atrativo (taxa de retorno esperada do projeto supera a taxa mínima de atratividade);
- $TIR = TMA$: A taxa de retorno esperada do projeto é igual à taxa mínima de atratividade e torna o projeto indiferente; e
- $TIR < TMA$: O investimento não é atrativo (taxa de retorno esperada inferior do projeto inferior à taxa mínima de atratividade).

O quadro 04 apresenta as receitas por toneladas e as taxas internas de retorno calculadas pela Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2009), em função do porte dos aterros e de distintas Taxas Mínimas de Atratividade (TMA).

Ao mesmo tempo em que a receita por tonelada reduz com a escala do aterro, a TIR ao acionista também se reduz, ocorrendo o contrário em aterros de pequeno porte (maior receita por tonelada e maior TIR ao acionista), conforme tabela 02.

Tabela 02 - Taxa Interna de retorno para aterros de diferentes portes e distintas Taxas Mínimas de Atratividade

TIR planejada do Projeto	Aterro Grande 2000 t		Aterro Médio 800 t		Aterro Pequeno 100 t	
	Receita por tonelada	TIR do Acionista	Receita por tonelada	TIR do Acionista	Receita por tonelada	TIR do Acionista
16%	R\$124,50	17,51%	R\$144,22	22,03%	R\$269,77	26,17%
17%	R\$126,40	18,96%	R\$145,91	23,83%	R\$273,70	28,34%
18%	R\$127,71	20,42%	R\$147,63	25,65%	R\$277,74	30,59%

Fonte: ABETRE, 2009; FGV, 2009; BACEN, 2022. Adaptado: Valores atualizados pelo IGP-DI acumulado no período (31/12/2009-31/12/2021).

1.4.2.2. O Fluxo de caixa descontado (FCD)

O fluxo de caixa descontado (FCD) refere-se a um método de avaliação que estima o valor de um investimento usando seus fluxos de caixa futuros esperados. Desta maneira, a análise FCD tenta determinar o valor de um investimento hoje, com base em projeções de quanto dinheiro esse investimento pode gerar no futuro.

Compreende-se que, o método em si é aparentemente simples: projeta-se a geração de caixa de uma empresa trazendo esses valores para o presente utilizando uma taxa de desconto (o custo de capital), seguindo a equação (01), abaixo:

Equação 01 – Fluxo de caixa descontado

$$\text{Valor} = \sum_{t=1}^n CF / (1 + t)^t \quad (01)$$

Onde:

CF_t = fluxo de caixa projetado no ano t e r = taxa de desconto e n = número de períodos (CAMPOS, 2009).

1.4.2.3 *Payback*

Segundo o estudo da ABETRE (2009), o método do *payback* descontado é também denominado Tempo de Recuperação do Investimento, que calcula, através do fluxo de caixa descontado (entradas e saídas financeiras todas a valor presente) em quanto tempo um investimento é recuperado após sua data inicial de realização.

Isso é feito somando-se os fluxos de caixa futuros até encontrar o número de períodos necessário para que o resultado da soma seja igual ao investimento inicial exigido.

No trabalho da FGV foi utilizado o método do *payback* descontado, pois leva em consideração o valor do dinheiro no tempo (ao contrário do *payback* simples), o primeiro passo do método do *payback* descontado é trazer cada um dos fluxos futuros de caixa a valor presente.

Desta maneira, é possível somar o valor presente de cada fluxo até que a soma seja igual ao investimento inicial.

1.4.2.4 Valor Presente Líquido (VPL)

Ainda no estudo da ABETRE (2009), o VPL de um projeto de investimento é igual ao valor presente de suas entradas futuras de caixa menos o valor presente do investimento inicial e das saídas futuras de caixa.

Para cálculo do valor presente das entradas e saídas de caixa é utilizada a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como taxa de desconto. Verificam-se as seguintes possibilidades para o Valor Presente Líquido de um projeto de investimento:

- (i) $VPL > 0$: o investimento é economicamente atrativo (o valor presente das entradas de caixa é maior do que o valor presente das saídas de caixa);
- (ii) $VPL = 0$: o investimento ainda é considerado economicamente atrativo; e
- (iii) $VPL < 0$: o investimento não é economicamente atrativo porque o valor presente das entradas de caixa é menor do que o valor presente das saídas de caixa (FGV, 2009).

1.4.2.5 Análise Custo-Benefício

De modo a definir e desenvolver Análise Benefício-Custo, fez-se uso dos valores apresentados nos Demonstrativos de Resultados dos Exercícios (DREs) das concessionárias envolvidas. Como benefício, foi utilizada a rubrica contábil Receita Operacional Bruta (ROB) e como custos a rubrica Custos dos Produtos Vendidos (CPV). conforme.

Quando $B/C < 1$, diz-se que o investimento é inviável, dado que os custos seriam superiores às receitas. Caso $B/C > 1$, a relação mostra que o investimento é viável e que as receitas não apenas cobrem os custos, mas podem, sobretudo, gerar lucros (resultados positivos).

Se $B/C = 1$, o investimento apresenta lucratividade nula, uma vez que receitas e custos se igualam. Neste caso, o custo de oportunidade (referido, anteriormente, como a TMA) costuma ser considerado como a rentabilidade de algum investimento livre de risco.

1.4.2.6 Fluxo de caixa em aterros sanitários

ABETRE (2009) apresenta, conforme figura 03, o fluxo econômico-financeiro ou ciclo de vida de um aterro sanitário. Nos primeiros anos, de 1º a 3º, ocorrem as fases de pré-implantação e implantação (*sunk costs*), muitas vezes financiadas com empréstimos públicos e/ou privados.

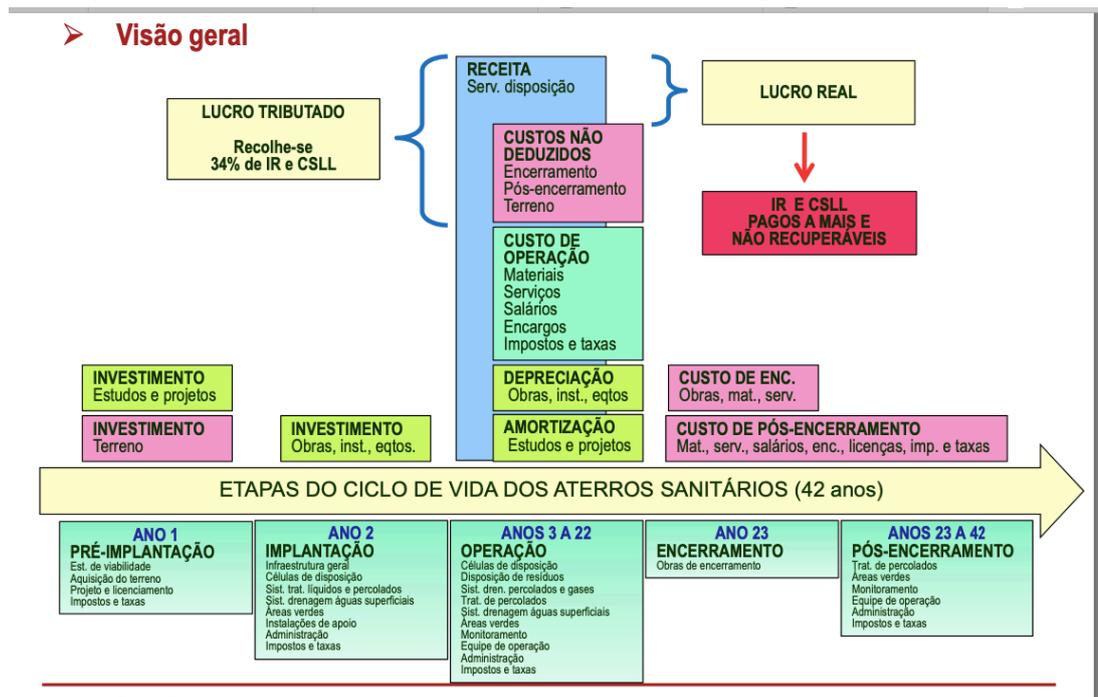


Figura 03 - Modelo esquemático do ciclo de vida financeiro de aterro sanitário

Fonte: ABETRE, 2009.

O tempo de operação efetivo considerado pelo estudo foi de 20 anos, entre 3^o e 22^o de seu ciclo de vida total considerado, de 42 anos, considerados encerramento, pós encerramento e monitoramento (figura 03).

1.4.2.7 Aplicação de *informática* na estimativa de custos privados em aterros sanitários.

NETO (2008) utiliza modelo multivariado e, por meio de *software* estimou os custos privados para aterro de 1.100 t/d (Porto Alegre, Rio Grande do Sul), com custos totais de U\$13.700.000,00 por ano, equivalentes a R\$ 142.000.000,00, a preços de 2021 (BACEN, 2022).

Foram somados custos de implantação aos custos de operação para tratamento a nível terciário de lixiviado, conforme ilustrado na figura 04.

No estudo, NETO (2008) concluiu que projetos de investimentos em aterros sanitários apresentam estrutura de custos com componentes bem definidos (aquisição de terreno, terraplanagem e escavação, custos de operação, encerramento e pós encerramento) podendo ser generalizada para distintas escalas operacionais de acordo com a capacidade diária de recebimento dos resíduos. O modelo permite observar, ainda, duas fases bem distintas, inicial

ou de construção (*CAPEX- Capital Expenditures*) e a de operação durante sua vida útil (*OPEX- Operational Expenditures*):

Porto Alegre / RS

População (habitantes) Capacidade do aterro (t/dia)

1150000 1.150

	Valores Estimados (US\$/ano)	Valores Usuário (US\$/ano)	Valores em US\$/t
Implantação ou Construção	10.967.527,92	10.967.527,92 <input type="checkbox"/>	2,61
Operação ou Disposição dos Resíduos	2.800.940,63	2.800.940,63 <input type="checkbox"/>	6,67
Custos totais	13.768.468,54	13.768.468,54	9,29

Valores considerando a participação dos níveis de tratamento do lixiviado

Tratamento Primário
 Tratamento Secundário
 Tratamento Terciário

Figura 04 - Informática e estimativas de custos em aterros sanitários

Fonte: Neto, 2008.

A hipótese principal do modelo – mas incompleta – consiste em estimar a quantidade gerada de RSU como função linear monótona do número de habitantes sem considerar o nível de renda ou a variação no nível de renda *per capita*.

2. METODOLOGIA

2.1 A metodologia de estudo de caso: Área de estudo

O objeto do presente estudo de caso é a Central de Tratamento de Resíduos do município do Rio de Janeiro (CTR-Rio) localizada no município de Seropédica (RJ) - principal destino final dos RSU da região metropolitana.

Trata-se de uma pesquisa descritiva através da qual se pretende estudar o caso do aterro atual para melhor compreensão de como e por que meios a operação de aterros sanitários pode afetar o bem-estar (assim como atividades econômicas) de comunidades próximas, podendo gerar impactos, ainda, sobre o meio ambiente e a saúde pública (FREITAS, 2013).

Possui tanto aspectos quantitativos (análise de rentabilidade empresarial, cálculo dos custos externos associados às emissões de GEE, lixiviados e deslocamento de poluição) quanto qualitativos (atribuição de valor monetário ao desconforto causado por odores oriundos dos aterros sanitários – variável de maior subjetividade por existir distintos níveis de tolerância entre os indivíduos).

No caso do estado do Rio de Janeiro, ressalta-se a atenção para o fato de apenas 7 municípios possuírem mais de 500 mil habitantes (IBGE, 2010). O uso de aterros sanitários como disposição final dos RSU, no Estado do Rio de Janeiro, corrobora a importância de se discutir a questão das externalidades dos mesmos tanto do ponto de vista dos seus reais custos, como de se ampliar os controles e de exigir o uso de tecnologias que minimizem as suas ocorrências, constatando-se que existem diferenças tecnológicas entre os aterros sanitários em operação. Por exemplo, a maior parte deles coleta e queima do biogás em *flares*, (queimadores que transformam o metano em monóxido e dióxido de carbono) e alguns possuem sistemas de aproveitamento energético.

A região metropolitana do Rio de Janeiro possui 13,2 milhões de habitantes, sendo o principal gerador de RSU no Estado, com cerca de 18,8 mil toneladas de RSU geradas diariamente. O município do Rio de Janeiro, com população estimada em 6,7 milhões (IBGE, 2010) de habitantes seria responsável pela geração de 9,5 mil toneladas por dia, ou seja, 95% de toda a capacidade de processamento da CTR-Rio, de cerca de 10.000 t/d – que ainda atende os municípios de Seropédica (RJ), Itaguaí (RJ), Mangaratiba (RJ), São João de Meriti (RJ), Pirai (RJ) e Miguel Pereira (RJ). Ainda de acordo com CUNHA (2019), a taxa de geração per

capita de RSU na região metropolitana do Rio de Janeiro, em 2019, era de aproximadamente 1,43 Kg/hab./dia – acima da média nacional (CUNHA, 2019).

Segundo Pereira (2020), os RSU do município do Rio de Janeiro eram primordialmente despejados no aterro controlado de Jardim Gramacho, no município de Duque de Caxias. Com o crescimento da quantidade gerada de resíduos e a capacidade disponível do aterro de Gramacho caminhando para se exaurir, a prefeitura do Rio de Janeiro abriu licitação, em 2003, para a construção de um novo aterro sanitário.

Após demandas judiciais que atrasaram o resultado da licitação, cujo projeto vencedor previa a construção do novo aterro no bairro de Paciência (Rio de Janeiro). A emergência pela proximidade do esgotamento dos aterros de Gramacho e Gericinó e a constatação (a posteriori) da inviabilidade política de manter a localização em Paciência, foi feito acordo com o Ministério Público e o Órgão Ambiental (FEEMA) para manutenção do resultado da proposta vencedora e transferência do novo aterro para nova área onde já existia outro aterro já licenciado no município de Seropédica (RJ) (PEREIRA, 2020).

Destaca-se um aspecto relevante para a questão econômica da destinação dos resíduos sólidos do município do Rio de Janeiro: o acordo só foi possível pela manutenção do valor original previsto para as receitas contratuais, mesmo com o fato do aterro da CTR-Rio distar 50 km do centro de massa do município, aumentando significativamente a distância dos custos de transporte em comparação com a área original do bairro de Paciência (RJ).

Outro aspecto importante, foi a demora com a judicialização e a demanda pela mudança da localização do aterro que perdurou por 2003 a 2010.

A SERB S.A. empresa de capital fechado, foi constituída com o objeto social de implantar e operar o Centro de Tratamento de resíduos sólidos urbanos do município do Rio de Janeiro, e celebrou contrato administrativo com a COMLURB (Companhia Municipal de Limpeza Urbana) na data de 21/08/2003. Entretanto, somente em janeiro de 2010, foi efetuado termo aditivo entre a COMLURB e a SERB S.A. para substituir o local do bairro de Paciência no município do Rio de Janeiro (RJ) para a área atual no município de Seropédica (RJ). À época, o custo previsto para construção da CTR-Rio foi da grandeza de R\$ 500.000.000,00 (ou R\$ 1,42 bilhão – se ajustado pelo IGP-DI acumulado até dezembro de 2021).

Por fim, em abril de 2011, foram iniciadas as operações, licenciada pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), com validade de operação até 19/04/2016, e possível renovação por período de mais 5 anos (DOERJ, 2013). De fato, tal licença foi renovada para o período 2016-2021.

Após gestão inicial, a SERB S.A. renovou contrato em aditivo, no ano de 2016, e alterou seu nome fantasia para CICLUS AMBIENTAL S.A.- (DOERJ, 2016).

Mais recentemente, em 19 de agosto de 2019, a CICLUS AMBIENTAL S.A, na qualidade de concessionária do serviço de gestão do Centro de Tratamento de resíduos sólidos urbanos do Rio de Janeiro, apresentou à COMLURB pedido de reequilíbrio econômico-financeiro do contrato de prestação de serviços.

Em 29 de outubro de 2020, foi firmado outro termo aditivo ao contrato de prestação de serviços por meio do qual o valor mensal da remuneração decorrente do contrato de concessão passou a ser de R\$ 29.900.000,00 milhões de reais por mês e houve a extensão do prazo de vigência do contrato de concessão em 10 anos, de modo que ele vigorará até 18 de abril de 2026 (CICLUS AMBIENTAL S.A., 2021).

A figura 05 mostra fotos da evolução da CTR-Rio entre 2011 e 2016.

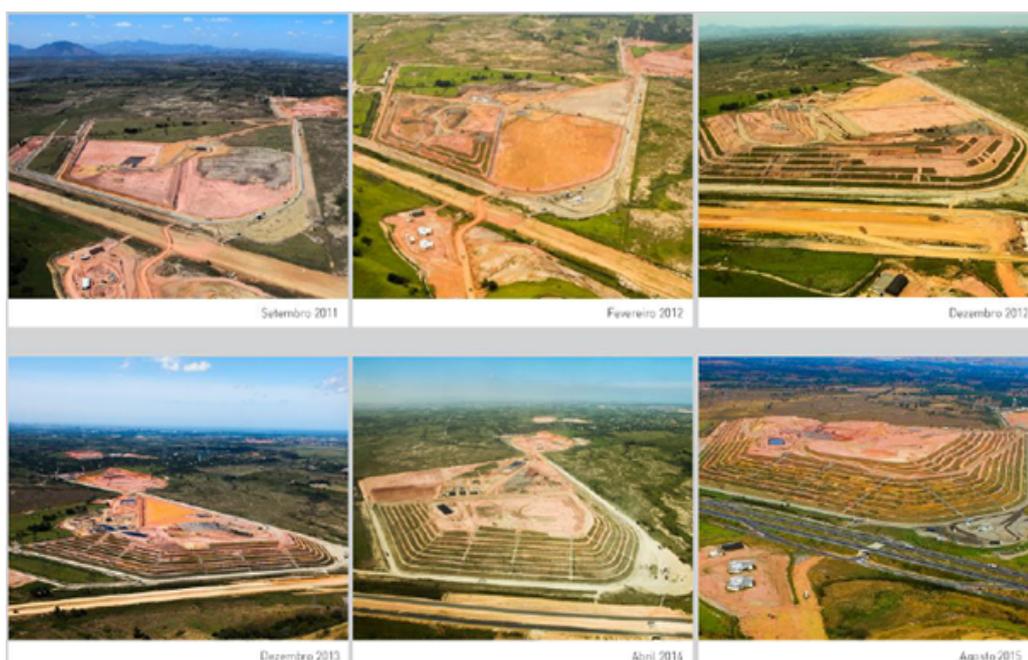


Figura 05- Evolução de implementação e operação do CTR-Rio, 2011 a 2016

Fonte: CICLUS AMBIENTAL S.A., 2016.

Destaca-se, ainda, que no licenciamento do aterro foram estabelecidas medidas compensatórias para impactos que não podem ser evitados com a construção do mesmo, assim como as normas estabelecidas em lei, entre as quais o tratamento do esgoto do município de Seropédica (RJ), asfaltamento de 10 km de ruas, encerramento do lixão de Seropédica (RJ), 0,56% do valor do empreendimento para compensação da supressão da vegetação (para o

Fundo Estadual de Ambiente), plantio de área equivalente a 20% da área total do empreendimento como reserva legal em acordo com o Comitê de Bacia do Guandu.

2.2. Base de dados, cálculos de rentabilidade privada e deduções contábeis

Estudo desenvolvido pela BDA (2009) sobre avaliação econômica das externalidades ambientais de aterros sanitários, *The full cost of landfill disposal in Australia 2009*”, assim como documento da Comissão Europeia (2000), “*A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Wastes*” serviram de ponto de partida para o desenvolvimento desta dissertação cujos conteúdos abordam:

- (i) revisão bibliográfica de literatura sobre estudos existentes sobre avaliação econômica de externalidades;
- (ii) visão geral dos tipos de externalidades decorrentes do descarte em aterros sanitários;
- (iii) descrição dos impactos sobre os receptores das externalidades;
- (iv) quantificação das principais externalidades de acordo com cenários típicos para descarte de resíduos em aterros sanitários em termos físicos e econômicos; e
- (v) discussão da sensibilidade dos parâmetros de valorização às preferências nacionais.

2.2.1 A escolha das variáveis

Para analisar a rentabilidade privada do projeto de investimento do aterro como todo foram utilizadas as seguintes variáveis de rentabilidade:

(i) Lucro Antes das despesas e receitas financeiras, denominado LAJIR (como variável que mais se aproxima do custo operacional total do próprio aterro – independente de questões relacionadas ao gerenciamento financeiro);

(ii) Lucro Antes de Imposto de Renda (IR) e Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL), denominado LAIR (como variável que mais se aproxima de questões administrativas e gerenciais, pois já incluem despesas financeiras líquidas); e

(iii) Lucro Líquido do Exercício (LL) (que justifica ou não o investimento ao longo de todo o período), (KRISTEIN, 1969).

A escolha de tais variáveis permite distinguir o lucro operacional (propriamente do aterra) do lucro líquido, após inclusão de despesas financeiras (que dependem mais do gerenciamento), impostos e taxas.

2.2.2 Base de dados para análise de rentabilidade

Todos os dados foram extraídos dos Demonstrativos de Resultados dos Exercícios (DREs) das empresas gestoras, publicados anualmente no Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro (DOERJ, 2013-2021) ANEXOS A1-A6.

2.2.3 Cálculos de rentabilidade por meio de operações contábeis.

Os valores extraídos dos DREs sofrem as seguintes operações algébricas (contábeis), de modo a se obter as três variáveis selecionadas, conforme quadro 03.

Quadro 03 – Demonstração de Resultado do Exercício (DRE): Operações Algébricas

RECEITA OPERACIONAL BRUTA (ROB) Venda de Produtos Venda de Mercadorias Prestação de Serviços
(-) DEDUÇÕES DA RECEITA BRUTA Devoluções de Vendas Abatimentos Impostos e Contribuições Incidentes sobre Vendas
= RECEITA OPERACIONAL LÍQUIDA (ROL)
(-) CUSTOS DAS VENDAS (C) Custo dos Produtos Vendidos Custo das Mercadorias Custo dos Serviços Prestados
= RESULTADO OPERACIONAL BRUTO
(-) DESPESAS OPERACIONAIS Despesas com Vendas Despesas Administrativas
= LUCRO ANTES DE DESPESAS E RECEITAS FINANCEIRAS (LAJIR)
(-) DESPESAS FINANCEIRAS LÍQUIDAS (-) Receitas Financeiras (-) Variações Monetárias e Cambiais Ativas
(-) OUTRAS RECEITAS E DESPESAS (-) Custo da Venda de Bens e Direitos do Ativo Não Circulante
= RESULTADO OPERACIONAL ANTES DO IR e CSLL (LAIR)
(-) PROVISÃO PARA IR E CSLL
= LUCRO LÍQUIDO ANTES DAS PARTICIPAÇÕES
(-) PRÓ-LABORE
(=) RESULTADO LÍQUIDO DO EXERCÍCIO (B)

Fonte: Lei 6.404/1976/*Adaptado

Ainda no que concerne o cálculo da rentabilidade privada das concessionárias envolvidas, foi feita Análise custo-benefício. Tomou-se como benefício a rubrica contábil do Demonstrativos de Resultados dos Exercícios (DREs) (i) Receita operacional bruta (B); e 45% da rubrica custos dos serviços prestados como custos (C), posto ser conhecido que os outros 55% são relacionados à atividades de transporte, não refletindo, assim, a rentabilidade propriamente do aterro.

2.3 Atualização monetária dos custos privados do estudo da FGV/ABETRE (2009) e dos DREs para 2021: O IGP-DI (2012-2021)

Uma vez que existe inflação (ou seja, alta persistente e generalizada de preços) nas diferentes economias mundiais, faz-se necessária atualização monetária dos Demonstrativos de resultados, de modo a poder comparar valores observados no passado com valores do presente, ou seja para que a análise seja feita em termos reais (e não nominais ou correntes).

Assim sendo, foi utilizado o IGP-DI acumulado no período entre a data de publicação dos DREs (em 31 de dezembro de cada ano, a partir de 2012, até 31 de dezembro de 2021).

De acordo com a FGV (2022):

O Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI), calculado pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas (FGV), é um indicador do movimento de preços que há mais de seis décadas serve às comunidades econômicas nacional e internacional como termômetro de inflação no Brasil. O IGP-DI está estruturado para captar o movimento geral de preços através de pesquisa realizada nas áreas de cobertura de cada componente, durante o mês calendário, isto é, do primeiro ao último dia do mês de referência. Nessa pesquisa, cobre-se todo o processo produtivo, desde preços de matérias-primas agrícolas e industriais, passando pelos preços de produtos intermediários até os de bens e serviços finais. Quando da inclusão do ICC no cálculo do IGP-DI, convencionou-se que os pesos de cada índice componente corresponderiam a parcelas da despesa interna bruta, calculadas com base nas Contas Nacionais. Daí resultou a seguinte distribuição: 60% para o IPA, 30% para o IPC e 10% para o ICC.

Afirma, ainda, que a escolhas dos pesos tem a seguinte explicação:

- a) Os 60% representados pelo IPA-DI equivalem ao valor adicionado pela produção de bens agropecuários e industriais, nas transações comerciais em nível de produtor;
- b) Os 30% de participação do IPC-DI equivalem ao valor adicionado pelo setor varejista e pelos serviços de consumo;
- c) Quanto aos 10% complementares, representados pelo INCC-DI, equivalem ao valor adicionado pela indústria da construção civil” FGV (2022).

Por exemplo, de modo a atualizar o prejuízo ou lucro líquido apresentado pela concessionária em dois pontos distintos, 2012 e 2017 para valores de 2021, procedeu-se da seguinte maneira: Foi utilizada a Calculadora do Cidadão, ferramenta pública disponibilizada pelo Banco Central do Brasil para atualizar os valores de 2012 até 2021 assim como os valores de 2017. E assim por diante, a depender do exercício analisado (BACEN, 2022) ANEXOS B1-B4.

2.4 A metodologia de transferência de benefícios

Em função das limitações de recursos para elaboração de estudo de campo, o presente estudo optou por utilizar o método de transferência de benefícios, que se utiliza da média de valores encontrados em outros estudos para estimar valores para um caso específico escolhido.

A vantagem do método consiste na redução no tempo de aplicação e nos custos envolvidos – além de permitir comparações – mas apresenta a desvantagem de levar à algum viés. Para o desenvolvimento da pesquisa e busca por artigos ou trabalhos acadêmicos fez-se uso das seguintes plataformas:

- *Mendley*;
- *Scopus*;
- *Google Acadêmico*;
- *Assinatura Elsevier*;
- Revistas especializadas em RSU e/ou economia do bem-estar e externalidades;
- Sítios de instituições (FMI, EPA, IPCC, INEA, PLANALTO, etc.).

A partir de pesquisa bibliográfica foi feita uma busca de outros estudos que pudessem servir de referencial para o estudo. Desse modo, foi selecionado o relatório do Departamento de Meio Ambiente, Água, Patrimônio e Artes da Austrália sobre custos totais de disposição de resíduos em aterros desenvolvido pela BDA (2009), dentre outras referências (ESHET, 2005; EUROPEAN COMMISSION, 2000).

O estudo foi escolhido não apenas por possuir parâmetros de custos externos, em função do clima, apresentando, inclusive, valores específicos para o clima tropical úmido (permitindo maior aderência ao estudo de caso em questão, localizado no estado do Rio de

Janeiro), mas também por ser ele próprio baseado na metodologia de transferência de benefícios.

Conseqüentemente, o dólar australiano, moeda utilizada no estudo fonte, também foi atualizado para valores de 2021.

Geralmente, o resultado das emissões atmosféricas é valorado pela estimativa das quantidades físicas de emissões que podem ser geradas a partir das mesmas e seus impactos sobre a saúde e o meio ambiente e, em seguida, aplicando valores em dólares extraídos da literatura - que representam os custos de danos marginais de diferentes poluentes (EUROPEAN COMMISSION, 2000).

Os custos de danos são tipicamente desenvolvidos usando estimativas dos custos de saúde de doenças associadas à poluição do ar, das águas e dos RSU descartados de modo inadequado no solo (conforme método de perda de renda apresentado ou custo de reposição da saúde humana) (ESHET, 2005; NAHMAN, 2011; EUROPEAN COMMISSION, 2000; BDA, 2009).

Todos os estudos apresentam valores para GEE e desconfortos. Alguns são mais genéricos (com maior número de variáveis estudadas), calculando custos para menor ou maior número de gases analisados, lixiviados, tráfego, etc.

Comparativamente a outros custos externos, as estimativas para custos dos lixiviados, de modo geral, apresentam valores inferiores, em ordem de grandeza de centenas. O fato ocorre pelo desenvolvimento de tecnologias de impermeabilização assim como da percepção do investidor de que o custo de prevenção é menor do que o custo de reparação. No caso da CTR-Rio, tal fato pode ser observado por especial sistema de geomembranas triplas.

A título de exemplo, o gráfico 01 mostra a variabilidade de resultados para os custos externos totais encontrados em diferentes estudos desenvolvidos entre 1996 e 2007.

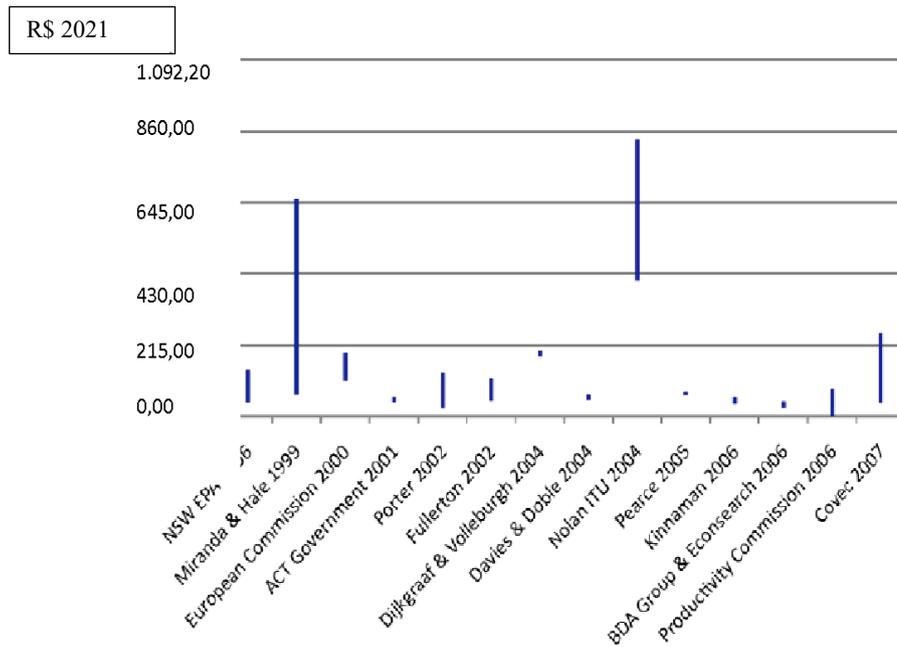


Gráfico 01– Variabilidade de valores para custos externos totais (em R\$, 2021)

Fonte: Adaptado: BDA, 2009.

No caso dos lixiviados, também existe grande variabilidade nos parâmetros e sua precisão é mais complexa e sensível às condições locais do aterro e da natureza dos resíduos (ANEXOS C1-C3).

2.5 Atualizações e conversões dos dados dos estudos com valores em moeda estrangeira

De modo a obter os valores do estudo em termos reais, à preços de 2021, multiplicou-se o valor do estudo (dados de 2008) pela taxa de câmbio média de 2008 entre AUD\$ e o BRL\$. Em 2008, a taxa de câmbio média era de, em média, AU\$ 1,00 = R\$1,60. Realizada a conversão, aplicou-se o IGP-DI acumulado no período 2008-2021.

A tabela 03 apresenta valores originais conforme estudo BDA (2009), apenas de modo a representar a necessidade de atualização, tamanhas as disparidades inflacionárias entre Austrália e Brasil durante o período 2008-2021. A BDA (2009) define como boas práticas àqueles em conformidade com o estado da arte presente e como práticas antigas, a disposição em aterros controlados, sem captação de gases, geomembranas, reaproveitamento energético ou outras tecnologias presentes no início do século XX (BDA, 2009).

Tabela 03 - Parâmetros originais para custos privados e externos, BDA (2009) (em AU\$ (2008))

	Boas Práticas			Práticas Antigas		
	Temperado Seco	Temperado úmido	Tropical úmido	Temperado Seco	Temperado úmido	Tropical úmido
Custos Privados	40	40	40	30	30	30
GEE	(0.3)	(0.50)	(0.6)	9.2	12.1	13.5
Outras emissões	0.1	0.1	0.1	0.2	12.1	13.5
Lixiviados	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
Desconfortos	1.0	1.0	1.0	5.0	5.0	5.0
Total	40.8	40.6	40.5	43.9	46.9	48.2

Fonte: Adaptado: BDA, 2009.

2.6 O método de fator de impacto

No caso de variáveis quantitativas (GEE e lixiviados, e o deslocamento da poluição em particular) fez-se uso do método de fator de impacto, cujo cálculo foi desenvolvido pela BDA (2009) e reproduzido, dentre outros, por NAHMAN (2011), da seguinte maneira:

(i) primeiro, multiplica-se o preço atualizado, oriundo do BDA (2009), pela quantidade diária operada pelo aterro (no caso em estudo, 10.000 t/d) – obtendo-se o custo externo diário e, em seguida:

(ii) multiplica-se tal valor pelos 365 dias do ano – obtendo-se o custo externo anual.

A European Commission (2000) apresenta representação esquemática do modelo de caminho (fator) de impacto, conforme figura 06:

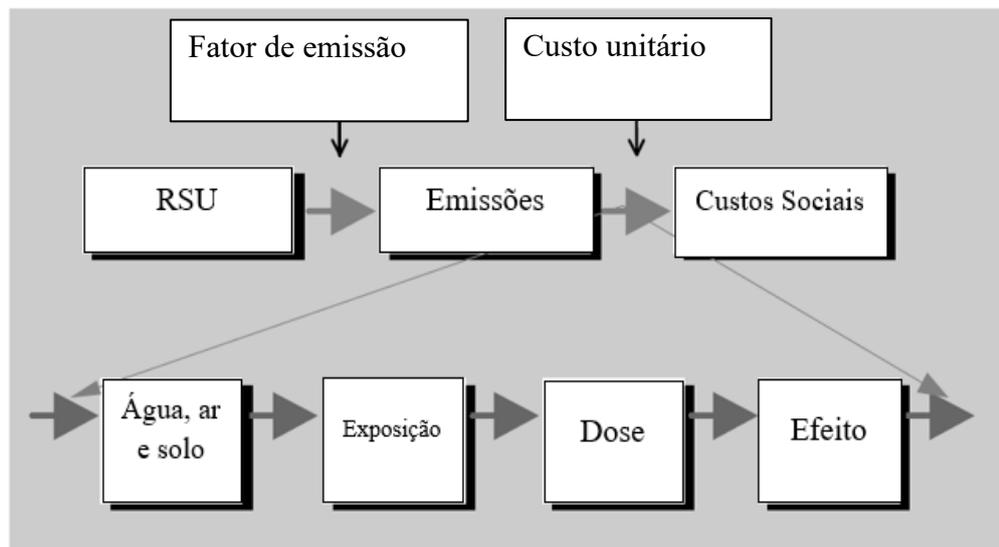


Figura 06- Modelo esquemático do “Método de Caminhos de Impacto (*Impact Pathway Method*)

Fonte: EUROPEAN COMMISSION, 2000.

2.7 Critérios utilizados na escolha dos parâmetros de custos externos

Os custos externos estimados foram: (i) emissões de GEE; (ii) outras emissões atmosféricas; (iii) lixiviados; (iv) deslocamento da poluição; e (v) desconfortos.

2.7.1 Gases de Efeito Estufa (GEE)

Conforme BDA (2009), os custos externos relativos às emissões de GEE variam em função do clima (temperado seco, temperado úmido, tropical úmido) e da tecnologia presente no aterro (existência ou não de sistema de coleta de gases e reaproveitamento energético e presença ou não de geomembranas, por exemplo), conforme tabela 04.

No caso das emissões de GEE, foi utilizado o parâmetro relativo ao clima tropical úmido, com recuperação de energia ao longo da operação assim como após o encerramento, no valor de - R\$ 4,29 por tonelada de RSU processada por dia (o sinal negativo antes de um custo significa, de fato, que consiste num benefício externo).

Nos parâmetros de recuperação de gases, o BDA (2009) considera que a eficiência dos sistemas de coleta dos mesmos é da ordem de 60%.

Tabela 04 - Custos externos de emissões de GEE (R\$, 2021/t/d) em aterros sanitários, por clima e tecnologia

Estado da Arte	Temperado seco	Temperado úmido	Tropical úmido
Sem coleta de Gases	38,60	51,46	55,75
Com coleta de gases	17,15	21,44	21,44
Recuperação de energia ao longo dos anos em operação	0,00	0,00	0,00
Recuperação de energia ao longo de toda vida útil	-4,29	-4,29	-4,29

Fonte: Adaptado de BDA, 2009.

As emissões de metano são particularmente importantes porque têm muito maior impacto sobre a camada de ozônio e o efeito estufa (de 28 a 34 vezes o potencial do CO₂), possuindo cada vez maior parcela das emissões mundiais totais (IPCC, 2014).

2.7.2 Outras Emissões em aterros sanitários

Ainda assim existem outros gases não reaproveitáveis e materiais particulados, denominados no estudo da BDA (2009) como outras emissões atmosféricas, conforme quadro 08 e que, à despeito do reaproveitamento de gás, ainda assim, geram custos externos para a sociedade. De modo geral, são mensurados utilizando-se os gastos com doenças pulmonares ou outras, também oriundas da poluição.

Assim sendo desta externalidade positiva oriunda do reaproveitamento energético dos gases de efeito estufa deve ser subtraída desse valor o custo de emissão de outros gases não reaproveitáveis (tabela 05).

Tabela 05 - Custos externos de outras emissões atmosféricas em áreas rurais (em R\$ (2021) /t/d)

	Temperado seco	Temperado úmido	Tropical úmido
Sem coleta de Gases	0,88	0,88	0,86
Com coleta de gases	0,99	1,02	0,99
Recuperação de energia	0,35	0,38	0,35

Fonte: Adaptado BDA, 2009.

Assim sendo, o benefício externo líquido das emissões de gases considerados, para o clima tropical úmido foi de R\$ 3,94/t/d (R\$ 4,29/t/d–R\$ 0,35/t/d) - relativos aos benefícios líquidos oriundos de emissões atmosféricas.

2.7.3 Lixiviados

O impacto do lixiviado é geralmente valorizado pela estimativa das quantidades físicas de emissões para água e solo gerados a partir de aterros (dada a composição de resíduos) e os controles ambientais do aterro sanitário.

Em seguida, aplicam-se valores monetários representando os custos de dano marginal de diferentes poluentes presentes nos lixiviados e já estimados da literatura relacionada às externalidades dos lixiviados (BDA, 2009). Para tanto, a localização do aterro é importante (em particular, clima e volume pluviométrico).

Os custos dos danos são tipicamente desenvolvidos usando estimativas dos custos de redução ou custos de limpeza associados à poluição da água.

O BDA (2009) estimou custos das externalidades para aterros que utilizam as melhores práticas. A existência de externalidades partiu da premissa de que a eficiência de sistemas de coleta de lixiviados, segundo o *National Pollutant Inventory* da Austrália é da ordem de 70%. Tendo em vista que aterros têm longos períodos de operação e pós-fechamento, existem relatos sobre problemas de entupimentos dos sistemas de coleta de lixiviados ao longo do tempo, com riscos de contaminação ambiental (ROWE e YU, 2010; STIBINGER, 2017).

Dada a localização e tecnologia utilizadas, o valor dos custos estimados de externalidades de lixiviados variou de acordo com os climas entre R\$ 0,00 até R\$ 0,08 por tonelada processada por dia, conforme mostrado na tabela 06.

No caso do CTR-Rio, foi escolhido o valor para clima tropical úmido com tecnologia de proteção com geomembrana de R\$ 0,05 por tonelada de resíduos recebida no aterro (BDA, 2009).

Tabela 06 - Custos de externalidades de lixiviados (R\$ (2021) /t/d)

Tecnologia	Temperado Seco	Temperado úmido	Tropical úmido
Sem Geomembrana	0,03	0,05	0,08
Com Geomembrana	0,00	0,05	0,05

Fonte: Atualizado, BDA, 2009.

Existem, ainda, neste estudo de caso, duas estações de tratamento de lixiviado à nível terciário (tratamento físico-químico, biológico e físico) gerando água de reuso e economias para a empresa. O volume diário da estação de água desmineralizada é de 1 milhão m³ por dia (CICLUS AMBIENTAL S.A., 2022).

Tais benefícios, entretanto, não foram considerados nos parâmetros estipulados pela BDA (2009).

2.7.4 Deslocamento da poluição

Existem dois modos de se entender o conceito de deslocamento da poluição. De acordo com BDA (2009), o deslocamento ocorre, uma vez que o uso do biogás evita emissões de combustíveis fósseis.

Outro modo de entender, mais adequado à realidade brasileira, seria atribuir valor à ausência daquelas externalidades que deixam de ser geradas pela existência de vazadouros à céu aberto (lixões).

Foram considerados a soma de ambos os efeitos, no presente caso.

2.7.4.1 Deslocamento da Poluição: Emissões evitadas por substituição de combustíveis fósseis

De acordo com a BDA (2009), o deslocamento da poluição consiste nas emissões evitadas por combustíveis fósseis na presença de estações de biogás que operem não apenas durante o período de operação, mas também após o encerramento das atividades. O parâmetro considerado foi de - R\$ 41,58 por tonelada de RSU deslocada sob a forma de poluição entendida como emissões evitadas por combustíveis fósseis, (gráfico 02).

Dadas as limitações acerca da geração precisa da estação de biogás da CTR-Rio e uma vez que o estudo BDA (2009) apresenta parâmetro de deslocamento da poluição – ainda que para aterros europeus - utilizou-se a metodologia de fator de impacto em conjunto com a metodologia de transferência de benefícios de modo a estimar os benefícios externos do deslocamento da poluição.

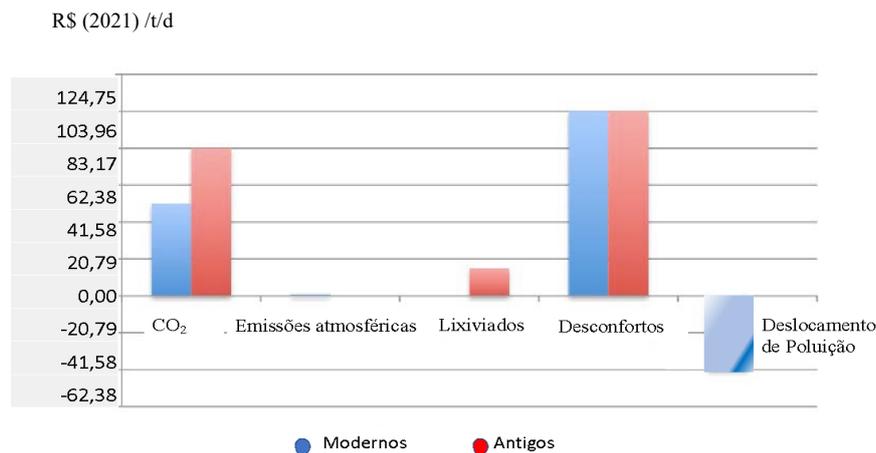


Gráfico 02 - Externalidades em aterros Europeus e o deslocamento da poluição (R\$ (2021) /t/d)

Fonte: Adaptado, BDA, 2009.

A BDA (2009) analisou o deslocamento do uso de energia fóssil a partir da recuperação de energia gás. Tal estudo levou em consideração os seguintes pontos:

- (i) conteúdo de energia de metano de 55,52 MJ/Kg;
- (ii) fator de conversão de 3,6 MJ/KWh;
- (iii) eficiência energética de conversão de metano em eletricidade de 30%; e
- (iv) emissões oriundas da compra de energia, de 1,06 Kg CO₂eq/KWh.

As principais referências utilizadas no estudo (BDA, 2009; EUROPEAN COMMISSION, 2000; NAHMAN; 2011), focam o benefício do deslocamento de poluição na substituição pela geração de energia utilizando GEE (principalmente metano) dos aterros, da energia gerada em termelétricas movidas a carvão, muito mais poluidoras.

No caso do Brasil, entendeu-se que os benefícios não são comparáveis para se usar apenas os valores estabelecidos no estudo do BDA (2009), uma vez que na matriz energética as termelétricas a carvão respondem apenas por 3,3% da energia gerada (VETORLOG, 2021), enquanto na Europa representam 20 % (EUROPEAN COMMISSION, 2020).

Isto não significa que a geração de energia elétrica pelo metano dos aterros (cerca de 1% da matriz energética) que vêm ganhando força não seja relevante e que poderia ser entendida como deslocamento da poluição (efeito estufa) na substituição pela queima do biogás em *flares*. Ademais, a tendência mundial é valorização cada vez maior de combustíveis renováveis, de origem não fóssil.

Assim, considerando que a disposição inadequada de RSU no país é ainda muita expressiva, de 26,8% do total coletado, optou-se por considerar também o deslocamento de poluição decorrente da substituição do lançamento dos resíduos em lixões.

2.7.4.2 Deslocamento de poluição: Substituição de lixões e/ou aterros controlados

Destarte, propõe-se, conforme Nahman (2011), ajuste à especificidade local brasileira em que o benefício social marginal de um novo aterro é muito maior que em outros países (uma vez que os aterros, no Brasil, substituem lixões, despejo e contaminação em rios, queima rudimentar, dentre outros) evitando elevados custos com questões de saúde pública e contribuindo para a redução das doenças do lixo (doenças negligenciadas causadas por agentes infecciosos ou parasitas endêmicas em populações de baixa renda).

Assim sendo, de modo a refletir a realidade brasileira, onde a disposição inadequada de RSU é ainda muito expressiva (quase 30% do total coletado) considerou-se também, o deslocamento da poluição, pela redução dos impactos ambientais (externalidades) que seriam gerados pela disposição em aterros sanitários da quantidade de 10.000 t/d.

Como não existem dados sobre externalidades decorrentes de lixões, utilizou-se dados do BDA (2009) referentes a custos ambientais (emissões de GEE, outros gases e lixiviados) de aterros de baixa qualidade operacional em áreas rurais com valor da ordem de R\$ 78,05 por tonelada recebida no aterro.

Quando introduzido em qualquer projeto de gerenciamento de RSU (aterros, incineração ou outros), os custos externos positivos relacionados ao deslocamento da poluição, no caso brasileiro, tendem a tornar o projeto economicamente rentável, quando analisado do ponto de vista social, até mesmo quando não rentável do ponto de vista privado.

Os valores utilizados são apresentados na tabela 07.

Tabela 07 – Deslocamento de poluição (R\$, 2021/t/d)

Deslocamento da poluição	Valor (R\$/t/d)
Emissões Evitadas pela substituição de combustíveis fosseis por Biogás	- 41,58
Externalidade negativa evitada na extinção dos lixões	- 78,05
Total deslocamento da poluição	- 119,63

Fonte: BDA (2009)

2.7.5 Desconfortos (Odores, tráfego, animais, doenças e ruídos)

De acordo com a BDA (2009), os valores propostos para os desconfortos do aterro sanitário, em função das tecnologias adotadas e da região (rural ou urbana), são apresentados conforme tabela 08.

Tabela 08 - Valores propostos para desconfortos (R\$ 2021/t/d)

Práticas ambientais	Urbano	Rural
Melhores práticas	R\$ 4,29	R\$ 4,29
Práticas antigas	R\$ 21,45	R\$ 21,45

Fonte: Adaptado BDA (2009).

O presente estudo de caso localiza-se em área rural e possui boas práticas ambientais. Destarte, escolheu-se o custo para os desconfortos de R\$ 4,29 por tonelada de RSU processada por dia, que foi multiplicado por 365 dias do ano e pela capacidade da CTR-Rio (10.000 toneladas por dia), conforme método de fator de impacto (EUROPEAN COMMISSION, 2000; BDA, 2009).

Vale notar que Amorim (2013) em estudo sobre odor no entorno da CTR-Rio, considerou como população diretamente exposta ao odor em uma área de 4 km² contígua à região Sul do aterro, com limite distante cerca de 200 m do aterro no bairro de Chaperó, Itaguaí (RJ).

No estudo, apresenta velocidade do vento, composição e concentração de H₂S/mg e NH₄/ mg de “Ar” (com aparelho vulgarmente denominado “Nariz Eletrônico”). O autor relata ainda coleta de dados de questionários acerca da percepção de grupo de moradores próximos,

constatando presença de desconfortos, incluindo náuseas, sobretudo oriundo de odores e na parte da tarde (AMORIM, 2013).

Neste trabalho não foi possível aplicar efetivamente o método hedônico para a questão dos desconfortos, pela dificuldade de aplicação de questionários em moradores nas áreas relativamente próximas à CTR-Rio. Foi feita uma pesquisa limitada em sites de aluguel de imóveis comparando-se valores de aluguéis em localidade próxima à CTR-Rio (bairro de Chaperó) e em região mais distante (centro de Itaguaí) conforme mostra a figura 07.

No interior da elipse, de eixo maior com 5 km e eixo menor de 1 km, habitam 1.500 indivíduos.



Figura 07 – Desconforto: População exposta (bairro de Chaperó)

Fonte: *GOOGLE*, 2022.

Os principais custos externos associados aos aterros, dependendo das práticas ambientais e das condições climáticas, estão sumarizados na tabela 09 - com base nos dados apresentados nas tabelas 04, 05, 06, 07 e 08.

Tabela 09 - Parâmetros de custos externos para aterros sanitários de grande porte em área rural (R\$ 2001/t/d)

	Boas práticas			Práticas antigas		
	Temperado Seco	Temperado úmido	Tropical úmido	Temperado Seco	Temperado úmido	Tropical úmido
GEE	1,29	-2,14	-4,29	39,45	51,89	57,89
Outras emissões	0,43	0,43	0,43	0,86	0,86	0,85
Lixiviados	0,00	0,05	0,05	0,80	0,54	1,29
Desconfortos	4,29	4,29	4,29	21,4	21,4	21,4
Deslocamento de poluição (emissões evitadas)	-41,58	-41,58	-41,58	N/A	N/A	N/A
Poluição (encerramento “lixão”)	- 59,61	- 72,47	-78,05	N/A	N/A	N/A

Fonte: Adaptado de BDA, 2009.

2.8 Limitações metodológicas

Os resultados deste estudo, na medida em que se utilizou a metodologia de transferência de benefícios, devem ser relativizados pois utilizam dados de outros estudos, de localidades diferentes, que nem sempre se ajustam completamente às condições locais na avaliação das externalidades.

A comparação dos valores estimados com outros estudos é de baixa precisão, dadas as particularidades da localização dos aterros, composição de resíduos, clima, etc. O estudo BDA (2009), mostra a variabilidade dos valores das externalidades (positivas e negativas) em aterros sanitários de grande porte, em função das tecnologias empregadas e do clima onde o aterro se localiza.

O método de transferência de benefícios pode levar à vieses nas estimativas, dado que uns autores se baseiam em estudos de outros, podendo levar à equívoco coletivo na comunidade científica.

Ademais, os custos externos são estimados com base em variáveis indiretas (valor de aluguéis ou preço de imóveis, por exemplo – no caso de desconfortos), uma variável cujos valores permitem inferir indiretamente o comportamento de outra variável.

O uso de dados da BDA (2009) – que como a maior parte da literatura também faz uso da metodologia de transferência de benefícios com ajustes para casos específicos – permitiu menor número de quantidade de variáveis de ajustes, mesmo que apresente valores em função do clima.

Ainda assim, a discussão não perde seu valor, mas deve ser relativizada no que concerne às externalidades variáveis, quantitativas (como emissões de GEE e lixiviados), que são menores quanto menor a escala do aterro.

Por fim, outra limitação do trabalho está relacionada ao fato dos valores terem sido estimados como valor presente, sendo que os conhecimentos dos efeitos de longo prazo para locais de aterros sanitários são difíceis e limitados. Impactos podem ocorrer décadas após a emissão ter ocorrido, quando o preço da tonelada emitida de GEE por dia em determinado aterro também já terá se modificado.

É preciso notar que nem sempre é metodologicamente correto transferir e aplicar dados de impactos físicos, aspectos geográficos e preferências da população local de um dado estudo anterior para um novo estudo em diferente localidade. Alguns critérios devem ser considerados quando da aplicação do método de transferência de benefícios e fatores de ajuste ao estudo de caso particular são fundamentais para aumentar a precisão dos valores:

- (i) similaridade do bem ou serviço ambiental a ser valorado;
 - (ii) condições similares no que concerne a variáveis demográficas, geográficas, econômicas e sociais, ou possibilidade de ajuste das mesmas por métodos estatísticos;
 - (iii) uso de metodologia econômica e estatística consistentes no estudo original;
- e
- (iv) uso de mais de um estudo como referência (maior amostra, menor o erro padrão das estimativas)-(GREENE, 1993; NAHMAN, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo apresenta os resultados relativos à análise econômico-financeira e de custo-benefício para as concessionárias que operaram a CTR-Rio.

Entre 2012-2021, a CTR-Rio foi operada pela mesma razão social (e CNPJ), entretanto, em dois períodos, foi gerenciada por distintos proprietários/grupos econômicos/sócios e sob diferentes nomes fantasia: (i) SERB S.A. e (ii) CICLUS AMBIENTAL S.A..

Ainda que o período de concessão seja único (de 2012-2021), dividiu-se a análise em dois períodos (2012-2015 e 2016-2021), para fins de análise dos impactos gerenciais e especificidades jurídicas das duas concessionárias envolvidas.

Também são estimados os valores relativos às externalidades relacionadas à implantação e operação da CTR-Rio. Discutiu-se os valores globais do custo social e de forma discriminada os valores diretamente associados ao aterro da CTR-Rio e o significado da internalização dos mesmos nos custos operacionais do aterro.

A concessão incluiu, ainda, a implantação e operação de 5 estações de transbordo e a construção e operação do aterro sanitário da CTR-Rio no município de Seropédica (RJ), composto por três células. A primeira célula entrou em operação em abril de 2011, quando foi emitida a licença de operação (CICLUS AMBIENTAL S.A., 2021).

LAJIR (2021) (Lucro Antes das Despesas e Receitas Financeiras) refere-se à data até quando o valor foi atualizado. Neste caso, 31 de dezembro de 2021, pelo IGP-DI (BACEN, 2022), conforme ANEXO A. O mesmo para o LAIR (2021 – Lucro Antes de Imposto de Renda e CSLL), Lucro líquido (2021), Receitas e Custos.

Tal atualização permite a comparação entre os custos privados e os custos externos (também estimados a preços de 2021), assim como simular o resultado de sua internalização.

O custo por tonelada foi calculado com base na capacidade do CTR-Rio, ou seja, divididos por 10.000 toneladas por dia. Entretanto, conforme a FGV (2009), em sistemas de gestão de RSU cerca 55% dos custos operacionais estão diretamente relacionados às atividades de transporte.

No caso da CTR-Rio, de acordo com Monteiro (2022), a correlação entre os custos operacionais é a mesma. Assim sendo, de modo a calcular o custo por tonelada de disposição no aterro, considerou-se apenas 45% da rubrica “custos dos serviços prestados”.

Todos os Demonstrativos de Resultados dos Exercícios (DRE), com valores nominais, oficialmente publicados podem ser vistos nos ANEXOS A1 a A6.

3.1. Rentabilidade privada da CTR-Rio – Resultados econômicos

3.1.1 Empresa SERB S.A. – Período 2012-2015

3.1.1.1 Rentabilidade privada

Seja em termos nominais (preços correntes) ou em termos reais, todos os indicadores selecionados para análise, LAJIR, LAIR e LL, mostram prejuízos sequenciais no período inicial 2012-2015, conforme apresentado na tabela 10.

Tabela 10 – Evolução do lucro da SERB S.A., 2012-2015 (R\$ 2021)

	2012	2013	2014	2015
LAJIR	(26.364.000,00)	(15.888.000,00)	(21.403.000,00)	25.916.000,00
LAIR	(71.808.000,00)	(82.340.000,00)	(67.533.000,00)	(78.777.000,00)
Lucro Líquido	(71.808.000,00)	(10.719.000,00)	(51.797.000,00)	(61.206.000,00)

Fonte: Adaptado, DOERJ, 2013; 2014; 2015; 2016. OBS: valores entre parênteses são negativos; valores atualizados em R\$ 2021 pelo IGP-DI

- (3) Considerando os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015, a SERB S.A. sofreu prejuízos, aferidos pelo LAJIR (2021), no total de R\$ 37.739.000,00, com média de R\$ 9.434.750,00 por ano;
- (ii) A soma dos prejuízos, mensurada pelo LAIR (2021), monta R\$ 300.458.000,00, no período, com média de R\$ 75.114.500,00 por ano; e
- (iii) O Prejuízo líquido no período somou totais na monta de R\$ 195.530.000,00 – com média anual no período de R\$ 48.883.020,00.

Tais prejuízos, em última instância, são cobertos com empréstimos e acabam por reduzir o LAIR e o LL nos anos seguintes – dada a elevação nas despesas financeiras (ANEXOS A1 a A6).

Ressalta-se a reversão de prejuízo para lucro operacional de 2015 para 2016, indicando que a concessionária e suas operações começaram a apresentar lucros corroborando indicações

da ABETRE (2009), para quem tal quadro é próprio do fluxo de caixa dos aterros, com dispêndios iniciais com pré-implantação (estudos de consultoria e projetos assim como regularizações ambientais) e implantação (aquisição de terreno, terraplanagem, construção de infraestrutura de engenharia como sistemas de captação e tratamento de gases e lixiviados) sem que a empresa esteja, de fato, operando, ou seja, é um período de saída de caixas e ausência de receitas. De fato, conforme FGV (2009), tais custos serão diluídos ao longo dos 20 anos subsequentes de operações (período de concessão).

Assim sendo, de modo geral, o *CAPEX* (*Capital Expenditures* ou despesas de capital ou investimentos) de projetos de investimentos em aterros sanitários é inferior ao *OPEX* (*Operational Expenditures* ou gastos operacionais) (ABETRE, 2009; CUNHA 2019).

3.1.1.2 Análise de Custo-benefício da SERB S.A.

No período 2012-2013 (Anexo C1), mesmo com variação praticamente simétrica, nos índices de acréscimo entre as receitas (de R\$ 200.991.240,00, em 2012, para R\$ 234.859.670,00, em 2013, ou seja, elevação de 16,46%) e os “custos dos produtos vendidos”, elevação de 17,24% (de R\$ 203.047.250,00, em 2012, para R\$ 238.439.860,00, em 2013, ou seja elevação de 17,43%), a empresa apresentou prejuízos no período – conforme apresentado nas rubricas analisadas, em função, sobretudo de elevadas despesas financeiras, conforme tabela 12.

Entre 2014-2015, observou-se variação assimétrica (e em direções opostas) nos índices de acréscimo entre as receitas e os custos. Enquanto a receita se elevou em 7,75% (de R\$316.899.230,00, em 2014, para R\$ 341.452.400,00, em 2015, respectivamente), os “custos dos produtos vendidos” (R\$ 301.440.780,00, em 2014, para R\$ 297.543.780,00, em 2015), foram reduzidos em 1,3% e, ainda assim, a empresa novamente apresentou prejuízos, conforme indicadores selecionados para análise (ANEXO A2).

A tabela 11 apresenta as rubricas (i) Receitas de Vendas (B) e (ii) Custos dos serviços prestados (C), permitindo analisar o indicador proposto $|B/C|$.

	2012	2013	2014	2015
Receitas (B)	200.991.240,00	234.859.670,00	316.899.230,00	341.452.400,00
Receita/t/d	24,78	28,96	39,07	42,10
Custos dos Serviços Prestados (C)	(203.047.250,00)	(238.439.860,00)	(301.440.780,00)	(297.543.780,00)
Custo/t/d	(25,03)	(29,40)	(37,16)	(36,88)
Receita / CPV (B/C)	0,98	0,98	1,05	1,16

Fonte: DOERJ, 2013; 2014; 2015; 2016; OBS: valores entre parênteses são negativos.

A receita por tonelada apresentou elevação de 69,89 %, em termos reais, no período 2012-2015, passando de R\$ 24,78 por tonelada por dia em 2012 para R\$ 42,10, em 2015.

O custo médio por tonelada passou de R\$ 25,03, em 2012, para R\$ 36,88, em 2015 - elevação de 46,52%, ou seja, receita e custo por tonelada elevaram-se de modo simétrico, em termos reais no período.

Enquanto o custo médio no período foi de R\$ 33,72 por t/d, as receitas médias quanto custos por tonelada mantiveram-se, em média, ao redor de R\$ 32,17 no período.

A relação $B/C < 1$ nos anos 2012 e 2013 (de 0,98) mostra que, nestes anos específicos e dadas as variáveis escolhidas, o investimento seria considerado economicamente inviável, caso visto de modo estático, e teria apresentado retorno negativo ao capital empregado. Por outro lado, o indicador já apresenta reversão logo nos dois anos subsequentes – ainda que o período 2012-2015 como todo tenha sido de prejuízos líquidos.

3.1.2. Empresa CICLUS AMBIENTAL S.A. – Período 2016-2021

3.1.2.1 Rentabilidade privada

Numa segunda fase, por outro lado, após aditivo contratual celebrado com a COMLURB, sob concessão da CICLUS AMBIENTAL S.A., os resultados inverteram-se, a partir de 2018, como mostra a tabela 04, atualizados pelo IGP-DI. Entre 2016-2021, foram acumulados lucros a preços de 2021, no valor de R\$ 60.461.000,00, ou ainda, média de R\$

10.076.833,30 por ano, maior que o prejuízo médio anual observado nos quatro primeiros exercícios iniciais (2012-2015) de R\$ 85.279.713,92. A tabela 12 apresenta evolução do lucro da CILUS S.A., de acordo com os diferentes indicadores selecionados.

Tabela 12 - Evolução do lucro da CILUS AMBIENTAL S.A., (2016-2021) (R\$ (2021)).

	2016	2017	2018	2019	2020	2021
LAJIR	54.659.050,00	117.612.490,00	106.375.760,00	89.835.970,00	99.013.540,00	143.096.000,00
LAIR	(1.105.770,00)	68.065.000,00	37.735.810,00	31.923.890,00	33.303.090,00	96.035.000,00
LL	(59.080.000,00)	977.010.000,00	21.060.480,00	11.442.350,00	17.833.780,00	60.461.000,00

Fonte: DOERJ, 2017, 2018, 2019, 2020; 2021. OBS: valores entre parênteses são negativos

Ressalta-se:

(i) o LAJIR (2016-2021) somou R\$ 610.592.810,00, com média de R\$ 101.765.468,33 por ano;

(ii) o LAIR (2016-2021) somou R\$ 138.094.205,00, com média de R\$ 23.015.700,00 por ano; e

(iii) o LL (2016-2021) somou R\$ 96.252.270,00, com média de R\$ 16.042.045,00 por ano.

3.1.2.2 Análise Custo-Benefício da CILUS AMBIENTAL S.A: Período 2016-2021

Como analisado, em termos reais, ou seja, à preços de 2021, as receitas mostram-se com uma variabilidade relativamente baixa (entre R\$ 367.127.000,00 e R\$ 433.589.000,00).

Entre 2016-2017, as receitas se elevaram em 17,35% enquanto a inflação no período foi de 3,82%, de acordo com o IGP-DI (FGV) entre abril de 2016 e dezembro de 2017.

Enquanto isso, no mesmo período, os custos dos produtos vendidos mantiveram-se praticamente estáveis (passando de R\$ 209.557.000,00 para R\$ 301.981.000,00- 3,93%).

No biênio 2017-2018, a assimetria entre a elevação nas receitas e nas despesas (custos) permitiu que 2017 fosse um marco, revertendo período com prejuízos sequências (ANEXOS A3 e A4). A assimetria entre a elevação nas receitas e nas despesas (redução de custos) permitiu que 2017 fosse um marco, revertendo período com prejuízos sequências (ANEXOS A3 e A4).

As receitas somaram R\$ 2,02 bilhões, no período 2016-2021, enquanto os custos dos produtos vendidos somaram R\$ 712.341.110,00 no mesmo período (2016-2021), com lucro líquido acumulado de R\$ 35.791.270,00 por ano, em média.

Por outro lado, nos anos seguintes, entre 2018 e 2019, conforme demonstração do exercício (ANEXO A5), as receitas da empresa se mantiveram equilibradas (no patamar de R\$ 423.171.000,00, em 2019, e R\$ 418.840.000,00, em 2018, respectivamente, ou seja, acréscimo de 1,02%), enquanto os custos dos produtos vendidos passaram de R\$ 298.104.000,00, em 2018, para R\$ 322.278.000,00 (elevação de 8,05%).

Entre 2020-2021, a Receita Operacional Líquida (ROL) passou de R\$ 342.736.000,00 para R\$ 367.127.000,00, elevação de 7,11%.

A tabela 13 apresenta a relação B/C no período 2016-2021 e apresenta Receitas e Custos tanto em termos nominais (a preços correntes) como em termos reais (valores nominais apresentados nos ANEXOS A3, A4, A5 e A6).

Tabela 13 – Análise custo-benefício CICLUS AMBIENTAL S.A. Período 2016-2021 (R\$ (2021))

	2016	2017	2018	2019	2020 (*)	2021 (*)
Receita(B)	369.473.000,00	433.589.000,00	418.840.000,00	423.171.000,00	342.736.000,00	67.127.000,00
Receita (45%) (45,55	53,46	51,64	52,17	47,00	50,29
Custo dos serviços prestados (C)	(290.557.000,00)	(301.981.000,00)	(298.104.000,00)	(278.000.000,00)	(227.186.000,00)	(207.348.000,00)
Custo/t/d	(28,01)	(37,23)	(36,75)	(39,73)	(31,12)	(28,40)
Receita / CPV (B/C)	1,27	1,43	1,40	1,31	1,50	1,77

Fonte: DOERJ, 2017; 2018; 2019; 2020; CICLUS AMBIENTAL S.A, 2021. OBS: valores entre parênteses são negativos; (*) 9.000 t/d

Chama a atenção na tabela 13, a redução dos valores de receita e custos para os anos de 2020 e 2021 na ordem de 16%. De acordo com o Relatório da ABES (2020) sobre os efeitos da redução da geração de resíduos sólidos domiciliares no período agudo da pandemia de COVID-19, no município do Rio de Janeiro, houve uma diminuição da ordem de 11%. Desta

forma, no cálculo dos valores de receita e custo por tonelada para 2020 e 2021, o quantitativo considerado de resíduos recebidos foi de 9.000 t/d.

A Relação $B/C > 1$, nos anos 2016 a 2021, corrobora a análise de rentabilidade do projeto no período.

A média do custo real por tonelada por dia, no período 2016-2021, foi de R\$ 33,54, enquanto as receitas médias por toneladas foram de R\$ 50.03 t/d no período - ambas calculadas com base nos DRE dos exercícios 2016-2021.

3.1.3 Rentabilidade privada: concessionárias SERB-S.A. e CICLUS AMBIENTAL S.A: Período 2012-2021

Observam-se dois períodos claramente distintos:

- (i) período inicial de prejuízos (2012-2015); e
- (ii) período de lucros (2016-2021).

No primeiro período analisado, a SERB S.A. obteve prejuízos sequenciais.

No segundo período, sob controle e gestão da CICLUS AMBIENTAL S.A., reverteu-se a situação operacional e obteve lucros líquidos nos exercícios 2017-2021.

Ressalta-se, ainda:

(i) considerando os anos de 2012-2021, somam lucros operacionais, a preço de dezembro de 2021, aferidos pelo LAJIR, no total de R\$ 141.652.547,00, com média de R\$ 14.309.600,00 por ano;

(ii) a soma dos prejuízos mensurada pelo LAIR (2012-2021) foi de R\$ 95.872.538,17 035,00 com a média de R\$ 9.603.500,00 por ano; e

(iii) o Lucro Líquido (no caso, prejuízo) somou prejuízos na monta de R\$ 11.897.834,65, com média anual no período de R\$ 1.189.783,47.

As Despesas Financeiras Líquidas foram negativas em todo o período 2012-2021, representando perda de Caixa (ANEXOS A1-A6).

É importante salientar que, por conta dos imbróglis (à época da assinatura do contrato de concessão) e as soluções jurídicas deles resultantes, assim como de alterações societárias e gerenciais, os prejuízos não são representativos para o setor como um todo. A COMLURB, por exemplo, ficou inadimplente por mais de 6 meses com a CICLUS AMBIENTAL S.A.

A manutenção das receitas contratuais fixadas conforme concessão inicial em conjunto com a alteração da localização do aterro (de Paciência para Seropédica (RJ) – contribuíram para elevação nos custos operacionais (transportes, em particular) - observados nos resultados dos períodos analisados.

Dar um pouco mais de visibilidade às condições econômico-financeiras da CTR-Rio pode ser uma importante contribuição sobre avaliar a sustentabilidade do empreendimento que ocupa papel central na disposição dos resíduos sólidos urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Ao assegurar a manutenção do resultado da licitação de concessão inicial, com mudança das condições originais, os resultados financeiros mostraram que de certo modo a operadora correu riscos sobre a sua sustentabilidade, o que poderia criar problemas sobre suas condições operacionais e a garantia da qualidade que se exige de um aterro sanitário. Oliveira e Ferreira (2021) afirmam que a sustentabilidade econômica de um empreendimento está relacionada com a remuneração do capital próprio investido (qual o retorno esperado pelo investidor), que é o que garante o fluxo do dinheiro para os projetos de uma sociedade.

Destaca-se ainda as dificuldades de obtenção de informações econômicas e financeiras no setor de gestão de resíduos sólidos, percebida sempre que se pretende aprofundar o conhecimento.

3.2 Estimativa de custos externos da CTR - Rio

“Os impactos prejudiciais da disposição em aterros incluem potenciais lixiviados de resíduos tóxicos, liberação de metano da decomposição de resíduos orgânicos, ruído e odores que afetam a comodidade local, bem como emissões atmosféricas e impactos visuais” (BDA, 2009).

Em consonância com a literatura, as principais externalidades consideradas no presente trabalho foram: (a) emissões de GEE; (b) emissões de outros gases; (c) lixiviados; (d) desconfortos; e (e) deslocamento da poluição (emissões evitadas).

Os custos das externalidades foram calculados e são apresentados na tabela 14 e discutidos em seguida.

Tabela 14 - Resultados das estimativas de custos externos CTR – Rio (em R\$, 2021)

Boas práticas	Tropical úmido (R\$/t/d)	Estimativas de custos CTR - Rio
GEE	-4,29	-15.658.500,00
Outras emissões	0,43	1.569.500,00
Lixiviados	0,05	182.500,00
Desconfortos	4,29	15.658.500,00
Deslocamento da poluição (emissões evitadas)	-41,58	-151.767.000,00
Deslocamento de poluição (Encerramento de lixões)	-78,05	-284.882.500,00
Total	119,15	-434.897.500,00

Fonte: Adaptado de BDA, 2009.

Na sequência estão apresentados os valores das externalidades dos gases de efeito estufa, dos lixiviados, dos desconfortos e do deslocamento de poluição da CTR-Rio.

3.2.1 Gases de efeito estufa (GEE)

No caso dos GEE, a tecnologia empregada é determinante, sobretudo, para definir se a externalidade será positiva ou negativa.

Estimou-se o benefício externo de emissões de GEE (usando -se o valor ou preço de - R\$ 4,29 t/d) em R\$ 15.658.500,00 por ano. Vale lembrar que nas estimativas consideradas pela BDA (2009) estão incluídas as reduções de geração de biogás em função da decomposição da matéria orgânica ao longo da vida do aterro (curva de decaimento, de modo que os benefícios não podem ser estimados, para o futuro, de modo linear ou seja, a produção de gás termina após as operações e tendem a valores muito reduzidos).

3.2.2 Outras emissões atmosféricas

Materiais particulados e outros gases não reaproveitáveis consistem em custo, que conforme BDA (2009), seria de R\$ 0,43 t/d. O Custo anual de outras emissões atmosféricas soma R\$ 1.569.500,00.

Quando subtraído das emissões de GEE, o benefício líquido estimado, do total demissões atmosféricas, é de R\$ 14.089.000,00.

3.2.3 Lixiviados

Utilizou-se os parâmetros da BDA (2009) referente a clima tropical úmido com geomembranas (conforme engenharia do CTR - Rio), no valor de R\$ 0,05 por tonelada de RSU processada por dia.

O custo anual de emissão de lixiviados foi estimado em R\$ 182.500,00 por ano, valor de pequena monta quando comparado aos outros custos externos e ao lucro privado médio auferido pelas concessionárias (da ordem de milhões de reais), de modo que sua incorporação como “provisão” não traria prejuízos à empresa.

Quando provisionado e investido com bom rendimento, serviria como uma reserva financeira para eventualidades ambientais (risco de dano), assim como é comum, em contabilidade, a rubrica provisão para devedores duvidosos ou depreciação – que, assim como no caso dos lixiviados baseia-se no valor esperado do dano (valor de reparação multiplicado pela probabilidade de ocorrência de determinado evento– seja infiltração, seja inadimplência).

3.2.4 Deslocamento da poluição

3.2.4.1 Emissões evitadas e reaproveitamento energético

Considerando-se que o aterro sanitário da CTR-Rio substituiu o aterro controlado metropolitano de Gramacho e, também, o lixão do município de Seropédica, o valor estimado do deslocamento de poluição considerando-se 10.000 t/d, foi de cerca de R\$ 284.882.500,00, que somado ao valor do deslocamento de poluição pela substituição de combustíveis fósseis pelo biogás (mesmo que não totalmente reaproveitável), na produção de energia (R\$ 151.767.000,00) resultou em um valor estimado de externalidade positiva da ordem de R\$ 434.897.500,00 por ano.

Além do deslocamento da poluição dos RSU pela simples implementação do aterro, nota-se, ainda, a responsabilidade da concessionária de remediar o antigo lixão do município de Seropédica (RJ).

3.2.4.2 Substituição de lixões e aterros controlados.

Na ausência da CTR-Rio, os RSU do Rio de Janeiro (e outros) seriam destinados ao antigo aterro controlado de Jardim Gramacho ou pior, lançados à céu aberto, queimados, nos rios, lagoas e no oceano – e depois remediados como o lixão de Seropédica (figuras 08 e 09, respectivamente).



Figura 08: Aterro Controlado de Gramacho encerrado

Fonte: *GOOGLE EARTH*, 2022.



Figura 09 - Lixão de Seropédica (RJ) após remediação

Fonte: *CICLUS*, 2016.

Por outro lado, externalidades negativas associadas a lixões e aterros controlados (o quê o BDA (2009) denomina de *Poor control*: ausência de geomembranas e de sistemas de captação e tratamento de gases), para disposição de 10.000 t/d, custariam à sociedade cerca de R\$ 284.882.500,00 por ano.

3.2.5 Desconfortos: Fator de impacto e população exposta

No presente trabalho, a população considerada como exposta nos 5,0 km² foi estimada em 1.500 habitantes considerando-se a densidade demográfica local de 300 hab/km² (IBGE, 2010) conforme pode ser observado na figura 07, mostrando que (a menor distância entre a CTR-Rio e o bairro de Chaperó é de cerca de 100 m).

Utilizando-se os dados da BDA (2009) para desconforto em áreas rurais equivalentes a R\$ 4,29/t/d, em 2021, e aplicando-se a metodologia de fator de impacto (em que se multiplica o custo por tonelada de RSU processada por dia pelo número de dias do ano e pela capacidade de processamento do aterro, 10.000 toneladas por dia) obteve-se o custo externo negativo total estimado dos desconfortos no valor de R\$ 15.658.000,00 por ano.

Uma vez que existem aproximadamente 1.500 pessoas afetadas, o custo anual *per capita* dos desconfortos, foi estimado em R\$ 10.440,00 por habitante por ano.

Tal valor, deve ser visto com cautela dada a subjetividade, variabilidade dos dados, assim como o número de indivíduos afetados, tempo de permanência em casa, idade, direção dos ventos no local, dentre outros fatores já destacados, conforme Amorim (2013).

Por ausência de dados suficientes acerca de imóveis oferecidos para aluguéis, na região estudada, para que se desenvolvesse análise econométrica, de regressão linear, não foi realizado estudo de preços hedônicos sobre os valores de imóveis.

De forma apenas qualitativa, foi feito um levantamento em algumas imobiliárias na região onde o preço médio do aluguel, encontrado no bairro de Chaperó (no raio de 5 kda CTR-Rio) foi de R\$ 513,30 enquanto na região central da cidade foi de R\$ 660,00, mostrando uma perda relativa de valor com a proximidade do aterro.

3.3 Externalidades e análise de rentabilidade econômico-financeira

A presente discussão de resultados objetiva comparar os custos externos estimados e os custos privados observados.

O esforço no estudo das externalidades presentes em aterros sanitários implica, não apenas em identificar as fontes geradoras e as tecnologias para mitigá-las, mas atribuir-lhes valor e, por fim, incorporá-las nas análises econômico-financeiras tradicionais, desenvolvidas por empresas, bancos e instituições financeiras, conforme argumentado.

3.3.1 Balanço das Externalidades

A tabela 15 propõe análise comparativa entre custos externos estimados e custos privados aferidos, feitas as seguintes ressalvas:

(i) apenas uma parcela dos benefícios externos pode ser apropriada privadamente por meio da venda de biogás pela CICLUS AMBIENTAL S.A. Assim sendo, uma vez que parcela incerta dos benefícios externos são globais (redução de GEE) e outra parcela locais (particulados e outros gases) não é possível comparar os benefícios totais (públicos e privados) com os custos privados;

(ii) a empresa pode, ainda, captar recursos (elevar suas receitas) por meio de créditos de carbono (ANEXO C2);

(iii) o custo de “outras emissões”, impacto mais local e direto, recai, sobretudo, sobre gastos com saúde da população local; e

(iv) por ser de pequena monta e diferente ordem de grandeza, a inclusão do custo externo dos lixiviados nos custos teria pequeno impacto (0,23% dos custos privados); e

(v) no caso dos desconfortos, a empresa concessionária compensaria 1500 moradores com indenizações.

Desta forma, a tabela 15 apresenta a soma (ou subtração) de cada custo externo aos custos privados (elevando-o ou reduzindo) e o percentual de cada externalidade sobre o custo privado (45 % da rubrica Custo dos Produtos Vendidos).

Tabela 15 – Custos externos e rentabilidade (R\$ (2021) por ano)

ITENS	Custos Externos	Custos privados em 2021(45%) + Custos externos (R\$ 2021/ano)	Custos externos / custos privados (%)
Custo		93.306.600,00	
GEE (R\$ -4,29/t/d)	15.658.500,00	N/A	16,78*%
Outras emissões (R\$ 0,34)	1.569.500,00	94.876.100,00	1,68%
Lixiviados (R\$ 0,04/t/d)	182.500,00	93.489.100,00	0,23%
Desconfortos (R\$ 4,29/t/d)	15.658.500,00	108.965.100,00	7,02%
Deslocamento de poluição (emissões evitadas) (R\$41,85/t/d)	151.767.000,00	N/A	162%
Deslocamento de poluição (encerramento de “lixões”) (R\$ 78,05/t/d)	284.882.500,00	N/A	305%
Total de externalidades líquidas CTR - Rio	434.897.500,00		

Fonte: Adaptado BDA, 2009; CICLUS AMBIENTAL S.A., 2021.

O resultado das estimativas dos valores das externalidades presentes na CTR-Rio é apresentado em seguida.

(i) emissões de GEE: Aquecimento global, emissões evitadas e reaproveitamento energético do biogás

No presente estudo, foi possível observar que dentre as externalidades quantitativas relacionadas à operação de aterros de grande porte, o reaproveitamento energético do biogás

(que reduz as emissões de GEE) se destaca pelo fato de consistir, ao mesmo tempo, em benefícios públicos (não apropriáveis), privados (venda do biogás e redução de custos com outras fontes de energia mais poluidoras) e ambientais, estimados no total de R\$ 15.651.200,00 por ano.

Conforme ressalva, a CICLUS AMBIENTAL S.A obteve receitas líquidas com créditos de carbono e outros serviços nos exercícios 2014 e 2015 nos valores de R\$ 316.879,42 e R\$ 341.452,40, respectivamente (ANEXO C2). Naturalmente, apenas pequena fração das receitas foram oriundas de créditos de carbono conforme informa a empresa:

“Na CTR, os drenos captam diariamente 450.000 metros cúbicos de metano. A captura de gases que provocam o efeito estufa possibilita que a Ciclus faça a conversão de créditos de carbono A Ciclus também é uma das vencedoras do leilão Pilot Auction Facility 2020, que vai destinar 465 mil créditos de carbono ao Banco Mundial. Até o fim de 2017, mais de 2,5 milhões de créditos de carbono foram entregues ao Banco Mundial e à Caixa Econômica Federal” (CICLUS AMBIENTAL S.A., 2022).

A empresa se apropria, ainda, das receitas com a venda do biogás.

“Depois de tratado, o biogás resultante é encaminhado para uma empresa terceirizada, que produz biocombustíveis para veículos e indústrias.” (CICLUS AMBIENTAL S.A., 2022)

O fato de dada externalidade poder ser internalizada privadamente sob a forma de benefício (receitas com biogás e emissão de créditos de carbono por emissões evitadas) faz dos aterros sanitários negócio ainda mais atrativo, mostrando ainda que o mercado de carbono permite que a concessionária internalize benefícios externos, conforme exemplo acima.

Note-se, com ênfase, conforme hipótese inicial de estudo, que as formas de análise econômico-financeira tradicionais, como, por exemplo, B/C, “esconderiam”, por exemplo, (induzindo diferenças entre indicadores tradicionais de rentabilidade privada e outros cujas variáveis ambientais são consideradas) as receitas com venda de biogás, mas não incorporariam, por exemplo, os custos dos desconfortos ou outras emissões, superestimando o indicador B/C, levando à viés. O mesmo ocorre com as receitas de créditos de carbono.

(ii) outras emissões atmosféricas

Já o custo externo de outras emissões, estimado no valor aproximado de R\$ 1.569.500,00, se somaria aos custos privados da empresa e reduziriam seus lucros em 2,11% (tabela 07).

De fato, a BDA (2009), dentre outros, estima o custo da poluição a partir de dados de custos com saúde pública de doenças específicas, especialmente, pulmonares. Caso a empresa arcasse com tais gastos seus custos se elevariam 1,68%.

(iii) lixiviados

Os custos estimados dos lixiviados são os de menores montantes quando comparados aos custos externos e aos custos privados, no total de R\$ 182.0000,00 por ano, módicos 0,30% de redução no lucro líquido em 2021.

Note que em caso do não uso de geomembranas, as externalidades geradas seriam muito mais caras (para a sociedade e, em caso de dano, para a própria empresa em caso de multas) que o custo de impermeabilização.

(iv) desconfortos

Dentre os desconfortos, os odoríferos e os ruídos de veículos de grande porte são os de maior impacto.

No caso em voga, caso tais custos (R\$ 28,58 / ano per capita) recaem sobre a população de Chaperó, Itaguaí (RJ), estimada em 1500 habitantes.

Quando somados aos custos privados, os custos estimados do desconforto, de R\$ 15.658.500,00, elevariam o custo total (custo privado + custos externos) para R\$ 108.965.100,00, em 2021.

Note ainda (R\$ 15.651.200,00/R\$ 93.306.600,00) equivalem a 16,77% dos custos com impacto relevante sobre a rentabilidade das concessionárias caso fossem inseridos em sua estrutura de custos (tabela 15).

(v) deslocamento da poluição

Ao evitar o lançamento de mais de 50 mil toneladas de metano na atmosfera, há uma redução de emissão equivalente a 500 mil carros por ano, o que corresponde a quase 25% da frota do Rio de Janeiro, (CICLUS AMBIENTAL S.A., 2022).

Conforme frisado, o deslocamento da poluição por emissões evitadas deve ser visto sob a ótica regional e brasileira. Assim sendo, destaca-se que, no caso estudado, a substituição não

apenas de energia fóssil, mas também outras fontes com elevados impactos ambientais (como a vinhaça presente nas plantações de cana-de-açúcar para fabricação de açúcar e álcool), pelo biogás.

Ao contrário do reaproveitamento energético, entretanto, que pode ser apropriado privadamente pela concessionária, a externalidade "extinção de lixões" beneficia uma população específica (aquela que vive próxima aos lixões), mas não é propriamente "apropriável" pela concessionária.

No caso do Brasil (e outros países em desenvolvimento) assim como no presente estudo, o deslocamento de poluição por meio de uma Política Nacional de substituição de lixões por aterros sanitários (como, por exemplo, o Plano Nacional de RSU (2010-2014) (que previa a extinção de lixões, mas que nunca foi devidamente executado) seria responsável pelo maior ganho social estimado, da ordem aproximadamente R\$ 284.882.000,00 por ano para cada 10.000 t/d deslocada.

Importa, entretanto frisar, que tais custos externos são comparáveis com resultados encontrados pela BDA (2009), onde os custos externos equivalem aos custos privados (40-50%).

Os custos e benefícios externos (externalidades) estão diretamente relacionados à qualidade da gestão dos aterros sanitários e ao padrão tecnológico utilizado, sendo que em climas úmidos, os efeitos negativos podem ser potencializados. Estão presentes externalidades positivas e negativas, sendo que, neste trabalho obteve-se o resultado estimado positivo (benefício social).

Caso não existissem boas práticas (diferentemente da CTR-Rio), o custo da inexistência de sistema de coleta e reaproveitamento energético de gases assim como os custos externos associados à disposição inadequada de RSU (lixões) em escalas de 10.000 t/d, poderiam chegar até R\$ 284,500.000,00 por ano (BDA, 2009) - o contrário do benefício advindo no caso de sua substituição.

A discussão acerca de externalidades, de modo geral, assim como das externalidades específicas dos aterros sanitários, advém de seu próprio conceito: algum impacto, favorável ou adverso, positivo ou negativo, fixo ou variável, sobre alguma atividade produtiva (ou de consumo) ou o bem-estar social de indivíduo ou coletividade sem que o gerador pague (ou receba) por ele. Neste caso, pergunta-se: quem gera a externalidade deveria pagar por ela? Quem é afetado deveria receber?

O modelo taxa de coleta de lixo embutido no IPTU e proporcional à riqueza dos bairros, no caso do Rio de Janeiro, por exemplo, segue o princípio do poluidor-pagador e foi o modo encontrado para financiar parte dos custos da COMLURB, por exemplo.

No presente estudo de caso foi possível identificar, quantificar e valorar não apenas externalidades negativas (como outras emissões, desconfortos e lixiviados), mas, sobretudo, externalidades positivas na implementação, operação (deslocamento da poluição e reaproveitamento energético), encerramento e pós encerramento de aterros sanitários.

3.4. A CTR-Rio no Contexto de Aterros de Grande Porte.

3.4.1 Economias de escala em aterros sanitários

Os aterros sanitários da CTR-Rio e de Caieiras-SP, são os dois maiores aterros do Brasil, e os únicos que recebem RSU na ordem de 10.000 t/d.

A vantagem econômica de construir e operar aterros de grande escala sobre aterros de pequena escala tem sido usada para justificar aterros regionais como solução para o problema de descarte de resíduos urbanos.

De certo modo, a questão da gestão dos RSU está inserida num contexto mais amplo, relacionado à sustentabilidade em que as organizações devem equilibrar, ao mesmo tempo, impacto ambiental, necessidade de geração de caixa e demandas sociais (OLIVEIRA E FERREIRA, 2021). As dificuldades para uma discussão dos aspectos econômico-financeiros dos contratos de prestação de serviços por empresas privadas (através terceirização ou concessão), para prefeituras, nas atividades de gestão de RSU, não é trivial no Brasil, pois em que pese a obrigatoriedade legal da publicidade dos dados (balanços, contratos, reajustes, etc.), informações detalhadas são sempre difíceis de serem obtidas. As dificuldades talvez ocorram por se tratar de um mercado competitivo, dominado por um número relativamente pequeno de empresas e até mesmo por interesses políticos. A publicação anual da ABRELPE, panorama, sobre a gestão de resíduos no país, com a visão das empresas privadas, sendo uma fonte importante de informações, não apresenta um único dado sobre aspectos e dados financeiros, a não ser aqueles de abrangência global.

Dentro das possibilidades, foram obtidos valores dos preços pagos por tonelada de RSU disposta em alguns aterros de grande porte no Brasil. A tabela 16 mostra os valores obtidos. Vale destacar que não foi possível conseguir o valor pago por tonelada para disposição de RSU

no aterro de Caieiras, uma vez que o contrato de concessão engloba as atividades de coleta domiciliar, transbordo e disposição final, não sendo possível obter os valores de forma discriminada de cada uma delas.

Oliveira e Ferreira (2021) destacam que o aspecto social da sustentabilidade está pautado na integração das organizações com a sociedade como um todo, relacionada à transparência, conformidade e cumprimento das leis. A atividade socialmente sustentável só é possível com a prestação de contas adequada a todas as partes interessadas (tabela 16).

Tabela 16- Valores atuais de preços da disposição de RSU em aterros sanitários selecionados (R\$/t/d)

Municípios	Tonelada por dia	Preço (R\$/t/d)	Fonte
Florianópolis	794	89,00	(1)
Belém	1.000	120,00	(2)
Porto Alegre	1.126	87,58	(3)
São Gonçalo	1.550	90,00	(4)
Belo Horizonte	2.100	89,41	(5)
Brasília	2.260	122,06	(6)
Recife	3.700	69,90	(7)
CTR-Rio	10.000	50,00	-----

Fonte: (1) -FLORIANÓPLIS, 2022 (2) – (ZANON, 2022); (3) – (PORTO ALEGRE, 2022); (4) – (CTR-SÃO GONÇALO, 2022); (5) – (BELO HORIZONTE, 2022); (6) - (DISTRITO FEDERAL, 2020); (RECIFE, 2022).

Em empreendimentos como aterros sanitários, parece não haver dúvidas sobre a economia de escala (TCHOBANOGLIOUS et al. 1993; FIPE, 2017; FGV. 2009).

Os trabalhos elaborados pela FIPE (2017) e FGV (2009) para estabelecer preços referenciais para construção, operação (20 anos), encerramento e pós-fechamento (20 anos), mostraram resultados em que a economia de escala entre aterros de grande porte (2.000 t/d) e pequeno porte (100 t/d) pode chegar a mais de 100% de variação no preço por tonelada.

O valor do preço por tonelada de resíduos dispostos na CTR-Rio, mostrado na tabela 08, foi obtido da média dos valores de receita por tonelada dos anos de 2019, 2020 e 2021, da tabela 16.

De certo modo, os preços apresentados na tabela 08 mostram que os dois menores valores são dos dois maiores aterros, os da CTR-Candeias (Recife) e da CTR-Rio indicando uma influência da economia de escala.

Entre os outros valores não foi possível estabelecer algum tipo de correlação. O maior valor apresentado é de Brasília que é um aterro de grande porte. Contudo, há que se tomar algum cuidado para estas comparações uma vez que os custos de aterros podem variar com diversos fatores como o nível de tecnologia, valores imobiliários, padrões salariais regionais, práticas operacionais, idade do aterro, etc.

3.4.2 Recursos para a gestão de resíduos sólidos

As informações financeiras que foram possíveis levantar, permitem que se faça uma discussão sobre a questão da sustentabilidade financeira do gerenciamento de resíduos sólidos nos municípios.

Manter sistemas de gestão de resíduos sólidos de boa qualidade e assegurar a sua sustentabilidade financeira é um dos principais desafios nas cidades dos países em desenvolvimento (LOHRI et al. 2014).

Nos países desenvolvidos esta é uma questão resolvida, e em geral, as cobranças à população são feitas em forma de tarifa, relacionadas à quantidade de resíduo gerado.

Na Suíça, por exemplo, a população adquire sacos plásticos específicos (padronizados), em estabelecimentos comerciais, a preços elevados, onde está incluído a tarifa, para acondicionar os rejeitos (MANNARINO et al. 2016). A vantagem da tarifa pela quantidade de resíduos gerada, é da percepção do cidadão sobre os custos, contribuindo para uma maior participação nos programas de redução e reciclagem visando a diminuição destes custos.

No Brasil, esta é ainda uma questão a ser superada, apenas cerca de 44,8% dos municípios possuem cobranças pelos serviços, o que se reflete na fragilidade dos sistemas de limpeza urbana, em grande parte do país, com o valor arrecadado cobrindo apenas 57% dos custos.

O predomínio das cobranças (83,3%) é através de taxa agregada ao IPTU-Imposto Predial e Territorial Urbano, com o valor associado à área do imóvel (e não ao volume de resíduo gerado). Entre os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/10, está a regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos e de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira.

Na Lei 14026/2020 – O Novo Marco Legal do Saneamento, o artigo 29 estabelece que os serviços públicos de saneamento básico terão sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços a serem pagos pelo usuário na forma de taxas e tarifas e outros preços públicos.

Existe uma resistência cultural da população, no país, sobre o pagamento por serviços relacionados ao lixo e que precisa ser superada (EIGENHHEER e FERREIRA, 2011).

De acordo com o site CONTAS – RIO, em 2021, a Taxa de Coleta e Limpeza – TCL arrecadou o valor de R\$ 433.778.348,00.

Após um pedido de reequilíbrio econômico-financeiro do contrato de concessão com a CICLUS AMBIENTAL S.A., o valor mensal de remuneração, em 2019, passou a ser de R\$ 29.912.000,00. Ou seja, o valor anual da receita passou a ser de R\$ 358.944.000,00.

Não foi possível obter o valor da coleta domiciliar no Rio de Janeiro. Mas sabe-se que a coleta domiciliar representa o maior item de custo no sistema de limpeza urbana. Na Norma Técnica 23/2020 da Agência Reguladora de Serviços Públicos que estabeleceu preços referenciais para serviços de limpeza urbana para Brasília, a coleta representa 50% do total e o transporte e o destino em aterro outros 50% (ADASA, 2020).

Considerando esta relação, o custo no Rio de Janeiro alcançaria valores da ordem de R\$ 700.000.000,00 com a receita da taxa de coleta cobrindo cerca de 62%. É claro que o restante é coberto pela prefeitura (ou seja, pela população), sendo que a receita garantida (taxa) não cobre os custos totais.

De acordo com a ABRELPE (2021), um terço do setor de RSU no Brasil é composto por empresas privadas, cujo objetivo é remunerar com lucro o capital empregado. Assim sendo, a receita contratual representa o preço mínimo que o prestador de serviços está disposto a receber (o que pressupõe que tal receita cubra seus custos e ainda remunere o capital). Um grande desafio de integração entre economia, sociedade e meio ambiente, está em incluir todos os efeitos nos preços seguindo o princípio do poluidor – pagador, internalizando todos os custos.

De fato, no Caso de CTR-Rio, com custo por tonelada estimado em R\$ 25,56, em média, no período 2012-2021 e receita média de R\$ 50,00, apenas a gestão da estrutura de capital com elevadas despesas financeiras explica alguns anos com todos indicadores de rentabilidade negativos e outros em que, mesmo face a lucro operacional ($LAJIR > 0$), o LAIR e o Lucro Líquido apresentaram prejuízos (após dedução dos juros pagos em empréstimos para

financiar tais prejuízos e também e recebidos em aplicações financeiras - conforme analisado em sua estrutura de capital.

A operação de um aterro sanitário depende de vários fatores, muitos dos quais à margem do controle da empresa responsável. Por isso, com todo o rigor que os custos públicos devem ser olhados, a sustentabilidade do empreendimento tem que ser assegurada para garantir a qualidade operacional que se exige para a redução e controle das externalidades. No caso da CTR-Rio, o reequilíbrio do contrato realizado em 2020, vai ao encontro de assegurar a saúde financeira do mesmo, lembrando que a remuneração do capital é o que garante o fluxo do dinheiro para os novos projetos de aterros tão necessários ainda no país.

4. CONCLUSÃO

Este estudo objetivou: (i) identificar externalidades presentes em aterros sanitários, buscando (ii) quantificar e valorar tais custos e benefícios externos; (iii) desenvolver avaliação econômico-financeira do aterro sanitário da Central de Tratamento de Resíduos do município do Rio de Janeiro (CTR-Rio), de modo a (iv) comparar as externalidades (custos e benefícios externos) de aterro sanitário de grande porte (10.000 t/d) com sua rentabilidade privada e inseri-las nos indicadores financeiros e nas decisões e investimento.

De modo a estimar os custos externos, fez-se uso de parâmetros de preços observados em outros estudos, conforme metodologia de transferência de benefícios, em particular, de aterros australianos onde o clima é um dos parâmetros fundamentais na análise, em conjunto com a tecnologia, fatores que permitiram maior aderência e menor grau de incertezas na aplicação dos mesmos. Até então, estudos utilizavam os dados da EUROPEAN COMMISSION (2000) ou da agência de proteção ambiental norte-americana (*The Environmental Protection Agency (EPA)*), e desenvolviam ajustes para as especificidades locais. Conhecidos os preços por tonelada, o modelo de fator de impacto permitiu quantificar os valores monetários das diferentes externalidades identificadas.

Por meio da utilização dos Demonstrativos de Resultados dos Exercícios de ambas as concessionárias foi possível concluir que a atividade de aterramento sanitário, investimento de longo prazo, se apresenta como empreendimento, de longo prazo, lucrativo. Conforme literatura, os primeiros anos de operação do aterro a concessionária SERB S.A., no período 2012-2015- apresentou prejuízos, oriundos de elevados custos de implementação sem que a empresa estivesse efetivamente operando e auferindo receitas. Ainda em acordo com literatura, após início de operação e alteração de gestão para CICLUS S.A., a CTR- Rio apresentou lucros líquidos sistemáticos durante todo período 2016-2021.

Foi possível identificar como principais externalidades positivas: (i) O reaproveitamento de biogás e (ii) Deslocamento da poluição - quando da substituição de formas inadequadas de descartes (lixões, em particular) e suas consequências sobre o meio ambiente e a saúde pública. Destaca-se, ainda, como externalidade positiva, a redução nas emissões de gases de efeito estufa quando da existência de sistemas de reaproveitamento energético, mesmo que a matriz energética brasileira seja menos intensiva em carbono que as europeias.

Por outro lado, destacaram-se como externalidades negativas, mesmo que sob boas práticas ambientais: (i) desconfortos (poeira, odores e ruídos, etc.); (ii) outras emissões atmosféricas. E, em menor magnitude, (iii) a presença de lixiviados. Os desconfortos estimados (R\$ 15.681.500,00) por ano, aparecem como a principal externalidade negativa.

Variáveis intangíveis (como o ar puro, a presença de biodiversidade, o silêncio noturno), não são transacionadas no mercado formal (lojas, feiras, supermercados, etc.) de tal modo que seu real valor não se reflete nos preços destes bens e serviços ambientais por meio da interação entre as forças de mercado (Lei da Oferta e Demanda). Neste caso, a lei da oferta e da demanda não se aplica conforme previsto no modelo neoclássico de equilíbrio geral, no qual a presença de externalidades como poluição, silêncio, som dos pássaros, etc. consistem em falhas de mercado e necessitam de técnicas específicas de mensuração.

Assim sendo, os custos externos (ambientais e sociais) do aterro são difíceis de quantificar em termos monetários e, portanto, não são geralmente refletidos nas taxas de descarte de resíduos ou levados em conta na tomada de decisão sobre as opções de gestão de resíduos urbanos no Brasil.

No caso exposto em tela, o uso do método de transferência de benefícios foi não apenas útil como necessário dadas as imposições e restrições de pesquisas de campo no período 2020-2022, em função da pandemia COVID-19. Assim sendo, mesmo com as limitações já apontadas (e criticada na literatura), foi possível por meio da atualização monetária e cambial utilizar dados do estudo da BDA (2009), mesmo sendo expressos em outra moeda e tendo se passado mais de uma década.

Em conjunto com o método de fator de impacto (que permitiu as estimativas das externalidades quantitativas relevantes mencionadas), foi possível precificar, isto é, expressar em valores monetários (reais em 31 de dezembro de 2021), as externalidades presentes, custo ou benefício, por tonelada de RSU processada na CTR-Rio, diariamente.

A não inclusão das externalidades na análise de projetos pode resultar em viés nos indicadores econômico-financeiros tradicionais, contra ou a favor de alternativas como a reciclagem, incineração ou compostagem. As mesmas podem parecer mais atrativas (ou menos) do que o aterro de uma perspectiva puramente financeira, mas preferíveis do ponto de vista ambiental e social - definidas as condições tecnológicas e climáticas. Isso porque, sob certas condições tecnológicas, o aterro é socialmente mais rentável, dadas as possibilidades de

receitas com venda de biogás e créditos de carbono, por exemplo, como apresentado no caso em questão.

Uma vez que aterros sanitários apresentam tanto externalidades positivas quanto negativas, discute-se a questão da internalização de tais custos (ou benefícios), ou seja, sua capacidade de ser apropriada privadamente – como os GEE (com receitas de créditos de carbono venda de biogás) e, em menor monta, os lixiviados (filtração e água desmineralizada).

Foi possível ainda, por meio de análise contábil, com base nos DREs dos exercícios compreendidos no período 2012-2021, analisar a rentabilidade das concessionárias não apenas em dois períodos selecionados 2012-2015 e 2016-2021, mas também o conjunto 2012-2021.

Conclui-se que o empreendimento privado, por meio dos indicadores escolhidos, se comportou (no que concerne rentabilidade e fluxos de caixa) conforme descrito na literatura, ou seja, anos de prejuízos iniciais, porém com lucro no longo prazo.

A análise quantitativa com base nos Demonstrativos de Resultados dos Exercícios mostra dois períodos claramente distintos, entre 2012-2015 (SERB S.A.) e 2016-2021 (CICLUS AMBIENTAL S.A.).

Inicialmente, no período 2012-2015, apresentou prejuízos financeiros às concessionárias envolvidas, próprio da natureza do empreendimento, de longo prazo, e alguns investimentos iniciais elevados.

Após alteração de gestão e aditivo contratual - que reajustou as receitas (fixadas para um projeto mais próximo da capital) - a CICLUS AMBIENTAL S.A. apresentou lucros sequenciais, com média anual de R\$ 1.021.234,00, no período 2012-2016.

Foi possível concluir que a rentabilidade privada das empresas SERB S.A. 2012-2015 e da CICLUS AMBIENTAL S.A. diferiram substancialmente, mas tal fato é consistente com a literatura, que espera maiores saídas de caixa nos primeiros anos de pré-implantação, implantação e maiores receitas operacionais a partir do terceiro ano de operação início de operações ($CAPEX > OPEX$).

O custo médio por tonelada de R\$ 22,00 na CTR-Rio, reafirma a presença de economias de escala em aterros. A receita média por tonelada, por sua vez, manteve-se ao redor de R\$50,00, mais do que suficiente para viabilizar economicamente o projeto. Antagonicamente, a empresa concessionária apresentou sistemáticos prejuízos nos 12 primeiros anos de concessão.

A internalização dos R\$ 15.303.500,00 anuais, em desconfortos, que representam 14% dos custos privados, reduziria também, porém em outras proporções, o lucro.

No caso brasileiro (assim como de outros países em desenvolvimento), em que a composição dos resíduos é predominantemente orgânica, o reaproveitamento do biogás mostra que atividade pode ser rentável não apenas do ponto de vista privado, mas também social, com benefícios para o meio ambiente e a saúde pública e a própria empresa.

É importante salientar que, no Brasil, a solução em substituição aos lixões deve ocorrer, sobretudo, em pequenas e médias escalas, portanto, 10.000 toneladas por dia, não consiste num aterro representativo uma vez que excetuando Rio e São Paulo, todas as outras capitais do país possuem menos que 3 milhões de habitantes e que grande parte (50%) dos RSU são gerados na região Sudeste.

No estudo de caso em questão, é premente ressaltar que o deslocamento da poluição consiste na principal externalidade positiva dos aterros sanitários e supera até mesmo os resultados das concessionárias.

No entanto, os desconfortos, principalmente odoríferos, são pagos pelos moradores de Chaperó, Itaguaí (RJ). Uma vez que eles não recebem nenhum tipo de indenização

As externalidades positivas presentes na CTR-Rio (deslocamento de poluição e reaproveitamento energético) superaram as externalidades negativas das emissões de GEE (outras emissões) e lixiviados, assim como dos desconfortos. As externalidades positivas presentes podem gerar, ainda, receitas para as concessionárias envolvidas – por meio de venda de biogás e acreditação de créditos de carbono.

Após monetizadas, as externalidades, custos e benefícios externos, puderam ser comparados aos custos privados, sinalizando se sua inclusão nos indicadores de rentabilidade se alteraria. Foi possível notar que, do ponto de vista das externalidades positivas, as receitas com biogás assim como aquisição de crédito de carbono por emissões evitadas, impactam positivamente a receita e, portanto, a rentabilidade do aterro. Por outro lado, a presença de externalidades negativas afeta os custos sociais e caso internalizados, reduziriam a rentabilidade do aterro. Ressaltam-se como custos as emissões de outros gases e os desconfortos.

Por fim, a inclusão dos custos das externalidades nos custos totais dos aterros sanitários, pode expor a necessidade de uma ação mais equilibrada na implementação de políticas de gerenciamento (planos municipais, estaduais e nacional de RSU) de resíduos sólidos (como compensações sociais, por exemplo) e também contribuir para a incorporação das melhores

práticas ambientais, de forma a minimizar os impactos, e elevar o padrão tecnológico do setor de saneamento no país.

REFERÊNCIAS

ABES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. “O Impacto da Pandemia: Redução de RSU 2020-2021”. Câmara Temática de Resíduos Sólidos, 2021.

ABNT, 1992 – Norma Técnica Brasileira n. 8419 de 1992 (NBR 8419/92) “Apresentação de projetos de aterros sanitários de Resíduos sólidos urbanos”. Rio de Janeiro, 1992, ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABETRE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS. “Estudo sobre os Aspectos Econômicos e Financeiros da Implantação e Operação de Aterros Sanitários Relatório final”. Fundação Getúlio Vargas (org.) São Paulo, 2009. Disponível em: <https://abetre.org.br/wp-content/uploads/2019/11/FGV-Aterros-Sanitarios-Estudo.pdf> Acesso em: 21 de jul. 2021.

ABRELPE, 2021 Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Limpeza, Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021, São Paulo, Março de 2021.

ADASA, 2020 Norma Técnica 23/2020 da Agência Reguladora de Serviços Públicos Disponível em: <https://www.adasa.df.gov.br> Acessado em: 02/02/2022

AMORIM, J.C. “Emissões Odoríferas Provenientes da Decomposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) em Centrais de Tratamento de Resíduos (CTR) – Estudo de Caso: CTR Seropédica, RJ, Brasil.” Projeto de Graduação. 128 pág. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2013.

EIGENHHEER, E.M; FERREIRA, J.A. Lixo e limpeza urbana: entender para educar. UERJ: Departamento de Extensão – Cartilha, Gráfica UERJ, 2011.

BACEN; BANCO CENTRAL DO BRASIL. “CALCULADORA DO CIDADÃO. Disponível em <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>. Acesso em 15 de set. de 2022.

BACEN; BANCO CENTRAL DO BRASIL. HISTÓRICO TAXA DE JUROS. Disponível em <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros> Acesso em 26 de set. 2022.

BDA (2009). “The full cost of landfill disposal in Australia 2009” Disponível em: <http://www.bdagroup.net/wp-content/uploads/2010/05/DEWHA-Cost-of-Landfill-July-20091.pdf> Acesso em: 21 de maio 2021.

BELO HORIZONTE – SUPERINTENDENCIA DE LIMPEZA PÚBLICA. Décimo Sexto Termo Aditivo ao Contrato SMURBE SC 266/08, 2022.

BRITANNICA, The Editors of Encyclopedia. "Arthur Cecil Pigou". Encyclopedia Britannica, 3 Mar. 2022, <https://www.britannica.com/biography/Arthur-Cecil-Pigou>. Acesso em 13 de set. de 2022.

BOSCOV, M.E.G. Geotecnia Ambiental. Oficina de Textos, 2008. São Paulo. Pag. 248

CATAPRETA, Cícero. Comportamento de um aterro sanitário experimental: avaliação da influência do projeto, construção e operação. 2008. 316 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2008.

CAMPOS, C.C. “AVALIAÇÃO DE EMPRESAS – O MODELO DO FLUXO DE CAIXA DESCONTADO”, 2009. Monografia de Bacharelado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. Pag. 40.

CERDA, Rodrigo. CÚNEO, Carlos M. Atenção primária ambiental. OPAS: Washington D.C., 1999. Disponível em: https://www.paho.org/bra/dmdocuments/A_Atencao-Primaria-Ambiental_1999_Port.pdf Acesso em: 17 jan. 2022.

CETESB 2022. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Mortandade de Peixes. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/contaminantes/amonia/> Acesso em 25 de dez.2022.

CICLUS AMBIENTAL S.A. 20 abr. 2016. 46 slides. Disponível em: https://www.comiteguandu.org.br/downloads/ARTIGOS%20E%20OUTROS/CTR_RIO_SANTA-ROSA.pdf. Acesso em 01 nov. 2021.

Demonstrações financeiras em 31 de dezembro de 2021 e relatório do auditor independente. Disponível em: https://ciclusambiental.com.br/wp-content/uploads/2022/04/CICLUSAMBIENTAL21.DEZ_.pdf Acesso em 12 nov. 2021.

CUNHA, Carlos Eduardo S. C. P. Proposta de Índice de Sustentabilidade Operacional de Aterros Sanitários (Isoas). Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Engenharia Ambiental-DEAMB da UERJ, 2019.

DISTRITO FEDERAL – AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO. Nota Técnica N°23/2020. ADASA/SEF/COEE, 2020.

DOERJ (2016) - DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO RIO DE JANEIRO. Serb Saneamento E Energia Renovável Do Brasil S/A. Ano xlii - n° 085 - parte v. quarta-feira - 11 de maio de 2016.

DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO RIO DE JANEIRO. Serb Saneamento E Energia Renovável Do Brasil S/A. Ano xli - n° 073 - parte v. quarta-feira - 29 de abril de 2015.

DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO RIO DE JANEIRO. Serb Saneamento E Energia Renovável Do Brasil S/A. Ano xl - n° 126 - parte v.14 de julho de 2014.

DIÁRIO OFICIAL DO ESTADO RIO DE JANEIRO. Ciclus Ambiental do Brasil S/A. Ano n°127 ogi - parte v. quinta-feira - 2 de abril de 2020.

ELK, Ana Ghislane Henriques Pereira Van. Reduções de emissões na disposição final. Coordenação de Karin Segala. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. (Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos 3).

ESHET, Tzipi. A critical review of economic valuation studies of externalities from incineration and landfilling. Research Gate, dez. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/7392459_A_critical_review_of_economic_valuation_studies_of_externalities_from_incineration_and_landfilling Acesso em 10 de mar. de 2022.

ESPIRITU, J.G.M. et al. Percepção da Comunidade sobre a poluição por odores de um aterro sanitário na Amazônia Oriental Brasileira. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 12, 5:199-209, 2021.

EUROPEAN COMMISSION. A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill Disposal and Incineration of Waste. Final Main Report, out. 2000.

FREITAS, Juliana. M; Externalidade na disposição final de resíduos sólidos municipais: avaliação para o Centro de Tratamento de Resíduos Sólidos Santa Rosa na região metropolitana do Rio de Janeiro, 2013. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/24456> Acesso em: 15 de mar 2022.

FGV - Fundação Getúlio Vargas. Estudo sobre os Aspectos Econômicos e Financeiros da Implantação e Operação de Aterros Sanitários Relatório final. Fundação Getúlio Vargas (org.) São Paulo, 2009. Disponível em: Aspectos Econômicos e Financeiros (abetre.org.br) Acesso em: 21 de jul. 2021.

FGV-FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/igpm-resultados-2022> Acesso em: 16 de mar. de 2022.

FIPE - FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS. Aspectos técnicos/econômico-financeiros da implantação, manutenção, operação e encerramento de aterros sanitários – Relatório Técnico, 2017.

FLORIANÓPOLIS – PREFEITURA MUNICIPAL. Residuômetro. Outubro 2022.

GOOGLE Earth website. Disponível em: <https://www.google.com/maps/@-22.7931518,-43.7666821,2830m/data=!3m1!1e3!5m1!1e1> Acesso em: 15 jan. 2022.

GOSTELOW, P., et al. Odour Measurements for sewage treatment works. Pag. 579-597, UK, 2001. Disponível em: < <http://www.iwaponline.com/wst/04106/wst041060033.htm>>. Acesso em: 15 maio 2013.

GREENBERG, Michael.; HUGHES, J. The Impact of Hazardous Waste Superfund Sites on the Value of Houses Sold in New Jersey. The Annals of Regional Science, v. 26, 1992.

GREENE, W.H. Econometric Analysis. Macmillan Publishing Company, Nova York. 1993.
HAM, Robert, The valuation of landfill disamenities in Birmingham. Research Gate, jan 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257342481_The_valuation_of_landfill_disamenities_in_Birmingham Acesso em 10 de mar. de 2022.

HAM, Y; Maddisson, D; Elliotta, R. “The Valuation of Landfill Disamenities in Birmingham” Department of Economics, University of Birmingham, Birmingham B15 2TT United Kingdom

IPCC (2014) “IPCC Fifth Assessment Report, 2014 (AR5). Disponível em: https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf Acessado em 02/01/2022.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2022) Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2146:ca tid=28&Itemid=23 Acesso em 21 de out. de 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 01 de mar. de 2022.

IPT/CEMPRE - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS E COMPROMISSO EMPRESARIAL COM A RECICLAGEM. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 3 ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2010. 350 p.

ISWA – INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. Landfill Operational Guidelines. ISWA, 2010.

JAMES, David. “The Application of economic Techniques in environmental impact assessment”. Kluwer Academic Publishers. 1994.

JENTZEN, Jochem. The economic value of natural and environmental resources: background document training. Institute for Applied Environmental Economics, Nov. 2006.

KAZA, Silpa; YAO, Lisa C.; BHADA Tata, Perinaz; VAN Woerden, Frank. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development; Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> License: CC BY 3.0 IGO.” Disponível em <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> Acesso em: 25 de out. 2022.

KRELING, Mônica. ATERRO SANITÁRIO DA EXTREMA E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Geociências – Programa de pós-graduação em geografia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2006.

KRISTEIN, M. M. Corporation Finance. New York: Barnes and Noble INC. 1969.

LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S. DO. Geração e características do lixiviado. Resíduos sólidos: Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB. Rio de Janeiro, ABES, v.3. 2009.

LOHRI, C.R.; CAMENZIND, E.J.; ZURBRUG, C. Financial sustainability in municipal solid waste management – Costs and revenues in Bahir Dar, Ethiopia. *Waste Management*, 34 (542-55), 2014.

LEI 6.404/1976. Disponível em: <http://www.portaldecontabilidade.com.br/guia/demonstracaodoresultado.htm>. Acesso em: 20 jun. 2022.

LIM, J. S. MISSIO. PI. O tamanho realmente importa? Impactos da escala do aterro nos valores das propriedades, *Applied Economics Letters*, 14:10, 719-723, 2007. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/13504850600592531?scroll=top&needAccess=true#2b85d6ca-6520-4a3d-8e4a-aa9f2ee3f33d-b6de7b7c-de82-45a5-9538-313dd15c6659> Acesso em 15 de nov 2022.

MAAS-COLLEL, Andreu; WHINSTON, Michael D.; GREEN, Jerry. *Microeconomic Theory*. Editora Oxford University Press. USA. 1995.

MANNARINNO, C.F; FERREIRA, J.A; GANDOLLA M. Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Européia. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/6zk8GWTtkKhdF4g77xKWFxq/?lang=pt&format=html> Acessado em 02/02/2022.

MIJANGO, Medina. Research Trends in the Economic Analysis of Municipal Solid Waste Management Systems: A Bibliometric Analysis from 1980 to 2019. *Sustainability*, [S. l.], p. 1-20, 21 set. 2020.

MONTEIRO J. H. P. - REFERÊNCIA PESSOAL (2022).

MOTTA, R. S. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. 1997.

NAHMAN, Anton. Determinação de externalidades de aterro sanitário: custos de emissões e desastres na Cidade do Cabo, África do Sul. Vol. 31, pág. 2046-2056, setembro-outubro de 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X11002571> Acesso em 04 jul. 2021.

NBR 8419/92, Licenciador Ambiental. Disponível em: <http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/NBR-8419-92-Apresentacao-de-Projetos-de-Aterros-Sanitarios-de-Residuos-Solidos-Urbanos.pdf> Acesso em 10 mar. de 2022.

NELSON, A.C.; Genereux, J. and Genereux, M. Price effects of landfills on house values. *Land Economics*,. pág. 359-365, 1992.

NETO, RAUL. “O modelo de estimativa dos custos em aterros sanitários para apoio no gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos” 1º-Congresso Internacional de tecnologia em meio ambiente, 2008.

NJOKU, P.O.; EDOKPAYI, J.N.; ODIYO, J.O. Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 12: 2125, 2019.

OCDE/Eurostat. "Manual Metodológico Eurostat-OCDE sobre Paridades de Poder de Compra (Edição de 2012)", Publicação da OCDE, Paris. Disponível em: <https://www.oecd.org/sdd/prices-ppp/eurostat-oecdmethodologicalmanualonpurchasingpowerparitiesppps.htm> Acesso em 02 de out. de 2022.

OLIVEIRA G. FERREIRA, A.V. "Nem negacionismo nem apocalipse – economia do meio ambiente: uma perspectiva brasileira". 1. Ed. São Paulo: BEI Editora, São Paulo, 2021.

OTENG-ABABIO, M.; OWUSU-SEKYERE, E.; AMOAH, S.T. Landfill externalities and property values dilemma – emerging insights from three Ghanaian cities. *Journal of Contemporary African Studies*. 35, n3, p.349-369, 2017.

PASSOS, Eduardo Lelis. Caracterização geotécnica de área na implantação de um aterro sanitário – estudo de caso do aterro sanitário de Brasília/DF. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil), Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2019.

PEPPER, Ian.; GERBA, Charles; MARK, Brusseau. *Environmental and Pollution Science*. Second edition, 2006.

PEREIRA, Tatiana Cotta G. O processo de produção de uma injustiça ambiental e seus impactos: o caso do CTR Rio em Seropédica», *Espaço e Economia*. 2020. Disponível em: <http://journals.openedition.org/espacoeconomia/16546> Acesso em 15 de set. de 2022.

RAHIM, Jamal.; RAHIMAH, Ab. Non-Market Valuation Approach to Environmental Cost-Benefit Analysis for Sanitary Landfill Project Appraisal. *Sustainability*, [S. l.], p. 1-18, 10 jul. 2021.

RECIFE. CTR-CANDEIAS. Informação Pessoal. Jucá, J.F.T., 2022.

REIS, Neto. Taxa de desconto: entenda como funciona esse tipo de cálculo. 2019. Disponível em: <https://www.sun.com.br/artigos/taxa-de-desconto/> Acesso em 05 de nov. de 2022.

RIBEIRO, Daniela Freitas. Avaliação dos aspectos estruturais e operacionais em cinco aterros sanitários, localizados nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, UERJ, 2015.

ROWE, R.K. and YU, Y. Factors affecting the clogging of leachate collection systems in MSW landfills. Keynote lecture, 6th International Conference on Environmental Geotechnics, New Delhi, November 2010, 3-23, 2010.

SIMONSEN, Mario Henrique, *Teoria Microeconômica*. Editora Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 1969.

SILVA, Márcia. Z. et al. Fatores contingenciais que contribuem para a decisão de modificação do sistema de custeio: estudo de caso em uma indústria moageira. *Revista de Administração*. São Paulo, v.49, n.2, abr./maio/jun. 2014.

SIRONI, SELINA et al. Odour emission factors for assessment and prediction of Italian MSW landfills odour impact. *Atmosphere Environment*, 39, 5387-5394, 2005.

STIBINGER, J. Approximation of clogging in a leachate collection system in municipal solid waste landfill in Osecna (Northern Bohemia, Czech Republic). *Waste Management*, 63, 131-142, 2017.

TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S.A. *Integrated Solid Waste Management – Engineering Principles and Management Issues*. Mc-Graw Hill Editions, 1993.

VAVERKOVÁ, Madalena Daria. Landfill Impacts on the Environment—Review. *Geosciences*, 3 out. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336252254_Landfill_Impacts_on_the_Environment-Review Acesso em 17 dez. 2021.

VETORLOG, INTELIGÊNCIA EM MEDIÇÕES. Como é a Matriz Energética Brasileira - 2021. (<https://www.vetorlog.com/2021/06/25/como-e-a-matriz-energetica-brasileira/> - acesso em dezembro 2022).

VERGARA, S.E. TCHOBANOGLIOUS, G. Municipal Solid Waste and the Environment: a Global Perspective. 2012. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-050511-122532> Acesso em 15 ago. 2021.

VITAL, M. H. F.; INGOUVILLE, M. PINTO, M. A. C. Estimativa de investimentos em aterros sanitários para atendimento de metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos entre 2015 e 2019. Editora Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bi b/jspui/handle/1408/3041>. Acesso em 13 dez. 2021.

ZANON, T., Informação Pessoal. Preço por Tonelada Disposta em Aterro por Belém, 2022.

ANEXO A - DEMONSTRATIVOS DE RESULTADO DOS EXERCÍCIOS

ANEXO A1 - Demonstração de Resultado do Exercício SERB S.A. 2013 e 2012

DEMONSTRAÇÃO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO EM 31/12			
(Em Milhares de Reais)	Nota	2013	2012
			(Reapresenta- do Nota 2.16)
Receita	20	113.881	92.381
Custo	21	<u>(115.617)</u>	<u>(93.326)</u>
Lucro Bruto		(1.736)	(945)
Despesas administrativas	21	(10.639)	(10.091)
Despesas comerciais	21	(2.856)	(1.070)
Outras despesas/Receitas operacionais	21	<u>7.527</u>	<u>(12)</u>
Lucro (Prejuízo) operacional		<u>(7.704)</u>	<u>(12.118)</u>
Receitas financeiras	22	1.040	522
Despesas financeiras	22	<u>(33.262)</u>	<u>(21.409)</u>
Receitas (despesas) Financeiras, líquidas		<u>(32.222)</u>	<u>(20.887)</u>
Lucro antes do IR e da CSLL		(39.926)	(33.005)
IR e CSLL correntes		(214)	-
IR e CSLL diferidos	17	<u>34.943</u>	<u>-</u>
Lucro (Prejuízo) líquido do exercício		<u>(5.198)</u>	<u>(33.005)</u>

Fonte: DOERJ (2013).

ANEXO A2- Demonstração de Resultado do Exercício SERB S.A. 2014 e 2015

Demonstração do Resultado em 31/12 (Em MR\$)		
	<u>2015</u>	<u>2014</u>
Receitas operacionais		
Receita líquida de crédito de carbono e serviços prestados (nota 21)	190.647	159.962
Custo de crédito de carbono e serviços prestados (nota 22)	<u>(166.131)</u>	<u>(152.159)</u>
Lucro bruto	24.516	7.804
Despesas administrativas (nota 22)	(9.303)	(19.453)
Outras receitas (despesas) operacionais (nota 22)	<u>(743)</u>	<u>843</u>
Lucro (prejuízo) operacional	14.470	(10.804)
Despesas financeiras (nota 23)	(71.465)	(28.802)
Receitas financeiras (nota 23)	<u>13.010</u>	<u>5.517</u>
Resultado financeiro líquido	<u>(58.455)</u>	<u>(23.285)</u>
Prejuízo antes do IR e da contribuição social	(43.985)	(34.089)
Imposto de renda e contribuição social diferidos (nota 13)	<u>9.811</u>	<u>7.936</u>
Prejuízo do exercício	(34.174)	(26.153)
Além do lucro líquido do exercício, não existiram outros resultados abrangentes.		
Por isso, a Cia. não está apresentando a demonstração do resultado abrangente.		

Fonte: DOERJ (2015).

ANEXO A3 - Demonstração de Resultado do Exercício transição SERB S.A. /CICLUS AMBIENTAL S.A. 2016 e 2017

Demonstração do Resultado em 31/12/17 e 2016 (Em MR\$)			
	Nota	2017	2016
Receita operacional líquida	19	257.542	220.194
Custo dos serviços prestados	20	(179.370)	(176.163)
Lucro bruto		78.172	44.031
Despesas operacionais, líquidas			
Despesas gerais e administrativas	21	(8.542)	(9.975)
Outras receitas (despesas) operacionais, líquidas	22	229	(1.481)
Lucro operacional		69.859	32.575
Resultado financeiro		(29.430)	(33.234)
Despesas financeiras	23	(43.467)	(56.598)
Receitas financeiras	23	14.037	23.364
Lucro (prejuízo) antes do IR e da contribuição social		40.429	(659)
Imposto de renda e contribuição social correntes	11	(7.034)	(4.766)
Imposto de renda e contribuição social diferidos	11	(146)	1.904
Lucro líquido (prejuízo) do exercício		33.249	(3.521)

•As demonstrações financeiras foram preparadas e estão sendo apresentadas conforme as práticas contábeis adotadas no Brasil, incluindo os pronunciamentos emitidos pelo Co-

Diretora: Adriana Vilela Montenegro Felipetto - CPF 004.706.887-69

Fonte: DOERJ, 2017.

ANEXO A4 - Demonstração do Resultado do Exercício de 2018 e 2017

Ciclus Ambiental do Brasil S.A.
Demonstrações do resultado
para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2018 e de 2017

(Valores expressos em milhares de Reais)

	Notas	31/12/2018 Reapresentado	31/12/2017 Reapresentado
Receita operacional líquida	20	269.635	244.699
Custo dos serviços prestados	21	(191.909)	(181.678)
Lucro bruto		<u>77.726</u>	<u>63.021</u>
Receitas/(despesas) operacionais:			
Despesas gerais e administrativas	22	(10.577)	(15.171)
Outras receitas operacionais	23	1.332	1.475
Lucro antes das despesas e receitas financeiras		<u>68.481</u>	<u>49.325</u>
Despesas financeiras	24	(59.289)	(46.669)
Receitas financeiras	24	15.101	7.734
Lucro antes do imposto de renda e contribuição social		<u>24.293</u>	<u>10.390</u>
Imposto de renda e contribuição social - corrente	17	(10.048)	(1.261)
Imposto de renda e contribuição social - diferido	17	(687)	1.684
Lucro líquido do exercício		<u><u>13.558</u></u>	<u><u>10.813</u></u>
Lucro líquido por ação (em Reais)		<u>0,23</u>	<u>0,18</u>

Fonte: CICLUS AMBIENTAL S.A. 2018.

ANEXO A5 - Demonstrativo de Resultados do Resultado do Exercício de 2019 e 2018

Demonstrações do resultado
para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2019 e de 2018

(Valores expressos em milhares de reais, exceto quando indicado de outra forma)

	Notas	31/12/2019	31/12/2018
		Reapresentado	Reapresentado
Receita operacional líquida	21	287.024	269.635
Custo dos serviços prestados	22	(218.592)	(191.909)
Lucro bruto		<u>68.432</u>	<u>77.726</u>
Receltas/(despesas) operacionais:			
Despesas gerais e administrativas	23	(10.432)	(10.577)
Outras receltas operacionais	24	2.933	1.332
Lucro antes das despesas e receltas financeiras		<u>60.933</u>	<u>68.481</u>
Despesas financeiras	25	(56.010)	(59.289)
Receltas financeiras	25	16.730	15.101
Lucro antes do imposto de renda e contribuição social		<u>21.653</u>	<u>24.293</u>
Imposto de renda e contribuição social – corrente	18	(16.569)	(10.048)
Imposto de renda e contribuição social - diferido	18	2.677	(687)
Lucro líquido do exercício		<u><u>7.761</u></u>	<u><u>13.558</u></u>
Lucro líquido por ação (em reais)	27	<u>0,13</u>	<u>0,23</u>

Fonte: CICLUS AMBIENTAL S.A., 2021.

ANEXO A6 – Demonstrativo do Resultado do Exercício de 2021/2020

Ciclus Ambiental do Brasil S.A.**Demonstrações do resultado
para os exercícios findos em 31 de dezembro de 2021 e de 2020**

(Valores expressos em milhares de reais, exceto quando indicado de outra forma)

	<u>Notas</u>	<u>31/12/2021</u>	<u>31/12/2020</u>
Receita operacional líquida	21	367.127	288.891
Custo dos serviços prestados	22	(207.348)	(191.494)
Lucro bruto		<u>159.779</u>	<u>97.397</u>
Receitas/(despesas) operacionais:			
Despesas gerais e administrativas	23	(18.860)	(14.390)
Outras receitas operacionais	24	2.177	451
Lucro antes das despesas e receitas financeiras		<u>143.096</u>	<u>83.458</u>
Despesas financeiras	25	(65.197)	(75.741)
Receitas financeiras	25	18.136	20.354
Lucro antes do imposto de renda e contribuição social		<u>96.035</u>	<u>28.071</u>
Imposto de renda e contribuição social - corrente	17	(19.971)	(5.301)
Imposto de renda e contribuição social - diferido	17	(15.718)	(7.738)
Lucro líquido do exercício		<u>60.346</u>	<u>15.032</u>
Lucro líquido por ação (em reais)	27	<u>1.005</u>	<u>0,251</u>

Fonte: CICLUS AMBIENTAL S.A., 2021.

ANEXO B – Atualizações dos Demonstrativos de Resultados dos Exercícios (DREs): O IGP-DI (FGV) e a Calculadora do Cidadão (Banco Central do Brasil – BACEN)

ANEXO B1 - Atualização de prejuízo líquido do exercício de 2012 à preços de 2021 (IGP-DI)

Correção de valor por índices de preços	
Selecione o índice para a correção	IGP-DI (FGV) - a partir de 02/1944
* Data inicial (MM/AAAA) (Inclui a taxa do mês inicial)	12/2012
* Data final (MM/AAAA)	12/2021
Valor a ser corrigido	33005,00

Fonte: BACEN, 2022.

ANEXO B2- Atualização de prejuízo líquido do Exercício 2012 à preços de 2021 (IGP-DI): Resultados

Resultado da Correção pelo IGP-DI (FGV)

Dados básicos da correção pelo IGP-DI (FGV)	
Dados informados	
Data inicial	12/2012
Data final	12/2021
Valor nominal	R\$ 33.005,00 (REAL)
Dados calculados	
Índice de correção no período	2,17567720
Valor percentual correspondente	117,567720 %
Valor corrigido na data final	R\$ 71.808,23 (REAL)

Fonte: BACEN, 2022.

ANEXO B3 - Atualização do Lucro Líquido do exercício de 2017 à preços de 2021 (IGP-DI)

Correção de valor por índices de preços

Selecione o índice para a correção

* Data inicial (MM/AAAA)
(Inclui a taxa do mês inicial)

* Data final (MM/AAAA)

Valor a ser corrigido

Fonte: BACEN, 2022.

ANEXO B4 - Atualização do Lucro Líquido do Exercício de 2017 à preços de 2021 (IGP-DI)

Resultado da Correção pelo IGP-DI (FGV)

Dados básicos da correção pelo IGP-DI (FGV)	
Dados informados	
Data inicial	12/2017
Data final	12/2021
Valor nominal	R\$ 33.249,00 (REAL)
Dados calculados	
Índice de correção no período	1,68356960
Valor percentual correspondente	68,356960 %
Valor corrigido na data final	R\$ 55.977,01 (REAL)

Fonte: BACEN, 2022.

ANEXO C – TRANSFERÊNCIA DE BENEFÍCIOS: AMPLITUDE DE VALORES

ANEXO C1 - Intervalos de valores monetários atribuídos às emissões de GEE (AU\$ (2008) /t/d)

Estudos	Localização	Valor Externalidade de CO ₂ eq.	Hipóteses acerca de aterros	Dano presumido do custo de CO ₂ eq.
Miranda & Hale 1999	US	\$6 - \$125	Faixa com/sem queima de metano	\$7 - \$20
European Commission 2000	EU	\$11 - \$18	Faixa de melhores estimativas para novos/antigos	\$9
ACT Government 2001	AUS	\$7	Não assume nenhuma captura de gás	\$5
Davies & Doble 2004	UK	\$2 - \$17	Intervalo para existente/novo, urbano/rural, com/sem captação de metano	\$5 - \$37
Dijkgraaf & Volleburgh 2004	NED	\$11	Melhores práticas (padrões holandeses rigorosos por estandes mundiais)	\$65
BDA Group & Econsearch 2006	AUS	\$6 - \$11	Intervalo para urbano/rural	\$16
Productivity Commission 2006	AUS	\$0 - \$16	Intervalo para melhor prática com/sem geração de eletricidade	\$5 - \$20
Covec 2007	NZ	\$8 - \$13	70% dos aterros NZ tem captação de gás com 44% de eficiência	\$15 - \$25
Nota: Dijkgraaf & Volleburgh 2004 é para emissões atmosféricas totais – nenhuma divisão disponível.				

Fonte: Adaptado BDA, 2009.

ANEXO C2– Intervalos de valores de impacto das emissões de lixiviados de aterros sanitários (AU\$ 2008/t/d)

Estudos	Localização	Intervalo de valores AUS/TONELADA RSU/DIA	Pressuposto de aterro
Miranda & HALE 1999	EUA	\$0 - \$2	Aterros dos Estados Unidos
European Commission 2000	EU	\$0 - \$3	Faixa para novo/velho
Dijkgraaf & Volleburgh 2004	NED	\$ 0 - \$5	Melhores práticas (padrões holandeses rigorosos pelos padrões mundiais)
Davie & Doble 2004	UK	\$0 - \$2	Intervalo para o existente (novo urbano/rural, com captura de metano/sem captura de metano)
BDA Group & Econsearch 2006	AUS	\$0.0004 - \$0.0002	Intervalo para os locais rurais e urbanos
Productivity Commission 2006	AU	\$0 - \$1	Melhores práticas em aterros com ou sem geração de energia
Covec 2007	NZ	\$1- \$36	Intervalo para aterros da Nova Zelândia

Fonte: BDA, 2009.

ANEXO C3 - Custos externos de desconfortos gerados em aterros sanitários (AU\$ 2008)

Estudo	Localização	Intervalo de valores	Premissas de aterro	Derivação
European Commission 2000	EU	\$22	Intervalo para novo/antigo	Função de preço hedônico transferida por Brisson & Pearce 1998
ACT Government 2001	AUS	\$5	Aterros da ACT	Custos de reposição, valores a 5 % do custo de gerenciamento de resíduos.
DEFRA 2004	UK	\$7-\$9	Aterros ucranianos	Preço hedônico transferido valorizado por DEFRA 2003
Productivity Commission 2006	AUS	\$0-\$1	Melhores aterros com ou sem geração de energia	Revisão de literatura internacional e australiana
Covec 2007	NZ	\$1-\$9	Aterros da Nova Zelândia	PC 2006 para- LOW END DEFRA HIGH END

Fonte: adaptado BDA, 2009.