



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

VALORAÇÃO DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS GERADOS PELA
RECICLAGEM: ESTUDO DE CASO DE UMA ASSOCIAÇÃO DE CATADORES DE
MATERIAL RECICLÁVEL DE BELO HORIZONTE, MG

PAULO ROBERTO DA SILVA JÚNIOR

BELO HORIZONTE
2017

PAULO ROBERTO DA SILVA JÚNIOR

VALORAÇÃO DOS BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS GERADOS PELA
RECICLAGEM: ESTUDO DE CASO DE UMA ASSOCIAÇÃO DE CATADORES DE
MATERIAL RECICLÁVEL DE BELO HORIZONTE, MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de
Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Ambiental e
Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi.

BELO HORIZONTE
2017



Serviço Público Federal – Ministério da Educação
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E
SANITÁRIA**

**ATA DE DEFESA FINAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

Aos **vinte** dias do mês de **junho** de 2017, no *campus* I do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, reuniram-se os professores Daniel Brianezi, Gisele Vidal Vimieiro e Ricardo José Gontijo Azevedo, para participarem da banca de avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **“Valoração dos benefícios econômicos e ambientais gerados pela reciclagem: Estudo de caso de uma associação de catadores de material reciclável de Belo Horizonte, MG”** de autoria do aluno **Paulo Roberto da Silva Júnior**, do curso de Engenharia de Ambiental e Sanitária. Uma vez avaliado, o trabalho foi declarado:

Aprovado.
 Reprovado.

Belo Horizonte, 20 de junho de 2017.

Banca Examinadora:

Prof. Orientador Daniel Brianezi

Prof^a Gisele Vidal Vimieiro

Prof. Ricardo José Gontijo Azevedo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Paulo Roberto e Maria Tereza, e a minha irmã Fernanda Souza pelo incentivo e apoio incondicional durante todos os meus anos de escola e faculdade.

Aos meus professores que com dedicação nos passaram seus conhecimentos e experiências, contribuindo para o melhor aprendizado de seus alunos. Em especial para meu professor orientador, Daniel Brianezi, que através de seus conselhos, orientações e boas idéias, auxiliou na conclusão desta pesquisa.

Aos meus amigos, principalmente aos meus colegas de turma, pelo companheirismo e pelas trocas de experiências realizadas durante o curso.

E a ASMARE, por ter nos recebido e aceitado nos transmitir todas as informações e conhecimentos necessários para a elaboração desse trabalho.

RESUMO

SILVA JUNIOR, PAULO ROBERTO. Valoração dos benefícios econômicos e ambientais gerados pela reciclagem: Estudo de caso de uma associação de catadores de material reciclável de Belo Horizonte, MG. 94p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Orientador: Daniel Brianezi.

A produção a partir da matéria-prima virgem geralmente possui um elevado custo econômico, além de consumir uma grande quantidade de insumos e produzir, conseqüentemente aspectos e impactos ambientais negativos como, por exemplo, emissão de gases causadores do efeito estufa. Devido a isso, a reciclagem tem se mostrado uma importante alternativa para atenuar as externalidades ambientais negativas. Deste modo, objetivou-se com este trabalho valorar os benefícios econômicos e ambientais proporcionados pela reciclagem de resíduos coletados por uma associação de catadores de materiais recicláveis. Para isso, foram levantados dados primários e secundários dos processos de produção primária (material virgem) e secundária (sucata) do alumínio, plástico, papel e vidro e estimou-se os benefícios econômicos e ambientais proporcionados pela substituição do material primário pelo material reciclável. Para os cálculos desses benefícios foram adotadas as porcentagens de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% que representam a quantidade de sucata utilizada dentro do processo de produção secundária. A partir dessas considerações verificou-se que o alumínio e o plástico são os materiais que apresentam os maiores benefícios dentre os materiais avaliados. Além disso, a ASMARE (Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte, MG) gera todos os anos R\$ 2.707.513,01 em benefícios econômicos e ambientais pela coleta seletiva. Belo Horizonte poderia gerar 4 vezes mais benefícios se investisse mais em coleta seletiva conforme outras cidades brasileiras fazem. Conclui-se que uma coleta seletiva adequada em conjunto com o trabalho de associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis aumenta consideravelmente os benefícios econômicos e ambientais gerados através da reciclagem desses resíduos sólidos.

Palavras-chave: Economia ambiental; Reciclagem; Serviços ambientais urbanos.

ABSTRACT

SILVA JUNIOR, PAULO ROBERTO. Evaluation of economic and environmental benefits by recycling: Study-case of an association of recyclable waste pickers at Belo Horizonte, MG. 94p. Under graduate Thesis (Sanitation and Environmental Engineering degree) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Advisor: Daniel Brianezi.

The primary production from raw materials usually has a higher cost and large consumption of inputs that, in consequence, can produce negative environmental aspects and impacts, for example, emission of greenhouse gases. Because of this, the recycling has proved to be an important alternative for reduction of negative environmental externalities. The objective of this study was to evaluate the economic and environmental benefits provided by an association of the recyclable waste collectors. For this, we collected primary and secondary production processes data of aluminum, plastic, paper and glass and we estimated the economic and environmental benefits provided by change of the primary material by recyclable material. We compare different percentages of scrap materials (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) to calculate these benefits. More over, aluminum and plastic have greater benefits than others materials evaluated. In addition, the ASMARE generates every year R\$ 2,707,513.01 of total benefits. Belo Horizonte, MG city could be generated 4 times more benefits if it had invested more in selective waste collection as others Brazilian cities. We concluded that an appropriate selective waste collection joined with the work of associations and cooperatives of recyclable waste pickers greatly increases the economic and environmental benefits generated by the recycling of these solid wastes.

Keywords: Environmental economics; Recycling; Urban environmental services.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Índices de reciclagem de cada tipo de material	22
FIGURA 2 – Impactos causados por lixões	25
FIGURA 3 – Aterro controlado.....	25
FIGURA 4 - Aterro sanitário.....	26
FIGURA 5 – Compostagem	27

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Custo médio da energia elétrica para a região sudeste do Brasil, em R\$/MWh .	39
TABELA 2- Valor médio do custo da água (R\$/m ³)	41
TABELA 3 - Valor do dano ambiental causado por uma hidrelétrica, em R\$/MWh.....	45
TABELA4- Quantidade material coletada pela ASMARE, em toneladas/ano.....	52
TABELA 5- Quantidade material coletada pela coleta seletiva em Belo Horizonte - MG (T/ano)	53
TABELA 6- Quantidade material coletada pela coleta seletiva em Belo Horizonte - MG com a eficiência da coleta seletiva da cidade de Porto Alegre - RS (T/ano).....	54
TABELA 7- Quantidade material produzida pela cidade Belo Horizonte, MG (T/ano)	55
TABELA 8 – Custo da energia elétrica para a produção primária de cada tonelada de material, em R\$/T.	56
TABELA 9 – Custo da energia elétrica para produção secundária de cada tonelada de material, em R\$/T.	56
TABELA 10 – Valor do benefício econômico da redução do consumo da energia elétrica por material avaliado, em (R\$/T).....	57
TABELA 11 – Custo da água para a produção primária por tipo de material, em R\$/m ³	59
TABELA 12 - Custo da água para produção secundária por tipo de material, em R\$/m ³	59
TABELA 13–Valor do benefício econômico da redução do consumo de água, em R\$/T.....	59
TABELA 14 – Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção primária do plástico em R\$/T.....	61
TABELA 15 - Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção primária do alumínio em R\$/T.....	62
TABELA 16 – Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção primária do vidro em R\$/T	62
TABELA 17 – Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção primária do papel, em R\$/T	63
TABELA 18– Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção secundária, em R\$/T	64
TABELA 19 – Valor do benefício econômico da redução da utilização de matéria-prima (R\$/T)	64
TABELA 20 – Valor do benefício econômico total por material, em R\$/T	65

TABELA 21 – Custos ambientais da energia elétrica para a produção primária de cada tonelada de material, em R\$/T.....	66
TABELA 22– Custo da energia elétrica para produção secundária de cada tonelada de material, em R\$/T.....	66
TABELA 23 – Custos evitados pela não geração de danos ambientais pelas hidrelétricas (R\$/T) por material avaliado	67
TABELA 24- Valor do benefício ambiental da redução do consumo de água (R\$/T) por material avaliado.....	68
TABELA 25 - Quantidade de CO _{2e} emitida na produção dos materiais primários, em T/T de material	69
TABELA 26- Quantidade de CO _{2e} emitida na produção dos materiais recicláveis, em T/T de material	69
TABELA 27 – Valor dos benefícios da redução da emissão dos GEE por material avaliado, em R\$/T.....	70
TABELA 28 – Quantidade de CO _{2e} emitida no transporte dos insumos utilizados na fabricação da garrafa PET em T/T.	70
TABELA 29 – Quantidade de CO _{2e} no transporte dos insumos utilizados na fabricação das latas alumínio, em T/T.....	71
TABELA 30 – Quantidade de CO _{2e} emitida no transporte dos insumos no transporte da garrafa vidro, em T/T.....	71
TABELA 31 - Quantidade de CO _{2e} emitida no transporte dos materiais recicláveis em T/T..	72
TABELA 32 – Valor dos benefícios da redução da emissão dos GEE devido ao transporte de matérias primas, por material avaliado, em R\$/T.....	73
TABELA 33 – Valor dos benefícios da redução da emissão dos GEE pela não disposição final de papel, em R\$/T.....	73
TABELA 34 – Valor total dos benefícios da redução da emissão dos GEEs por material avaliado, em R\$/T	74
TABELA 35– Valor total dos benefícios ambientais (R\$/T) por material avaliado	75
TABELA36 – Valor do benefício total (R\$/T) por material avaliado	75
TABELA 37 – Valor do benefício total proporcionado pela ASMARE em um ano (R\$) por material avaliado.....	78
TABELA 38 – Valor do benefício total promovido pela coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte - MG em um ano (R\$) por material avaliado em milhões.....	79

TABELA 39 – Valor do benefício total se a coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte - MG tivesse a eficiência da coleta seletiva de Porto Alegre – RS, em um ano (R\$), por material avaliado, em milhões. 80

TABELA 40 – Valor do benefício total proporcionado pela reutilização de 100% do material reciclável coletado na cidade de Belo Horizonte – MG, em um ano (R\$), por material avaliado por, milhões. 81

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- Os benefícios da reciclagem.....	33
--	----

LISTA DE SIGLAS

ASMARE – Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte – MG.

CCEE – Câmara de comercialização de energia elétrica.

CEIVAP - Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

COD – Carbono orgânico degradável.

COFIN - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social.

DMLU – Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre.

GEE – Gases do efeito estufa.

IPI - Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI).

MEG – Monoetilenoglicol

PAG - Potencial de Aquecimento Global.

PBH - Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

PEAD - Polietileno de alta densidade

PET - Politereftalato de etileno

PEV – Ponto de entrega voluntária.

PIS - Programa de Integração Social.

PP – Polipropileno.

PSA – Pagamentos por serviços ambientais.

PSAU – Pagamentos por serviços ambientais urbanos.

PTA – Ácido tereftálico.

RSU – Resíduos sólidos urbanos.

SLU - Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo Geral.....	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1. A situação dos resíduos sólidos no mundo.....	19
3.2 A situação dos resíduos sólidos no Brasil.....	20
3.3 Panorama da reciclagem na região sudeste e em Belo Horizonte.....	22
3.4 Os tipos de disposição final.....	24
3.4.1. Lixão.....	24
3.4.2. Aterro controlado.....	25
3.4.3. Aterro sanitário.....	25
3.4.4. Compostagem.....	26
3.4.5. Reciclagem.....	27
3.5. Características do processo de reciclagem.....	27
3.5.1. Reciclagem da garrafa de plástico.....	28
3.5.2 A reciclagem do alumínio.....	28
3.5.3. Reciclagem do vidro.....	28
3.5.4. Reciclagem do papel.....	29
3.6 Os catadores de material reciclável.....	29
3.7 As associações de catadores de papel.....	30
3.8. ASMARE.....	32
3.9 Valoração Ambiental.....	32
3.10 Os benefícios proporcionados pelas associações de catadores de material reciclável....	33
3.11Pagamentos por serviços ambientais.....	34
3.12 Serviços Ambientais Urbanos.....	34
3.13 Diretrizes para uma política de PSAU para a reciclagem.....	35
3.13.1 Lei Estadual nº 19.823/2011.....	35
3.13.2 Decreto Estadual 45.975/2012.....	35
4. METODOLOGIA.....	37
4.1 Estimativa dos benefícios econômicos da reciclagem.....	38
4.1.1 Benefício Econômico da Energia.....	38
4.1.2 Benefício Econômico da Água.....	40
4.1.3 Benefício econômico da matéria-prima.....	42
4.1.4 Benefício econômico total.....	43
4.2 Estimativa dos benefícios ambientais da reciclagem.....	44

4.2.1 Danos ambientais gerados por hidrelétricas	44
4.2.2 Benefícios ambientais da redução do consumo de água.....	46
4.2.3 Redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)	47
4.2.4 Benefício ambiental total.....	50
4.3 Benefício total	50
4.4 Custo de coleta	51
4.5 Benefício gerado pela não disposição de material reciclável em aterro sanitário.	52
4.6 Benefício proporcionado através da coleta de material reciclável feita pela ASMARE...52	
4.7 Benefício proporcionado pela coleta seletiva realizada na cidade de Belo Horizonte - MG.	53
4.8 Benefício total gerado pela coleta seletiva realizada na cidade de Belo Horizonte - MG, se ele possuísse a mesma eficiência da coleta seletiva da cidade de Porto Alegre - RS.	54
4.9 Benefício total se todo material reciclável produzido na cidade de Belo Horizonte - MG fosse coletado.	55
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1 Benefícios econômicos.....	56
5.1.1 Energia Elétrica	56
5.1.2 Água	58
5.2.3 Matéria-prima	61
5.2.4 Benefício econômico total	64
5.3 Benefícios ambientais.....	65
5.3.1 Cálculo dos danos ambientais gerados por hidrelétricas	65
5.3.2 Benefícios ambientais gerados pela redução do consumo de água	67
5.3.3 Redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)	68
5.3.4 Benefício ambiental total.....	74
5.3 Benefício total	75
5.4 Benefício proporcionado pela coleta de material reciclável feita pela ASMARE	76
5.5 Benefício proporcionado pela coleta de material reciclável em Belo Horizonte - MG.	79
6. CONCLUSÃO.....	84

1. INTRODUÇÃO

O manejo dos resíduos sólidos em áreas urbanas tem se tornado um problema cada vez mais evidente, devido à dificuldade de equalizar o aumento demasiado da geração de resíduos com a sua destinação correta (JACOBI, 2011).

O aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados tem se tornado cada vez maior devido ao aumento da população em geral associado com os hábitos atuais de consumo excessivo, a grande disponibilidade de produtos industrializados acondicionados em embalagens e a redução da vida útil dos produtos (NEVES, 2012).

No entanto, a maior parte desses resíduos produzidos atualmente não possui destinação sanitária e ambiental adequada. Eles são depositados em vazadouros a céu aberto, os chamados lixões ou em aterros controlados, onde os resíduos são dispostos no solo sem nenhum tipo de impermeabilização sendo apenas cobertos por terra (GOUVEIA, 2012).

Os países desenvolvidos, maiores geradores de resíduos sólidos no mundo, possuem os sistemas de gestão de resíduos sólidos mais avançados, como por exemplo, nos Estados Unidos, Japão e nos países da União Europeia. Ao desenvolver esse sistema os governos têm como objetivo principal proteger a sua população dos efeitos negativos provocados por esse tipo de material (MARCHI, 2011).

Já em países mais pobres, como por exemplo, nos países do continente africano a disposição desse resíduo normalmente é realizada em locais a céu aberto, sobre o solo, sem preocupação com o preparo do local ou aspectos operacionais (MARCHI, 2011 *apud* UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2005).

O Brasil como os outros países em desenvolvidos, também possuía um sistema de disposição de resíduos obsoleto, segundo o ABRELPE (2003), mais de 60% das disposições dos resíduos sólidos era feita de forma inadequada. Após as imposições realizadas pela Lei nº 12305 de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos promulgada no ano de 2010 as disposições inadequadas foram reduzidas para 41,6% em pesquisa realizada em 2014 (ABRELPE, 2014).

A destinação inadequada desse tipo de material pode provocar a poluição do solo, das águas e do ar. Além disso, os resíduos sólidos representam um risco à saúde humana quando depositado de maneira incorreta, pois pode haver a transmissão de doenças provocadas pela ação dos vetores, que encontram nele condições adequadas para a sua proliferação (MORAES, 2012).

Com isso, o manejo adequado dos resíduos, como por exemplo, a reciclagem, é considerada uma estratégia fundamental para a preservação do meio ambiente, assim como de promoção e proteção da saúde humana (GOUVEIA, 2012).

A reciclagem de resíduos sólidos além de acarretar benefícios ambientais também proporciona benefícios sociais para a população, pois os resíduos começam a ser vistos de outra forma permitindo a criação de um mercado paralelo onde ocorre a geração de emprego e renda para diversas famílias (ÁVILA, 2009).

Através da reciclagem dos resíduos, materiais até então considerados como rejeitos são novamente coletados, separados e processados para serem utilizados como matéria prima na manufatura de novos produtos. Isso evita que esse material seja disposto em locais incorretos, como por exemplo, lixões e aterros controlados, e também reduz a utilização de matéria prima bruta (primária) na produção industrial, economizando energia e outros recursos naturais (ALENCAR, 2005).

Além disso, a reciclagem de resíduos sólidos também é responsável por outros inúmeros benefícios ambientais que afetam diretamente a população, como, o aumento da vida útil dos aterros sanitários, melhoria da limpeza urbana, diminuição do uso de água e energia para a produção através da matéria prima bruta, diminuição da produção de gases poluidores (LEAL *et al.*, 2002).

Essa técnica está gerando o interesse de todas as partes envolvidas neste novo negócio: O consumidor, que ao destinar o material para a reciclagem possibilita uma melhora da qualidade do meio ambiente, promove a geração de empregos e em alguns casos até recebe uma quantia em dinheiro quando vende esse material. O fabricante que produzirá novos produtos com significativa redução de custos e insumos. No meio, toda a cadeia de suprimentos se beneficia com este fluxo reverso, uma vez que sua operação institucionalizada possibilita novas oportunidades de negócio, além de inserir no mercado de trabalho uma parcela marginalizada da sociedade (SOUZA, 2008).

A criação de um mercado de compra e venda de material reciclável deu origem a profissão de catador de material reciclável. Eles catam e separam dos resíduos sólidos o material que poderá ser comercializado em uma quantidade que seja suficiente para obter uma boa quantia financeira.

O catador de material reciclável, apesar de exercer um papel importante para o meio ambiente, não é valorizado pela sociedade e muitas vezes é até marginalizado pela mesma ou pelo poder público, pelo fato de ser associado a sujeira e não possuir uma boa renda. Esses

fatores associados a falta de conhecimento do trabalhador sobre a sua importância no processo de reciclagem gera a ele um sentimento de inutilidade (DE MEDEIROS, 2006; MAGALHÃES, 2012).

Portanto, as associações de catadores que consistem em instituições que agregam valor ao trabalho do catador de material reciclável, aumentam o poder de negociação com as indústrias de reciclagem, instruem e ensinam, promovem a inserção social e promovem uma melhora da qualidade de vida desse trabalhador. Além dos benefícios sociais, esse tipo de entidade proporciona também benefícios ao meio ambiente, pois a partir dela o material reciclável será destinado às indústrias de reciclagem, evitando assim que ele seja levado aos lixões e aterros (TORRES, 2008).

Como as associações de catadores de material recicláveis dão origem a bens, que no caso é o próprio material coletado, e prestam serviços a sociedade é possível estimar um valor para essa instituição, sendo a valoração econômica um importante critério nos processos de tomada de decisões de políticas ambientais e desenvolvimento sustentável (MATTOS, 2006).

A valoração ambiental e estudos relacionados a ela ainda são pouco difundidos no Brasil, sendo que os estudos existentes estão em sua maior parte associados a serviços ambientais ecossistêmicos. Portanto, a falta de trabalhos relacionados a serviços ambientais urbanos mostra a importância da realização desse estudo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Valorar os bens e serviços ambientais e econômicos obtidos com a coleta e reciclagem de resíduos sólidos por uma associação de catadores de Belo Horizonte.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar e comparar os processos de produção primária e secundária de diferentes materiais recicláveis (alumínio, plástico, papel e vidro);
- Verificar a importância da reciclagem como geradora de benefícios econômicos e ambientais para diferentes materiais e níveis de aproveitamento de sucata no processo de produção;
- Contrastar a coleta seletiva realizada em Belo Horizonte com outros municípios brasileiros e as diferenças nos benefícios potenciais gerados;
- Destacar a importância de associações e catadores de material reciclável na geração de serviços ambientais urbanos para a sociedade.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. A situação dos resíduos sólidos no mundo

A crescente urbanização associada ao consumismo exacerbado, ao advento de novas tecnologias e ao crescimento populacional acarretou para a sociedade um aumento do consumo de bens e serviços. Anteriormente, resíduos sólidos não eram tão complexos e não causavam tantos problemas para a natureza.

Com o aumento do consumo conseqüentemente houve uma crescente produção de resíduos que se transformaram em graves problemas urbanos devido à dificuldade para realizar a sua disposição, ao seu gerenciamento oneroso e complexo, à valorização de áreas urbanas e ao surgimento de novas doenças relacionadas a esses resíduos.

Além disso, esses resíduos sólidos quando disposto de maneira incorreta, além de prejudicar a saúde e qualidade de vida dos cidadãos afeta também a natureza, pois esse material pode poluir a água, ar, solo.

A poluição que esse tipo de material pode causar, associada a crescente preocupação com a temática ambiental após a década de 70, tem tornado o tratamento adequado dos resíduos sólidos urbanos e à reciclagem uma forma mais comum de destinação final para esse tipo de resíduo (IPEA, 2010).

Os países desenvolvidos são os maiores geradores de resíduos sólidos no mundo, mas possuem os sistemas de gestão de resíduos sólidos mais avançados, como por exemplo, nos Estados Unidos, Japão e nos países da União Europeia, que possuem esse sistema desenvolvido com o objetivo de proteger a sua população dos efeitos negativos provocados por esse tipo de material (MARCHI, 2011).

Para conseguir tratar todo o resíduo produzido em seu território, esses países aplicam diferentes tipos de tratamento antes da disposição final dos resíduos, respeitando a seguinte ordem hierárquica: minimização, reutilização, reciclagem, recuperação de energia da incineração e disposição final em aterros sanitários.

Esses países puderam adotar um sistema de tratamento de resíduos complexo devido a um conjunto de fatores adquiridos ao longo do tempo: boas condições de vida da população, investimentos em infraestrutura urbana, população consciente com a proteção ambiental, elevado nível de instrução.

Já em países subdesenvolvidos, a situação é muito diferente, como por exemplo, nos países do continente africano, a limpeza urbana é feita de diversas maneiras, utilizando

homens e carroças, até caminhões compactadores. E a disposição desse resíduo normalmente é realizada em locais a céu aberto, sobre o solo, sem preocupação com o preparo do local ou aspectos operacionais (MARCHI, 2011 *apud* UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2005).

O Brasil também possui um sistema obsoleto de disposição de resíduos, segundo a ABRELPE (2004), 60% da disposição dos resíduos sólidos era disposto de forma inadequada. Após as imposições realizadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos elaborada no ano de 2010 as disposições inadequadas foram reduzidas para 41,6% em pesquisa realizada em 2014 (ABRELPE, 2014).

3.2 A situação dos resíduos sólidos no Brasil

O aumento da população no Brasil, associado ao crescimento do consumo de produtos industrializados, são os grandes causadores do aumento da produção de resíduos sólidos no país. A geração de resíduos sólidos no Brasil em 2014 foi de aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 2,9% em relação ao ano anterior, índice superior à taxa de crescimento populacional no país no período, que foi de 0,9%.

Através desse dado é possível perceber que a produção de resíduos sólidos nas cidades brasileiras possui uma intensidade tão alta que a problemática associada a ela deve ser considerada desde a etapa da geração até a disposição final dos resíduos.

No Brasil, o resíduo urbano é composto em sua maioria por matéria orgânica, cerca de 65% do resíduo produzido é composto desse material e 27 % de papel, 4% de metais, 3% de plástico e 3% de vidro (ABRELPE, 2014).

A disposição incorreta dos resíduos sólidos pode resultar em inúmeros impactos ambientais negativos principalmente quando são depositados em fundos de vale, às margens de ruas ou cursos d'água. Essas práticas recorrentes provocam a poluição visual, mau cheiro, contaminação de corpos d'água, assoreamento, enchentes, proliferação de vetores transmissores de doenças, tais como cães, gatos, ratos, baratas, moscas e vermes. (MUCELIN, 2007).

Para a correção da disposição incorreta de resíduos sólidos e de outros problemas relacionados a esses resíduos, foi promulgada a Lei Federal 12305/2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Os princípios e objetivos da Política estão relacionados com: a prevenção, o desenvolvimento sustentável, a visão sistêmica do meio social, econômico e ambiental, a eco

eficiência, a cooperação entre setor público e social, a proteção a saúde pública, a qualidade ambiental, a adoção de tecnologias limpas e o incentivo a reciclagem (SIQUEIRA, 2009)

Dentre as principais ações instituídas pela Lei 12305/2010 estão:

Art 30: É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

Art 32. As embalagens devem ser fabricadas com materiais que propiciem a reutilização ou a reciclagem.

Art 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

I – agrotóxicos, seus resíduos e embalagens.

II – pilhas e baterias;

III – pneus;

IV – óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

V – lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;

VI – produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Art 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, deverá ser implantada em até quatro anos após a data de publicação desta lei.

Segundo ABRELPE (2014), a adequação para a destinação correta dos resíduos sólidos em todo o país, que possuía a sua data limite em agosto de 2014, imposta pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, não foi plenamente cumprida, pois ainda é registrada a utilização de lixões em todos os estados brasileiros.

Com relação às maneiras utilizadas para a realização da destinação final dos resíduos sólidos no Brasil, pode-se destacar que 58,4% (40.234.680 toneladas/ano) era de destinação final adequada em 2014, porém a quantidade de resíduos sólidos destinada a locais inadequados ainda era alta e totaliza 29.659.170 (41,6%) toneladas no ano, que seguiram para lixões ou aterros controlados. Ressalta-se que esses aterros controlados possuem pouca diferença dos lixões, pois os dois locais não possuem um sistema de proteção a saúde pública e meio ambiente (ABRELPE, 2014).

Se comparada essa informação com as informações do IBGE (2000), onde a disposição do lixo nas cidades brasileiras era de 64% em lixões, apenas 14% possuem aterros sanitários e 18% possuem aterros controlados, é perceptível a evolução positiva em relação a disposição adequada dos resíduos sólidos no Brasil.

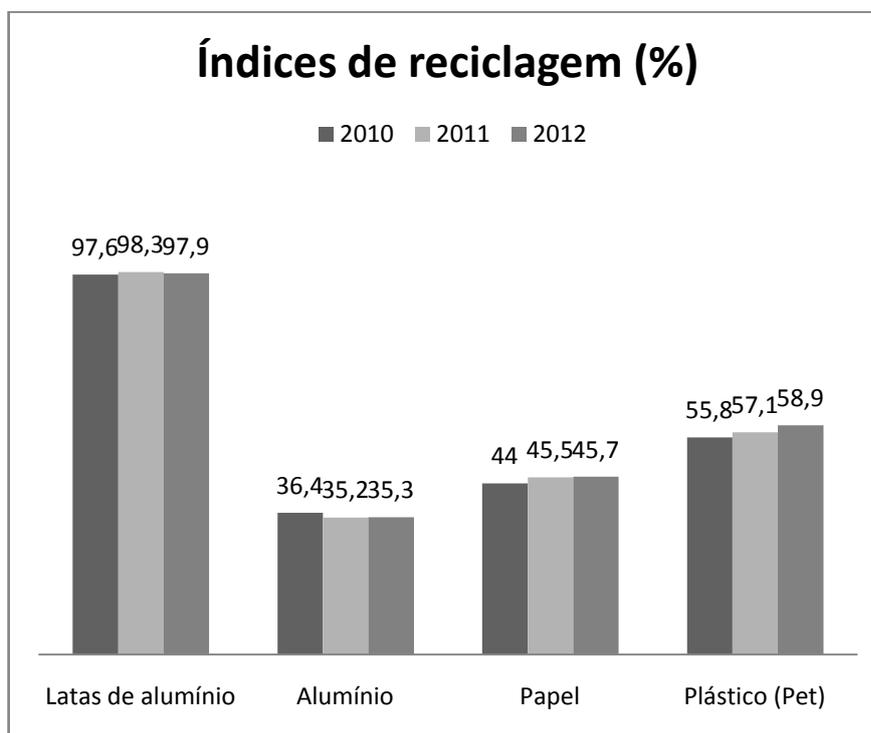
Para diminuir ainda mais a destinação incorreta dos resíduos sólidos, são utilizadas algumas técnicas como: reaproveitamento e reutilização de materiais, reciclagem, conscientização da sociedade sobre a coleta seletiva e sustentabilidade, através da educação ambiental e coleta seletiva (SIQUEIRA, 2009).

No processo de coleta seletiva realizado no Brasil, de acordo com pesquisas realizadas em 2014, cerca de 65% dos municípios brasileiros possuem algum tipo de iniciativa relacionada a coleta seletiva de materiais recicláveis. Porém, na maioria das vezes estas atividades resumem-se à disponibilização de pontos de entrega voluntária ou convênios com cooperativas de catadores, que não abrangem a totalidade do território ou da população do município.

Apesar do processo de coleta seletiva ainda ser pouco difundida no Brasil e não abranger todos os municípios brasileiros, a reciclagem de algumas frações dos resíduos sólidos é uma prática muito comum, devido a venda desse tipo de material servir como fonte de renda para algumas famílias (RIBEIRO, 2000).

Devido a essa comercialização dos materiais recicláveis, os que são recolhidos geralmente pela ação dos catadores são os que possuem maior valor de mercado, que são o papel/papelão, plásticos, metais e vidros. De acordo com a FIGURA 1, o material que possui a maior taxa de reciclagem é a lata de alumínio.

FIGURA 1- Índices de reciclagem de cada tipo de material



Fonte: ABRELPE (2014)

3.3 Panorama da reciclagem na região sudeste e em Belo Horizonte

A região Sudeste do Brasil é a mais populosa e a mais industrializada entre as cinco macrorregiões do Brasil. Devido a isso, é possível perceber, que os problemas ambientais advindos dessa industrialização tendem a ser os mais complexos e os de maior magnitude na escala nacional (NEVES, 2012).

Além disso, essa região é a maior produtora de resíduos sólidos urbanos do Brasil, gerando cerca de 52,5% dos resíduos sólidos urbanos produzidos em todo o país. Apesar de produzir a maior quantidade de resíduos sólidos em todo o Brasil, a região sudeste também é a que abrange a maior parte da sua população em relação a coleta de lixo, sendo que 97,29% da sua população possui coleta domiciliar de resíduos sólidos, índice maior do que o brasileiro que é de 90,6% (ABRELPE, 2014).

Segundo a ABRELPE (2014), essa região também é a que possui o maior número de iniciativas quanto à coleta seletiva, cerca de 85% dos municípios possuem alguma iniciativa relacionada a coleta seletiva. Além disso, ela também é a que possui o maior investimento e a maior empregabilidade nas áreas de limpeza urbana.

A cidade de Belo Horizonte possui coleta seletiva desde 1993, sendo realizada a coleta dos resíduos recicláveis, a matéria orgânica gerada pelo setor de alimentação e as atividades de poda e capina, e o reaproveitamento do entulho da construção civil (GALBIATI, 2005).

De acordo com a PBH (2017), a coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte - MG, é realizada de três maneiras, ponto a ponto, porta a porta e através das associações e cooperativas de materiais recicláveis conveniadas à Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - MG.

A SLU (Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte) realiza o treinamento e capacitação dos seus garis e funcionários, e realiza também a instalação e manutenção dos Locais de Entrega Voluntária de material reciclável (GALBIATI, 2005).

Além dessas ações, o trabalho das associações de material reciclável de Belo Horizonte também possui incentivos, como a isenção de contas de água e luz, pagamento de bolsa resíduo, proporcionando assim a sua manutenção, a empregabilidade de seus funcionários e, conseqüentemente, mantendo os benefícios que ela proporciona a população.

De acordo com a Superintendência de Limpeza Urbana são coletados na cidade de Belo Horizonte - MG 51.964 toneladas de resíduos sólidos por mês, sendo que a constituição desse lixo é de 65% de matéria orgânica, 27% de material reciclável e 8% de rejeitos (INSEA, 2010; PBH 2017).

De acordo com CEMPRE (2016), na cidade de Belo Horizonte - MG, das 51.964 toneladas de material reciclável produzida por mês, apenas 1,1% (577 toneladas/mês) é coletada adequadamente por meio de coleta seletiva, sendo que apenas 15% dos habitantes dessa cidade tem acesso a essa coleta.

3.4 Os tipos de disposição final

O tratamento ou disposição final dos resíduos sólidos urbanos serão definidos pela prefeitura de cada município. Primeiramente, o resíduo sólido produzido nas residências é, geralmente, recolhidos pelo serviço de limpeza pública de maneira periódica, sendo esse serviço responsabilidade da prefeitura de cada cidade. As principais formas de destinação final desses resíduos sólidos são:

3.4.1. Lixão

É uma área a céu aberto destinada a disposição de resíduos de diversas origens, não havendo a separação prévia de materiais e nenhum tipo de controle ambiental. Devido à falta de impermeabilização, os lixões oferecem grandes riscos de contaminação dos solos e das águas subterrâneas pelo chorume (CAVALCANTE, 2007).

Além disso, como não existe separação prévia do resíduo sólido depositado nesses locais, alguns materiais ali depositados podem ser reutilizados ou reciclados, ou seja, são utilizados como fonte de renda para a população carente. Ou seja, a população local põe em risco sua saúde em busca de alimento e materiais recicláveis que poderão ser revendidos (DIONYSIO, 2008).

Os lixões causam também outros problemas, como: a proliferação de vetores de doenças, a geração de odores, a contaminação por metais pesados que poderá entrar na cadeia alimentar e causar a bioacumulação desses resíduos.

FIGURA 2 – Impactos causados por lixões



Fonte: FEAM (2010)

3.4.2. Aterro controlado

É uma técnica utilizada para depositar os resíduos sólidos urbanos, sem que aconteça a poluição do meio ambiente externo, mas sem a implementação de elementos de proteção ambiental, ou seja, não há impermeabilização do solo, nem sistema de tratamento de percolado e captação de gases poluentes (COPAM, 2008).

FIGURA 3 – Aterro controlado



Fonte: FEAM (2010)

3.4.3. Aterro sanitário

O aterro sanitário é um local seguro para descarte dos resíduos sólidos, pois ocorre uma impermeabilização do solo que receberá esse resíduo, de modo a proteger a população e o ambiente.

A impermeabilização do solo de um aterro sanitário é feita a partir da compactação do solo e posteriormente associada a instalação de uma manta sintética que impedirá a contaminação do solo e lençol do freático. O chorume oriundo do resíduo sólido depositado nesse aterro será coletado, através de um sistema de drenagem que será implantado na base do aterro, junto à camada de impermeabilização, e encaminhado para tratamento (MASTERPLAN, 2015).

FIGURA 4 - Aterro sanitário



Fonte: PBH (2017)

3.4.4. Compostagem

A compostagem consiste no processo de decomposição e estabilização biológica da matéria orgânica, seja ela de origem urbana, industrial, agrícola e florestal, sob condições que favorecem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas que resultam da produção biológica de calor.

Esse processo se resume em uma oxidação biológica na qual os microrganismos decompõem os compostos constituintes dos materiais liberando dióxido de carbono e vapor de água. Apesar de ser considerado pela maioria dos autores como um processo aeróbio, a compostagem é também referida como um processo biológico de decomposição aeróbia e anaeróbia, sendo realizada em sua quase totalidade por processos aeróbios (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

FIGURA 5 – Compostagem



Fonte: Autor

3.4.5. Reciclagem

A reciclagem consiste no processo de transformação dos resíduos sólidos de produtos que já foram consumidos e objetos que seriam descartados, alterando suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, com vistas à produzir insumos ou novos produtos (LOMASSO *et al.*, 2015).

Ou seja, a reciclagem consiste em uma estratégia de reduzir: emissões de poluentes atmosféricos, emissões de efluentes, a extração de matérias primas virgens, água e energia utilizada pelas indústrias na fabricação de produtos, a produção de resíduos sólidos e conseqüentemente, os problemas gerados por eles, além de ser fonte de renda para inúmeras famílias.

3.5. Características do processo de reciclagem

A cadeia produtiva da reciclagem é dividida em processos que englobam a separação do resíduo na fonte, coleta seletiva, prensagem, enfardamento, a revalorização, que compreende os processos de beneficiamento dos materiais, como a moagem e a extrusão e, por fim, a transformação, que consiste na reciclagem propriamente dita, transformando os materiais recuperados em um novo produto (GALBIATI, 2005 *apud* GONÇALVES, 2003).

A reciclagem de qualquer tipo de material reciclável começa com a separação pela categoria que o material representa, que é feito nas usinas de triagem ou associações de catadores de material reciclável na coleta seletiva.

A coleta seletiva tem como objetivo desviar o destino dos resíduos sólidos recicláveis que anteriormente eram mandados para aterros sanitários ou lixões. Esta pode ser realizada de porta em porta, tanto em domicílios como no comércio, ou por postos de entrega voluntária (PEV), remunerada ou não, e em locais específicos, sendo dirigida, principalmente, aos produtos descartáveis (FONSECA, 2013).

3.5.1. Reciclagem da garrafa de plástico

Depois da separação, os diferentes tipos de plásticos são moídos e em seguida lavados, para que sejam retirados os resíduos existentes. Após o processo de lavagem, o plástico é seco e transformado, geralmente, por extrusão ou injeção, em grãos ou em artefato (CONCEIÇÃO, 2016).

3.5.2 A reciclagem do alumínio.

Depois do processo de separação, as latas de alumínio são prensadas em grandes fardos sendo em seguida levadas para a indústria de reciclagem. Nela ocorre a limpeza, retirada de verniz e tinta, para que essas latas sejam transformadas em alumínio líquido. Esse alumínio líquido é posteriormente solidificado em forma de placas, que após a laminação resultam em placas e chapas, que são a matéria-prima para a fabricação de novos produtos (REQUE, 2003).

3.5.3. Reciclagem do vidro

No processo de reciclagem do vidro, a sucata primeiramente sofre um processo de lavagem em tanques e posteriormente, para retirar as impurezas de maneira manual passa por uma esteira. Depois, a sucata sofre uma trituração, formando cacos de vidro de tamanho uniforme, que são encaminhados para uma peneira vibratória. Em outra esteira, um eletroímã retira as impurezas metálicas restantes. A sucata limpa é utilizada no processo de fabricação tradicional do vidro, onde a temperatura de fundição é menor que com o material virgem (HIWATASHI, 1999).

3.5.4. Reciclagem do papel

Segundo Gallon (2008), na reciclagem do papel existem três etapas, na primeira consiste na mistura do papel velho com a água dentro de um equipamento chamado *hidropulper*, dando origem a uma massa. Na segunda etapa, a massa é peneirada e refinada recebendo posteriormente aditivos, como: o sulfato de alumínio e o amido de mandioca. Na terceira etapa, é adicionado água a massa para hidratar as fibras e posteriormente ela é colocada em uma tela, o papel é enxuto e prensado, para depois ser levado para a secagem.

3.6 Os catadores de material reciclável

As altas taxas de desemprego associadas à falta de oportunidade fazem com que a coleta dos resíduos sólidos torne-se uma estratégia de sobrevivência encontrada por parte da população como forma de obter a renda para o sustento de sua família.

Os coletores ou catadores de resíduos sólidos realizam o seu trabalho em diversas cidades brasileiras, extraíndo dos resíduos sólidos vários produtos como: papel, garrafas de vidro, plásticos, latas de alumínio e cobre. Esse produto normalmente revendido para atravessadores, devido à dificuldade de locomoção por parte dos catadores.

Posteriormente a isso, esses atravessadores repassam esse material a indústria de reciclagem, sendo que esse comércio permite a existência dos catadores de material reciclável e proporcionam a eles uma renda monetária e o sustento de sua família (VIANA, 2000).

Em busca de um benefício próprio esses catadores beneficiam toda a sociedade, pois ao catar e separar os materiais recicláveis, seja em lixões, em aterros sanitários ou ainda em galpões de reciclagem por todo país, o catador torna-se fundamental dentro do sistema de reciclagem.

De acordo com Siqueira (2009), os catadores estão subdivididos em três categorias relacionadas aos locais onde eles realizam o seu trabalho: os catadores de rua, os catadores pertencentes a cooperativas e os catadores que realizam o seu trabalho dentro de lixões.

O catador de rua é aquele que coleta em sacos de lixo colocados pela população na rua, pelo comércio local ou pelas indústrias, tendo sua própria carroça ou qualquer outro transporte adaptado para carga.

O cooperado pertencente a cooperativas é aquele que prestam serviço de coleta seletiva, de forma articulada e organizada, gerando trabalho e renda. Estes se organizam nacionalmente no Movimento Nacional dos Catadores, têm apoio de diversas organizações

não governamentais e estão articulados em fóruns, buscando consolidar a sua participação nos programas municipais de coleta seletiva.

O catador de lixo é aquele que faz a coleta diretamente nos lixões dos municípios e que estão desvinculados de qualquer assistência e organização, sendo que eles se encaixam perfeitamente dentro dos padrões de exclusão social.

O trabalho de catação realizado pelos catadores de material reciclável muitas vezes coloca em risco as condições físicas e a saúde dos mesmos, pois o contato frequente com o lixo e com o sol coloca esses trabalhadores susceptíveis a acidentes com cortes, perfurações, queimaduras, dermatites e questões ergonômicas. Além de alta incidência de intoxicações alimentares, doenças parasitárias e doenças infectocontagiosas, como a hepatite viral e a AIDS (SIQUEIRA, 2009).

Além do risco à saúde, os catadores de material reciclável de lixões e das ruas também possuem condições precárias de trabalho. O trabalhador possui uma renda mensal baixa, não possui carteira de trabalho assinada e direito a aposentadoria, a sua jornada de trabalho é longa e árdua, além do emprego ser instável (MEDEIROS, 2006).

Segundo Medeiros (2006), o catador de material reciclável é um elemento base de um processo produtivo muito lucrativo, mas a falta de conhecimento da logística do processo de reciclagem, devido ao baixo nível de escolaridade, impede que esses trabalhadores obtenham ganhos melhores na prática dessa atividade.

Os catadores por estarem associados ao resíduo sólido e conseqüentemente a algo sem valor, muitas vezes são vítimas de preconceito por parte da sociedade, que se esquece do trabalho importante que esses indivíduos exercem.

Devido a esses fatores, as associações de catadores de material reciclável tornam-se importantes instrumentos de inclusão social para esses trabalhadores, pois elas dão oportunidade de trabalho a pessoas que estão desempregadas, modificam a visão preconceituosa que a sociedade possui em relação aos catadores de material reciclável, possibilitam a esses trabalhadores conhecer todo o processo de reciclagem, mostrando a eles a importância do seu trabalho para a sociedade.

3.7 As associações de catadores de papel

A origem de associações ou cooperativas de catadores é uma relevante inovação institucional, pois a partir delas é possível que os trabalhadores aumentem os seus ganhos, em relação ao trabalho de catação de rua ou em lixões. Vinculados a essas instituições eles

tornam-se menos vulneráveis nas negociações com as indústrias ou com os intermediários que compram o material reciclável (OLIVEIRA, 2010).

A diferença entre as associações e as cooperativas são os objetivos que cada uma possui. As associações visam melhorar a condição social, cultural e educacional de seus participantes, além de defender o direito da sua classe. Já as cooperativas visam apenas a geração de rendados cooperados, que são os proprietários e os beneficiários dos ganhos que os processos por eles organizados propiciam (SANTOS et al., 2014).

Essas instituições têm como função principal realizar a coleta e beneficiamento dos materiais recicláveis. Sendo que elas agregam valor ao seu produto através da quantidade acumulada, separação, prensagem e posteriormente vendem esse material às empresas de beneficiamento ou de reciclagem (ALVES, 2013).

O trabalho desses catadores dentro dessas associações consiste em coletar os materiais na fonte geradora, realizar o transporte até o galpão da associação ou cooperativa e lá ocorre a triagem do material. Após esse processo, os materiais que não possuem valor e os rejeitos, são encaminhados ao aterro sanitário e os materiais que possuem valor são prensados de acordo com tipo, cor, forma e outros critérios exigidos pelo mercado. Após prensados, os fardos são armazenados até que se consiga a quantidade necessária para comercialização (OLIVEIRA, 2012).

De acordo com Oliveira (2012), dentre as etapas realizadas por uma associação de material reciclável, a mais importante é a triagem, pois a partir dela que ocorre a valorização do produto comercializado por essas organizações. Pois o preço do material reciclável é definido a partir da sua qualidade, que é avaliada através de alguns critérios, como: cor, forma, tipo específico de material, presença de outros materiais (lacs, rótulo, tampa), a sujidade (terra, óleos) e umidade.

Como a lucratividade de uma associação de material reciclável está diretamente associada à qualidade e a quantidade de produto coletado, ela deve se organizar quanto a divisão de tarefas, ao trabalho coletivo, às metas, às normas disciplinares e os sistemas de remuneração, além dos vínculos sociais entre os associados. Essa organização gera também vários conflitos, que são resolvidos em cada associação.

Apesar dos conflitos existentes dentro dessas associações, elas também proporcionam a seus integrantes uma troca de conhecimento, uma possibilidade de trabalhar em conjunto e assim aumentar a renda de todos os participantes, uma melhor valorização do seu produto que

passará por uma triagem aumentando a sua qualidade e conseqüentemente o seu preço de venda

3.8. ASMARE

A Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável (ASMARE) está localizada na cidade de Belo Horizonte, MG. Atualmente, essa associação possui dois galpões: um deles situado na Av. do Contorno, 10.555, Barro Preto – Centro (BH-MG) e o outro na Rua Ituiutaba, 460, Prado.

A ASMARE foi fundada em 1º de maio de 1990, a partir de uma intensa mobilização por parte dos catadores, através de atos públicos, ocupação de espaços para utilização e protestos repassados à Câmara de vereadores de Belo Horizonte.

Essa associação marcou o início do movimento organizado de luta pelos direitos da população de rua, fazendo com que eles migrassem da marginalidade para o reconhecimento por parte do poder público e da população. E em 1992 a prefeitura iniciou a construção do primeiro galpão da ASMARE, sendo essa uma das principais vitórias do movimento dos catadores de material reciclável (TORRES, 2008).

Atualmente a ASMARE possui cerca de 180 associados divididos entre as funções de operação e inspeção de qualidade, triagem, oficinas, setor administrativo e catadores de material reciclável. Essa associação processa em média 200 toneladas de material reciclável por mês.

3.9 Valoração Ambiental

Então, a valoração ambiental dos recursos ecológicos consiste em estimar o valor monetário dos bens e serviços proporcionados pelos ativos naturais e ambientais, sendo ela realizada de forma monetária para que se siga a premissa comercial de que para o bem desejado, deve haver a possibilidade de quantificar um valor para o mesmo (RAMALHO, 2010; FURIO, 2006).

Antigamente, os recursos naturais eram considerados infinitos, devido a isso, não era necessário realizar a valoração econômica e ambiental desses recursos. O meio ambiente, apesar de ser usado na produção de bens e serviços, era atribuído a ele o valor zero ou infinito, ou seja, era considerado gratuito e não entrava na contabilidade econômica (MATTOS, 2006 *apud*. BENAKOUCHE & CRUZ, 1994).

Com o passar do tempo, surgiu a ideia de que os recursos poderiam se tornar escassos ou poderiam até se extinguir. Com isso, a valoração ambiental tornou-se uma ferramenta fundamental para diminuir ou até mesmo interromper a degradação de recursos ambientais antes que ela torne-se irreversível (CASEMIRO-FILHO, 1999).

Portanto, a valoração ambiental é imprescindível para evitar que os custos relacionados a degradação ambiental não sejam pagos pelos seus geradores. Os custos com a degradação ecológica são externalidades para o sistema econômico, pois afetam os outros usuários sem realizar a devida compensação a eles (MATTOS, 2006).

3.10 Os benefícios proporcionados pelas associações de catadores de material reciclável

A destinação inadequada do resíduo sólido pode provocar a poluição do solo, das águas e do ar. Além disso, o lixo representa um risco à saúde humana quando depositado de maneira incorreta, pois pode haver a transmissão de doenças provocadas pela ação dos vetores, que encontram nesse habitat condições adequadas para a sua proliferação (MORAES, 2012).

Com isso, o manejo adequado dos resíduos, como por exemplo, a reciclagem, é considerada uma estratégia fundamental para a preservação do meio ambiente, assim como de promoção e proteção da saúde humana (GOUVEIA, 2012).

Portanto, a reciclagem de resíduos sólidos é responsável por proporcionar a população benefícios econômicos, ambientais e sociais que afetam diretamente a população, sendo esses benefícios aumentados com o trabalho das associações de material reciclável, como mostrado no QUADRO 1.

QUADRO 1- Os benefícios da reciclagem

Tipos de benefícios	Benefícios do trabalho realizado pelas associações de material reciclável.
Econômicos	Diminuição de gastos com matéria-prima
	Diminuição de gastos com energia elétrica
	Diminuição de gastos com recursos hídricos.
Ambientais	Diminuição da utilização da matéria prima virgem, resultando na preservação do meio ambiente.
	Redução do consumo dos recursos hídricos.
	Diminuição na geração de gases responsáveis pelo agravamento do efeito estufa
	Redução do consumo de energia elétrica.
	Reduzir a destinação de lixo para os aterros sanitários e lixões
	Aumento da renda dos catadores.
	Geração de empregos.

Sociais	Aumento do conhecimento dos catadores de material reciclável sobre o processo de reciclagem.
	Diminuição da exclusão social.

Fonte: Autor

3.11 Pagamentos por serviços ambientais

O pagamento por serviços ambientais é um conjunto de ferramentas que tem como objetivo manter a qualidade dos bens e serviços oferecidos pela natureza, por meio de uma remuneração para aqueles que os preservam. Mas para que esse pagamento possa ocorrer, é necessário que seja estabelecida uma relação de confiança entre usuário-pagador e provedor-recebedor dos serviços ambientais, para que haja o cumprimento do contrato por ambas as partes (MORAES, 2012).

Os serviços ambientais fornecidos pelos ecossistemas estão diretamente relacionados ao bem-estar da população. Mas, com a crescente e desordenada urbanização, o aumento do consumo e produção de resíduos sólidos, o aumento populacional e mudanças climáticas, associados a outros fatores, tem se tornado um desafio para a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas, interferindo assim na qualidade de vida da sociedade (MMA, 2011).

Para evitar a degradação do meio ambiente e conseqüentemente a interferência nos bens e serviços ecossistêmicos gerados por ele, surgiu um instrumento importante, os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA).

O Pagamento por Serviços Ambientais, é uma ferramenta baseada no mercado financeiro visando obter a conservação do meio ambiente. Para isso, ela utiliza os princípios do usuário-pagador e do provedor-recebedor, para que as pessoas que se beneficiam dos serviços ambientais paguem por eles, e aqueles que contribuem para a geração desses serviços sejam devidamente compensados (SMA, 2013).

Alguns serviços ambientais possuem o valor de seu uso direto, pois são produtos que possuem um preço definido de mercado, e por isso podem ser comprados e vendidos, tais como a produção de alimentos ou o fornecimento de água. Mas alguns serviços ambientais não possuem preços de mercado definidos, devido a isso, é necessário quantificar sua importância ou estimar seu valor (NEPS, 2011).

3.12 Serviços Ambientais Urbanos

Os serviços ambientais urbanos são oriundos de processos ou atividades realizados dentro das cidades e que geram externalidades ambientais positivas, ou minimizem

externalidades ambientais negativas, realizando assim a gestão dos recursos naturais, potencializando os serviços prestados pelos ecossistemas ou evitando que eles sejam prejudicados, e conseqüentemente corrigindo falhas do mercado (ONISHI, 2013).

A prática da reciclagem dos resíduos sólidos proporciona benefícios ambientais para a sociedade sendo, portanto, o pagamento de serviços ambientais urbanos uma maneira de recompensar quem realiza essa prática, como é o caso das associações de materiais recicláveis, que são responsáveis por gerar externalidades ambientais positivas ou minimizar as externalidades negativas (IPEA, 2010).

Essa compensação financeira é de concessão de incentivos financeiros às associações de catadores de materiais recicláveis com objetivo de incentivar essas organizações para que elas continuem praticando a reciclagem e, conseqüentemente, continuem beneficiando a sociedade através da: diminuição da utilização de aterros e lixões, reintrodução desses materiais no processo produtivo, redução da utilização de recursos naturais, água e energia elétrica, criação de empregos e inclusão social. No estado de Minas Gerais, essa concessão é chamada bolsa reciclagem (RIBEIRO, 2012).

3.13 Diretrizes para uma política de PSAU para a reciclagem

O estado de Minas Gerais teve a partir do ano de 2011 a aprovação de algumas diretrizes que auxiliam as associações de materiais recicláveis a continuarem atuando em atividades que beneficiem a sociedade, tais como:

3.13.1 Lei Estadual nº 19.823/2011

Concessão de incentivos financeiros pelo Estado de Minas Gerais às associações de catadores de materiais recicláveis com objetivo de incentivar à prática da reciclagem, e conseqüentemente, à geração de benefícios à população. Essa lei também define que 90% do valor dado as associações deve ser repassado aos seus catadores.

3.13.2 Decreto Estadual 45.975/2012

Esse decreto propõe diretrizes para pagamento da Bolsa Reciclagem pela prestação de serviços ambientais relacionados a realização da reciclagem, sendo que o pagamento deve ser proporcional à quantidade de resíduos coletada por cada organização.

O estado de Minas Gerais realiza o pagamento desse incentivo para a coleta dos seguintes materiais: papel, papelão e cartonados, plásticos, metais e vidros. E a venda desses produtos deve ser comprovada pela apresentação de notas fiscais ou comprovantes de venda.

Portanto, a Bolsa Reciclagem é um instrumento fundamental de pagamentos de serviços ambientais urbanos, sendo uma forma de valorização financeira e social do catador de material reciclável. E a valoração ambiental pode ser uma forma de mostrar quantitativamente o quanto a utilização do material reciclável pode ser benéfica e com isso promover ainda mais a valorização das associações de catadores de material reciclável.

4. METODOLOGIA

O trabalho consistiu em valorar os serviços ambientais gerados pela reciclagem de resíduos sólidos urbanos (RSU). Para isto, o estudo foi dividido em duas partes: na primeira parte, estimou-se os benefícios econômicos e ambientais gerados pela reciclagem do alumínio, papel, plástico e vidro por meio da comparação dos custos de produção destes materiais a partir de matéria prima virgem e a partir de material reciclado, tendo como base estudos científicos e pesquisas na área. Optou-se por estes materiais pelo fato destes serem os principais resíduos coletados pela ASMARE (Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte - MG), associação tomada como referência para o presente estudo.

Os materiais reciclados nem sempre são compostos totalmente de sucata, para manter a qualidade do produto final, muitas vezes na sua produção existe uma mistura de sucata e material primário, sendo que essas quantidades irão variar de acordo com tipo de material utilizado, o produto final originado e com as necessidades de cada indústria que irá fabricar o material reciclado.

A quantidade de sucata presente no material secundário será determinada a partir de uma média ponderada entre a quantidade de material primário e a porcentagem do material primário presente no material secundário, somado ao produto da quantidade de sucata presente na produção do material secundário pela porcentagem de sucata presentes no material secundário (Equações 1,2,3,5,7).

Para a estimativa dos valores dos benefícios econômicos e ambientais da utilização do material oriundo da reciclagem no processo de produção, considerou-se diferentes porcentagens de sucata utilizadas na produção do material reciclável final, sendo essas 0%, 25%, 50%, 75% e 100%.

A segunda parte do trabalho consistiu na valoração econômica e ambiental da ASMARE (Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte) por meio de entrevista semiestruturada, na qual foi levantada a quantidade e os principais materiais coletados, bem como outras informações referentes à associação. Posteriormente, estimou-se qual o potencial benefício total gerado pela reciclagem de resíduos sólidos urbanos (RSU) para Belo Horizonte.

Diante da infinidade de materiais produzidos a partir do alumínio, papel, plástico e vidro, optou-se por trabalhar com as latas de alumínio, papel A4, plástico PET (Politereftalato de etileno) e os vidros de embalagens, respectivamente.

As latas de alumínio foram escolhidas devido ao seu alto potencial de reciclagem. A lata é o produto composto de alumínio que mais é reciclado no Brasil, cerca de 98% das latas de alumínio produzidas no Brasil são recicladas (ABRELPE, 2014).

Optou-se pelo papel A4, pois é o material que é mais coletado na coleta seletiva realizada na cidade de Belo Horizonte, e também é o material que é coletado em maior quantidade pela ASMARE (ASMARE, 2016; INSEA, 2010).

A escolha pelo plástico PET se deu, pois esse tipo de plástico é o que possui a maior taxa de reciclagem, 54%, enquanto os outros tipos de plástico possuem taxas menores, como, PVC, que é de 15,1%, PEAD, igual a 12,7% e o PEBD, 13,2% (ABIPET, 2017).

Já o vidro utilizado na fabricação de embalagens foi o escolhido devido ao seu alto percentual de reciclagem e uso, sendo esse tipo de vidro encontrado nas cores verde, incolor e âmbar.

4.1 Estimativa dos benefícios econômicos da reciclagem

Os benefícios econômicos foram estimados com base no custo evitado gerado pela redução do consumo de insumos (matéria-prima, água e energia) a partir da reciclagem (para alumínio, papel, plástico e vidro) comparado ao uso dos mesmos recursos para a produção a partir de matéria-prima virgem (produção primária).

4.1.1 Benefício Econômico da Energia

O benefício econômico da energia elétrica foi estimado pela diferença entre o custo da energia elétrica da produção primária e o custo da energia elétrica pela produção secundária. Os custos totais de energia elétrica foram obtidos pela multiplicação do custo unitário da energia elétrica, em R\$/MWh, pela quantidade de energia utilizada na produção primária e por meio da sucata, dando origem aos custos de energia elétrica primários e secundários, respectivamente (Equação 1).

$$(BEE_i = CEE_xQE_{Pi} - (CEE_x(QESixPMS_i + QEPixPMP_i))) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

BEE_i = Benefício econômico da energia elétrica para o material i , em reais

CEE = Custo da energia elétrica, em R\$/MWh

QEP_i = Quantidade de energia elétrica, em MWh, utilizada pela produção primária para produzir uma tonelada de material i .

PMP_i = Porcentagem do material primário para o material i .

QES_i = Quantidade de energia elétrica, em MWh, utilizada pela produção secundária para produzir uma tonelada de material i .

PMS_i = Porcentagem do material secundário para o material i .

i = tipo de material.

O custo da energia elétrica foi obtido na CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) referente ao ano de 2016. O custo mensal de energia elétrica sofre influência provocada pela fonte de produção da energia elétrica. Como grande parte da eletricidade gerada no país é proveniente de hidroelétricas, os reservatórios são dependentes do regime de chuvas. Em períodos de estiagem, a participação de termoelétricas aumenta e o custo se eleva. Portanto, para que isso não interferisse no valor do custo de energia elétrica adotado no trabalho, foi feita uma média com os valores do custo da eletricidade no período de um ano, ou seja, de dezembro de 2015 a dezembro de 2016.

Além disso, o custo da energia elétrica é diferente para cada região do território brasileiro. Assim, considerou-se apenas o custo de energia elétrica para a região sudeste, por se tratar de uma região com a maior produção industrial do Brasil (TABELA 1).

TABELA 1- Custo médio da energia elétrica para a região sudeste do Brasil, em R\$/MWh

MÊS	CUSTO (R\$/ MWH)
Dez/16	122,420
Nov/16	166,050
Out/16	200,210
Set/16	149,020
Ago/16	115,580
Jul/16	83,430
Jun/16	61,320

Continua

TABELA1 - Custo médio da energia elétrica para a região sudeste do Brasil, em R\$/MWh

Mai/16	75,930
Abr/16	49,420
Mar/16	37,730
Fev/16	30,420
Jan/16	35,660
Dez/15	116,080
MÉDIA	95,630

Fonte: CCEE (2016)

Deste modo, adotou-se o valor igual a R\$95,63/MWh como custo médio da energia elétrica utilizada na produção primária e na produção secundária.

O consumo de energia elétrica utilizada na produção primária e na produção secundária foram obtidas baseadas nos estudos do Anuário Estatístico de Energia Elétrica, (MME,2015) (TABELA 8 e TABELA 9).

4.1.2 Benefício Econômico da Água

A água utilizada nas indústrias possui três tipos de origem, sendo que elas podem optar entre a captação de água diretamente dos mananciais, a conexão à rede pública ou o reuso da água. De acordo com IPEA (2005), 52% dessas indústrias utilizam exclusivamente água da rede pública, 33% se abastecem apenas por captação de mananciais, enquanto 15% recorrem às duas formas de captação.

Como a maior parte das águas utilizadas nas indústrias é captada diretamente da rede pública, para o cálculo do benefício econômico da água foi considerado o custo da água tratada. Para o cálculo do custo do metro cúbico de água captado, foi considerado o valor médio cobrado pelas principais concessionárias da região sudeste (TABELA 2), que foi a região escolhida para a realização da pesquisa, por possuir o maior número de indústrias no Brasil.

Além disso, como há grande variação de porte entre as indústrias, adotou-se como medida conservadora, tarifas industriais associadas às quantidades máximas de captação estipuladas por cada concessionária de tratamento de água.

TABELA 2- Valor médio do custo da água (R\$/m³)

Concessionária	Estado	Tarifa industrial cobrada (R\$/m ³)
COPASA	Minas Gerais	7,900
SABESP	São Paulo	10,090
CESAN	Espírito Santo	8,990
CEDAE	Rio de Janeiro	6,390
Média		8,340

Fonte: Autor

Portanto, o custo médio da água considerado foi de R\$8,34/m³ para a produção primária e para a produção secundária.

Outros dados também utilizados para o cálculo do benefício econômico da água são a quantidade de água utilizada na produção primária e na produção secundária que foram obtidas em estudos relacionados a área de pesquisa e apresentadas nas TABELA 11 e TABELA 12.

O cálculo do benefício econômico da água foi feito através do produto entre custo da água em R\$/m³ pela quantidade de água utilizada na produção de uma tonelada de material primário e secundário, dando origem aos custos da água em R\$ para a produção primária e secundária.

O benefício econômico da água foi obtido confrontando o custo da água utilizada na produção primária, em reais, pelo custo da água utilizada na produção secundária, como mostrado pela Equação 2.

$$BEAi = CAxQAPi - CA x(QASixPMSi + QAPixPMPi) \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

$BEAi$ = Benefício econômico da água (R\$)

CA = Custo médio da água (R\$/m³)

$QAPi$ = Quantidade de água em m³ utilizada pela produção primária para produzir uma tonelada de material.

PMP_i = Porcentagem do material primário para o material i .

QAS_i = Quantidade de água em m^3 utilizada pela produção secundária para produzir uma tonelada de material.

PMS_i = Porcentagem do material secundário para o material i .

i = tipo de material.

4.1.3 Benefício econômico da matéria-prima

Para o cálculo do benefício econômico da matéria prima, identificou-se os insumos utilizados na produção primária de cada material.

As matérias-primas utilizadas na produção primária de cada tipo de material são: alumínio, papel, vidro e plástico.

Para a produção primária do alumínio, as principais matérias primas utilizadas são: Bauxita, criolita, coque, piche, soda cáustica e fluoreto, sendo que os dados relacionados a produção primária foram obtidos no estudo de MME (2015).

Para a produção primária do papel, as principais matérias primas utilizadas são: Dióxido de cloro, madeira, soda cáustica e peróxido de hidrogênio, sendo que os dados utilizados foram obtidos de MME (2015).

Como as indústrias de papel e celulose produzem a madeira que elas utilizam, foi necessário realizar o cálculo do custo da madeira em R\$/ m^3 . Esse cálculo foi feito considerando os custos de implantação, formação e manutenção do eucalipto (R\$ 7.944,38/ha), que somado ao preço da terra, resulta em um custo total de R\$ 9.444,38/ha (AGROANALYSIS, 2014).

O volume médio produzido de madeira com casca é de 300 m^3 /ha durante o período de 7 anos. Como a porcentagem de casca é cerca de 10%, o volume produzido de madeira é de 270 m^3 /ha de madeira. Podendo assim, calcular o custo por metro cúbico de madeira, R\$ 37,98/ m^3 (AGROANALYSIS, 2014; MIRANDA, 2012).

Para a produção primária do plástico, as principais matérias primas utilizadas são: Petróleo, metanol, óleo diesel, flocos de resina, monoetileno glicol (MEG) e Demetil tereftalato (DMT), obtidos no estudo de Valt (2004).

Para a produção primária do vidro, as principais matérias primas utilizadas são: areia, barrilha, calcário, feldspato e dolomita. Os dados destes insumos foram obtidos no estudo de EBC (2014).

O custo total da matéria prima utilizada na produção primaria é dado pelo somatório do produto da sua quantidade, em toneladas (T), pelo seu custo unitário, em R\$/T, de cada matéria prima utilizada na produção primária. Já o custo total para a produção secundária é dado pelo produto do custo do material secundário, em R\$/T, pela quantidade do material secundário em toneladas utilizado na produção de uma tonelada de material final

O benefício econômico da matéria prima foi obtido confrontando o custo total da matéria prima utilizada na produção primária, em reais pelo custo total da matéria prima utilizada na produção secundária, em reais, como mostrado pela Equação 3.

$$BEMPi = \sum(CMPixQMPi) - (CMSixQMSixPMSi + CMPixQMPixPMPi) \text{ (Equação 3)}$$

Em que:

$BEMPi$ = Benefício econômico da matéria prima do material i, em reais

$CMPi$ = Custo de cada matéria prima do material i, em R\$/T

$QMPi$ = Quantidade de cada matéria prima, em toneladas, utilizada pela produção primária para produzir uma tonelada de material i.

$PMPi$ = Porcentagem do material primário para o material i.

$CMSi$ = Custo do material secundário i, em R\$/T

$QMSi$ = Quantidade de material secundário, em toneladas, utilizada pela produção secundária para produzir uma tonelada de material i.

$PMSi$ = Porcentagem do material secundário para o material i.

i = tipo de material.

4.1.4 Benefício econômico total

O benefício econômico total é dado pelo somatório entre o benefício econômico gerado pela redução do consumo de energia elétrica, água e matéria-prima conforme (Equação 4).

$$BETi = BEEi + BEAi + BEMPi \quad \text{(Equação 4)}$$

Em que:

$BETi$ = Benefício econômico total do material i, em reais.

$BEEi$ = Benefício econômico relacionado à economia de energia elétrica para o material i , em reais.

$BEAi$ = Benefício econômico relacionado à economia de água para o material i , em reais.

$BEMPi$ = Benefício econômico relacionado à economia de matéria-prima para o material i , em reais.

i = tipo de material.

4.2 Estimativa dos benefícios ambientais da reciclagem

Os benefícios ambientais considerados neste estudo estão associados aos impactos sobre o meio ambiente devido ao consumo de energia, às emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs) e ao consumo de água.

4.2.1 Danos ambientais gerados por hidrelétricas

De acordo com IPEA (2010), a produção a partir de material secundário (sucata) requer uma quantidade menor de energia comparada a produção do mesmo material a partir de matéria prima virgem e, conseqüentemente, reduz os danos ambientais associados a ela.

A redução da utilização da energia elétrica é fundamental, pois as hidrelétricas são responsáveis por inúmeros danos ambientais tanto na sua fase de implantação quanto na sua fase de operação. De acordo com Reis (2001) os principais danos provocados pela geração de energia elétrica por hidrelétricas são:

- Danos à saúde ocupacional (acidentes);
- Emissões de gases poluentes;
- Impactos na sedimentação dos reservatórios;
- Impactos sobre recursos minerais;
- Impactos sobre a navegação;
- Impactos sobre a saúde;
- Danos a agricultura e florestas;

Estimou-se o valor do dano ambiental causado por uma hidrelétrica considerando como principais impactos os danos à saúde ocupacional, danos a agricultura e florestas e impactos na sedimentação dos reservatórios (TABELA 3).

Para complementar os cálculos de Reis (2001), também foi utilizado o trabalho de Miranda (2012) que, considerando estudos de Análise de Ciclo de Vida (ACV) que englobassem etapas de construção e geração de energia e emissões de gases de efeito estufa provenientes dos reservatórios estimou a emissão de dióxido de carbono equivalente (CO_{2e}) em 86,21 kg/MWh para hidroelétricas. A partir desse valor e considerando o preço médio da tonelada de CO₂ em 2016 de US\$5,00 (WBG, 2016) e o valor do dólar igual a R\$3,12 (BOVESPA, 2017), obteve-se o valor de R\$1,34 /MWh.

TABELA 3 - Valor do dano ambiental causado por uma hidrelétrica, em R\$/MWh

Danos ambientais	Custo (R\$/MWh)
Saúde ocupacional	0,810
Agricultura e florestas	5,410
Sedimentação	0,070
GEEs	1,340
Total	7,630

Fonte: Reis (2001) e Miranda (2012)

Deste modo, o valor do custo ambiental da energia elétrica é igual a R\$ 7,63/MWh. Já os valores da quantidade de energia elétrica gastos na produção primária e secundária na produção de uma tonelada de material final foram os mesmos utilizados no cálculo do benefício econômico da redução da utilização da energia elétrica, TABELA 21 e TABELA 22.

Para o cálculo do custo ambiental gerado pela energia elétrica, multiplicou-se o valor do dano ambiental provocado pela hidrelétrica obtido pela quantidade de energia elétrica utilizada na produção primária e na produção secundária de cada material avaliado.

Posteriormente, foi confrontado o custo ambiental da energia elétrica da produção primária pelo custo ambiental da energia elétrica da produção secundária, como mostrado pela Equação 5.

$$BAE_i = DAH \times QEEP_i - (DAQ \times (QEE S_i \times PMS_i + QEEP_i \times PMP_i)) \text{ (Equação 5)}$$

Em que:

BAE_i = Benefício ambiental da energia elétrica para o material i , em reais

DAH = Dano ambiental provocado pela hidrelétrica, e R\$/MWh.

$QEEP_i$ = Quantidade de energia elétrica, em MWh, utilizada pela produção primária para produzir uma tonelada de material i .

PMP_i = Porcentagem do material primário para o material i .

$QEES_i$ = Quantidade de energia elétrica, em MWh, utilizada pela produção secundária para produzir uma tonelada de material i .

PMS_i = Porcentagem do material secundário para o material i .

i = tipo de material.

4.2.2 Benefícios ambientais da redução do consumo de água

Para a realização do cálculo do benefício econômico da água, primeiramente foi considerado que a bacia hidrográfica adotada está situada na região sudeste, por se tratar de uma região com a maior produção industrial do Brasil.

A partir disso, foi escolhida a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, pois nela estão localizados os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais e também abrange grande parte das indústrias do país.

Portanto, para o cálculo do custo ambiental da água foi adotada a metodologia utilizada pelo Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), disposto na deliberação do CEIVAP 218/2014. A partir dessa metodologia foi possível calcular o benefício ambiental da água utilizada na produção primária e secundária (Equação 6).

$$CC_{ji} = (Q_{cap} \times K_0 \times PPU) \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

CC_{ji} = Custo de captação da água a ser cobrado, em reais

Q_{ji} = Quantidade de água utilizada para produção j do material i , em m^3

K_0 = Coeficiente relacionado a classe do rio – Definido pelo CEIVAP para o setor rio de classe 2 igual a 0,9.

PPU = Preço público unitário – definido pelo CEIVAP para o setor industrial como R\$ 0,01/ m^3 .

j = Tipo de produção (produção primária e produção secundária)

i = Tipo de material.

Diante da insuficiência de informações sobre volume de água consumido pelas indústrias de alumínio, papel, plástico e vidro, considerou-se que o volume de água captado é igual ao volume consumido.

O benefício econômico da água foi obtido confrontando o custo da água utilizada na produção primária pelo custo da água utilizada na produção secundária.

$$BAAi = CCPi - (((CCSi) \times PMSi) + ((CCPi) \times PMPi)) \quad (\text{Equação 7})$$

$BAAi$ = Benefício ambiental da utilização da água para o material i , em reais.

$CCPi$ = Custo de captação da água da produção primária para o material i , em reais.

$PMPi$ = Porcentagem do material primário para o material i .

$CCSi$ = Custo de captação da água da produção secundária para o material i , em reais.

$PMSi$ = Porcentagem do material secundário para o material i .

i = tipo de material.

4.2.3 Redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)

A emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) ocorre durante a produção de cada material, no transporte desse material nas diferentes etapas de produção e na disposição final dos resíduos produzidos a partir da sua utilização.

Levou-se em consideração para o cálculo do benefício ambiental gerado pela redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) a diferença entre a emissão de GEE provocada pela produção primária e pela produção secundária no transporte, produção e disposição final do material. Posteriormente, o valor encontrado foi multiplicado pelo preço da tonelada de carbono U\$\$ 5,00 (WBG, 2016) conforme feito no item anterior. (Equação 8).

Os Gases de Efeito Estufa são o dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido Nitroso (N_2O), trifluoreto de nitrogênio (NF_3), Perfluorcarbonetos (PFCs), Hidrofluorcarbonetos (HFCs) e Hexafluoreto de enxofre (SF_6). Sendo que as emissões desses gases devem ser expressas em toneladas de dióxido de carbono (tCO_2) (FREITAS JÚNIOR, 2013).

$$BRGEEi = EDi - EVi * P \quad (\text{Equação 8})$$

em que:

BRGEEi= Benefício da redução das emissões de gases de efeito estufa do material i

P = Preço do crédito de carbono comercializado no mercado, em reais por tonelada de CO_{2e}

EDi= Emissão de gases de efeito estufa pela disposição final em aterro sanitário, em tonelada de CO_{2e}, para o material i

EVi= Emissão de gases de efeito estufa pela emissão evitada, em tonelada de CO_{2e}, para o material i

4.2.3.1 Emissão de GEE no processo de produção de cada material.

Além da emissão de GEEs durante o transporte de insumos e na disposição final dos resíduos produzidos, existe também a emissão durante cada etapa do processo de produção dos diferentes materiais.

Na produção de garrafas PET, a emissão dos GEEs ocorre durante a extração do petróleo, refino de petróleo, fabricação de resinas, fabricação de preformas, produção de garrafas, produção de rótulo e durante a produção de tampas.

Na produção das latas de alumínio, a emissão dos GEEs ocorre durante a extração da bauxita, fundição, laminação, produção de latas e lavagem. Já na produção de embalagens de vidro, a emissão de GEE's ocorre na fabricação do vidro, na produção das tampas, na produção das garrafas e na lavagem.

4.2.3.2 Emissão de GEE pelo transporte

O transporte de insumos durante o processo de produção emite substâncias nocivas ao homem e ao ambiente que são lançadas na atmosfera pelos veículos automotores, principalmente em função do processo de queima dos combustíveis fósseis (IPEA, 2011)

Os Gases de Efeito Estufa (GEE) que são expelidos para a atmosfera acabam impactando todo o planeta pelo aquecimento global. O principal poluente nesta categoria é o dióxido de carbono (CO₂), que serve também como unidade de equivalência para os demais GEE (IPEA, 2011).

De acordo com Valt (2004), o transporte dos materiais ocorre por meio de ferrovias e rodovias, onde os trens e caminhões são movidos a óleo diesel e a quantidade de gás carbônico emitido por esses meios de transporte são 1,21 Kg/Km e 3,34 Kg/Km respectivamente.

4.2.3.3 Emissão de GEE pela não disposição final em aterro sanitário (emissão evitada)

No Brasil, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) podem ter sua destinação final adequada em aterros sanitários ou podem ser dispostos inadequadamente em aterros controlados e lixões. Independentemente da forma de disposição final, a fração orgânica passa por um processo de degradação anaeróbica, devido à atuação de bactérias metanogênicas, resultando na formação de gás metano (CH₄).

A emissão de metano varia de acordo o volume e características do resíduo sólido gerado, das condições climáticas e de anaerobiose do local. O cálculo das emissões de GEE pela disposição final de resíduos foram feitos com base na metodologia definida pelo *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (2006) (Equação 9). Assim, levou-se em consideração apenas o resíduo de papel que possui Carbono Orgânico Degradável (COD), ou seja, fração de carbono orgânico presente no material que realmente se degrada, na forma de CO₂ e CH₄. Plástico, vidro e alumínio não entraram nesta parte, pois são resíduos não orgânicos, não possuindo COD em sua composição, conforme IPCC (2006).

Os materiais cuja destinação final é a reciclagem consistem em emissões evitadas de GEE, por não haver degradação do material. Deste modo, estimou-se a não emissão de GEE pela disposição final do papel em aterro sanitário conforme a Equação 8. Por fim, converteu-se as emissões de metano em toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_{2e}), multiplicando-se o valor encontrado por seu Potencial de Aquecimento Global (PAG).

Levou-se em consideração para o cálculo do benefício ambiental gerado pela redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) a diferença entre a emissão de GEE provocada pela disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários, e a emissão de GEE evitada gerada pela redução da quantidade de materiais destinados ao aterro.

$$EM = (K * FCM * COD_f * COD * FEM * e^{-k(y-x)} - R) * (1 - OX) \quad (\text{Equação 9})$$

Em que:

EM = emissão de metano, em toneladas.

K = Constante de geração de metano. O valor sugerido é 0,17 para climas tropicais.

FCM = Fator de Correção de Metano. O valor sugerido pelo IPCC é de 50%.

COD = Carbono Organicamente Degradável. Para papel adotou-se 0,4.

COD_r = fração do carbono que realmente se degrada. O valor sugerido pelo IPCC é de 77%.

FEM = fração de carbono emitida como metano. O valor sugerido pelo IPCC é de 50%.

16/12 = taxa de conversão, em peso molecular, de C para CH₄.

R = metano recuperado. Considerou-se igual a zero, pois não há recuperação de metano em aterro sanitário de Macaúbas conforme 3º Inventário de GEE de Belo Horizonte - MG.

OX – Fator de Oxidação representa a quantidade de CH₄ que sofre oxidação no solo ou material de cobertura. Valor considerado igual a 0,1 para aterros sanitários.

4.2.4 Benefício ambiental total

O benefício ambiental total é dado pelo somatório entre todos os benefícios ambientais, sendo eles, o benefício ambiental da redução dos danos ambientais gerados pelo consumo de energia elétrica, água e o benefício ambiental pela redução de emissão de GEE, (Equação 10).

$$BAT_i = BAE_i + BAA_i + BRGEE_i \quad (\text{Equação 10})$$

Em que:

BAT_i = Benefício ambiental total, em reais

BAE_i = Benefício ambiental relacionado à economia de energia elétrica, em reais

BRGEE_i = Benefício ambiental relacionado à redução de emissão de GEE, em reais.

i = tipo de material.

4.3 Benefício total

O benefício total é dado pelo somatório dos benefícios econômicos, ambientais e da não disposição em aterros sanitários e do valor obtido é subtraído o custo de coleta, que é negativo pelo fato da coleta seletiva de materiais reaproveitáveis possuir um custo maior que a coleta convencional de resíduos sólidos.

Posteriormente, o valor obtido deverá ser multiplicado pela quantidade de resíduos sólidos que será reciclado, representado pela Equação 11. Nessa pesquisa o cálculo do benefício total será realizado para as quantidades de materiais recicláveis coletados: pela ASMARE, pela coleta seletiva realizada na cidade de Belo Horizonte - MG, para a coleta seletiva da cidade de Belo Horizonte - MG se ela possuísse a mesma eficiência da coleta seletiva da cidade de Porto Alegre - RS e a quantidade total produzida na cidade de Belo Horizonte - MG.

$$BTi = (BETi + BATi + NDA - CC) \times QM \quad (\text{Equação 11})$$

Em que:

BTi= Benefício total, em reais

BETi= Benefício econômico total, em reais

BATi= Benefício ambiental total, em reais.

NDA= Benefício da não disposição em aterros sanitários, em reais.

CC= Custo de coleta, em reais.

QM= Quantidade de material que será reciclada, em toneladas.

i= tipo de material.

4.4 Custo de coleta

O custo de coleta foi estimado pela confrontação do custo de coleta de RSU (resíduos sólidos urbanos) feitos pela SLU (Superintendência de Limpeza Urbana) pelo custo de coleta seletiva de resíduos recicláveis na cidade de Belo Horizonte - MG.

Os dados utilizados para o cálculo do custo de coleta são da cidade de Belo Horizonte - MG, pois a associação de catadores de material reciclável escolhida para a realização desse trabalho está localizada nessa cidade – ASMARE (Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Materiais Recicláveis).

Segundo INSEA (2010), o custo da coleta de materiais recicláveis na cidade de Belo Horizonte - MG é de R\$ 367,84/T. Esse custo foi obtido considerando-se os custos da prefeitura com a coleta seletiva, adicionado aos custos das associações de catadores de material reciclável, portanto foram levados em consideração custos com funcionários, combustível, despesas administrativas e equipamentos.

De acordo com o CEMPRE (2012), o custo da coleta de resíduos sólidos comuns é 4,5 vezes menor que o custo da coleta seletiva de material reciclável, portanto, o valor da coleta de resíduos sólidos comuns de Belo Horizonte - MG é igual a R\$ 81,74/T.

Assim, o custo de coleta considerado no cálculo do benefício total da reciclagem foi de R\$ 286,10/T.

4.5 Benefício gerado pela não disposição de material reciclável em aterro sanitário.

Para o cálculo do benefício total gerado pela reciclagem levou-se em consideração o custo evitado pela não disposição final dos resíduos sólidos em aterro sanitário. De acordo com CITAR (2011), a disposição de resíduos sólidos coletados na cidade de Belo Horizonte - MG é feita no aterro sanitário Macaúbas, situado no município vizinho de Sabará - MG, sendo o custo para dispor uma tonelada de resíduo nesse aterro igual a R\$ 37,71/T. Assim, este seria o custo evitado gerado pela reciclagem.

4.6 Benefício proporcionado através da coleta de material reciclável feita pela ASMARE.

A ASMARE faz a coleta de vários tipos de papel como, papel branco, papelão, revista e jornal. Plásticos, como, Polietileno de alta densidade (PEAD), Polipropileno (PP) e Politeraftalato de etileno (PET). Devido a isso, para facilitação dos cálculos, foi feita a adoção apenas do papel e do plástico mais coletado por essa associação de material reciclável, que são o papel branco e o plástico PET respectivamente.

A quantidade de material coletado pela associação de material reciclável foi obtida através de uma entrevista e aplicação de questionário (APÊNDICE A) feita na ASMARE (TABELA 4).

TABELA4- Quantidade material coletada pela ASMARE, em toneladas/ano

Material	Quantidade (T/ano)
Plástico	74,40
Alumínio	4,80
Vidro	180,00
Papel	2.140,80

Fonte: ASMARE (2016)

A partir da quantidade de papel, vidro, alumínio e plástico coletado pela ASMARE foi possível fazer o cálculo do benefício total proporcionado por essa associação.

4.7 Benefício proporcionado pela coleta seletiva realizada na cidade de Belo Horizonte - MG.

De acordo com a Superintendência de Limpeza Urbana são coletados na cidade de Belo Horizonte - MG 51.964 toneladas de resíduos sólidos por mês, sendo que a constituição desse lixo é de 65% de matéria orgânica, 27% de material reciclável e 8% de rejeitos (INSEA, 2010; PBH 2017).

Segundo INSEA (2010), a parcela de material reciclável dos resíduos sólidos de Belo Horizonte – MG, é constituída de 10,88% de plástico, 9,52% de papel, 2,63% de vidro e 2,29% de metais.

De acordo com CEMPRE (2016), na cidade de Belo Horizonte - MG, das 51.964 toneladas de material reciclável produzida por mês, apenas 1,1% (577 toneladas/mês) é coletada adequadamente por meio de coleta seletiva.

Conforme a PBH (2017), a coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte - MG, é realizada de três maneiras, ponto a ponto, porta a porta e através das associações e cooperativas de materiais recicláveis conveniadas à Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - MG.

A partir desses valores foi possível calcular a quantidade de cada tipo de resíduo que é coletado através da coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte - MG em um ano (TABELA 5)

TABELA 5- Quantidade material coletada pela coleta seletiva em Belo Horizonte - MG (T/ano)

Material	Quantidade (T/ano)
Plástico	2.790,12
Alumínio	587,26
Vidro	674,45
Papel	2.441,35

Fonte: Autor

A partir da quantidade de papel, vidro, alumínio e plástico coletados através da coleta seletiva realizada na cidade de Belo Horizonte - MG foi possível fazer o cálculo do benefício total proporcionado se todo esse material fosse reciclado.

4.8 Benefício total gerado pela coleta seletiva realizada na cidade de Belo Horizonte - MG, se ele possuísse a mesma eficiência da coleta seletiva da cidade de Porto Alegre - RS.

De acordo com CEMPRE (2016), a coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte - MG atende apenas 15% da sua população, que é considerado um percentual baixo se comparado às outras capitais do sudeste e sul do Brasil. As cidades de Porto Alegre - RS, Curitiba - PR, Florianópolis - SC e Rio de Janeiro - RJ, possuem um sistema de coleta seletiva mais avançada, que já atendem 100% da população por meio da coleta seletiva.

De acordo com o Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre - RS, o município coletou, em média, no ano de 2015, 52.186,64 toneladas de resíduos, sendo que desse total 2.282 toneladas foram coletadas pelo sistema de coleta seletiva da cidade, ou seja, 4,4% do lixo total de Porto Alegre - RS, é coletado por meio da coleta seletiva da cidade. (DMLU, 2015; CEMPRE, 2016).

Se a cidade de Belo Horizonte - MG possuísse uma coleta seletiva como a da cidade de Porto Alegre - RS, ou seja, se 4,4% do resíduo sólido da cidade fosse coletado através da coleta seletiva, 2273 toneladas/mês seriam destinados a reciclagem.

A partir desses valores, foi possível calcular a quantidade de cada tipo de resíduo que é coletado através da coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte - MG em um ano se ela tivesse a mesma eficiência da coleta seletiva da cidade de Porto Alegre - RS (TABELA 6)

TABELA 6- Quantidade material coletada pela coleta seletiva em Belo Horizonte - MG com a eficiência da coleta seletiva da cidade de Porto Alegre - RS (T/ano)

Material	Quantidade (T/ano)
Plástico	10.991,22
Alumínio	2.313,41
Vidro	2.656,88
Papel	9.617,32

Fonte: Autor

4.9 Benefício total se todo material reciclável produzido na cidade de Belo Horizonte - MG fosse coletado.

Na cidade de Belo Horizonte – MG são produzidos 51.964 toneladas de resíduos sólidos por mês, sendo que, 27% desses resíduos são materiais recicláveis, ou seja, cerca de 14.030 toneladas por mês (INSEA, 2010).

A partir desses valores, foi possível calcular a quantidade de cada tipo de resíduo que é produzido na cidade de Belo Horizonte em um ano (TABELA 7). 9,52% de papel, 2,63% de vidro e 2,29% de metais.

TABELA 7- Quantidade material produzida pela cidade Belo Horizonte, MG (T/ano)

Material	Quantidade (T/ano)
Plástico	67.844,20
Alumínio	14.279,71
Vidro	16.399,84
Papel	59.363,67

Fonte: Autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Benefícios econômicos

5.1.1 Energia Elétrica

Os valores dos custos da energia elétrica das produções primária e secundária de cada tonelada de material são mostrados nas TABELAS 8 e 9. Observa-se que a demanda de energia elétrica para a produção primária varia muito entre os materiais avaliados. Enquanto o alumínio, por exemplo, consome 16,33 MWh/T, uma tonelada de plástico PET utiliza 780 KWh. Levando em consideração a produção secundária, a variação foi ainda maior.

Além disso, foi possível verificar que o custo, em R\$/T, para a produção de uma tonelada de alumínio primário é 23 vezes maior que o custo para a produção de uma tonelada de alumínio secundário.

Essa diferença do custo de produção primária e secundária é ainda maior para o plástico (1243 vezes). Essa diferença é justificável pela baixa utilização da energia elétrica na produção secundária do plástico.

TABELA 8 – Custo da energia elétrica para a produção primária de cada tonelada de material, em R\$/T.

Materiais	Custo(R\$/ MWh)	Quantidade (MWh/T)	Custo (R\$/T)
Plástico	95,63	0,780	74,59
Alumínio	95,63	16,330	1.561,64
Vidro	95,63	0,940	89,89
Papel	95,63	1,780	170,22

Fonte: Prado (2007); MME (2015).

TABELA 9 – Custo da energia elétrica para produção secundária de cada tonelada de material, em R\$/T.

Materiais	Custo(R\$/ MWh)	Quantidade (MWh/T)	Custo (R\$/T)
Plástico	95,63	0,001	0,10
Alumínio	95,63	0,710	67,90
Papel	95,63	0,510	49,77
Vidro	95,63	0,050	4,78

Fonte: Prado (2007); MME (2015).

A TABELA 10 expõe o valor dos benefícios econômicos de cada material para a redução do consumo da energia elétrica, levando em consideração as diferentes porcentagens de sucata presentes no material secundário (0%, 25%, 50%, 75% e 100%).

TABELA 10 – Valor do benefício econômico da redução do consumo da energia elétrica por material avaliado, em (R\$/T)

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	100	0,00	0,00	0,00	0,00
25	75	18,63	373,44	21,13	30,36
50	50	37,27	746,87	42,27	60,73
75	25	55,90	1.120,31	63,40	91,09
100	0	74,53	1.493,74	84,54	121,45

Fonte: Autor

Nota-se que para todos os tipos de material o benefício econômico da energia elétrica aumentou de acordo com o aumento da quantidade de sucata presente no material secundário. Portanto, a geração de benefício econômico relacionado à redução do consumo de energia elétrica está associada diretamente na utilização do material secundário em substituição ao material primário e a quantidade de sucata presente nesse material.

Como há uma grande diferença entre a demanda de energia elétrica pela produção primária e secundária de alumínio, observou-se que este material apresentou benefício econômico superior aos demais para todas as variações na quantidade de sucata utilizadas.

De acordo com ABAL (2012), a indústria do alumínio utiliza cerca de 6% de toda a energia elétrica produzida no Brasil. Esse consumo de energia elétrica elevado ocorre principalmente na fase de produção eletrolítica do alumínio primário. Nas demais fases de produção do alumínio, o consumo de energia elétrica é baixo.

A grande utilização de energia elétrica na produção desse material faz com que a sua reciclagem torne-se uma opção viável na produção da matéria prima. A produção do alumínio através do material secundário utiliza apenas 4,3% da energia elétrica utilizada pela produção primária (FERREIRA, 2015).

A quantidade de sucata utilizada no processo de produção secundária de cada material varia de indústria para indústria. No entanto, o alumínio e o vidro são os únicos materiais que possuem o potencial de serem produzidos a partir de 100% de sucata, o que potencializa ainda mais os benefícios econômicos e ambientais a partir da reciclagem desses dois tipos de materiais.

Essa economia de energia e, conseqüentemente, economia financeira em relação a utilização de materiais recicláveis para a produção de matéria-prima, trouxe consigo uma valorização da sucata de alumínio que, atualmente custa R\$ 3,50 o quilo da lata de alumínio (ASMARE, 2016), sendo a sucata mais cara entre os quatro tipos de materiais estudados. Essa valorização da sucata de alumínio a tornou uma atrativa fonte de renda, principalmente para os catadores de sucata, favorecendo para que 98% do alumínio produzido no Brasil seja reciclado (ABRELPE, 2014; ASMARE, 2016).

Além do alumínio, outro material que possui um alto benefício econômico em relação à redução de energia elétrica é o papel. Apesar do benefício econômico estimado ser mais de dez vezes menor que o estimado para o alumínio, a reciclagem do papel torna-se viável devido ao grande volume presente no resíduo sólido do brasileiro.

De acordo com Goulart Coelho (2016), na sua pesquisa realizada na cidade do Rio de Janeiro em relação aos quatro tipos de materiais estudados, o papel é o que possui maior porcentagem dentro da geração de resíduos sólidos, cerca de 19,29% dos resíduos gerados é papel, enquanto 1,68% dos resíduos produzidos na cidade do Rio de Janeiro são metais, sendo que apenas parte desses metais corresponde ao alumínio.

Apesar da grande disponibilidade do papel nos resíduos sólidos, esse material não é 100% reciclável, ou seja, para que ocorra a reciclagem do papel é necessária a utilização do papel virgem. Para a produção do papel reciclado é necessário que ele seja composto de 50% de material virgem, 25% de aparas de papel que não foram utilizadas e 25% de sucata de papel (RIBEIRO, 2012).

Portanto, apesar da sucata de papel não ser 100% utilizada para a produção do papel reciclado, a reciclagem do papel ainda produz benefícios econômicos em relação à redução do consumo de energia, conforme TABELA 10.

5.1.2 Água

Os valores dos custos da água para as produções primária e secundária são mostrados nas TABELAS 11 e 12, respectivamente, sendo que a confrontação desses custos resulta no valor do benefício econômico da redução do consumo de água, exposto na TABELA 13.

TABELA 11 – Custo da água para a produção primária por tipo de material, em R\$/m³.

Material	Custo (R\$/m³)	Quantidade (m³)	Total (R\$)
Plástico	8,34	6,05	50,45
Alumínio	8,34	31,15	259,79
Vidro	8,34	0,67	5,59
Papel	8,34	29,10	242,69

Fonte: Prado (2007); NEPS (2011) .

TABELA 12 - Custo da água para produção secundária por tipo de material, em R\$/m³.

Material	Custo (R\$/m³)	Quantidade (m³)	Total (R\$)
Plástico	8,34	1,50	12,51
Alumínio	8,34	3,30	27,52
Vidro	8,34	0,30	2,50
Papel	8,34	13,30	110,92

Fonte: Prado (2007); NEPS (2011).

TABELA 13–Valor do benefício econômico da redução do consumo de água, em R\$/T.

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	100	0,00	0,00	0,00	0,00
25	75	9,49	58,07	0,77	32,94
50	50	18,97	116,13	1,54	65,89
75	25	28,46	174,20	2,31	98,83
100	0	37,95	232,27	3,09	131,77

Fonte: Autor

Ao analisar a TABELA 13, é possível notar que para todos os tipos de material o consumo de água na produção primária (TABELA 11) é maior que o consumo de água para a produção secundária (TABELA 12), portanto, há benefício econômico positivo em relação a redução do consumo de água gerado pela substituição do material secundário em detrimento do uso de material primário no processo de produção.

Apesar da utilização do material secundário ser benéfica para todos os tipos de materiais analisados, nota-se que o alumínio possui o maior benefício econômico em comparação com os outros três materiais estudados.

Isso acontece, pois a produção de alumínio primário utiliza água nas diferentes etapas do processo, como, na lavagem do minério de bauxita, na clarificação e precipitação da alumina e na laminação do alumínio. Enquanto o alumínio secundário utiliza água apenas na limpeza das latas de alumínio e no seu processo de laminação. Por isso a utilização da sucata de alumínio em substituição ao material primário na produção do material final reduz o consumo de água em 89%, de acordo com os dados expostos na TABELA 11 e TABELA 12.

Outro material que utiliza água em elevada quantidade no seu processo de produção é o papel. Na produção primária, a água é utilizada no descascamento da madeira, digestão da celulose, lavagem alcalina, polpação e branqueamento. Já na produção secundária, os processos que utilizam água são a desagregação da matéria-prima, hidratação das fibras, refinamento e branqueamento (GALDIANO, 2006; GALLON, 2008).

A partir dessa diferença entre os processos de produção primária e secundária na obtenção do material final, foi possível observar que a produção a partir de sucata em substituição a produção primária reduziu a utilização da água em 54% na produção de material final (TABELA 11 e TABELA 12). Deste modo, se fosse possível a utilização de 100% de sucata o benefício econômico de redução do consumo de água seria igual a R\$ 131,77 por tonelada de papel final produzido.

Entretanto, de acordo com Ribeiro (2012), a produção do papel reciclável utiliza cerca de 50% de material virgem e 50% de sucata. Assim, a partir dessas porcentagens, estima-se que o benefício econômico da redução da utilização da água ainda seria positivo (R\$ 65,89/T).

Já o vidro possui benefício econômico em relação à redução do consumo de água bem mais baixo comparado aos demais materiais, pois o principal consumo de água na produção do vidro ocorre na lavagem do material, que é feita tanto na produção primária quanto na produção secundária do material final (PRADO, 2007).

Portanto, assim como o benefício econômico da redução da energia elétrica, pode-se inferir que, em relação à redução do consumo de água, o alumínio e o papel são os materiais que possuem maior benefício econômico.

5.2.3 Matéria-prima

A TABELA 14 expõe as matérias-primas utilizadas na produção primária do plástico e o preço de cada um desses insumos. Ao observar essa tabela pode-se inferir que a elevação do custo total ocorre pela grande quantidade de petróleo utilizada.

TABELA 14 – Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção primária do plástico em R\$/T.

Matéria-prima	Custo(R\$/Kg)	Quantidade Kg/T de alumínio	Total (R\$)
Petróleo	1,19	1.388,90	1.651,72
Óleo diesel	0,92	787,34	724,35
PTA	1,48	891,20	1.318,98
MEG	1,88	423,91	796,95
Metanol	1,68	252,00	423,36
Total			4.915,36

Fonte: Valt (2004); Prado (2007).

Os valores dos custos da matéria-prima da produção primária (TABELAS 14, 15, 16 e 17) e da sucata utilizada na produção secundária dos diversos materiais são mostrados na TABELA 18, sendo que a confrontação desses custos resulta no valor do benefício econômico da redução do consumo de matéria-prima (TABELA 19).

A TABELA 15 expõe as matérias-primas utilizadas na produção primária do alumínio e o preço de cada um desses insumos. Ao observar essa tabela pode-se inferir que a elevação desse custo ocorre pela presença de grande quantidade de bauxita na produção de uma tonelada de material final (93% do valor total).

TABELA 15 - Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção primária do alumínio em R\$/T.

Matéria-prima	Custo(R\$/Kg)	Quantidade Kg/T de alumínio	Total (R\$)
Bauxita	0,87	21.345,00	18.569,80
Coque	1,40	352,20	492,02
Criolita	3,65	2,10	7,66
Óleo Diesel	0,92	963	885,96
Fluoreto	0,14	19,80	2,77
Piche	0,00	106,30	0,00
Soda Cáustica	0,86	1.009,50	868,17
Total			20.826,38

Fonte: Valt (2004); Prado (2007); (IPEA, 2010).

Além da grande quantidade de bauxita necessária para produzir uma tonelada de material final, o preço desse mineral também é considerado alto, devido à grande quantidade de máquinas e combustíveis necessária para a extração do minério. Além disso, outra etapa posterior a extração de bauxita que aumenta o custo do mineral é a retirada de impurezas, que envolve a britagem, atrição e peneiramento para a retirada da sílica (SAMPAIO, 2005).

A TABELA 16 expõe os custos e as matérias-primas envolvidas na produção primária do vidro. Nota-se que custo do vidro feito através do material primário é baixo em relação ao alumínio, pois a principal matéria-prima que o compõe é a areia, que é um material de baixo custo.

TABELA 16 – Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção primária do vidro em R\$/T

Matéria-prima	Custo(R\$/Kg)	Quantidade Kg/T de vidro	Total (R\$)
Areia	0,04	662,00	25,15

Continua

TABELA 16 – Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção primária do vidro em R\$/T

Barrilha	1,97	206,90	408,21
Calcário	0,04	198,50	7,54
Dolomita	0,04	85,85	3,18
Feldspato	0,15	141,40	21,21
Total			465,29

Fonte: EBC (2014); Prado (2007).

O baixo custo na produção primária do vidro faz com que o preço da sucata do vidro seja cada vez mais baixo, atualmente é de R\$0,02/Kg (ASMARE, 2016). O baixo preço da sucata torna o vidro cada vez mais desinteressante para o catador de material reciclável, que opta por coletar os outros tipos de materiais que são mais valorizados.

A TABELA 17 expõe os custos e a quantidades das matérias-primas utilizadas na produção primária do papel. Ao analisar essa tabela é possível inferir que custo do papel eleva-se principalmente pela grande quantidade de óleo diesel e gás natural utilizados no processo de produção primária desse material.

TABELA 17 – Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção primária do papel, em R\$/T

Matéria prima	Custo(R\$/Kg)	Quantidade Kg/T de papel	Total
Dióxido de cloro	0,87	25,75	22,40
Madeira	37,98	3,43	130,27
Soda Cáustica	0,86	33,53	28,84
Peróxido de hidrogênio	1,64	6,00	9,84
Gás natural	0,86	848,00	729,28
Óleo Diesel	0,92	365,00	335,80
Cloratos	1,19	25,75	30,70
Total			1.287,13

Fonte: Galdiano (2006); MME (2015)

A TABELA 18 apresenta os custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção de uma tonelada de plástico, alumínio, vidro e papel a partir da sucata.

TABELA 18– Custos referentes às matérias-primas utilizadas na produção secundária, em R\$/T

Material	Custo(R\$/ m³)	Quantidade (T)	Total (R\$)
Plástico	1.550,00	1	1.550,00
Alumínio	2.500,00	1	2.500,00
Vidro	135,00	1	135,00
Papel	250,00	1	250,00

Fonte: CEMPRE (2016)

A partir dos valores encontrados, foi possível inferir que o alumínio é o material com maior benefício econômico em relação à redução da demanda por matéria-prima virgem. Isto porque a produção do alumínio primário envolve um custo maior com matérias-primas comparado à produção a partir da sucata do alumínio. Outro ponto importante é o baixo benefício econômico do vidro, justificado pelo baixo custo das matérias-primas utilizadas na produção primária (TABELA 19).

TABELA 19 – Valor do benefício econômico da redução da utilização de matéria-prima (R\$/T)

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	1	0,00	0,00	0,00	0,00
0,25	0,75	841,49	4.581,60	82,57	259,28
0,5	0,5	1.682,98	9.163,20	165,15	518,57
0,75	0,25	2.524,47	13.744,79	247,72	777,85
1	0	3.365,96	18.326,39	330,29	1.037,13

Fonte: Autor

5.2.4 Benefício econômico total

A TABELA 20 expõe os benefícios econômicos totais do alumínio, plástico, papel e vidro, gerados pelo somatório dos benefícios econômicos referentes à economia de energia elétrica, água e matéria-prima.

A partir da análise da TABELA 20, foi possível inferir que o alumínio possui o maior benefício econômico dentre os materiais analisados.

O elevado benefício econômico do alumínio justifica a alta taxa de reciclagem de latinhas de alumínio no Brasil, que atualmente alcança o percentual 98% de reciclagem do total produzido (ABRELPE, 2014). Além disso, o valor pago pela sucata de alumínio é elevado, o que estimula a coleta de latas de alumínio no país.

Outro resultado que se destaca, é o baixo benefício econômico do vidro, o que evidencia o baixo preço de venda da sua sucata, que é de R\$ 0,02/ Kg de material. De acordo com ASMARE (2016), o preço de venda da sucata do vidro é tão baixo que os associados só coletam devido à Bolsa de Resíduo que recebem do governo do estado de Minas Gerais.

TABELA 20 – Valor do benefício econômico total por material, em R\$/T

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	1	0,00	0,00	0,00	0,00
25	75	869,61	5.013,11	104,47	322,58
50	50	1.739,22	10.026,20	208,96	645,19
75	25	2.608,83	15.039,30	313,43	967,77
100	0	3.478,44	20.052,40	417,92	1.290,35

Fonte: Autor

5.3 Benefícios ambientais

5.3.1 Cálculo dos danos ambientais gerados por hidrelétricas

Os valores dos custos dos danos ambientais gerados por hidrelétricas e da quantidade de energia elétrica utilizada nas produções primária e secundária são mostrados na TABELAS 21 e 22. Observa-se que a demanda de energia elétrica para a produção primária de cada tonelada de material varia muito. O alumínio é o material com o maior consumo de energia elétrica na produção primária, que é cerca de 21 vezes maior que o consumo de energia elétrica do plástico, material com menor consumo de energia elétrica.

Além disso, ao analisar essas tabelas foi possível perceber que a utilização do alumínio secundário em substituição ao alumínio primário reduz a quantidade de energia elétrica em cerca de 96%, reduzindo, conseqüentemente, os danos ambientais potenciais oriundos da demanda por energia elétrica pela utilização do material primário do alumínio.

TABELA 21 – Custos ambientais da energia elétrica para a produção primária de cada tonelada de material, em R\$/T.

Materiais	Custo (R\$/ MWh)	Quantidade (MWh/T)
Plástico	7,63	0,780
Alumínio	7,63	16,330
Vidro	7,63	0,940
Papel	7,63	1,780

Fonte: Prado (2007); MME (2015).

TABELA 22– Custo da energia elétrica para produção secundária de cada tonelada de material, em R\$/T.

Materiais	Custo (R\$/ MWh)	Quantidade (MWh/T)
Plástico	7,63	0,001
Alumínio	7,63	0,710
Vidro	7,63	0,050
Papel	7,63	0,510

Fonte: Prado (2007); MME (2015).

Observa-se na TABELA 23 que, com o aumento da porcentagem de sucata reduz-se a demanda por energia elétrica e, conseqüentemente, os danos ambientais gerados pelas hidrelétricas. Portanto, nota-se que utilização de material secundário em substituição ao material primário é benéfica para todos os tipos de materiais, pois gera-se custos evitados.

TABELA 23 – Custos evitados pela não geração de danos ambientais pelas hidrelétricas (R\$/T) por material avaliado

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	100	0,00	0,00	0,00	0,00
25	75	1,49	29,80	1,69	2,42
50	50	2,97	59,59	3,37	4,85
75	25	4,46	89,39	5,06	7,27
100	0	5,95	119,18	6,74	9,69

Fonte: Autor

Novamente chama-se a atenção para o alumínio. Devido à grande diferença de quantidade de energia elétrica utilizada na produção primária e secundária, o benefício ambiental do alumínio é bem superior aos demais materiais avaliados, o que reforça mais uma vez a importância da reciclagem deste material.

5.2.2 Benefícios ambientais gerados pela redução do consumo de água

A água é de fundamental importância para a manutenção da vida no planeta e, portanto, está relacionada à sobrevivência da espécie humana, conservação e equilíbrio da biodiversidade e interação entre seres vivos e ambientes naturais. Na sociedade em que se vive, a água passou a ser vista como recurso hídrico e não somente como um bem natural, disponível para a existência humana e das demais espécies. Passa-se a usá-la indiscriminadamente, encontrando sempre novos usos, sem avaliar as consequências ambientais em relação à quantidade e qualidade da água (BACCI, 2008).

A reciclagem dos materiais é uma maneira de diminuir a quantidade de água utilizada nas indústrias e, conseqüentemente, aumentar a qualidade da água, que poderá ser oferecida a outros usos.

A TABELA 24 expõe os benefícios ambientais relacionados à redução do consumo de água a partir da utilização de material reciclável em substituição ao material primário. A partir da análise dessa tabela, foi possível perceber que o custo do metro cúbico de água cobrado é um valor irrelevante comparado aos custos de outros insumos, fazendo com que as empresas, muitas vezes, não se preocupem com a utilização indiscriminada da água.

TABELA 24- Valor do benefício ambiental da redução do consumo de água (R\$/T) por material avaliado.

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	100	0,00	0,00	0,00	0,00
25	75	0,01	0,06	0,00	0,04
50	50	0,02	0,13	0,00	0,07
75	25	0,03	0,19	0,00	0,11
100	0	0,04	0,25	0,01	0,14

Fonte: Autor

Apesar da utilização do material secundário ser benéfica para todos os tipos de materiais estudados, o alumínio e o papel possuem o maior benefício ambiental em relação à redução do consumo de água em comparação com os outros dois materiais estudados.

O vidro possui uma baixa redução no consumo de água, pois a maior da água utilizada para produção deste material ocorre no processo de lavagem, etapa comum tanto para o vidro fabricado com o material primário quanto para o vidro reciclado.

5.2.3 Redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)

A emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) ocorre durante a produção, no transporte de cada matéria-prima e produto final, e na disposição final dos resíduos produzidos.

Levou-se em consideração para o cálculo do benefício ambiental gerado pela redução da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), a diferença entre a emissão de GEE provocada pela produção primária e pela produção secundária no transporte, produção e disposição final do material.

5.2.3.1 Emissão de GEE no processo de produção de cada material

O alumínio é o material que mais emite GEEs em sua produção primária, sendo que a fase de eletrólise e fundição é a grande responsável por essas altas emissões, seguido do papel (TABELA 25). O plástico e o vidro apresentaram emissões de GEE pela produção primária muito similares. As emissões durante o processo de produção do plástico, alumínio e vidro estão detalhados nos APÊNDICES B, C e D.

TABELA 25 - Quantidade de CO_{2e} emitida na produção dos materiais primários, em T/T de material

Materiais	Quantidade de CO_{2e} emitido (T/T)
Plástico	0,240
Alumínio	0,880
Vidro	0,210
Papel	0,480

Fonte: Valt (2004); Ribeiro (2012)

Por outro lado, quando se avalia a emissão de GEE pela produção secundária é maior que na produção primária, isso acontece porque a produção primária do papel utiliza como principal matéria prima a madeira que realiza o sequestro de carbono durante o seu crescimento

Outro tipo de material que possui alta emissão de GEEs na produção secundária é o vidro. Isto porque na produção de garrafas de vidro através de material reciclável são necessários tampas e rótulos, sendo que, a produção de tampas e rótulos são as etapas que mais emitem GEEs (TABELAS 25 e 26).

TABELA 26- Quantidade de CO_{2e} emitida na produção dos materiais recicláveis, em T/T de material

Materiais	Quantidade de CO_{2e} emitido (T/T)
Plástico	0,040
Alumínio	0,020
Vidro	0,160
Papel	1,110

Fonte: Valt (2004); Ribeiro (2012)

A partir da análise da TABELA 27 foi possível inferir que em relação à emissão dos GEEs durante os processos de produção, a substituição do material virgem pelo material reciclado é mais benéfica para o alumínio comparado aos outros materiais avaliados, em especial quando se utiliza maior quantidade de sucata. Por outro lado, a emissão de GEE pela produção de papel a partir de material reciclado se mostrou mais elevada que a produção de papel por matéria-prima virgem. Portanto, para o papel, independentemente da porcentagem de papel reciclado utilizado, não constatou-se benefício positivo.

TABELA 27 – Valor dos benefícios da redução da emissão dos GEE por material avaliado, em R\$/T.

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	100	0,00	0,00	0,00	0,00
25	75	0,77	3,38	0,19	-2,47
50	50	1,54	6,76	0,38	-4,95
75	25	2,31	10,14	0,58	-7,42
100	0	3,08	13,52	0,77	-9,89

Fonte: Autor

5.2.3.2 Emissão de GEE pelo transporte

A partir da quilometragem gasta em cada etapa da produção dos materiais foi possível verificar a quantidade de CO₂e emitida de acordo com as TABELAS 28, 29, 30 e 31.

TABELA 28 – Quantidade de CO₂e emitida no transporte dos insumos utilizados na fabricação da garrafa PET em T/T.

Etapas de transporte	Quantidade de CO₂e emitido (T/T)
Extração até o refino de petróleo	0,000
Refino de petróleo até a fabricação de resina	0,000
Fabricação da resina até a fabricação da preforma	0,000
Fabricação da preforma até a produção e lavagem das garrafas	0,080
Lavagem até consumo	0,000
Fabricação do rótulo até a lavagem	0,020
Fabricação da tampa até a lavagem	0,020
Total	0,120

Fonte: Valt (2004)

A partir da TABELA 28, foi possível perceber que as etapas de extração do petróleo, refino do petróleo e fabricação da resina ocorrem no mesmo local, devido a isso não ocorre a emissão de GEEs, enquanto a produção da preforma normalmente é feita em um local distante da produção de garrafas o que reflete na maior emissão de GEEs, que é de 0,08 tCO_{2e}.

TABELA 29 – Quantidade de CO_{2e} no transporte dos insumos utilizados na fabricação das latas alumínio, em T/T.

Etapas de transporte	Quantidade de CO_{2e} emitido (T/T)
Extração até a eletrolise e fundição	0,008
Eletrólise e fundição até laminação	0,004
Laminação até a produção de latas	0,015
Produção de latas até lavagem	0,017
Lavagem até reciclagem	0,004
Total	0,048

Fonte: Valt (2004)

Assim, foi possível perceber que o alumínio é o tipo de material que menos emite GEEs durante o transporte de insumos na produção primária comparado aos demais, possivelmente devido à proximidade que as etapas desse processo de produção ocorrem uma da outra.

TABELA 30 – Quantidade de CO_{2e} emitida no transporte dos insumos no transporte da garrafa vidro, em T/T.

Etapas de transporte	Quantidade de CO_{2e} emitido (T/T)
Fabricação de vidro até produção de garrafas	0,004
Produção de garrafas até a lavagem	0,026
Produção de tampas até a lavagem	0,155
Lavagem até reciclagem	0,018
Total	0,203

Fonte: Valt (2004)

A partir da TABELA 30, foi possível perceber que o vidro é o material que possui maior emissão de GEE durante o transporte na produção primária, em especial no transporte das tampas até a lavagem, que representa 76,35% da emissão total. Valt (2004) levou em consideração que a produção das tampas ocorreu em uma indústria situada em Belém/PA, local muito distante da produção das garrafas, que é realizada na cidade de Porto Ferreira, SP.

De acordo com Galdiano (2006), a emissão de GEE pelo transporte de madeira corresponde a totalidade da emissão de GEE pelo transporte de papel. Portanto, a emissão de Gases de Efeito Estufa do papel comum é de 0,13 tCO_{2e}, considerando que o percurso médio de transporte da madeira é de 200 Km e o caminhão percorre cerca de 4 Km/L de óleo diesel.

A TABELA 31 expõe a quantidade em toneladas de CO_{2e} emitidas durante o transporte do plástico, alumínio, vidro e papel recicláveis, desde a sua coleta até a indústria que utilizará esse material como matéria-prima no seu processo de produção.

TABELA 31 - Quantidade de CO_{2e} emitida no transporte dos materiais recicláveis em T/T

Materiais	Quantidade de CO_{2e} emitido (T/T)
Plástico	0,004
Alumínio	0,200
Vidro	0,160
Papel	0,001

Fonte: Valt (2004)

A partir da análise da TABELA 32 foi possível inferir que em relação a emissão de GEE pelo transporte, a substituição do material primário pelo material secundário é mais benéfica para o papel.

Outra análise que pode ser feita é que a emissão de GEE no vidro é a mais alta tanto para o material primário, quanto para o material reciclável. Isso ocorre, pois a principal etapa emissora de GEE é o transporte das tampas que são utilizadas tanto nas garrafas compostas de material comum quanto nas garrafas de material reciclável.

TABELA 32 – Valor dos benefícios da redução da emissão dos GEE devido ao transporte de matérias primas, por material avaliado, em R\$/T

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	100	0,00	0,00	0,00	0,00
25	75	0,45	0,12	0,17	0,51
50	50	0,91	0,24	0,34	1,02
75	25	1,36	0,36	0,51	1,52
100	0	1,82	0,48	0,69	2,03

Fonte: Autor

5.2.3.3 Emissão evitada de GEE pela não disposição final em aterro sanitário (emissão evitada)

Conforme explicado na metodologia, considerou-se para os cálculos de emissão de GEE evitada apenas o papel, por ser o único material avaliado que possui Carbono Orgânico Degradável (COD), conforme IPCC (2006). Desta maneira, a reciclagem de uma tonelada de papel evita a emissão de 0,11 toneladas de metano (CH₄), que expressas em toneladas de dióxido carbono equivalente, é igual a 3,09 tCO_{2e}.

Levando em consideração o preço da tonelada de CO_{2e}. igual a U\$\$ 5,00 (WBG, 2017) e a cotação do dólar comercial igual a R\$ 3,14 (BOVESPA, 2017), o benefício da não disposição de uma tonelada de papel em aterro sanitário variou de R\$0,00/T para 100% de material virgem a R\$48,51/T quando utiliza-se apenas papel reciclado. (TABELA 33).

TABELA 33 – Valor dos benefícios da redução da emissão dos GEE pela não disposição final de papel, em R\$/T.

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício da emissão evitada (R\$/T)
0	100	0,00
25	75	12,13
50	50	24,25
75	25	36,38
100	0	48,51

Fonte: Autor

5.2.3.4 Benefício total da redução das emissões de GEE

A TABELA 34 apresenta o benefício total das emissões de Gases de Efeito Estufa, e a partir da sua análise, foi verificado que o papel é o material que possui maior benefício ambiental relacionado à redução dos GEE, isso acontece pois, apesar de não apresentar benefício positivo relacionado à emissão de GEE pela produção a partir de papel reciclado, o papel, segundo a nomenclatura do IPCC, é o único material não inerte dentre os materiais estudados e, portanto, é o único material que possui um benefício ambiental relacionado a redução dos GEE pela sua não disposição final em aterro sanitário, além de apresentar um elevado benefício pela redução na emissão de GEE pelo transporte.

TABELA 34 – Valor total dos benefícios da redução da emissão dos GEEs por material avaliado, em R\$/T

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	100	0,00	0,00	0,00	0,00
25	75	1,22	3,50	0,36	10,17
50	50	2,45	7,00	0,72	20,33
75	25	3,67	10,50	1,09	30,48
100	0	4,90	14,00	1,46	40,65

Fonte: Autor.

5.2.4 Benefício ambiental total

A TABELA 35 expõe os valores totais dos benefícios ambientais, que representa o somatório dos benefícios relacionados a redução dos danos causados por hidrelétricas, redução do consumo de água e redução das emissões de GEE.

A partir da análise dessa tabela, foi possível verificar que a reciclagem do alumínio, além de produzir o maior benefício econômico em relação aos materiais estudados, também produz o maior benefício ambiental.

Isso se dá pela grande quantidade de energia elétrica utilizada na produção primária desse tipo de material, o que acarreta uma maior necessidade de utilização de usinas hidrelétricas na produção dessa energia, causando assim danos recorrentes da instalação e operação desse tipo de empreendimento.

A água também é muito utilizada na produção primária do alumínio, mas o valor do seu benefício pode ser considerado irrelevante pelo baixo preço cobrado para a captação da água bruta pelo CEIVAP.

Outro material que se destaca pelo alto benefício ambiental proporcionado é o papel, isso ocorre em função de ser o único material não inerte dentre os materiais estudados e devido a isso é o único material que possui um alto benefício ambiental da redução da emissão de GEE relacionado à disposição final do material.

Assim como observado pelo alumínio, a água também é muito utilizada na produção primária do papel, mas o valor do seu benefício ambiental pode ser considerado irrelevante pelo baixo preço cobrado para a captação da água bruta pelo CEIVAP.

TABELA 35– Valor total dos benefícios ambientais (R\$/T) por material avaliado

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	100	0,00	0,00	0,00	0,00
25	75	2,72	33,36	2,05	12,63
50	50	5,44	66,72	4,09	25,25
75	25	8,16	100,08	6,15	37,86
100	0	10,89	133,43	8,20	50,48

Fonte: Autor

5.3 Benefício total

O benefício total é dado pela soma dos benefícios econômicos, ambientais totais e o custo com a disposição final em um aterro sanitário, subtraído do custo de coleta (TABELA 36).

TABELA36 – Valor do benefício total (R\$/T) por material avaliado

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$/T)	Benefício do Alumínio (R\$/T)	Benefício do Vidro (R\$/T)	Benefício do Papel (R\$/T)
0	100	-248,39	-248,39	-248,39	-248,39

Continua

TABELA 36 - Valor do benefício total (R\$/T) por material avaliado

25	75	623,94	4.798,08	-141,87	86,82
50	50	1.496,27	9.844,53	-35,34	422,05
75	25	2.368,6	14.890,99	71,19	757,24
100	0	3.240,94	19.937,44	177,73	1.092,44

Fonte: Autor

5.4 Benefício proporcionado pela coleta de material reciclável feita pela ASMARE

A TABELA 37 mostra o benefício proporcionado pela coleta de alumínio, papel, vidro e plástico. Esse benefício proporcionado pela ASMARE poderia ser ainda maior se a quantidade de alumínio não fosse tão pequena, pois a sucata do alumínio, por ter um alto valor de mercado, é coletada rapidamente, chegando em pequena quantidade nas associações de material reciclável.

O vidro é o material que possui o menor valor de revenda entre os materiais estudados, R\$0,02/Kg (ASMARE, 2016). Isso pode estar associado ao baixo benefício total proporcionado por esse material. O vidro possui o aproveitamento potencial de 100% de sua sucata na produção do material reciclável. A partir desse percentual, pode-se inferir que a coleta de 180 toneladas de sucata do vidro pela ASMARE gera o benefício total de apenas R\$ 31.991,40/ano, ou seja, o benefício para reciclar um quilo desse material é de R\$ 0,17/Kg.

Os catadores de materiais recicláveis normalmente trabalham carregando o material coletado em carrinhos manuais e um material como o vidro que possui alto peso e volume e baixo valor torna-se desinteressante para ele.

Outro destaque é o papel, que por ser o tipo de material coletado em maior quantidade pela ASMARE, torna-se o material com maior benefício total. A quantidade de papel comumente utilizada pela indústria é 50% de sucata e 50% de material primário. A partir disso, o benefício total proporcionado pela ASMARE com a coleta do papel é de R\$ 903.524,60/ano. Esse benefício estimado mostra a importância dessa associação de catadores de material reciclável para a cidade de Belo Horizonte, MG.

Os catadores de materiais recicláveis trabalham em condições insalubres, sempre expostos ao sol, aos resíduos sólidos, carregando um carrinho pesado e, além disso, sofrem preconceito por parte da sociedade, que não valoriza a importância deles para a cidade (MAGALHÃES, 2013).

Outro problema que os catadores enfrentam é a baixa renda que eles recebem, pois trabalham várias horas do seu dia exaustivamente e recebem menos de um salário mínimo. Como o trabalho desses catadores diminui os gastos da prefeitura, principalmente relacionado a coleta e disposição final de resíduos sólidos, seria importante a realização de acordos entre os catadores e administração pública para que haja maior valorização financeira do seu trabalho.

Um dos motivos desses catadores receberem um baixo salário é a exploração que eles sofrem, principalmente por parte dos donos de ferro-velho, sucateiros e pela própria indústria da reciclagem que lucram em conjunto e pagam aos catadores valores muito baixos por essa sucata (AMARO, 2012).

Considerando os valores dos benefícios totais para uma quantidade de 50 % de sucata, sendo esse um valor subestimado, já que alguns materiais possuem o potencial de reutilização de 100% da sucata na produção do material secundário, como o vidro e o alumínio (AMARO, 2012), o benefício total, considerando o montante de sucata coletado anualmente pela ASMARE (Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte, MG) para cada material é igual a R\$ 1.055.739,64/ano. Levando em consideração que a ASMARE (Associação dos Catadores de Papel, Papelão e Material Reaproveitável de Belo Horizonte, MG) possui atualmente cerca de 180 associados, o benefício total estimado pelo trabalho de cada associado, considerando que todos possuem a mesma eficiência, é igual a R\$5.865,22/ano ou R\$488,77/mês.

Caso fosse possível aproveitar 100% da sucata coletada para produção a partir de material secundário, o benefício total estimado gerado pela ASMARE seria de R\$ 2.707.513,01/ano, sendo que o benefício total proporcionado pelo trabalho de cada associado, considerando que todos possuem a mesma eficiência, poderia chegar a R\$15.041,74/ano ou R\$1.253,48/mês. O aproveitamento total da sucata aumenta em 2,56 vezes o benefício proporcionado pelo trabalho de cada associado, se comparado ao aproveitamento de 50% da sucata no processo de produção.

Destaca-se que este é o benefício potencial gerado por apenas uma associação de material reciclável em um ano. Entretanto, na região metropolitana de Belo Horizonte, MG há outras associações e grupos de catadores de materiais recicláveis que colaboram para a geração de mais benefícios econômicos e ambientais. Deste modo, destaca-se a importância do incentivo para criação e manutenção de outras associações e grupos de catadores na cidade

de Belo Horizonte, MG, para aumentar a quantidade de material reciclável e, consequentemente, maximizar os benefícios proporcionados pela coleta desse material.

De acordo com Silva (2016) que estimou o valor da construção de um centro de triagem na cidade de Ibitaré (MG), o custo para a construção de um centro de triagem e compostagem seria de R\$ 804.432,00 e a compra de equipamentos e manutenção de um centro de triagem possuem o valor de R\$ 2.190.171,12, totalizando um valor anual de R\$ 2.994.603,12, sendo que esses valores foram estimados para um centro de triagem composto de 95 funcionários.

Portanto, considerando a porcentagem de aproveitamento 50% da sucata coletada pela ASMARE e utilizada na produção do material secundário, o benefício proporcionado somente por ela seria o suficiente para construir um centro de triagem por ano e ainda arcar com 11% dos custos de compras de equipamentos e manutenção desse centro durante o período de um ano.

Considerando o aproveitamento total da sucata no processo de produção, o benefício total proporcionado seria o suficiente para construir um centro de triagem por ano e ainda arcar com 87 % do valor de compra dos equipamentos e manutenção durante o período de um ano.

Além da construção de outros centros de triagem, outra maneira de aumentar a porcentagem de coleta de materiais seria o aumento da capacidade dos centros de triagens já existentes. Para esse aumento de capacidade ser realizado na ASMARE, seria necessário a melhoria das condições de trabalho dos seus associados, já que a falta dela levou a queda, por exemplo, do número de associados de 300 para atualmente 180 (ASMARE, 2016).

TABELA 37 – Valor do benefício total proporcionado pela ASMARE em um ano (R\$) por material avaliado

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$)	Benefício do Alumínio (R\$)	Benefício do Vidro (R\$)	Benefício do Papel (R\$)
0	100	-18.480,20	-1.192,27	-44.710,20	-531.753,00
25	75	46.421,14	23.030,78	-25.536,60	185.864,30
50	50	111.322,50	47.253,74	-6.361,20	903.524,60
75	25	176.223,80	71.476,75	12.814,20	1.621.099,00
100	0	241.125,90	95.699,71	31.991,40	2.338.696,00

Fonte: Autor

5.5 Benefício proporcionado pela coleta de material reciclável em Belo Horizonte - MG.

De acordo com a Superintendência de Limpeza Urbana são coletados na cidade de Belo Horizonte – MG, 51.964 toneladas de resíduos sólidos por mês, sendo que a constituição desse material é de 65% de matéria orgânica, 27% de material reciclável e 8% de rejeitos (INSEA, 2010; PBH 2017).

Segundo CEMPRE (2016), na cidade de Belo Horizonte - MG, das 14.030,28 toneladas de material reciclável produzida por mês, apenas 4,1% (577 toneladas) é coletada adequadamente por meio de coleta seletiva. Há ainda coleta de material reciclável por catadores independentes, entretanto, é feito de forma informal e o valor é de difícil contabilização. Assim, levando em consideração o montante de resíduo obtido pela coleta seletiva o benefício total estimado é igual a R\$ 23.500.000,00 para 100% da sucata transformada em matéria prima, em que o alumínio e o plástico destacam-se (49,83 % e 38,47% do valor total, respectivamente) (TABELA 38).

TABELA 38 – Valor do benefício total promovido pela coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte - MG em um ano (R\$) por material avaliado em milhões.

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$)	Benefício do Alumínio (R\$)	Benefício do Vidro (R\$)	Benefício do Papel (R\$)
0	100	-0,69	-0,15	-0,17	-0,60
25	75	1,74	2,82	-0,10	0,21
50	50	4,17	5,78	-0,02	1,02
75	25	6,61	8,74	0,05	1,83
100	0	9,04	11,71	0,12	2,63

Fonte: Autor

Caso 100% do material coletado na cidade de Belo Horizonte - MG fosse reaproveitado, o benefício total poderia ser 24 vezes superior comparado aos valores atuais de coleta. Entretanto, para que esse benefício seja maximizado, é necessário que haja investimentos em educação ambiental, coleta seletiva, no número de cooperativas e melhor qualificação e apoio técnico para os associados das cooperativas já existentes.

A região sudeste do Brasil possui 85% das suas cidades atendidas por um sistema de coleta seletiva. Essa região possui um percentual maior que o percentual médio brasileiro, já que no Brasil apenas 58% das suas cidades são atendidas por uma coleta seletiva (ABRELPE, 2014).

No entanto, de acordo com CEMPRE (2016), Belo Horizonte – MG, ao contrário da região sudeste possui um baixo percentual de atendimento da sua população pela coleta seletiva. No ano de 2016, apenas 15% dos seus habitantes tiveram acesso à coleta seletiva. Outras capitais já possuem um sistema de coleta seletiva mais avançada, como Porto Alegre - RS, Curitiba - PR, Florianópolis - SC e Rio de Janeiro - RJ, que já atendem 100% da população que residem em ruas que permitem o acesso do caminhão responsável pela coleta seletiva.

De acordo com o Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre - RS, o município coletou, em média, no ano de 2015, 52.186,64 toneladas de resíduos, sendo que deste total, 2.282 toneladas foram coletadas pelo sistema de coleta seletiva da cidade, ou seja, 4,4% dos resíduos sólidos totais de Porto Alegre - RS é coletado por meio da coleta seletiva da cidade, que se mostrou muito mais eficiente que a coleta seletiva de Belo Horizonte - MG, que coleta apenas 1,1% dos resíduos sólidos produzidos (DMLU, 2015; CEMPRE, 2016).

A TABELA 39 mostra os benefícios totais potenciais se a coleta seletiva de Belo Horizonte - MG tivesse a mesma eficiência da coleta seletiva de Porto Alegre - RS. Portanto, se a cidade de Belo Horizonte - MG alcançasse a eficiência de coleta que a cidade de Porto Alegre - RS possui hoje, o benefício total aumentaria cerca de 3,96 vezes.

TABELA 39 – Valor do benefício total se a coleta seletiva na cidade de Belo Horizonte - MG tivesse a eficiência da coleta seletiva de Porto Alegre – RS, em um ano (R\$), por material avaliado, em milhões.

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$)	Benefício do Alumínio (R\$)	Benefício do Vidro (R\$)	Benefício do Papel (R\$)
0	100	-2,73	-0,57	-0,66	-2,39
25	75	6,86	11,10	-0,38	0,83
50	50	16,45	22,77	-0,09	4,06
75	25	26,03	34,45	0,19	7,28
100	0	35,62	46,12	0,47	10,51

Fonte: Autor

Para que a cidade de Belo Horizonte - MG consiga o aumento da eficiência de sua coleta seletiva, é necessário que sejam tomadas algumas medidas que são praticadas na cidade de Porto Alegre - RS, como a conscientização da população, colocar caminhões de coleta seletiva circulando em 100% das ruas da cidade e criar convênios com as cooperativas de coletores de materiais recicláveis. A prefeitura de Porto Alegre - RS oferece R\$ 2.500,00/mês para cada cooperativa conveniada para a realização da manutenção mensal (DMLU, 2015).

A TABELA 40 mostra o benefício total da utilização de todo o material reciclável coletado na cidade de Belo Horizonte - MG, e a partir da sua análise, é possível concluir que o vidro é o material que proporciona o menor benefício para a cidade de Belo Horizonte - MG, e uma das causas responsáveis desse baixo benefício é a pequena porcentagem reaproveitada desse material, apenas 2,63% dos resíduos coletados na cidade de Belo Horizonte - MG, é vidro.

TABELA 40 – Valor do benefício total proporcionado pela reutilização de 100% do material reciclável coletado na cidade de Belo Horizonte – MG, em um ano (R\$), por material avaliado por, milhões.

Porcentagem de sucata (%)	Porcentagem de matéria prima virgem (%)	Benefício do Plástico (R\$)	Benefício do Alumínio (R\$)	Benefício do Vidro (R\$)	Benefício do Papel (R\$)
0	100	-16,85	-3,55	-4,07	-14,75
25	75	42,33	68,52	-2,33	5,15
50	50	101,50	140,58	-0,58	25,05
75	25	160,68	212,64	1,17	44,95
100	0	219,85	284,70	2,91	64,85

Fonte: Autor

Essa baixa quantidade de vidro coletada é justificada pelo baixo preço da sucata desse material associada ao grande peso que o catador deverá coletar para conseguir um valor considerável. Esses dois fatores vão fazer com que os catadores procurem outros materiais mais valorizados para compor a sua renda.

Para que esse vidro seja coletado em maiores quantidades é necessário que a prefeitura proporcione incentivos financeiros e fiscais aos catadores, associações e indústrias de material

reciclável, sendo um exemplo de incentivo as Bolsas Resíduos. Além da Bolsa Resíduo, outra maneira interessante de incentivo seria a isenção dos tributos cobrados nos materiais recicláveis, já que esses tributos foram pagos durante a sua produção primária.

A bitributação é um fenômeno do Direito Tributário que ocorre quando dois entes tributantes cobram dois tributos sobre o mesmo fato gerado. Portanto, quando um produto é feito a partir do material primário, sobre este incidem todos os impostos federais e estaduais. Quando utilizados novamente, já no processo de reciclagem, esses impostos são pagos outra vez (ARAÚJO, 2012).

Cada produto ou lote produzido nas linhas industriais (salvo algumas exceções) é taxado por três impostos diferentes: O Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI); o Programa de Integração Social (PIS) e a Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFIN) (AMARO, 2012).

Portanto, a grande discussão dos setores envolvidos no processo de reciclagem é que se o imposto já foi cobrado no processo de produção primária, não há necessidade de uma segunda cobrança, o que valorizaria ainda mais a reciclagem e aumentaria os benefícios proporcionados por ela.

O fim da bitributação proporcionaria maior agregação de valor aos materiais coletados e, conseqüentemente, aumentaria os ganhos em todas as partes da cadeia produtiva dos materiais recicláveis.

A TABELA 40 também mostra que os materiais que produzem maiores benefícios para a cidade de Belo Horizonte são o alumínio e o plástico. O alumínio, apesar de ser coletado em pequenas quantidades, possui valores de benefícios econômicos e ambientais altos, já o plástico proporciona um alto benefício para a cidade de Belo Horizonte pelas suas altas quantidades coletadas, já que dos resíduos coletados nessa cidade, cerca de 11% da sua composição é formada de plástico (INSEA, 2010).

Baseado no estudo de Silva (2016) e considerando que a coleta seletiva de Belo Horizonte passe a ter a eficiência da coleta seletiva da cidade de Porto Alegre, para um aproveitamento de 50% da sucata na produção do material secundário, o benefício total proporcionado por essa coleta seria o suficiente para construir e realizar a manutenção de 14,48 centros de triagem por ano.

Por outro lado, se todo o resíduo reciclável produzido na cidade de Belo Horizonte - MG fosse coletado e utilizando um reaproveitamento de 50% da sucata na produção do

material secundário, o benefício total produzido seria o suficiente para construir e realizar a manutenção de 89 centros de triagem por ano.

Entretanto, para que os benefícios totais estimados sejam reconhecidos e incorporados no planejamento urbano e na promoção de políticas públicas é importante que estudos como este sejam realizados. A partir disso, o trabalho dos catadores de material reciclável pode ser mais valorizado, reduzir os impactos ambientais negativo se, conseqüentemente, gerar mais bem-estar para toda a sociedade.

6. CONCLUSÃO

A utilização dos materiais recicláveis em substituição a matéria-prima primária no processo de produção do alumínio, plástico e papel mostra-se sempre uma alternativa viável dos pontos de vista econômico, ambiental e social.

Já a reciclagem do vidro mostrou-se viável apenas quando o percentual de aproveitamento de sua sucata foi igual ou superior a 75%. Isto porque os insumos para produção primária são baratos e de fácil obtenção, além disso, o baixo valor pago para os catadores e o maior volume específico destes materiais desmotiva sua coleta.

Apesar da reciclagem do vidro nem sempre ser viável, do ponto de vista ambiental, ela é muito importante, pois a reciclagem desse tipo de material reduz a utilização de água, energia elétrica, a emissão de GEE e a extração de areia, que é muito danosa ao meio ambiente. Outro ponto que pode tornar a reciclagem do vidro interessante é o fato de ser um dos poucos materiais com o potencial de reaproveitamento total.

Dentre os materiais estudados, o alumínio é o que possui o maior benefício total na substituição da matéria-prima virgem pelo material secundário, isso ocorre pelo fato do processo de produção utilizando o material primário ser extremamente oneroso se comparado com o processo de produção utilizando o material secundário, em especial em relação ao consumo de energia elétrica.

A reciclagem do papel apesar de ter se mostrado menos benéfica que as reciclagens do alumínio e do plástico, têm a sua realização necessária, principalmente do ponto de vista ambiental, pois o papel é o material que possui maior emissão de gases do efeito estufa relacionada com a disposição final em aterros e consome grande quantidade de água em sua produção. Além disso, a reciclagem do papel é muito importante para as associações, cooperativas e para catadores de material reciclável, sendo, por exemplo, o material coletado em maior quantidade e que constitui a maior fonte de renda para os associados da ASMARE.

O trabalho das associações de catadores de materiais recicláveis proporciona à economia de energia elétrica, água, reduz a extração de matérias primas virgens, a geração de GEE, aumenta a renda e o conhecimento em relação ao processo de reciclagem dos catadores e gera empregos.

A escolha da ASMARE, como fonte de informações para esse estudo foi feita, pois, além de ser a associação de catadores mais antiga de Belo Horizonte (MG), também é mais organizada dentre as que atuam na cidade. Além disso, assim como as outras associações de

catadores gera importantes benefícios econômicos, ambientais e sociais para Belo Horizonte, MG

Entretanto, este potencial é subaproveitado devido à baixa taxa de coleta seletiva no município comparado a outras capitais brasileiras, falta de incentivo à criação e manutenção de outras associações e grupos de catadores de material reciclado, e a bitributação que incide sobre a reciclagem.

Desta maneira, torna-se necessário que estudos como esse sejam levados em consideração no planejamento e gestão pública, a fim de reconhecer e valorizar os benefícios econômicos e ambientais proporcionados pela reciclagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, M. M. M. Reciclagem de lixo numa escola pública do município de Salvador. **Revista Virtual**, vol. 1, n. 2, p. 96 – 113, jul/dez 2005.

ALVES, Jean Carlos Machado; MEIRELES, Maria Eugênia F. Gestão de resíduos: as possibilidades de construção de uma rede solidária entre associações de catadores de materiais recicláveis. **Sistemas & Gestão**, v. 8, n. 2, p. 160-170, 2013.

AMARO, Aurélio Bandeira; VERDUM, Roberto. **Análise dos serviços ambientais dos catadores de materiais recicláveis**. 19 f. 2012.

ARAÚJO, Luciana de Oliveira; FRÊITAS, Ariádne Castilho. O impacto socioeconômico provocado pela carência de incentivos fiscais para empresas que reciclam resíduos sólidos. Universidade de Taubaté, **IV seminário de docência universitária**, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – ABAL, 2012. Disponível em: <http://www.abal.org.br/downloads/Rel_Sust_ABAL_web.pdf> acesso em: 1 out 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2004. Disponível <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2004.pdf>> acesso em: 08 mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**, 2014. Disponível <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>> acesso em: 03 set. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PET – ABIPET, 2017. Disponível em: < <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=65> > acesso em: 1 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE PAPEL E CELULOSE- ABTPC. **Análise Comparativa do Desempenho de Fábricas de Celulose e Papel**. 2010. Curitiba: ABTPC, 2011.

ASSOCIAÇÃO DOS CATADORES DE PAPEL, PAPELÃO E MATERIAL REAPROVEITÁVEL DE BELO HORIZONTE – ASMARE, 2016. Disponível em: <<http://asmare.org/>> acesso em: 3 set. 2016.

AVILA, Fernando Carnevali. **Valoração do lixo: ganhos sociais com a reciclagem de resíduos sólidos**. Monografia -Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL- BRASCELPA. Disponível em: <<http://www.abrelivros.org.br/home/index.php/entidades-do-livro/104-bracelpa-associacao-brasileira-de-celulose-e-papel>> acesso em: 1 out. 2016.

BACCI, Denise De La Corte; PATACA, Ermelinda Coutinho. Educação para água. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p 211-226, 2008.

BOLSA DE VALORES DO ESTADO DE SÃO PAULO – BOVESPA. Disponível em <<https://economia.uol.com.br/cotacoes/bolsas/>> acesso em 10 mai. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: **Diário Oficial [da] União**, 3 de ago. 2010. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 28 set. 2016.

CASEMIRO-FILHO, Francisco. Valoração monetária de amenidades ambientais: algumas considerações. **Teor. Evid. Econ.**, Passo Fundo, v. 7, n. 13, p. 53-68, 1999.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Preço médio mensal da energia elétrica**. 2016. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/precos_medios?_afLoop=23092053558314#%40%3F_afrL_oop%3D23092053558314%26_adf.ctrl-state%3Dv48y0h176_149> acesso em: 15 out 2016

CAVALCANTE, Sylvia; FRANCO, Marcio Flávio Amorim. Profissão perigo: percepção de risco à saúde entre os catadores do Lixão do Jangurussu. **Mal-estar e Subjetividade**, Fortaleza, vol. 7, n. 1, p.211-231, 2007.

CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL – COPAM. Deliberação normativa nº 118, de 27 de junho de 2008. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/minas_sem_lixoes/2010/cartilha_dn118.pdf> Acesso em: 27 jun. 2017.

CENTRO DE INFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS E AMBIENTAIS EM RESÍDUOS - CITAR. **Análise dos preços dos serviços de resíduos sólidos urbanos (RSU) praticados**

pelos municípios das regiões sudeste e sul do Brasil. Ana Carolina Rosolen de Arruda. São Paulo: CITAR, 2011.

COMITÊ PARA INTEGRAÇÃO DA BACIA DO RIO PARAIBA DO SUL – CEIVAP. Deliberação N° 218/2014 de 25 de setembro de 2014. Disponível em <<http://ceivap.org.br/deliberacao/2014/deliberacao-ceivap-218.pdf>> acesso em: 20 fev. 2017.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM - CEMPRE. **Custo da coleta seletiva.** Disponível em: <<http://cempre.org.br/ciclossoft/id/3>> acesso em: 07 mai. 2017.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM - CEMPRE. **Preço do material reciclável.** Disponível em: <<http://cempre.org.br/cempre-informa/id/9/preco-do-material-reciclavel>> acesso em: 21 out. 2016.

CONCEIÇÃO, Roberta Dalvo Pereira et al. A cadeia de reciclagem de pet pós-consumo e as definições de suas etapas: um estudo de caso no Rio de Janeiro. **RBCIAMB**. n. 39, p. 80-96, 2016.

CONSULTORIA DE PROJETOS E MEIO AMBIENTE – MASTERPLAN. **Relatório de impacto ambiental para a ampliação do aterro sanitário localizado no município de São Pedro da Aldeia, sob a responsabilidade da dois arcos gestão de resíduos,** 2015.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - DNLU. **Quantitativo de resíduos destinados às unidades gerenciadas pela divisão de destino final.** 2015. Disponível em: <http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmlu/usu_doc/dadosddf2015.pdf> acesso em: 10 mai. 2017.

DIONYSIO, Luis Gustavo Magro; DIONYSIO, Renata Barbosa. **Lixo urbano: descarte e reciclagem de materiais.** 24f. 2008. Disponível em <http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_lixo_urbano.pdf> acesso em: 22 set. 2016.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte: FEAM, 2010. 35p.

FERREIRA, T.T.L.; AMORIM, R.S.; SOUSA, J.T. Criolita: as perspectivas do coproduto da mina de pitinga, Amazonas para o Brasil. XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. **Anais...** Poços de Caldas, 2015.

FONSECA, Lúcia Helena Araújo. **Reciclagem: o primeiro passo para a preservação ambiental**. 30 f. Bacharel em administração - Centro Universitário Barra Mansa, Barra Mansa, 2013.

FREITAS JÚNIOR, José de Almendra; **Construção sustentável e gestão do carbono em obras**, 2013. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/1/1b/Palestra_-_Gest%C3%A3o_de_carbono.pdf> acesso em: 22 fev. 2017.

FURIO, Paulo Roberto; **Valoração Ambiental: aplicação de métodos de valoração em empresas dos setores mineração, papel e celulose e siderurgia**. Dissertação(mestrado) – Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2006.

GALBIATI, Adriana Farina. **O Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos e a Reciclagem**. 10 f. Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2005.

GALDIANO, Guilherme de Paula. **Inventário do ciclo de vida do papel offset produzido no Brasil**. 303f. Dissertação (mestrado em engenharia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

GALLON, Alessandra Vasconcelos. O processo de fabricação de papel reciclado e as ações associadas aos custos ambientais em indústria de Santa Catarina. **ABCustos Associação Brasileira de Custos**, v. 3, n. 1, p. 45- 67, 2008.

GOULART COELHO, Liniker Max; LANGE, Liséte Celina. Applying life cycle assessment to support environmentally sustainable waste management strategies in Brazil.13f. **ResourcesConservationandRecycling**, 2016. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.026>> acesso em: 20 abr. 2017.

GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.17, n.6, p.1503-1510, 2012.

HIWATASHI, Erica. **O processo de reciclagem dos resíduos sólidos inorgânicos domiciliares em Porto Alegre**. 129 f . Dissertação (pós graduação em administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Demanda por Água e Custo de Controle da Poluição Hídrica em Indústrias da Bacia do Rio Paraíba do Sul.** Luis Féres (Coord.). Brasília: IPEA, 2005.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para a gestão de resíduos sólidos.** Liana Maria da Frota Carleia (Coord.). Brasília: IPEA, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros.** Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho (Coord.). Brasília: IPEA, 2011.

INSTITUTO NENUCA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – INSEA. **Análise comparada de custos da coleta seletiva realizada pelos catadores, pela prefeitura e por empresas contratadas.** Aline Veloso de Matos (Coord.). Belo Horizonte: INSEA, 2010.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Waste. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Edited by Eggleston H.S, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K. Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES IGES, Japan. vol. 5, 2006.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC, 2007. Disponível em <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf> acesso em: 18 nov. 2016.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

LEAL, Antônio Cezar et al. A reinserção do lixo na sociedade do capital: do trabalho na catação e na reciclagem. **Terra Livre**, São Paulo, v. 19, n. 18, p.177-190, 2002.

LOMASSO A. L.; SANTOS, B. R. ; ANJOS, F. A. S. ; ANDRADE, J. C. SILVA, L. A.; CARVALHO , Q. R. S. , A. C. M. Benefícios e desafios na implementação da reciclagem: Um estudo de caso no centro mineiro de referência em resíduos (CMRR). **Revista Pensar Gestão e Administração**, v. 3, n. 2, 2015.

MAGALHÃES, Beatriz Judice. **Liminaridade e exclusão: os catadores de materiais recicláveis e suas relações com a sociedade brasileira.**131 f. Dissertação (Pós-graduação em antropologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

MAGALHÃES, Beatriz Judice. Catadores de materiais recicláveis, consumo e valoração social. **Rev. ufmg**, Belo Horizonte, v. 20, n.1, p.246-265, jan./jun. 2013.

MARCHI, Cristina Maria Dacach Fernandez. Cenário mundial dos resíduos sólidos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, João Pessoa, v. 1, n. 2, p. 118-135, 2011.

MATTOS, Ana Dantas Mendez; **Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da microbacia do ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa – MG.** 76 f. Tese (pós-graduação em ciência florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2006.

MEDEIROS, Luiza Ferreira Rezende; MACEDO, Kátia Barbosa; catador de material reciclável: uma profissão para além da sobrevivência?; **Psicologia & Sociedade**, v. 18, n. 2, p. 62-71, 2006.

MINAS GERAIS. Lei 19.823, de 22 de novembro de 2011. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro aos catadores de materiais recicláveis – Bolsa Reciclagem. Minas Gerais. 23 nov. 2011. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=19694>> Acesso em: 15 out. 2016.

MINAS GERAIS. Decreto Nº 45.975/2012, de 04 de junho de 2012. Estabelece normas para concessão de incentivo financeiro a catadores de matérias recicláveis – Bolsa Reciclagem. Minas Gerais, 5 jun. 2012. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=21495>> Acesso em: 15 out. 2016.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – MCT. **Emissões de gases de efeito estufa no tratamento e disposição de resíduos sólidos: relatórios de referência. Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, Tratamento de resíduos.** Brasília, DF: MCT,2015

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Anuário estatístico do setor metalúrgico.** Sandra Maria M. de Almeida Angelo (Responsável técnico). Brasília: MME, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Anuário estatístico de energia elétrica.** Maurício Tolmasquim (Coord.). Brasília: MME, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- MMA. **Pagamentos por serviços ambientais na Mata Atlântica.** Fátima Backer Guedes (Org.). Brasília: MMA, 2011.

MIRANDA, M. M de. **Fator de Emissão de Gases de Efeito Estufa da Geração de Energia Elétrica no Brasil:** Implicações da Aplicação da Avaliação de Ciclo de Vida. 2012. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MORAES, Jorge Luiz Amaral; Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como Instrumento de Política de Desenvolvimento Sustentável dos Territórios Rurais: O Projeto Protetor Das Águas de Vera Cruz, RS. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 43-56, 2012.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

NEVES, Ana Cláudia Ribeiro Rossi; CASTRO, Luiz Otávio de Almeida. Separação de materiais recicláveis: Panorama no Brasil e incentivos a prática. **Rev.Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, São Paulo, v. 8, n. 8, p.1734-1742, 2012.

NÚCLEO DE ESTUDOS DE ECONOMIAS DE BAIXO CARBONO – EBC. **Indústria do vidro**. Mauro Akerman (Coord.). Ribeirão Preto: EBC, 2014.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS DO SENADO – NEPS. **Pagamento por serviços ambientais – Aspectos teóricos e proposições legislativas**. Marcus Peixoto (Coord.). Brasília: NEPS, 2011.

OLIVEIRA, E. C. A.; SARTORI, R. H.; GARCÊZ, T. B. **Compostagem**. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura, Piracicaba, 2008.

OLIVEIRA, Fabiana Goulart; LIMA; Francisco de Paula Antunes. Eficiência e Solidariedade nas Associações de Catadores de Materiais Recicláveis. **Working Paper da Weigo (Políticas Urbanas)**, n.22, Fev. 2012.

OLIVEIRA, Maria Cristina Ribeiro. **Ação coletiva e ambiente: as associações de catadores de papelão na cidade de Manaus**. 114 f. Dissertação (pós-graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2010.

ONISHI, Célia Massako; VAZOLLER, Rosana Filomena; REYDON, Bastiaan Philip; Pagamento por serviços ambientais: benefícios locais e globais. **Dae**, n. 192, p. 7-19, 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – PBH. **Estatísticas da SLU**. 2017. Disponível em <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/contents.do?evento=conteudo&idConteudo=93811&chPlc=93811&viewbusca=s> acesso em: 10 fev. 2017.

PRADO, Marcelo Real. **Análise do inventário do ciclo de vida de embalagens de vidro, alumínio e pet utilizadas em uma indústria de refrigerantes no Brasil**. 188 f. Tese (pós-graduação em tecnologias de alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

RAMALHO, Adriana Margarida Zanbotto; PIMENTA, Handson Cláudio Dias; Valoração econômica do dano ambiental ocasionado pela extração ilegal da orquídea cattleya granulosa no parque natural Dom Nivaldo Monte, Natal/RN. **Holos**, v. 1, p. 62-82, 2010.

REIS, Marcelo de Miranda. **Custos ambientais associados à geração elétrica: hidrelétricas x termelétricas a gás natural**. 214f. Tese (Mestrado em planejamento energético)– Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

REQUE, Suzane; **Reciclagem de latas de alumínio – abordagem sócio econômica**. 2003. 31 f. Monografia (pós-graduação em educação matemática) -Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2003.

REVISTA DE AGRONEGÓCIO DA FGV – AGROANALYSIS. 2014. Disponível em: <http://www.agroanalysis.com.br/6/2014/mercado-negocios/eucalipto-rentabilidade-da-producao-no-brasil> acesso em: 20 abr. 2017.

RIBEIRO, Túlio Franco; LIMA, Samuel do Carmo. Coleta seletiva de lixo domiciliar - estudo de casos. **Caminhos de Geografia**, v. 1, n. 2, p.50-69, dez. 2000.

RIBEIRO, J. C. J.; DOS REIS, A. M.; **Bolsa Reciclagem e pagamentos por serviços ambientais em área urbana: a participação dos catadores de materiais recicláveis na política ambiental mineira e brasileira**. 8 f. 2012.

SAMPAIO, José Alves; ANDRADE, Mônica Calixto; DUTRA, Achilles Junqueira Boudort. **Bauxita: Rochas e Minerais Industriais**. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2005. 26 p.

SANTOS, Daniel Teotônio et al. Estratégia de gestão no destino do lixo tecnológico: um caso de implantação de um ecoponto na UNIGRANRIO, In: XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha. **Anais...** São Paulo, 2014.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – SMA. **Experiências de Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil**. Stefano Pagiola (Org.) ; Helena Carrascosa Von Glein (Org.); Denise Tafarello (Org.). São Paulo: SMA, 2013.

SILVA, Leandro Gustavo. **Avaliação do impacto na vida útil do aterro sanitário de Betim – MG, a partir da aplicação de diferentes alternativas técnicas disponíveis para tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos**. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

SIQUEIRA, Mônica Maria; MORAES, Maria Silvia de. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Rev.Ciênc. Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, p.1-9, dez. 2009.

SOUZA, J. C. Reciclagem e Sustentabilidade: A Importância da Logística. In: XI Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.

TORRES, Henrique Rodrigues. **As organizações dos catadores de material reciclável: inclusão e sustentabilidade. o caso da associação dos catadores de papel, papelão e material reaproveitável, ASMARE, Belo Horizonte – MG**. 138 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

VALT, Renata Bachmann Guimarães. **Análise do ciclo de vida de embalagens de PET, de alumínio e de vidro para refrigerantes no Brasil variando a taxa de reciclagem dos materiais**. 208 f. Dissertação (pós graduação em engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

VIANA, N. Catadores de lixo: renda familiar, consumo e trabalho precoce. **Estudos da Universidade Católica**, Goiás, n.27, v.3, p.407-691, 2000.

WORLD BANK GROUP - WBG. **State and trends of carbon pricing**, 2016. Disponível em:

<<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25160/9781464810015.pdf?sequence=7&isAllowed=y>> acesso em: 21 mai. 2017.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Questionário aplicado durante a entrevista na ASMARE

1. Quantos funcionários (associados) que a ASMARE possui? _____

2. Qual a quantidade de cada material (plástico, vidro, alumínio e papel) que a ASMARE coleta por mês?

Tipo de material	Quantidade (Kg)	OBSERVAÇÕES
Plástico PET		
Plástico PEAD		
Papel A4 (Branco)		
Papelão		
Alumínio		
Vidro		

3. Qual a porcentagem de resíduos de Belo Horizonte que a ASMARE coleta?

_____ %

4. Poderia coletar mais?

Sim. Quanto a mais? _____

Não. Por quê? _____

4. Qual o preço de venda por quilo de material (Sucata)?

Tipo de material	Preço (R\$/kg)	Observação
Plástico PET		
Plástico PEAD		
Papel A4 (Branco)		
Papelão		
Alumínio		
Vidro		

5. Qual a quantidade de material coletado por cada funcionário em um mês?
_____ Kg.

6. Quanto cada funcionário recebe, em média por mês?

Menos de um salário mínimo

Entre um e dois salários mínimos.

Entre dois e três salários mínimos.

Mais de três salários mínimos.

7. Qual o custo mensal de coleta da ASMARE?

_____ R\$.

8. Qual o gasto mensal com a energia elétrica da ASMARE?

_____ R\$.

9. Qual o gasto mensal com a conta de água da ASMARE?

_____ R\$.

11. Quantos litros de água a ASMARE consome por mês?

_____ L.

12. Quantos KWh a ASMARE consome por mês?

_____ KWh.

13. Qual o custo da ASMARE com vale transporte oferecido aos seus funcionários?

_____ R\$.

14. A ASMARE faz o uso comercial, residencial ou industrial de água e energia?

15. Como é feita a coleta de resíduos pela ASMARE? (Caminhão próprio, caminhão da prefeitura, pelos catadores).

APÊNDICE B – Quantidade de CO₂e emitido durante as etapas do processo de produção do plástico PET.

Etapas de produção	Quantidade de CO₂e. emitido (Ton/Ton)
Extração de petróleo	0,010
Refino de petróleo	0,029
Fabricação da resina	0,0122
Fabricação da preforma até a produção	0,069
Lavagem	0,081
Fabricação do rótulo	0,018
Fabricação da tampa até a lavagem	0,018
Total	0,237

Fonte: Valt (2004)

APÊNDICE C – Quantidade de CO₂e emitido durante as etapas do processo de produção do alumínio.

Etapas de produção	Quantidade de CO₂e. emitido (Ton/Ton)
Extração da bauxita	0,002
Eletrólise e fundição	0,825
Laminação	0,016
Produção das latas	0,033
Lavagem	0,005
Total	0,881

Fonte: Valt (2004)

APÊNDICE D – Quantidade de CO_{2e} emitido durante as etapas do processo de produção do vidro.

Etapas de transporte	Quantidade de CO_{2e} emitido (Ton/Ton)
Fabricação de vidro	0,008
Produção de garrafas	0,028
Produção de tampas	0,018
Lavagem	0,157
Total	0,211

Fonte: Valt (2004)