



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**O BENEFÍCIO SOCIAL LÍQUIDO DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL E SUA CORRELAÇÃO COM A
POPULAÇÃO E RENDA PER CAPITA**

ANUAR CAMILO ALBUQUERQUE MANSUR TUMA

BRASÍLIA – DF

DEZEMBRO/2017

ANUAR CAMILO ALBUQUERQUE MANSUR TUMA

**O BENEFÍCIO SOCIAL LÍQUIDO DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL E SUA CORRELAÇÃO COM A
POPULAÇÃO E RENDA PER CAPITA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do professor Dr. Clóvis Zapata.

BRASÍLIA – DF

DEZEMBRO/2017

TUMA, ANUAR.

O BENEFÍCIO SOCIAL LÍQUIDO DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL E SUA CORRELAÇÃO COM A POPULAÇÃO E RENDA PER CAPITA

Orientação: Dr. Clóvis Zapata.

76 páginas.

Projeto final em ciências ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 8 de dezembro de 2017.

1. Reciclagem. 2. Benefício Social Líquido de Reaproveitamento 3. Coeficiente de Correlação 4. Disposição de resíduos sólidos urbanos.

**O BENEFÍCIO SOCIAL LÍQUIDO DE REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS NO DISTRITO FEDERAL E SUA CORRELAÇÃO COM A
POPULAÇÃO E RENDA PER CAPITA**

Anuar Camilo Albuquerque Mansur Tuma

Prof. Orientador: Dr. Clóvis Zapata

Brasília-DF, 08/12/2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Clóvis Zapata (Orientador)

Instituto de Economia da Universidade de Brasília

Prof.

Instituto de Economia da Universidade de Brasília

Prof.

Instituto de Geociências da Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

Família em primeiro lugar, é o que sempre dizem. Esse caso não é diferente. Por mais que pareça clichê, minha mãe entra em primeiro lugar na lista. Agradeço à sua compreensão e paciência enquanto eu passava horas finalizando o projeto, sempre acreditando no meu potencial. Devo tudo à ela, literalmente e figurativamente. Em igual peso agradeço aos meus avós, primos e tios que me ajudaram nessa caminhada, fossem me cobrando com aquela pergunta chata que todo estudante em final de curso odeia ouvir. “Como vai a faculdade?”. Agradeço seus incentivos, fossem estes um sorriso, gesto carinhoso ou “auxílio-financeiro-para-aqueles-que-não-conseguem-trabalhar-por-conta-do-trabalho-de-conclusão-de-curso”.

Por fim, agradeço aos amigos e à namorada. Vocês tornaram essa jornada menos estressante. Foram uma dipirona. Confesso que a “aventura” não foi nada divertida, porém cheia de aprendizados. Aliás, retifico. Passou a ser divertida do momento em que o projeto se desdobrou e pude ver o potencial do mesmo. Ver que eu, que muitas vezes me subjuguiei, era capaz. Esse é o principal aprendizado que levarei adiante.

SUMÁRIO

RESUMO.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Objetivo.....	15
1.2. Justificativa.....	15
2. ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE.....	16
2.1 Externalidades, Teoremas de Pigou e Coase.....	16
3. RESÍDUOS SÓLIDOS.....	21
3.1 Gerenciamento de Resíduos Sólidos.....	24
3.11 Aterro Sanitário.....	25
3.12 Aterro Controlado.....	26
3.13 Incineração.....	28
3.2 Reciclagem.....	28
3.21 Benefícios Sociais da reciclagem.....	31
3.3 Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil.....	32
3.4 Legislação ambiental no Brasil.....	33
4. BENEFÍCIO SOCIAL LÍQUIDO DE REAPROVEITAMENTO.....	39
4.1 Cálculo dos Gastos diretos com a coleta convencional, transporte e destinação de resíduos e Gastos associados ao reaproveitamento.....	41
4.2 Cálculo da variável de Danos ambientais evitados.....	41
4.3 Cálculo do Preço do Reciclável.....	44
4.4 Cálculo da Redução de custos associados em matéria-prima e outros insumos proporcionados pelo reaproveitamento.....	44
4.5 Cálculo da tonelada do Benefício Social Líquido de Reaproveitamento.....	47
4.6 Cálculo do Benefício Social Líquido de Reaproveitamento no DF.....	48
4.7 Cálculo do Coeficiente de Correlação entre o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento e a renda per capita.....	50
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
6. ANEXOS.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução na geração de RSU por habitante/dia no Brasil.....	22
Tabela 2 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008.....	22
Tabela 3 - Destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos Coletados no Brasil.....	23
Tabela 4 – Proporção do potencial de aquecimento global dos GEE.....	42
Tabela 5 - Emissão de GEE por tipo de resíduo sólido (tonelada).....	43
Tabela 6 –Total de Danos ambientais causados pela má coleta de resíduos (CA).....	43
Tabela 7 – Valores pagos por tipo de resíduo reciclável em 2015.....	44
Tabela 8 – Estimativa dos benefícios econômicos associados à redução do consumo de insumos.....	45
Tabela 9 – Energia gasta com insumos novos – energia com reciclagem.....	45
Tabela 10 – Cálculo do custo de oportunidade (GMI).....	47
Tabela 11 – Coeficiente de Correlação entre os Benefícios Sociais Líquidos de Reaproveitamento por habitante e a renda média per capita por Região Administrativa avaliada do Distrito Federal.....	52
Tabela 12 – Coeficiente de Correlação entre a população e o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento.....	54
Tabela 13 – Coeficiente de Correlação entre a renda total de cada RA e o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento.....	55
Tabela 14 – Coeficiente de Correlação entre a quantidade de cada tipo de resíduo reciclável per capita da coleta convencional de cada RA e a renda per capita.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Equilíbrio entre oferta e demanda de um produto sem externalidade.....	16
Gráfico 2 – Mercado com externalidades positiva na oferta.....	17
Gráfico 3 – Mercado com externalidades negativas na oferta.....	19

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Formas administração de resíduos sólidos urbanos.....	24
Quadro 2 – Economias de Recursos Naturais por tipo de resíduo.....	29
Quadro 3 – Tipos de Resíduos Sólidos.....	34
Quadro 4 – Classificações de resíduos sólidos.....	35
Quadro 5 – Cores relativas aos contêineres de cada tipo de resíduos sólidos.....	38

LISTA DE ANEXOS

Tabela A – Cotação do valor da emissão de carbono/tonelada.....	62
Tabela B – Benefício total Líquido Indireto da reciclagem em Relação à produção primária (em R\$) analisado em 33 cooperativas de reciclagem.....	63
Tabela C – Benefício Líquido Direto e Indireto da reciclagem em relação à produção primária (em R\$/t).....	64
Tabela D – Cálculo da tonelada do Benefício Líquido social de reaproveitamento considerando a primeira análise de Motta (preço do Reciclável, BSLRPR) (R\$/t).....	65
Tabela E – Cálculo da tonelada do Benefício Líquido social de reaproveitamento considerando a segunda análise de Motta (custo de oportunidade e benefício líquido da reciclagem em relação à produção primária, BSLRCO) nas RAs avaliadas (R\$/t).....	65
Tabela F - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos domiciliares nas RAs avaliadas em porcentagem.....	66
Tabela G – Quantidade potencialmente reciclável de resíduos sólidos encontrados na coleta convencional nas Ras avaliadas.....	67
Tabela H – Cálculo do valor total do Benefício Social Líquido de Reaproveitamento para os recicláveis da coleta convencional.....	68
Tabela I – Cálculo do valor total do Benefício Social Líquido de Reaproveitamento para os recicláveis da coleta convencional nas RAs avaliadas utilizando para referência o custo de oportunidade. (R\$/t/mês).....	68
Tabela J – Benefício Líquido Social Total de Reaproveitamento de cada RA avaliada do Distrito Federal tendo como referência o preço do Reciclável.....	72
Tabela K – Benefício Líquido Social de Reaproveitamento de cada RA avaliada do Distrito Federal tendo como referência o Custo de Oportunidade.....	70
7.1 Créditos de Carbono.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública Resíduos Especiais.
ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
BSLR	Benefício Social Líquido de Reaproveitamento
BSLRCO	Benefício Social Líquido de Reaproveitamento baseado no custo de oportunidade
BSLRPR	Benefício Social Líquido de Reaproveitamento baseado no preço do reciclável
CA	Valoração de Danos Ambientais
CF	Constituição Federal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
GAR	Gastos Associados ao Reaproveitamento
GCD	Gastos diretos da coleta
GEE	Gases Efeito Estufa
NBR	Norma Brasileira
PET	Polietileno tereftalato
PIB	Produto Interno Bruto
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PR	Preço do Reciclável
RA	Região Administrativa
SLU	Sistema de Limpeza Urbana do Distrito Federal
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos

RESUMO

Palavras-chave: 1. Reciclagem. 2. Benefício Social Líquido de Reaproveitamento 3. Coeficiente de Correlação 4. Disposição de resíduos sólidos urbanos.

O presente trabalho busca, primeiramente, avaliar o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento em 16 Regiões Administrativas do Distrito Federal, utilizando para tal a fórmula citada por Motta (2006). Segundo, avalia qual fator tem uma maior correlação com o Benefício Líquido da Reciclagem; a renda per capita, população ou o produto de ambos no Distrito Federal. Para tal, é utilizada a correlação de Pearson.

É apresentada a atual situação do Brasil em relação à disposição de Resíduos Sólidos, assim como em outros países. Conceitos de externalidades, taxas Pigouvianas e desenvolvimento sustentável são reforçados para uso das variáveis do cálculo do Benefício Social Líquido de Reaproveitamento.

Como resultado, obtêm-se dois valores de Benefício Líquido Social de Reaproveitamento de R\$ 8.862.348,69 e R\$ 6.492.068. A correlação de Pearson mostra que há uma correlação maior entre a o Benefício e a população, uma vez que as outras correlações apresentadas foram fracas, mostrando que um poder aquisitivo maior é uma variável menos determinante do que a população ao considerar o potencial de BSLR dos insumos consumidos pelos cidadãos do Distrito Federal.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade humana pode ser comparada a um organismo vivo que retira matéria e energia do meio ambiente e o utiliza para seu crescimento e desenvolvimento. Essa energia é devolvida ao meio ambiente de forma dissipada, como rejeitos (Mueller, 2004). No entanto, o processo não é necessariamente unilateral, de forma que parte da matéria é reintroduzida no sistema produtivo, reduzindo assim o processo de transformação e perda da matéria útil em rejeito. Nalini (2006) mostra que há grande desperdício de materiais potencialmente recicláveis no Brasil. Caso fossem reintroduzidos no sistema produtivo, poupariam recursos do ponto de vista econômico, ambiental e social. Motta (2006) o denomina Benefício Social Líquido de Reaproveitamento (BSLR).

Considerando a grande extensão territorial do Brasil, questões de onde ou como alocar resíduos sólidos eram de pouca importância no início do século XX, deixadas de lado em função da necessidade da produção crescente. Somente há pouco mais de vinte anos que tais questões ganharam maior destaque na sociedade com a mudança da legislação ambiental brasileira, com o estabelecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010 (PNRS).

Apesar da legislação específica, o país ainda apresenta problemas graves de disposição de resíduos sólidos. A disposição incorreta é de 42,02% para o ano de 2012, conforme indicado pela ABRELPE (2012), prejudicando o meio ambiente e a saúde humana. Além disso, o problema tende a se tornar cada vez mais grave tendo em vista o consumo crescente, que acompanha o atual cenário econômico brasileiro.

Lopes (2006) mostra que a má gestão de resíduos sólidos causa problemas de saneamento e qualidade de vida para as populações próximas aos locais, podendo contaminar o solo e a água próximos, como apontado por Bernardes et. al (2010). No caso do Distrito Federal, ainda há o risco de contaminação de alimentos, uma vez que o lixão predominante encontra-se próximo à chácaras que possuem produção de pequeno porte.

A falta de conscientização da população ainda é outro problema que agrava a questão de resíduos sólidos. O Distrito Federal possui pouco mais de 3 milhões de habitantes, possuindo uma das maiores gerações de Resíduos

Sólidos Urbanos por pessoa do país, com 1,55kg/dia por habitante. O gerenciamento de resíduos sólidos é, então, uma grande preocupação para a cidade.

Partindo do pressuposto que um consumidor tende a maximizar seu benefício conforme sua renda, como mostrado por Pindyck (2012), é possível inferir que existe uma tendência de aumento do gasto proporcional à renda do cidadão. Brzozowski et. al (2010) aponta uma relação de proporção entre o consumo e a renda no Canadá. Renno (2014) confirma essa proporção no Brasil relacionando o PIB com consumo, mostrando que o consumo brasileiro cresce em 0,75 de unidade para cada 1 unidade de renda e que ambas possuem um forte grau de correlação.

Este trabalho discute a relação entre a população, renda e o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento potencial por cidadão para o Distrito Federal. De forma a apresentar os benefícios obtidos com a reciclagem do ponto de vista social, econômico e ambiental dos principais materiais recicláveis, são calculados os ganhos em relação à produção primária. É apresentado um valor final que vai muito além da simples economia de matéria-prima com a reintrodução do reciclável no processo produtivo.

O projeto está estruturado em cinco capítulos. O primeiro trata das questões econômicas a serem discutidas e utilizadas no projeto. O conceito de externalidade é apresentado e discutido, assim como as teorias econômicas que buscam internalizar as externalidades.

O segundo capítulo discute a problemática dos resíduos sólidos no Brasil, assim como as leis vigentes que se aplicam aos mesmos e as formas de disposição atual. Também são apresentadas as vantagens da reciclagem em relação a outras formas de disposição.

O terceiro capítulo apresenta o conceito de Benefício Social Líquido de Reaproveitamento (BSLR). Este é calculado com base nos dados do Distrito Federal e então ajustado para a realidade de dezesseis Regiões Administrativas do Distrito Federal. Sua correlação com a renda per capita e a população é traçada de forma a entender qual fator é mais determinante na geração de resíduos com maior BSLR. Há, ainda, conceitos de variáveis utilizadas no cálculo, como o Coeficiente de Correlação de Pearson e os Créditos de Carbono, que são encontrados no anexo. Ao final do projeto, com base nos resultados, é

feita uma análise tanto da relação entre o benefício e a renda/população quanto do desperdício gerado pela não adoção total da reciclagem no Distrito Federal.

1.1 Objetivo

O presente trabalho calcula o Benefício Social Ambiental da venda de recicláveis em 16 Regiões Administrativas do Distrito Federal. Os objetivos finais são avaliar o potencial do Benefício Social Ambiental obtido com a reciclagem e descobrir qual das variáveis possui uma maior correlação com o benefício, dentre população, renda per capita ou o produto de ambos, afim de descobrir se existe um aumento no valor do benefício gerado pela reciclagem de resíduos descartados por um cidadão conforme sua renda aumenta. A hipótese é que o valor do benefício gerado pela reciclagem aumenta com a renda e a população.

1.2 Justificativa

Grande parte da produção mundial se transformará em lixo (Motta, 2006). É esperado que os custos para disposição aumentem com o crescimento da produção e o uso crescente de lixões e aterros, o que abre portas para outras alternativas, como a reciclagem.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) prevê a extinção de todos os lixões. Devem, então, buscar alternativas para dispor resíduos sólidos, que se restringem a aterros sanitários e reciclagem. No entanto, o último possui diversos benefícios em relação ao primeiro, os quais favorecem tanto a sociedade quanto o meio ambiente. O presente trabalho se propõe a, então, calcular o potencial do benefício potencial em uma cidade como Brasília, onde, em 2015, cerca de 94% dos resíduos sólidos coletados não são reciclados, de acordo com o SLU (2015).

Do ponto de vista metodológico, este trabalho utiliza a abordagem de Motta (2006) que apresenta conceitualmente os três pilares, social, econômico e ambiental, para buscar um melhor aproveitamento na mensuração, utilizando do Benefício Social Líquido de Reaproveitamento.

2. ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE

Este Capítulo apresenta questões teóricas relacionadas à Economia do meio ambiente, apresentando tópicos para então relacioná-las com resíduos sólidos urbanos.

2.1 Externalidades, Teoremas de Pigou e Coase.

Em um mercado sem intervenção governamental, o preço de um produto é ajustado de forma a equilibrar a relação entre a oferta e a demanda, como é possível observar no gráfico 1. Quando há equilíbrio de mercado, a procura e oferta estão em igualdade.

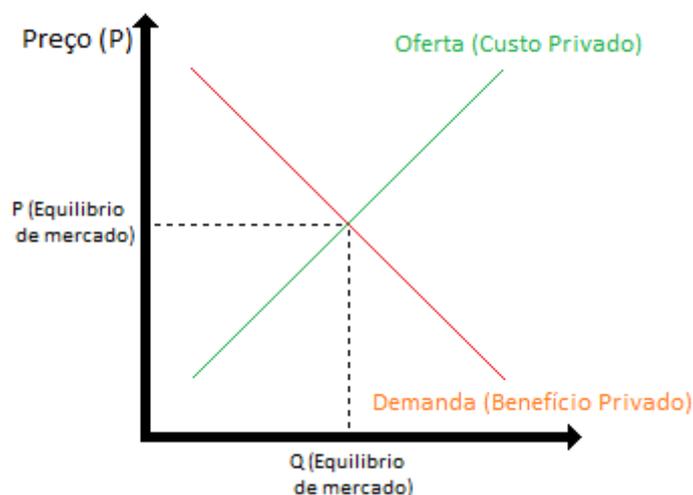


Gráfico 1 – Equilíbrio entre oferta e demanda de um produto sem externalidade.

Fonte: MANKIW, 2009.

Externalidade é consequência das ações de algo ou alguém sobre o bem-estar de um terceiro que não participa de tais ações. No caso de um impacto negativo, têm-se uma externalidade negativa. No caso de um impacto benéfico, têm-se uma externalidade positiva (MANKIW, 2014). No entanto, falhas de mercado, como a externalidade, podem desequilibrá-lo. Ela é a consequência da ação indireta de alguém ou algo que afete um terceiro positiva ou negativamente. Na economia, ocorre quando um sistema de produção afeta sistemas externos

na ausência de uma transação comercial ou formal entre elas. A externalidade pode ter sua natureza tanto positiva quanto negativa e são consideradas falhas de mercado que deslocam o equilíbrio entre a oferta e demanda (MANKIW, 2009).

No caso da externalidade positiva, as premissas básicas, de acordo com Pyndick (2012), é que algo ou alguém se beneficia de outro que, ao realizar uma ação, indiretamente beneficia o primeiro. Essa externalidade pode ser tanto na oferta quanto na demanda. No caso da externalidade positiva na oferta, trata-se de um produtor que indiretamente beneficia outro produtor.

Como exemplo, pode-se considerar uma família que possui uma plantação de trigo à beira de um rio. Como consequência, peixes são atraídos para o local, devido à ação do vento que derruba parte dos grãos no rio, que se torna um ótimo ponto de pesca. Um pescador é beneficiado por tal atividade ao dominar o ponto, otimizando seu tempo e pescando mais do que outros da região. A existência deste desloca o ponto de equilíbrio de mercado, como pode ser observado no gráfico 2.

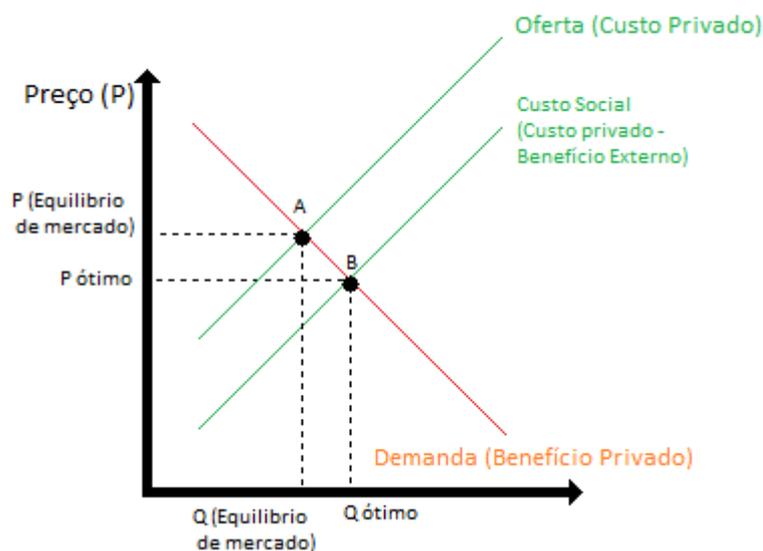


Gráfico 2 – Mercado com externalidades positiva na oferta.

Fonte: MANKIW, 2009.

Como é possível observar no gráfico 2, a externalidade desloca o ponto de equilíbrio ótimo do mercado. Em um cenário onde uma produção passou a

gerar externalidades positivas, há mudanças no equilíbrio de mercado ótimo. Antes, esse equilíbrio era único tanto para o produtor quanto para o consumidor ou a sociedade como um todo, no ponto central do Gráfico 1. Com a externalidade, o ponto A passa a ser o ponto ótimo apenas para o produtor. Para que haja um deslocamento de A para B, são necessárias intervenções para incentivar o produtor que gera a externalidade através de subsídios para a produção (PYNDICK, 2012). No exemplo do pescador, para haver um equilíbrio de mercado, um incentivo deve ser fornecido ao produtor de trigo para que este produza mais, beneficiando o pescador.

No caso da externalidade negativa, um terceiro é influenciado negativamente e indiretamente pela ação de um primeiro, tendo que arcar com os custos. Como exemplo, têm-se a poluição atmosférica, que é um resultado da produção primária que gera efeitos negativos para o meio ambiente e a população. Uma vez que a indústria não arca com o prejuízo causado, ele recai sobre os prejudicados. O custo desse prejuízo é denominado Custo Marginal Social, como citado por Mankiw (2009). Uma externalidade negativa também desloca o ponto de equilíbrio, como é possível observa no Gráfico 3.

Pode-se observar no gráfico 3 que os custos gerados para a sociedade fazem com que o Custo Social seja maior que o privado. Têm-se então uma divergência. No ponto A, encontra-se o ponto de equilíbrio do ponto de vista ótimo apenas para o produtor. O produtor produz sem pagar qualquer taxa. Em B, há um ponto de equilíbrio para a sociedade, a internalização das externalidades, que é quando, no exemplo citado, a indústria arca com o prejuízo causado para a sociedade. Para incentivar o produtor a alcançá-lo, são necessárias taxas, multas ou impostos (Pyndick, 2012).

A presença de externalidades, tanto positivas quanto negativas, distorce o sistema de preços, criando uma ineficiência de mercado. No caso de uma externalidade negativa que recai sobre a sociedade, a indústria produz acima do ótimo, uma vez que não paga pela externalidade. No caso da externalidade positiva, a indústria produz menos que o ótimo pois não recebe pelo bem fornecido para a sociedade. De forma a tentar internalizar os custos, corrigindo a falha de mercado causada pela externalidade, passando-os para os causadores, Pigou (1932) elaborou a taxa Pigouviana, que é uma taxa para empresas poluidoras que geram externalidades negativas.

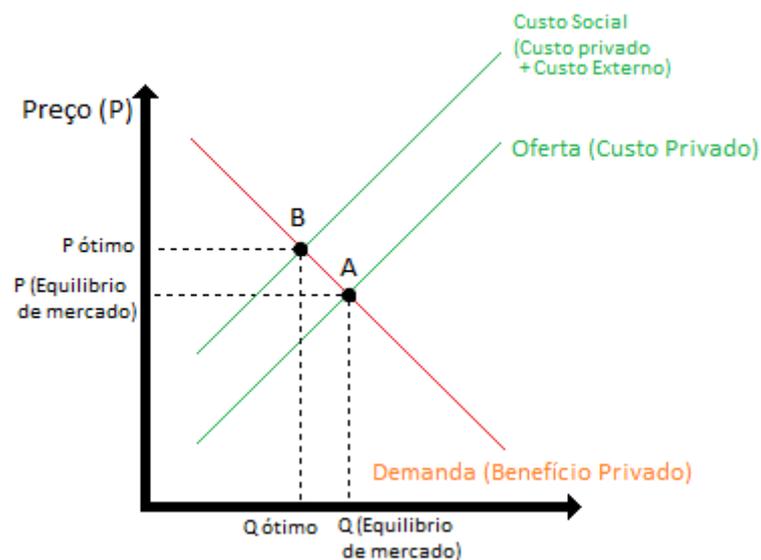


Gráfico 3 – Mercado com externalidades negativas na oferta.

Fonte: MANKIW, 2009.

Pigou (1932) afirma que as indústrias buscam apenas seguir seus interesses marginais, otimizando produção custo e tempo. Quando essa otimização gera externalidades, as quais não são interessantes para a sociedade, têm-se um Custo Marginal Social. Como a ideia da indústria é otimizar a produção, não há motivação para internalizá-lo, o qual é pago pela sociedade. Da mesma forma, alguém que é beneficiado por uma externalidade não tem motivação para pagar pelo benefício, denominado Benefício Marginal Social.

Existe uma super produção da indústria quando não há internalização do Custo Marginal Social. Ocorre quando o Custo Marginal Social está acima do Benefício Marginal Privado, uma vez que os custos de produção totais se tornam mais baixos do que deveriam caso o Custo Marginal Social fosse pago. Logo, o Custo Marginal Social é pago pela sociedade, que sofre as consequências da poluição.

Pigou propõe que o Custo Marginal Social seja pago através de uma taxa. Representando um balanço negativo na atividade da indústria, esta iria optar por reduzir a produção ou investir em tecnologias mais limpas para maximizar seu benefício. Assim, do ponto de vista ideal, o Custo Marginal Social seria adicionado ao Custo Marginal Privado, que é o custo de produção da empresa.

Em um cenário ideal da taxa Pigouviana, a quantidade produzida pela indústria seria reduzida de forma a voltar ao equilíbrio de mercado.

Ao analisar a taxa Pigouviana, Coase (1960) afirma, em seu teorema denominado “Teorema de Coase”, que, uma vez que uma das partes possui o direito de propriedade sobre poluir ou não poluir, o causador e afetado pela externalidade podem chegar à um acordo comum onde ambos se beneficiam, sem a necessidade da aplicação de taxas.

Como exemplo, têm-se uma oficina que é construída próximas a residências. Os moradores, então, passam a sofrer com o barulho da oficina e exigem uma indenização pelos danos causados. Em outro caso, um morador compra um terreno grande e decide construir sua casa próximo à uma oficina já existente. No primeiro caso, a oficina deveria arcar com o prejuízo causado aos moradores. Logo, o direito de propriedade sobre a poluição está com os moradores, já que a oficina iniciou a poluição sonora em uma área onde os moradores já detinham o direito sobre o silêncio. Já no segundo caso, o morador teve a opção de construir sua casa em outra parte do terreno e preferiu colocá-la próximo à oficina. O direito de poluição sonora estaria com a indústria, que já estava em atividade antes do morador construir sua casa. O morador poderia evitar o problema caso optasse construir sua casa em outra parte do terreno.

Coase (1960) defende, então, que uma vez que foram estabelecidos os direitos de propriedade, ainda há de se definir a importância do custo ou benefício marginal social para ambas as partes. Determinado o valor inicial, uma das partes ainda poderia pagar um valor adicional para ter ou abrir mão do benefício, caso considere muito importante. Como exemplo, o morador que construiu a casa perto da oficina pagaria determinado valor para que a oficina reduzisse o barulho, ou ainda pagar o suficiente para que a oficina mude de lugar caso preze muito pelo silêncio. Nesse caso, a indústria detém o direito de propriedade. Já no caso da alocação da oficina em local próximo à residências, a oficina poderia pagar uma indenização para os moradores pelo barulho.

No caso do custo marginal social, a parte beneficiada poderia oferecer um valor menor pelo direito de poluir ou a parte prejudicada poderia exigir um valor maior para aceitar ceder os direitos. Tudo dependeria da negociação de ambas as partes, sem a necessidade de aplicações de taxas pelo governo. De acordo com Lorenzoni (2009), esta é a base para o ambientalismo de livre mercado,

uma abordagem que permite o mercado livre negociar o uso e regulação da poluição.

Fullerton e Metcalf (1998) ainda afirmam que, ao invés do tributo, poderiam ser utilizadas um valor máximo de emissão para todas as indústrias de uma área, o que reduziria a produção de todas. Pindyck (2012), ao analisar vários teoremas relacionados à externalidades, demonstra certa eficiência do uso de permissões para poluir, as quais podem ser transferidas entre indústrias.

3. RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos sólidos podem ser definidos como “tudo aquilo que já foi utilizado uma vez e que não pode ser aproveitado dentro das possibilidades do homem urbano” (Lopes, 2006). Todavia, há de considerar que estes ainda podem ser reaproveitados através da reciclagem para serem reintroduzidos no sistema produtivo.

O Art. 3, XIV da PNRS define a reciclagem como um “processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa”. Pode-se ainda complementar afirmando que a reciclagem é uma forma de fechar o ciclo de produção, reintroduzindo os resíduos na mesma.

A tabela 1 mostra um comparativo da geração de resíduos sólidos entre os anos de 2006 e 2015 para o Brasil. Nota-se que apesar da quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) por habitante diminuir na última década, houve um aumento significativo na quantidade total de RSU gerada, graças ao aumento populacional. Entre 1950 e 2015, este subiu de 72,49 milhões de habitantes para 207,84 milhões.

Deve-se considerar as disparidades, uma vez que no ano de 2012, a quantia de resíduos produzidos diariamente em média 1kg/hab/dia, sendo estes 2kg/hab/dia para a classe alta e 0,3kg/hab/dia para a classe baixa (Waldman, 2012). A tabela 2 apresenta a composição dos resíduos sólidos urbanos domiciliares coletados no Brasil em 2008. Nota-se que, apesar de pouco mais

da metade dos resíduos gerados ser matéria orgânica, a outra parte ainda representa um número alto ao se considerar a geração diária per capita.

Tabela 1 – Evolução na geração de RSU por habitante/dia no Brasil.

Ano	Geração kg/hab/dia	Quantidade Total de RSU
2006	1,104	167,7
2007	1,106	168,6
2014	1,062	215.29
2015	1,071	218.87

Fonte (ABRELPE, 2008, 2016)

O aumento da produção de resíduos sólidos é apenas um dos problemas apontados na literatura. Campos (2012) mensura a evolução da geração de resíduos sólidos per capita no Brasil e em países desenvolvidos entre o período de 1980 e 2030. Como resultado, nota-se um aumento da geração de resíduos per capita de 408 kg/hab/ano em 1980 para 611 kg/hab ano em 2015 e 694 kg/hab/ano em 2030. Têm-se uma projeção do aumento de quase 80% da geração de resíduos per capita num período de 50 anos.

Tabela 2 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008.

Componentes	Percentual
Matéria orgânica	51,4%
Papel e papelão	13,1%
Plástico	13,5%
Metais	2,9%
Alumínio	0,6%
Vidro	2,4%
Aço	2,3%
Outros	13,8%
Total	100%

Fonte: MMA, 2008.

Lopes (2006) mostra que o perfil dos resíduos consumidos se tornou mais perigoso do ponto de vista da disposição final. Nos últimos cinquenta anos, houve uma mudança na qual os produtos de origem orgânica diminuíram em sua predominância. Produtos de difícil disposição, como pilhas, baterias e isopores ganharam maior destaque. O problema se torna ainda mais grave ao se analisar a destinação final de resíduos sólidos no Brasil, conforme apresentado na tabela 3, a qual mostra uma melhora de apenas 0,08% de 2011 para 2012.

Tabela 3 - Destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos Coletados no Brasil

ADEQUAÇÃO/ANO	2011	2012
ADEQUADO (t/ano)	58,06% (32.240.520)	57,98% (32.794.632)
INADEQUADO (t/ano)	41,94% (23.293.920)	42,02% (23.767.224)

Fonte: ABRELPE, 2012

De acordo com Lopes (2006), a falta de conscientização da população em relação aos problemas ambientais é um fator tão grave quanto a má disposição de resíduos. A causa está na tomada de decisões pelo governo e municípios que apenas consideram a questão dos resíduos sólidos como mais um fator de despesa, com soluções técnicas e uso de maquinário para tal, que é amplificado pela falta de conscientização da população e da ausência de Educação Ambiental. Pinho (2011) afirma que há uma relação positiva entre o nível de desenvolvimento de um país e a educação ambiental, considerando a falta da mesma como um indicador de baixo desenvolvimento.

Maeda (2013), registra dados de 89,3% e 85,5% para disposição de resíduos em vazadouros a céu aberto nas regiões Norte e Nordeste e de 15,8% e 18,7% nas regiões Sul e Sudeste. Os estudos feitos pelo IBGE (2010) mostram que as regiões Sul e Sudeste possuem regiões com altos índices de Produto Interno Bruto e Índice de Desenvolvimento Humano do Brasil, comparadas ao desenvolvimento médio e baixo das regiões do Nordeste. Estes dados, então, reforçam a análise feita por Pinho (2011).

O pouco avanço na adequação de resíduos é um problema quando se analisam os impactos ambientais causados pelos mesmos. Estes se iniciam desde a coleta, quando realizada em grandes intervalos, possibilitando o acúmulo de resíduos em áreas urbanas. De acordo com Gouveia (2012), as

consequências notáveis são o mal cheiro, poluição visual e atração de vetores causadores de doenças.

3.1 Gerenciamento de Resíduos Sólidos

O gerenciamento de resíduos sólidos é o envolvimento tanto do governo quanto da sociedade na administração de resíduos sólidos, objetivando uma melhor qualidade de vida da população através da coleta e disposição destes, envolvendo questões econômicas e organizados por políticas públicas (IBAM, 2001). Leva-se em consideração o volume, tipo de resíduo e as características sociais, culturais e econômicas da população. Campos (2012) afirma que, no Brasil, os resíduos sólidos são tratados apenas como um desafio técnico onde o objetivo maior é buscar a eficiência econômica e operacional para a coleta e disposição.

Quadro 1 – Formas administração de resíduos sólidos urbanos

Tipo	Descrição
Concessão	São realizados por concessionárias responsáveis por todo o processo envolvendo o planejamento, execução e monitoramento. Recebem o retorno dos investimentos por meio de contratos de longo termo.
Terceirização	A administração pública é responsável pelo planejamento, coordenação e fiscalização do gerenciamento de RSU. Contrata uma ou mais empresas privadas para realizar uma parte ou toda a coleta e disposição.
Consórcio	É feito um acordo entre municípios com interesses em comum relacionados à coleta e disposição de RSU. Recursos humanos e financeiros são reunidos sob a forma de

	consórcios para viabilizar a implantação do projeto.
--	--

Fonte: SLU, 2015.

De acordo com IBAM (2001), o sistema de limpeza urbana pode ser administrado diretamente pelo município, por uma empresa pública específica ou por uma empresa de economia mista para exercer tal função, como é possível observar no quadro 1. A seguir serão apresentadas as formas de disposição de resíduos sólidos urbanos realizadas no Brasil.

3.11 Aterro Sanitário

A definição de Aterro Sanitário pela norma ABNT NBR 8419/1984 é “uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se for necessário”.

Aterros sanitários se esgotam rapidamente, uma vez que a aumento da densidade populacional tende a valorizar o preço de lotes potenciais para os mesmos. O custo pode ser um empecilho em sua implantação. Outro problema é que o custo por tonelada de disposição de lixo tende a aumentar bastante. A exemplo de aterros em São Paulo, o custo operacional chegou a aumentar em 87% em 17 meses entre março de 1994 e agosto de 1995 (Calderoni, 1995).

Em Brasília, existe a lei para inauguração do aterro sanitário de Samambaia que substituiria o aterro controlado do Jockey Club, localizado na Estrutural-DF, também conhecido como “Lixão da Estrutural”. Essa mudança estaria de acordo com a lei nº 12.305/10 da PNRS, que exige o fim de lixões a céu aberto até a data de 2 de agosto de 2014. Na prática, o aterro foi entregue em janeiro de 2018, no entanto, recebe apenas 30% do lixo total da cidade, o qual em grande parte ainda é depositado no Jockey Club, previsto para encerrar suas atividades em outubro de 2017. Os resíduos continuam a se amontoar em um lixão a céu aberto, contaminando o solo e aumentando os gastos com saúde pública (Mader, 2016).

3.12 Aterro Controlado

No Brasil, 17,8% dos resíduos sólidos coletados diariamente são depositados em aterros controlados, conhecidos como “lixões”, de acordo como IBAM (2001). Nalini (2006) conceitua os mesmos como locais isolados onde os resíduos são descarregados diretamente no solo, sem forma alguma de tratamento. Diferente do aterro sanitário, não possui impermeabilização em sua base e nem sistema de tratamento de chorume, como descrito pelo IPT (1995). É basicamente um local onde os resíduos são dispostos de forma controlada a céu aberto e recebem uma cobertura de solos.

As consequências principais são a proliferação de ratos e insetos transmissores de doenças e a contaminação de lençóis freáticos. Apesar do local ser isolado, existem famílias carentes que vivem nas proximidades dos mesmos e estão em contato direto com tais riscos, como constatado num estudo no município de Carorebe/RR, feito por Indinara et. al (2012). Realizou-se entrevistas com moradores nas proximidades de um lixão e constatou-se que toda a população é ou já foi alvo de doenças. Estas afetaram os moradores na seguinte proporção: 72% já tiveram dengue, 50% diarreia, 24% verminose, 20% micose, 16% infecções em geral, 14% leptospirose e 4% febre amarela.

Além dos problemas citados, há ainda a liberação de grandes quantidades de metano (CH_4), pela decomposição anaeróbica da matéria orgânica de resíduos, o qual, em conjunto com a liberação de chorume pelos mesmos agrava o problema dos Gases Efeito Estufa, como afirmado por Nalini (2006) e Gouveia (2012). O CH_4 é um gás altamente responsável pelo aumento do aquecimento global.

Lopes (2006) analisa o problema da disposição de CO_2 (Gás carbônico) na atmosfera pelo processo atual de produção e afirma que o tempo de absorção do mesmo pela natureza é de uma velocidade muito menor. Aliado com a destruição de florestas e contaminação de oceanos, têm-se um déficit na absorção desses gases pela natureza, acelerando o aquecimento global. Como consequência final, a autora mostra que o perigo maior se encontra no avanço para uma nova etapa termodinâmica de desequilíbrio na qual a humanidade não conseguiria sobreviver.

Em Brasília, atualmente encontra-se o aterro controlado do Jockey Club, na Estrutural-DF, que existe há mais de quarenta anos. “Desde a década de 70, todo o lixo gerado no Distrito Federal é depositado nessa área como um lixão. Somente a partir de 1995 a área passou a ser gerenciada como um aterro controlado” (Cavalcanti, 2013). As atividades do aterro estão previstas para serem encerradas em janeiro de 2018, transferidas totalmente para o novo aterro em Samambaia.

Bernardes et. al (2010) mostrou que o lixão do Jockey Club, em Brasília-DF, encontra-se em “um divisor de águas adjacente a uma área de preservação ambiental por um dos lados e pelos demais a áreas ocupadas por um núcleo de invasão urbana e por chácaras de produção de hortaliças.”. Ou seja, depreende-se do estudo que há risco de contaminação nas proximidades, especialmente de alimentos pela infiltração de chorume no solo, que contém metais pesados de pH alcalino e advém do lixiviamento dos resíduos sólidos, como pilhas e baterias (Cavalcanti, 2013). Segundo Araújo (1996, apud CAVALCANTI, 2013, p. 13) o solo da área do lixão do Jockey Club possui alta permeabilidade, o que facilita ainda mais tal infiltração.

Um estudo feito por Santos Filho et. al (2003) em Pilões, Cubatão, SP, mostra que 95% da população residente próxima ao lixão apresentam compostos do inseticida praguicida organoclorado em seu sangue. Este é causador de câncer e outras doenças, como citado por Tajara (1998). Golveia (2012) afirma que tal contaminação, entre outros metais pesados, é feita através de ar contaminado, lixiviação e percolagem de chorume. Maeda (2013) ainda complementa ao afirmar que a população que vive próxima à lixões ainda está sujeita a riscos causados por acidentes com o manuseio de resíduos. Também podem servir de vetores para transmissão de doenças para as populações que não vivem em suas proximidades, uma vez que se deslocam para ambientes com alta densidade populacional.

Os lixões diminuem a qualidade de vida dos cidadãos próximos aos mesmos. O problema ainda toma dimensão ambiental pela questão da poluição do ar, água e do solo, demonstrando uma necessidade de remodelagem de parte do sistema de disposição de resíduos sólidos no Brasil.

3.13 Incineração

De acordo com Mazzer (2004), a incineração é um processo de disposição de resíduos que consiste na queima dos mesmos, onde a temperatura do processo varia entre 1200 e 1400 °C. O objetivo é diminuir o volume em até 5%, o peso em até 15% e a toxicidade dos resíduos. O resultado final são cinzas, escória, gases como dióxido de carbono, enxofre, nitrogênio, oxigênio e água. O autor ainda complementa afirmando que há a necessidade de existirem filtros e equipamentos adicionais no caso de equipamentos tóxicos ou perigosos.

Mota (2009) aponta para os problemas em relação aos altos custos de operação, manutenção, monitoramento e mão-de-obra especializada. A incineração, no geral, não possui 100% de eficácia, liberando metais concentrados e tóxicos para o meio ambiente, como o chumbo e arsênio. Ainda são considerados os riscos e custos elevados do manejo inadequado do processo, resultando na liberação de cinzas altamente tóxicas que causam impactos ao meio ambiente e à saúde.

No Brasil, a incineração representa uma pequena porcentagem (menos de 1%), como afirmado por Mota (2009). Essa pequena quantidade também é reafirmada por Mazzer (2004) que atribui a pequena utilização em países em desenvolvimento graças ao seu alto custo.

3.2 Reciclagem

A reciclagem é definida como um processo que permite que resíduos sólidos sejam reintroduzidos no sistema econômico, utilizando de tecnologias para explorar seu potencial de reaproveitamento (Leite, 2006). O valor bruto do recurso natural poupado através do aproveitamento de resíduos sólidos pelas cooperativas de reciclagem, é apresentado no quadro 2, o qual mostra grande aproveitamento de materiais recicláveis em todos os recursos, ainda mais considerando em grande escala.

Apesar dos recursos poupados, ainda há de se mensurar a viabilidade econômica da reciclagem. Lopes (2003) propõe uma análise de custo/benefício. Para que a reciclagem seja viável, o valor da venda do reciclável deve estar em posição de concorrência com um material não-reciclado. O autor ainda faz outra

análise onde considera que todos os custos envolvidos na disposição final do produto, como transporte, tratamento e disposição, devem estar acima do custo de reciclagem do mesmo para que esta seja viável.

De acordo com IBAM (2001), o processo de reciclagem realizado em uma usina de reciclagem passa por três fases. Na primeira, a recepção, é medido o peso ou volume de resíduos e feito seu armazenamento. Na segunda, alimentação, é feito o carregamento dos resíduos para a triagem, a terceira fase, onde os resíduos são separados por tipo para serem reciclados.

Um ponto que ressalta a importância da reciclagem, assim como apontado por Nalini (2008), é o tempo necessário para a decomposição de resíduos sólidos, que podem variar de três meses, no caso de papel e papelão, para mais de cem anos, no caso de Latas de alumínio e garrafas PET, chegando ao máximo de quatro mil anos ao se analisar o tempo de decomposição de vidros incolores.

Quadro 2 – Economias de Recursos Naturais por tipo de resíduo.

Resíduo Sólido	Recurso Natural	Tipo de Recurso	Economia de recurso natural
Madeira	Madeira	Renovável	1kg de madeira reciclada poupa 40 árvores.
Metal	Bauxita, Siderita, Peperita, Magnetita, Ferro, Carbono, Cupirita	Não Renovável	1kg de Metal reciclado poupa 5Kg de bauxita.
Plástico	Petróleo	Não Renovável	100 toneladas de plástico reciclado poupam uma tonelada de petróleo.
Vidro	Areia	Não Renovável	Uma tonelada reciclada poupa 603kg de areia, 196kg de carbonato de cálcio, 196kg de calcário e 68kg de feldspato.

Fonte: Viana, apud Fundação Nacional de Saúde, 2006.

Pimenteia et. al (2004) analisa os ganhos obtidos com a reciclagem através de estimativas envolvendo a contabilização de conservação de energia da entrada e saída de material em um sistema, numa tentativa de verificar sua viabilidade econômica e ambiental. Os autores criam cenários nos quais as taxas

de reciclagem variam entre 5 e 25%, chegando à conclusão que o potencial dos materiais que poderiam retornar ao ciclo de produção possibilitam a diminuição da poluição atmosférica, tendo como consequência uma redução nos problemas ambientais causados pelo aumento dos Gases Efeito Estufa. Do ponto de vista econômico, têm-se também a economia de energia que seria utilizada na produção de novos produtos, como já afirmado. Como será visto adiante, tanto a possível redução da poluição atmosférica que o uso da reciclagem poderia poupar em relação à produção primária quanto o uso da energia serão variáveis utilizadas para calcular o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento.

Além das vantagens citadas, Massukado (2004) ainda acredita que melhora dos padrões de aplicação da reciclagem são uma forma de incentivar novas criações de empresas voltadas para a mesma, uma vez que o aumento da qualidade de empregos terá como consequência uma maior mão-de-obra. A educação ambiental é outro ponto exaltado pelo autor, uma vez que o procedimento agrega valor não somente pelo valor ambiental, como também econômico dos resíduos sólidos.

Entre 2004 e 2010, houve um aumento significativo de cidades brasileiras que aderiram à programas de coleta seletiva, subindo de 81 para 443, de acordo com o CEMPRE (2010). No total, apenas 12% da população brasileira é atendida pela coleta seletiva, dado que mostra que, apesar do progresso em seis anos, a taxa ainda é baixa se comparada com a coleta convencional.

Maeda (2013) afirma que alguns países desenvolvidos buscam aumentar a proporção de materiais reciclados e diminuir a geração de resíduos sólidos. No caso da Alemanha, entre 2002 e 2010, houve uma redução de 53 milhões de resíduos sólidos para pouco mais de 49 milhões. Destes, 47% passaram pelo processo de reciclagem e 15% pelo de compostagem. Com uma redução de aterros sanitários de mais de 50 mil no ano de 1970 para pouco menos de 200 em 2015, o país demonstra uma alta preocupação ambiental. Cerca de 86% dos materiais não reciclados são incinerados e transformados em energia, o que justifica a pequena quantidade de aterros.

No caso do Japão, de acordo com Sato (2013), a pequena área territorial contribuiu como incentivo para alternativas que não fossem o aterro sanitário. O país se baseia em alta eficiência energética com baixo nível de emissão de poluentes através da incineração, a qual processa 83% dos resíduos sólidos,

sendo a maior fonte de eliminação dos mesmos. Afim de evitar maiores problemas em relação à emissão de poluentes, o Japão reduziu a quantidade de poluentes emitidos pela incineração em 98% de 1991 até 2013, ainda de acordo com Sato (2013). No ano de 2000, o país processava 213 milhões de toneladas ao ano em reciclagem. Já em 2010, esse número subiu para 246. A geração de resíduos por habitante também reduziu de 1.11kg/dia no ano de 1991 para 0,97kg/dia em 2010.

Em San Francisco, nos Estados Unidos, de acordo com o Departamento do meio Ambiente de São Francisco (2013), a cidade tem como meta reduzir a zero a quantidade de resíduos sólidos enviada para aterros sanitários até o ano de 2020. Para tal, são fornecidos incentivos econômicos para aqueles que praticam a compostagem. Foram criados programas de educação ambiental para a população. Em 2013, 80% dos resíduos gerados pela população foram encaminhados para usinas de reciclagem.

3.21 Benefícios Sociais da reciclagem

O Brasil possui cerca de 800 mil a 1.5 milhão de catadores que contribuem para 80% dos materiais aproveitados por indústrias de reciclagem (Nalini, 2006). São responsáveis por tornar possível grande parte de reciclagem no país. Muitos sobrevivem apenas desta atividade, vivendo em condições precárias, chegando ao ponto de morarem nas proximidades de aterros ou vazadouros de resíduos. Para amenizar tal problema social, as cooperativas de catadores buscam melhorar sua condição econômica, fornecendo empregos voltados para a separação de resíduos. Investir no trabalho de catadores em cooperativas é uma boa forma de reduzir os custos de investimento na gestão de resíduos, como analisado por Pimenteia et. al (2004).

Lopes (2003) enumera as vantagens da reciclagem do ponto de vista econômico. De forma geral, percebe-se uma redução no consumo de energia e redução dos custos de produção para uma indústria, além da redução de desperdícios. Há de se considerar também o custo da matéria-prima para produzir uma nova unidade de um produto. Os ganhos obtidos pela sociedade incluem a diminuição da poluição do ar, água e solo e melhoria na limpeza urbana. Ainda há vantagens com a diminuição da exploração de recursos

naturais e o prolongamento da vida útil de aterros sanitários, além da geração de renda e criação de empregos para catadores.

3.3 Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil

Nalini (2008) afirma que o Brasil possui um dos maiores desperdícios de resíduos sólidos do mundo, de forma que em 2006 foram reciclados apenas 18% do total de resíduos sólidos secos. Isso é constatado pela proporção entre materiais que vão para os lixões, aterros sanitários ou são dispostos de forma incorreta, os quais variam entre 90% (CEMPRE, 2006) e 99% (IBGE, 2000) para resíduos domiciliares e 80% para urbanos. Só no Centro-Oeste, são coletadas aproximadamente 16 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia, de acordo com a ABRELPE (2012). Leite (2006), afirma que parte do pouco aproveitamento decorre do fato de que os métodos mais utilizados são os de aterros controlados, aterros sanitários e lixões. Apesar destes dados, alguns materiais ainda possuem índices de reciclagem consideráveis. Isso se deve aos catadores, que auxiliam no transporte de resíduos de lixões para cooperativas de reciclagem. Com a ajuda dos mesmos, os índices de reciclagem chegam a 98,2% no caso do alumínio, 45,5% papel, 47% vidro e 51,1% plástico PET, como citado pela ABRELPE (2012).

No caso de depósitos de resíduos em aterros sanitários ou controlados, a grande produção de resíduos atual causa um aumento na taxa de criação de novos aterros quando há lotação nos existentes. Isso implica numa distância maior em relação ao ponto de coleta, variável que aumenta o custo de atividade conforme estimado por projetos de criação de aterros, como analisado por Duarte et. al (2011) e Abetre (2009). De acordo com Frésca (2007), há de se considerar ainda que, apesar da disposição final em aterros sanitários ser adequada do ponto de vista sanitário, há restrições ambientais, uma vez que as matérias-primas são desperdiçadas.

De acordo com o SLU (2015), há poucas iniciativas relacionadas à conscientização ambiental da população do Distrito Federal. O IBGE (2010) afirma que 80% dos resíduos sólidos urbanos do Distrito Federal permanecem no Lixão da Estrutural, sendo apenas 20% destes reciclados. A separação é feita no próprio lixão por catadores, os quais vivem desta atividade em sua maioria,

como afirmado pelo SLU (2015). IBAM (2001) afirma que o ponto mais agudo da relação social com o lixo está na separação de resíduos feita pelos catadores. Estes, marginalizados pela sociedade, cumprem um papel fundamental para a reciclagem e vivem o estigma de exclusão de um convívio social harmônico na sociedade, ainda de acordo com IBAM (2001).

3.4 Legislação ambiental no Brasil

De acordo com a normativa Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, Art. 3º, Inciso XVI, têm-se como definição de resíduos sólidos “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”. A lei ainda classifica os tipos de resíduos de acordo com suas propriedades físicas, como pode ser analisado no quadro 3.

Existem três classificações distintas de resíduos sólidos, dadas pela ABNT NBR 10004 de 2004. Estas são divididas em classes que variam de acordo com o grau de perigo dos resíduos, solubilidade ou material, como indicado no quadro 4.

A Constituição Federal, promulgada em 1988, afirma que todo brasileiro tem direito ao “meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” cabendo, ainda, a União, Estados e municípios assegurar essa preservação através da discussão e elaboração de leis visando uma melhor gestão do meio ambiente como um todo.

No Brasil, “a coleta e o transporte do lixo domiciliar produzido em imóveis residenciais, em estabelecimentos públicos e no pequeno comércio são, em geral, efetuados pelo órgão municipal encarregado da limpeza urbana. Para esses serviços, podem ser usados recursos próprios da prefeitura, de empresas

sob contrato de terceirização ou sistemas mistos, como o aluguel de viaturas e a utilização de mão-de-obra da prefeitura. ” IBAM, (2001, pg. 61).

Quadro 3 – Tipos de Resíduos Sólidos

NOMECLATURA	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS
Resíduo Doméstico	Resíduos gerados em edificações residenciais.	Embalagens, papel, plástico, resíduos orgânicos.
Resíduo Comercial	Resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, dependendo da atividade desenvolvida.	Relativo à atividade desenvolvida.
Resíduo Público	Resíduos presentes em locais públicos geralmente advindos da natureza e também por disposição indevida da população.	Folhas, terra, poeira, papéis e restos de embalagens.
Resíduo domiciliar especial	Resíduos que requerem certo cuidado em sua disposição e entulhos de obras.	Entulho de obras, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, pneus.
Resíduo de fontes especiais	Resíduos industriais, radioativos, aeroportos, agrícolas e de serviços de saúde. Requerem cuidado especial em sua disposição.	Cultura, peça anatômica, resíduos contaminados, medicamentos.

Fonte: IBAM, 2001.

Analisando o histórico de discussões ambientais no Brasil, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2012) nota-se uma maior preocupação com a gestão de resíduos sólidos há pouco mais de vinte anos, com a instituição do projeto de lei 203, em 1991, que dispunha sobre o acondicionamento tratamento, coleta e transporte de resíduos sólidos. Alguns Encontros e Comissões, como o I Encontro Nacional de Catadores de papel, em 1999, a criação da Lei de Crimes Ambientais Nº9.605/98¹, as Conferências de Meio Ambiente de 2003 a 2005, entre outros atos menores, trouxeram contribuições para moldar o que viria a ser

¹ Lei criada com o objetivo de fornecer diretrizes para orientar e punir quando necessário. Estabelece que um crime ambiental só deve ser punido quando os níveis de poluição realizados estão acima do limite estipulados ou quando há possibilidade de prejudicar o bem-estar ou saúde humana, o que também é válido para disposição incorreta de resíduos sólidos.

a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei nº 12.305/2010), a qual já possui legislação própria em alguns Estados.

Quadro 4 – Classificações de resíduos sólidos

NOMENCLATURA	DESCRIÇÃO	EXEMPLOS
CLASSE I	Resíduos perigosos ou que apresentam riscos à saúde. Tóxicos, patogênicos, inflamáveis e corrosivos.	Ácidos, pilhas, baterias, solventes, lâmpadas fluorescentes.
CLASSE II A	Resíduos não perigosos e não inertes. Podem ter propriedades de combustibilidade, solubilidade em água e biodegradabilidade.	Papel e papelão; Sucata ferrosa e não ferrosa não contaminada.
CLASSE II B	Resíduos não perigosos inertes. São insolúveis em água que esteja nos padrões de potabilidade.	Isopor, madeira não contaminada, vidros.

Fonte: NBR 10.004 e Anexo H da NBR 10.004. 2004.

Instituída no dia 2 de agosto, a PNRS surgiu como um marco para a regulação de resíduos sólidos no Brasil. A política reúne princípios, objetivos e diretrizes para gestão de resíduos sólidos, objetivando uma melhor administração dos mesmos. A PNRS possui como princípios a prevenção e precaução, assim como o poluidor-pagador e protetor-recebedor. Considera a visão sistêmica da gestão de resíduos, envolvendo variáveis ambientais, sociais, econômicas, culturais, tecnológicas e de saúde pública, de forma a reconhecer o resíduo reutilizável como um bem de valor econômico e social.

Como objetivos, a PNRS busca proteger a saúde pública, melhorar a qualidade ambiental, reduzir a geração de resíduos sólidos e adequar a sua disposição e tratamento. Propõe estímulos para a adoção da sustentabilidade na produção e consumo de bens, através da melhor gestão e uso de tecnologias limpas. Para alcançar os objetivos, a política dispõe de instrumentos de incentivo para criação de cooperativas de recicláveis, fiscalização ambiental, pesquisa de

tecnologias limpas para produção, tratamento e disposição de resíduos e a cooperação entre os setores públicos e privados.

O Artigo 9º da PNRS adota a seguinte ordem de prioridade na gestão de resíduos: A não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição adequada. Ou seja, a disposição adequada é tratada como o último recurso a ser utilizado, quando nenhum dos outros é mais possível. Ainda, a política delega aos estados promover a integração entre o planejamento, organização e execução da gestão de resíduos sólidos e fiscalizar as atividades geradoras de resíduos que necessitam de licenciamento ambiental.

O Artigo 3º, Inciso VI da PNRS afirma que a destinação de resíduos adequados “inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos. A política não considera lixões a céu aberto como adequados e determinou que, até agosto de 2014, os aterros sanitários deveriam ser utilizados apenas para receber rejeitos e não deveriam existir mais lixões. Em julho de 2015 foi aprovada pelo Senado a prorrogação do prazo para extinção dos mesmos, visto que a maioria dos municípios ainda não cumprira a lei, adiando as datas-limite para 2018 e 2021 de acordo com a quantidade de população residente de cada município, como citado por Salomão (2015). A data para capitais e municípios de região metropolitana é 31 de julho de 2018, no entanto, já em 2018, muitos municípios ainda não possuem um plano municipal de resíduos sólidos.

Outro ponto importante da PNRS é a logística reversa, presente no Artigo 3, Inciso XII: “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. ” Combinado com o Art. 3, Inciso XVII², que trata do conceito de Responsabilidade Compartilhada da mesma lei,

² Conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir

implica-se que as embalagens, após descartadas, são de responsabilidade de todos os cidadãos envolvidos no processo daquele produto, desde o consumidor até o fornecedor de matéria-prima, incentivando a criação de um sistema no qual haja recolhimento e reciclagem de suas embalagens, aumentando a vida útil do material. Determina também que qualquer empresa civil, estabelecimento que gere resíduos perigosos ou em quantidade acima do estabelecido devem elaborar um plano de gerenciamento resíduos sólidos adequados.

A PNRS propõe uma melhora no consumo sustentável, fornece ferramentas para uma melhora na taxa de reciclagem e ambientes adequados para destinação final de resíduos não recicláveis, com punições que se enquadram como Crime Ambiental.

A coleta seletiva, realizada de acordo com as propriedades físicas dos resíduos, estão diretamente relacionados à reciclagem ou reuso dos mesmos, conforme analisado por Leite (2006). “É um serviço especializado em coletar o material devidamente separado e classificado pela fonte geradora. Além de facilitar a reciclagem, constitui-se em um processo de valorização dos resíduos, visando sua reintrodução no ciclo produtivo.” (Leite, 2006).

A coleta pode ser realizada tanto de forma domiciliar, onde o poder público coleta os resíduos diretamente das residências, como pelo ponto de coleta, onde o cidadão se dirige à um local com seus materiais recicláveis e o mesmo é recolhido. Existe também a coleta voluntária, onde o próprio cidadão deposita o resíduo em um contêiner específico. Estes containers de várias cores, relacionadas a cada tipo de resíduo, são instalados em um local ou comunidade onde os cidadãos devem descartar os resíduos conforme a cor adequada. A Resolução CONAMA nº 275, de 25/4/2001 estabelece os tipos de cores de containers relativos a cada tipo de resíduo, de forma a facilitar sua identificação e separação, como pode ser analisado no quadro 5.

Os resíduos coletados através da coleta seletiva vão para cooperativas de reciclagem, local onde os resíduos previamente separados são novamente conferidos e higienizados, caso haja necessidade. Seguem então para estações de triagem, onde são transformados e reaproveitados em materiais reutilizáveis para serem recolocados no mercado.

os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei.

Quadro 5 – Cores relativas aos contêineres de cada tipo de resíduos sólidos

Cor	Tipo de Material
Verde	Vidro
Vermelho	Plástico
Azul	Papel e papelão
Amarelo	Metal
Preto	Madeira
Laranja	Resíduos Perigosos
Cinza	Resíduo não reciclável ou contaminado
Branco	Resíduos de saúde

Fonte: SLU (2010)

4. BENEFÍCIO SOCIAL LÍQUIDO DE REAPROVEITAMENTO

Motta (2006) analisou os ganhos com a reciclagem do ponto de vista social e econômico. Chegou à conclusão que há um grande custo de oportunidade perdido ao não se adotar a prática. Uma vez reaproveitado, não haverá necessidade da disposição do resíduo, amenizando a problemática dos resíduos sólidos. Do ponto de vista conceitual, o ideal seria uma cobrança direta de valores por unidade de resíduo gerado pelo consumidor que englobe todas as variáveis relacionadas aquele resíduo, como custos de coleta, manejo e externalidades.

Para calcular o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento do Distrito Federal, será utilizada a fórmula indicada por Motta (2006), que envolve o valor econômico de reintrodução do resíduo no sistema econômico pela reciclagem. A fórmula inclui variáveis ambientais, econômicas e sociais, como custo de manejo, benefícios gerados e externalidades positivas e negativas. No caso, o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento da reciclagem abrange os materiais encontrados na coleta seletiva, sendo eles: o papel, o alumínio, o aço, o vidro e o plástico. A fórmula pode ser formalmente descrita da seguinte forma:

$$\text{BSLR} = \text{GCD} + \text{CA} + \text{PR}$$

$$\text{BSLR} = \text{GCD} + \text{CA} + \text{GMI} - \text{GAR}$$

Onde GCD = Gastos diretos com a coleta convencional, transporte e destinação de resíduos.

CA = Valoração de danos ambientais causados pela má coleta de resíduos.

GMI = Redução de custos associados em matéria-prima e outros insumos proporcionados pelo reaproveitamento.

GAR = Gastos associados ao reaproveitamento.

PR = Preço do Reciclável

Motta (2006) parte de duas hipóteses. Na primeira, o BSLR é calculado tendo como variável o preço do reciclável somado aos gastos com a coleta convencional e a variável de danos ambientais. Numa segunda análise, Motta (2006) substitui o preço do reciclável por valores de custos evitados, como

energia e matéria-prima que seriam utilizados ao produzir um novo insumo, ou seja, o custo de oportunidade³ da reciclagem em relação à produção primária. Esta variável será subtraída dos gastos de reaproveitamento do resíduo (GAR). Este trabalho irá utilizar ambas as fórmulas para o cálculo do BSLR.

Os gastos com a coleta, transporte e disposição (GCD) podem ser calculados pelos valores vigentes no ano de 2015 no Distrito Federal, considerando a média por unidade do custo total. Uma vez que não há aterramento na disposição de resíduos sólidos, este estudo considera como GCD apenas o valor da coleta convencional e transporte.

Para valorar os danos ambientais causados pela má coleta de resíduos (CA), é necessário avaliar o impacto ambiental causado pela produção de um novo insumo em relação ao processo de reciclagem. Como a reciclagem emite poluentes em seu procedimento e faz uso de água e energia, será mensurado o benefício líquido do uso da água para reciclagem em relação à produção primária para as matérias-primas estudadas, assim como o benefício líquido em relação à emissão de Gases Efeito Estufa (GEE), tendo como referência os créditos de carbono. Apesar do dano ambiental total ser mais amplo do que o calculado, a difícil mensuração do mesmo limitará este estudo à apenas os dados citados.

Para realizar o cálculo dos gastos associados ao reaproveitamento (GAR), será utilizada a média do custo da coleta seletiva no Distrito Federal em 2015.

É importante mencionar que alguns insumos foram desconsiderados da análise. Estes são irrelevantes para uso domiciliar ou têm difícil mensuração por falta de dados que possam enriquecer e fortalecer a base para o cálculo de um BSLR mais próximo do real. São o isopor, peças de vestuário, aço, embalagens longa vida e latões. Então, serão trabalhados o alumínio, papel, papelão, plástico (PET, rígido, mole e filme) e vidro.

³ Pindyck (2012) analisa o custo de oportunidade como o valor, renda ou benefício que seriam obtidos com uma oportunidade não aproveitada em função da escolha de outra opção.

4.1 Cálculo dos Gastos diretos com a coleta convencional, transporte e destinação de resíduos e Gastos associados ao reaproveitamento.

De acordo com o SLU (2015), em 2015, houve uma coleta convencional de 843.217 toneladas de resíduos sólidos domiciliares em Brasília-DF, a um custo total de R\$ 72.727.140,00. Com uma média de custo de R\$ 86 por coleta e transporte de tonelada, este será o valor utilizado para a variável de gastos diretos associados com a coleta convencional, transporte e destinação de resíduos (GCD). O valor fica bem abaixo da coleta seletiva praticada no Distrito Federal, onde, no mesmo ano, foram coletadas 57.496 toneladas de lixo ao custo de R\$ 10.694.251,00, numa média de R\$ 186 por coleta e transporte de tonelada, que é o valor dos gastos associados ao reaproveitamento (GCD).

4.2 Cálculo da variável de Danos ambientais evitados.

Para a valoração dos danos ambientais evitados (CA), são utilizados dados relacionados à degradação ambiental. Como referência, são usadas duas variáveis. A primeira é a redução do consumo de água da reciclagem em relação à quantidade de água captada para a produção primária. A segunda, emissões de gases efeito estufa (GEE) por tonelada de cada tipo resíduo sólido produzido.

O valor líquido positivo entre a utilização da água para reciclagem e para a produção primária pode ser consultada na tabela 4. Apesar das quantias apresentadas serem pequenas, serão inclusas no cálculo, afim de minimizar a margem de erro.

Continuando a avaliação das variáveis do CA, têm-se a análise dos dados relacionados à degradação ambiental, tendo como referência a emissão de gases efeito estufa (GEE) por tonelada de cada tipo resíduo sólido produzido. Uma vez que os resíduos sólidos do Distrito Federal já estão acomodados nos aterros do Jockey Club e Samambaia, os impactos diretos de ambos já afetam o ambiente. No entanto, para calcular o benefício do impacto evitado, seria necessário calcular o impacto dos aterros atuais e subtrair do custo para extinção dos aterros. Como este estudo trabalha com valores baseados na produção diária, tal cálculo, assim como quaisquer cálculos envolvendo níveis de poluição a longo prazo, não abrangem o estudo, pois consideram valores acumulados.

Serão utilizados, então, apenas os valores créditos de carbono como forma de mensurar a degradação, pois podem ser medidos de forma corrente.

Tabela 4 – Estimativa de benefícios ambientais associados à redução do consumo de água.

Materiais	Quantidade de água captada para a produção primária (m³/t)	Benefício Ambiental associado à redução do consumo de água (R\$/t)
Alumínio	31,2	0,25
Celulose	40,5	0,32
Plástico	1,95	0,02
Vidro	1,0	0,01

Fonte: IPEA (2010)

A tabela A do anexo mostra a cotação dos créditos de carbono no Brasil entre os meses de julho de 2015 e julho de 2016 em Euros. Os valores máximos e mínimos foram de 8,78 e 4,34 euros, respectivamente (INVESTING, 2016). Será utilizado o valor médio de 6,92 Euros, o qual, na conversão para reais na data de 11/07/2016 com 1 euro a 3,641 reais, fecha a tonelada de carbono no valor de R\$ 25,19. Com base neste valor, a tabela 5 apresenta os valores do valor líquido da reciclagem sobre a produção primária em relação à créditos de carbono⁴.

⁴ Conceito no anexo 7.1

Tabela 5 - Emissão de GEE por tipo de resíduo sólido (tonelada)

Materiais	Custos ambientais associados à emissão de GEEs para a produção primária (t CO2/t)	Custos ambientais associados à emissão de GEEs para a reciclagem (t CO2/t)	Benefício Líquido da reciclagem (CO2/t)	Benefício Líquido da reciclagem (R\$/t)
	Alumínio	5,10	0,02	5,08
Celulose	0,28	0,01	0,27	6,80
Plástico	1,94	0,41	1,53	38,54
Vidro	0,60	0,35	0,25	6,29
TOTAL	7,92	0,79	7,13	179,59

Fonte: Investing (2016)

Por fim, a tabela 6 apresenta a somatória das variáveis já estimadas para a mensuração dos possíveis danos ambientais causados pela má coleta de lixo (CA).

A avaliação total de potenciais danos ambientais se mostra positiva, especialmente pelos valores obtidos pelo alumínio, mostrando-se um ganho da reciclagem contra a produção primária no cálculo do BSLR, especialmente ao se considerar o valor total obtido.

Tabela 6 –Total de Danos ambientais causados pela má coleta de resíduos (CA)

Materiais	Benefício Ambiental associado à redução do consumo de água (R\$/t)	Benefício Líquido da reciclagem em créditos de carbono (R\$/t)	Danos ambientais causados pela má coleta de resíduos (CA) (R\$/t)
Alumínio	0,25	127,96	128,21
Celulose	0,32	6,80	7,12
Plástico	0,02	38,54	38,56
Vidro	0,01	6,29	6,30
TOTAL	0,60	179,59	180,19

Fonte: IPEA, 2010, Motta (2006) e elaboração do autor.

4.3 Cálculo do Preço do Reciclável.

A tabela 7 apresenta o valor médio do preço da venda de recicláveis praticados por organizações de catadores no Distrito Federal, refletindo o valor do PR. Vale ressaltar que no caso do papelão, Papel e garrafas PET, foi feita a média do valor dos diferentes tipos de cada. No caso do Plástico mole e duro, o critério utilizado pelo SLU (2015) para avalia-los foi unicamente sua rigidez.

Tabela 7 – Valores pagos por tipo de resíduo reciclável em 2015.

Tipo de Resíduo	Valor médio pago por tonelada (R\$)
Garrafas PET ⁵	R\$ 876,00
Plástico Duro ⁶	R\$ 550,00
Plástico Filme	R\$ 480,00
Plástico Mole	R\$ 250,00
Latas de Alumínio	R\$ 2960,00
Papel ⁷	R\$323,00
Papelão ⁸	R\$ 135,00
Vidro	R\$ 250,00
Aço ⁹	R\$ 230,00

Fonte: SLU, 2015.

4.4 Cálculo da Redução de custos associados em matéria-prima e outros insumos proporcionados pelo reaproveitamento.

Quando se fala em benefícios gerados pela reciclagem, há de se incluir tanto os benefícios diretos quanto indiretos. O IPEA (2010) analisa parte dos custos diretos, no caso, os insumos e consumo de energia. A tabela 8 apresenta o benefício líquido em reais de matérias-primas que seriam consumidas pela produção primária em relação à reciclagem, assim como a tabela 9 analisa o mesmo benefício relacionado à energia, ambas representando a primeira parte do cálculo do GMI.

⁵ Inclui Pet Azul, Incolor, Verde, Mista e Prensada.

⁶ Policloreto de Vinila

⁷ Inclui Papel Branco do tipo I, II e IV.

⁸ Inclui Papelão do tipo I e II.

⁹ Inclui Sucata e Ferro Fundido.

A tabela 8 mostra que o alumínio possui o maior custo para a produção primária, com um valor de R\$ 6.162 por tonelada. Possui também o maior custo de reaproveitamento, de 3.447. O alumínio, celulose e vidro possuem diferenças proporcionais de reaproveitamento muito parecidas, variando entre 51 a 55%. O plástico, no entanto, com um custo de R\$ 1790 possui a maior diferença proporcional em relação ao seu custo de reciclagem, de R\$ 626, demonstrando grande vantagem em seu reaproveitamento.

Tabela 8 – Estimativa dos benefícios econômicos associados à redução do consumo de insumos.

Materiais	Custo dos insumos para produção primária (R\$/t)	Custo dos insumos para produção a partir da reciclagem (R\$/t)	Benefícios líquidos da reciclagem (R\$/t)
Alumínio	6.162	3.447	2.715
Celulose	687	357	330
Plástico	1.790	626	1.164
Vidro	263	143	120

Fonte: IPEA, 2010.

O benefício líquido energético fica por conta do alumínio, superando os outros recicláveis em mais de 1000%, devido ao seu alto custo de energia para a produção primária. O Vidro, com apenas R\$ 3,18 de benefício, possui um valor muito parecido o custo para produção de uma unidade e o custo da reciclagem do mesmo, diferente da celulose e plástico, onde é possível notar a diferença.

Tabela 9 – Energia gasta com insumos novos – energia com reciclagem.

Materiais	Custos ambientais associados à geração de energia para produção primária (R\$/t)	Custos ambientais associados à geração de energia para reciclagem (R\$/t)	Benefícios líquidos da reciclagem (R\$/t)
Alumínio	176,78	7,92	168,86
Celulose	11,98	2,26	9,72
Plástico	6,56	1,40	5,16
Vidro	23,99	20,81	3,18

Fonte: IPEA, 2010.

Ribeiro et. al (2014) realizou um estudo¹⁰ em 33 cooperativas de reciclagem no Brasil que valorou direta e indiretamente os valores poupados com a reciclagem em relação à produção normal de matérias-primas como alumínio, plástico, metal e papel. Para este trabalho, os dados do autor representarão a segunda parte do cálculo do GMI, representando sua valoração indireta.

Devido à dificuldade de mensuração, Ribeiro et. al (2014) optou pela generalização dos valores diretos e indiretos, enumerando-os em itens. São considerados valores desde a extração de matéria-prima até a produção final, envolvendo aspectos como uso de químicos, desgaste de maquinário, uso de outros insumos para garantir a produção, etc, garantindo, assim, uma maior fidelidade atualizada ao cálculo do BSLR. Dos tópicos apresentados, 19 foram desconsiderados neste trabalho por conterem essencialmente valores nulos ou apenas diretos. A tabela B do anexo resume os valores indiretos aproximados de cada matéria-prima nas 33 cooperativas analisadas. Uma vez que os valores referentes são totais, é possível calcular o valor líquido individual em toneladas de cada matéria-prima, considerando que foram 15.403 toneladas pelas cooperativas, sendo 328 toneladas de alumínio, 10.564 de papel e 4.511 de plástico, como observado na tabela C do anexo.

Apesar do custo de oportunidade indireto trabalhado por Ribeiro et. al (2014) ser ínfimo, o autor teve como maior foco a valoração indireta, que, como já citado, se tratam de valores de difícil mensuração. Por menor que sejam, fazem um diferencial em grandes quantidades, como na coleta convencional do Distrito Federal. Também diminuem a margem de erro do cálculo do BSLR, aumentando a relação do custo de oportunidade a favor da reciclagem.

A tabela 10 reúne os valores obtidos com este estudo para valoração do cálculo do GMI, incluindo os benefícios da reciclagem sobre à produção primária em relação à insumos, energia e variáveis diretas e indiretas. Curiosamente, o plástico demonstra ter maior benefício indireto, causado especialmente pela grande quantidade indireta de químicos utilizados em sua produção. Ao comparar proporcionalmente os benefícios diretos com os indiretos, é afirmada a ideia de Ribeiro (2014), onde o benefício indireto do vidro é tão pequeno que foi desconsiderado pelo autor.

¹⁰ Os autores desconsideraram o vidro no estudo por ser pouco expressivo em termos monetários.

Tabela 10 – Cálculo do custo de oportunidade (GMI)

Materiais	Benefícios líquidos de insumos (R\$/t)	Benefícios líquidos de energia (R\$/t)	Benefícios Líquidos Indiretos (R\$/t)	Redução de custos associados em matéria-prima e outros insumos proporcionados pelo reaproveitamento (¹GMI)
Alumínio	2.715	168,86	1,52	2.885
Papel	330	9,72	0,17	340
Plástico	1.164	5,16	1,61	1171
Vidro	120	3,18	-	126
TOTAL	4.329	187	6	4.522

Fonte: Elaboração do autor.

4.5 Cálculo da tonelada do Benefício Social Líquido de Reaproveitamento

Considerando que existem duas variáveis do valor do GMI, serão feitos dois cálculos diferentes do BSLR baseados em cada. O primeiro, que utiliza o GMI, ou seja, que considera o preço do reciclável na avaliação, será denominado BSLRPR (Benefício Social Líquido de Reaproveitamento baseado no Preço do Reciclável). O segundo, que considera os valores do GMI, ou seja, todas as variáveis de custo de oportunidade da reciclagem em relação à produção primária, será denominado BSLRCO (Benefício Social Líquido de Reaproveitamento baseado no Custo de Oportunidade). A tabela D do anexo reflete o valor da tonelada do BSLRPR. A tabela E, o valor da tonelada do BSLRCO.

Comparando a tabela D com a E do anexo, nota-se que, no caso do vidro, há uma grande diferença favorável ao preço do reciclável. Ou seja, pode-se deduzir que, além de possuir um custo de oportunidade baixo, sendo pouco vantajoso para a reciclagem se comparado aos materiais observados, o dano causado ao meio ambiente é pequeno, com baixa emissão de GEE's em sua produção. Ainda há de se mencionar que, apesar de ser um material totalmente reciclável, sua reciclagem não apresenta tantas vantagens energéticas ou hídricas em relação à produção primária.

O papel, apesar de compartilhar a mesma ideia de baixo dano ambiental no BSLRCO, tem seus valores de custo de oportunidade muito próximos ao do

papelão do BSLRPR. No entanto, ao se comparar ambos os dados relacionados ao papel, nota-se uma diferença de mais 70%. Isso se deve ao fato do custo de oportunidade do papel e papelão serem os mesmos, uma vez que os autores¹¹ utilizados para mensurá-los apresentam dados que envolvem o papel de uma forma geral, incluindo seus subtipos, assim como o plástico.

O plástico, com o maior custo indireto, ficando em segundo lugar entre os materiais mais danosos ao meio ambiente dos analisados, é o único reciclável que apresenta um custo de oportunidade superior ao custo do reciclável em todos os subtipos estudados. Isso demonstra que, além de seus possíveis danos, a sua qualidade é o que mais define a oscilação de seu valor econômico e conseqüentemente de seu BSLRPR, variável que é totalmente desconsiderada no custo de oportunidade.

O alumínio, insumo mais valorizado dos materiais analisados, possui a menor variação comparativa entre o BSLRPR e BSLRPO, sendo, por este fator, de todos os recicláveis analisados, o que mais se aproxima de um valor único que envolve as duas possíveis análises de BSLR formuladas por Motta (2006), possuindo, portanto, a menor margem de erro. É também o que possui a maior variável de Danos Ambientais (CA) por uma grande margem,

Em ambos os casos analisados, percebe-se um enorme benefício ao trocar a coleta convencional e a disposição em aterros controlados pela coleta seletiva. Essa vantagem se torna maior ainda ao ser utilizada para mensurar benefícios em grandes quantidades, como será visto a seguir.

4.6 Cálculo do Benefício Social Líquido de Reaproveitamento no Distrito Federal

Com os dados da tabela 10 e a composição gravimétrica da coleta convencional no Distrito Federal, é possível calcular quantitativamente o BSLR para os resíduos da coleta convencional. Uma vez que o SLU (2015) não apresenta a composição gravimétrica total da cidade, apenas dividindo-a em regiões administrativas, foi necessário calcular este valor utilizando dados em porcentagem da gravimetria de algumas Regiões Administrativas (RAs) do

¹¹ IPEA 2010 e Ribeiro et. al 2014

Distrito Federal, analisados na tabela F do anexo, mensurá-los com o valor total da coleta convencional de 53.207 toneladas, resultando na tabela G, também do anexo. A partir desta, com os dados do BSLR obtidos por tonelada, é possível mensurar a quantidade total de cada reciclável obtido na coleta seletiva e obter o BSLR da cidade, como observado nas tabelas 9 e 10. Cabe ressaltar que não foram incluídas todas as Regiões Administrativas de Brasília. A falta de dados em relação à coleta convencional permitiu que este estudo trabalhasse com apenas 16 das 31 existentes.

Comparando o BSLR total obtido em cada avaliação com sua projeção por tonelada, nota-se que, ao avaliar o quantitativo de cada material no resíduo sólido, o alumínio, que possui maior BSLR por tonelada, encontra-se no mesmo patamar do plástico PET, no caso do BSLRPR, e abaixo de todos os plásticos, no BSLRCO. São indicativos que, apesar de ter o maior valor, o alumínio encontra-se em pequena quantidade na coleta convencional, ao contrário do plástico e do papel. O vidro permanece com seu BSLR comparativamente baixo em ambos os casos, seja por seu valor por tonelada ou concentração na coleta convencional domiciliar.

O BSLRCO, no total, possui valores pouco acima de 40% maiores em relação ao BSLR. Essa diferença ocorre especialmente por causa do plástico. Além de possuir valores superiores no BSLRCO, encontra-se em grandes quantidades na coleta convencional do resíduo domiciliar, somando 11,61% do total de resíduos (recicláveis e não recicláveis). É o reciclável em maior quantidade dentre os estudados.

Os valores totais de ambos BSLRs por cada RAs estão descritos nas tabelas J e K do anexo, feitas ao multiplicar o valor por tonelada de cada BSLR (Tabelas D e E do anexo) pela quantidade potencialmente reciclável de cada resíduo (tabela G do anexo). Comparando os valores totais da tabela J e K, nota-se uma diferença de aproximadamente 2.35 milhões de reais, ou 36,5% a favor do BSLRPR. O maior BSLRPR/BSLRCO obtido está na Asa Sul e Norte, a qual possui a terceira maior renda per capita e população. Curiosamente, o terceiro maior BSLRPR da tabela J e K é a Ceilândia, que, apesar de possuir a segunda menor renda per capita, compensa com a maior população, com quase o dobro se comparada a segunda RA mais populosa, como é observado na tabela 11.

Seu destaque está para o Plástico mole, que supera grandemente as RAs analisadas.

A tabela H e I do anexo ainda apresentam o valor do BSLR proporcional de cada tipo de resíduo valorado ao se analisar uma tonelada de resíduo sólido, incluindo todos os tipos de resíduos sólidos (recicláveis, não-recicláveis, orgânicos e rejeitos). Em um comparativo simples, percebe-se que as toneladas de resíduos mais valiosas se encontram nas RAs de Samambaia e Riacho Fundo, que possuem uma renda per capita da menos de dois salários mínimos (Tabela I). No entanto, apenas a análise entre variáveis de medidas diferentes não é o suficiente para mensurar se há uma possível relação entre a renda per capita e ambos os BSLRs calculados, é necessário que sejam considerados fatores como população e BSLR por habitante, como será estudado no próximo tópico. Analisando a tabela H e I, percebe-se que, apesar do alumínio possuir um maior BSLR por tonelada, ele é superado em números pelo plástico, filme e pet, no caso do BSLRPR, e grandemente superado pelo plástico mole e filme, no BSLRCO. Ainda, as tabelas apresentam a quantidade média de BSLR de cada tipo de reciclável encontrada em uma tonelada de resíduos sólidos, montada a partir de dados gravimétricos encontrados na tabela G. Para realizar o cálculo, foi multiplicado o valor da tonelada de BSLRPR/BSLRCO de cada tipo de reciclável pelos valores de porcentagem de cada tipo de reciclável no total da coleta convencional. Como resultado, percebe-se que há um potencial de ganho R\$ 122 de potencial do BSLRPR e R\$ 166,56 do BSLRCO por tonelada, um alto valor ao considerar as grandes quantidades coletadas no Distrito Federal.

4.7 Cálculo do Coeficiente de Correlação entre o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento e a renda per capita

Ao multiplicar os valores por tonelada de cada BSLR (tabelas D e E do anexo) pela quantidade potencialmente reciclável de cada resíduo (tabela G do anexo) obtém-se os valores totais de ambos BSLRs por cada RA do Distrito Federal, descritos na tabela J e K do anexo. Com estes dados, é possível calcular o BSLR por habitante de cada RA através da população do ano de 2015, como é possível ver na tabela 11.

Obtidos os valores de per capita de cada BSLR, é possível calcular seu grau de relação com a renda per capita. A tabela 11 apresenta o coeficiente de correlação de Pearson entre o BSLR e a renda per capita. Primeiramente, é apresentado o coeficiente de correlação da geração entre a renda e a quantidade total de resíduos domiciliares per capita da soma de todas as RAs estudadas, considerando todos os resíduos sólidos domiciliares da tabela G do anexo (recicláveis, não recicláveis e rejeitos). Obtém-se um coeficiente de correlação de 0,58, considerado um nível moderado. Da avaliação citada, é feita uma correlação envolvendo apenas a quantidade potencialmente reciclável por cidadão (alumínio, plástico, vidro e papel) com a renda per capita, obtendo-se um coeficiente de 0,398. Por fim, os resíduos sólidos recicláveis são isolados e é traçado o coeficiente entre a geração de cada tipo de resíduo per capita por RA e a renda.

Analisando os ganhos com a reciclagem, houve um custo inicial de R\$100 de diferença entre a coleta seletiva e convencional. No entanto, esse custo foi superado nas duas análises pela soma de variáveis que expressam os potenciais danos ambientais da não-reciclagem e o custo de oportunidade ou o preço do reciclável. Com os dois BSLRs mensais calculados de R\$ 6.492.068 R\$ 8.862.348,69, a população do Distrito Federal deixa de usufruir de um benefício que certamente faria a diferença em sua economia, o que expressa um prejuízo em ganhos sociais, ambientais e econômicos ao optar pela coleta convencional e disposição no aterro controlado do Jockey Club.

No caso do coeficiente de correlação total per capita de resíduos domiciliares/renda de cada RA, (Tabela 12) considera-se 0,58 como uma correlação moderada. Ao comparar tal coeficiente com o dos resíduos recicláveis estudados per capita/renda, (0,39), a correlação enfraquece, uma vez que muitas RAs com alta renda per capita, como o Lago Norte, possuem até 70% de resíduos orgânicos na composição total de seus resíduos. Logo, o poder de compra de um cidadão tem uma relação maior com a quantidade de insumos totais que este pode adquirir do que com a quantidade de materiais recicláveis adquiridas.

Tabela 11 – Coeficiente de Correlação entre os Benefícios Sociais Líquidos de Reaproveitamento por habitante e a renda média per capita por Região Administrativa avaliada do Distrito Federal.

Região Administrativa	Renda média per capita em R\$ (em salários mínimos)	População (2015)	BSLRPR por habitante (R\$/mês/hab)	BSLRCO por habitante (R\$/mês/hab)
Samambaia	1,13	220.806	3,595501	4,211281
Riacho Fundo I	1,99	52.404	3,079279	4,607765
Águas Claras	4,66	135.685	2,332886	3,11103
Estrutural	0,54	35.801	5,288853	7,503051
Gama	1,63	127.121	3,06212	4,475414
Riacho Fundo II	1,12	38.936	2,26824	2,951773
Taguatinga	2,41	214.282	4,747548	6,370144
Lago Sul	9,6	28.219	5,121234	6,082225
Planaltina	1,07	164.939	2,062044	2,983766
Guará	3,36	112.989	2,337808	3,1981
Ceilândia	1,06	398.374	2,098579	3,291997
Asa Sul e Norte	6,57	214.529	7,28885	9,858518
Sobradinho I e II	2,3	157.491	1,661338	2,152176
Brazlândia	1,21	53.874	1,563468	1,948731
Lago Norte	6,72	29.505	1,401242	1,938763
Coeficiente de Correlação entre a renda per capita e o BSLRPR por habitante	0,352			
Coeficiente de Correlação entre a renda per capita e o BSLRCO por habitante	0,279			

Fonte: PDAD, 2013 e elaboração do autor.

Comparando a correlação per capita do BSLRPR/renda (0,352) e recicláveis/renda (0,398), nota-se pouca diferença. Isso decorre do fato do BSLRPR trabalhar com preços de mercado de recicláveis como uma de suas variáveis, o que aproxima a relação entre o valor industrial para criação do

insumo, uma vez que este é inserido no preço final do produto pago pelo consumidor.

Ao analisar o coeficiente entre o BSLRPR/renda(0,352) e o BSLRCO/renda (0,279), nota-se que o primeiro possui uma maior correlação. Apesar do BSLRCO total por habitante ser maior, com quase 40% de diferença, o valor do BSLRCO, que envolve o custo de oportunidade, é considerado menos relevante em relação a renda per capita do que o valor de mercado do reciclável. Ou seja, por mais que o BSLRCO envolva um maior ganho para a sociedade como um todo, o consumidor não necessariamente consome ou deixa de consumir produtos que geram maior BSLR conforme sua renda aumenta. Há de fato uma correlação, no entanto, esta pode ser justificada pela quantidade total de insumos consumida conforme o aumento da renda. No caso do alumínio, que possui maior nível de dano ao meio ambiente (CA), a correlação com a renda é considerada desprezível, o que é um ganho para o meio ambiente. Esse ganho também vale para os plásticos, com segundo maior CA, onde apenas o PET possui uma correlação fraca, sendo todas as outras desprezíveis.

Quanto maior a renda, mais insumos um cidadão tende a consumir. No entanto, isso não necessariamente envolve o consumo ou não-consumo de itens com maior Benefício Social Líquido de Reaproveitamento, seja pelo custo de oportunidade do reciclável em relação a produção primária, pelo nível de dano causado ao meio ambiente ou pelo do preço de mercado do reciclável. No caso do último, ainda há uma fraca relação com a renda, uma vez que este é incluído no preço final de um produto, mas o custo para o meio ambiente é desprezado tanto positiva ou negativamente.

Tabela 12 – Coeficiente de Correlação entre a população e o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento.

Região Administrativa	População (2015)	BSLRPR Total de cada RA (R\$/mês)	BSLRCO Total de cada RA (R\$/mês)
Samambaia	220.806	793.908,10	929.876,22
Riacho Fundo I	52.404	161.366,50	241.465,30
Águas Claras	135.685	316.537,70	422.120,04
Estrutural	35.801	189.346,20	268.616,72
Gama	127.121	389.259,70	568.919,06
Riacho Fundo II	38.936	88.316,20	114.930,23
Taguatinga	214.282	1.017.314	1365.007,26
Lago Sul	28.219	144.516,10	171.634,31
Planaltina	164.939	340.111,50	492.139,39
Guará	112.989	264.146,60	361.350,08
Ceilândia	398.374	836.019,20	1.311.445,99
Asa Sul e Norte	214.529	1.563.670	2.114.937,91
Sobradinho I e II	157.491	261.645,70	338.948,40
Brazlândia	53.874	84.230,25	104.985,92
Lago Norte	29.505	41.343,65	57.203,20
Coeficiente de Correlação entre a população o BSLRPR Total de cada RA (R\$/mês)	0,73		
Coeficiente de Correlação entre a população o BSLRCO Total de cada RA (R\$/mês)	0,76		

Fonte: Elaboração do autor.

A tabela 12 mostra que há uma correlação entre a população e o BSLRPR/BSLRCO maior do que a correlação entre a renda per capita e o BSLR. Uma que a correlação co BSLRPR com o BSLRCO é de 0,98 (fortíssima), a população se encaixa entre ambas fortemente, sendo uma variável determinante para o aumento ou redução do BSLR.

Tabela 13 – Coeficiente de Correlação entre a renda total de cada RA e o Benefício Social Líquido de Reaproveitamento.

Região Administrativa	Renda Total		
	(População x renda per capita em salários mínimos)	BSLRPR Total de cada RA (R\$/mês)	BSLRCO Total de cada RA (R\$/mês)
Samambaia	249.510	793.908,10	929.876,22
Riacho Fundo I	104.284	161.366,50	241.465,30
Águas Claras	632.292	316.537,70	422.120,04
Estrutural	19.332	189.346,20	268.616,72
Gama	207.207	389.259,70	568.919,06
Riacho Fundo II	43.608	88.316,20	114.930,23
Taguatinga	516.419	1.017.314	1365.007,26
Lago Sul	270.902	144.516,10	171.634,31
Planaltina	176.484	340.111,50	492.139,39
Guará	379.643	264.146,60	361.350,08
Ceilândia	422.276	836.019,20	1.311.445,99
Asa Sul e Norte	1.409.456	1.563.670	2.114.937,91
Sobradinho I e II	362.229	261.645,70	338.948,40
Brazlândia	65.187	84.230,25	104.985,92
Lago Norte	198.273	41.343,65	57.203,20
Coeficiente de Correlação entre a Renda Total e o BSLRPR Total de cada RA (R\$/mês)	0,817		
Coeficiente de Correlação entre a Renda Total e o BSLRCO Total de cada RA (R\$/mês)	0,813		

Fonte: Elaboração do autor.

A correlação da renda total com os BSLRs analisados possui um valor alto, indicando uma correlação forte. É a maior das correlações analisadas e a que possui maior proximidade com a renda total, indicando que existe uma grande proximidade entre o preço do reciclável e seu custo de oportunidade ao relacioná-los com a renda total. Seu valor acima das correlações com variáveis

isoladas indica que a renda per capita e a população se complementam para se melhor correlacionarem com o BSLRPR e BSLRCO.

Tabela 14 – Coeficiente de Correlação entre a quantidade de cada tipo de resíduo reciclável per capita da coleta convencional de cada RA e a renda per capita.

Tipo de resíduo de todas as RAs da coleta convencional por habitante	Coeficiente de Correlação com a renda per capita	Coeficiente de Correlação com a população	Coeficiente de Correlação com o produto renda e população
Total de resíduos sólidos domiciliares de todas as RAs (recicláveis, orgânicos e não recicláveis)	0,58	0,87	0,70
Total de resíduos recicláveis domiciliares de todas as RAs	0,398	0,73	0,80
Total Vidro	0,83	0,61	0,91
Total Alumínio	0,19	0,78	0,49
Total Papel	0,31	0,49	0,87
Total Papelão	0,34	0,77	0,55
Total Plástico duro	-0,20	0,64	0,18
Total Plástico mole	-0,04	0,84	0,44
Total Plástico filme	0,37	0,24	0,84
Total PET	0,09	0,74	0,80

Fonte: Elaboração do Autor.

Ao analisar a tabela 12, nota-se que, analisando apenas os resíduos da coleta em quantidade, sem incluir qualquer benefício social, a correlação oscila bastante entre forte, fraca ou nula entre todas as variáveis. No geral, as correlações de variáveis isoladas (renda per capita x resíduos coletados e população x resíduos coletados) são menores que a correlação com multiplicação de variáveis (renda total x resíduos coletados).

Em uma análise da correlação com a renda per capita, no caso do vidro, há de fato uma correlação forte (0,83) entre seu consumo e a renda per capita. Uma vez que seu Benefício Social Líquido de Reaproveitamento é o menor dos estudados, pode-se inferir que há uma preferência do consumidor em adquirir o

material em relação a outros mais danosos ao meio ambiente, conforme sua renda aumenta. No entanto, não é possível afirmar que a razão para tal esteja na consciência ambiental, uma vez que as variáveis de preferência não foram estudadas. Todas as outras correlações de materiais recicláveis são consideradas fracas ou desprezíveis. Ao inserir valores do benefício social líquido de reaproveitamento em cada reciclável, a correlação com a renda per capita diminui ainda mais.

Analisando a correlação com a população, os valores, com exceção do plástico filme e do vidro, são superiores à correlação com a renda per capita. Era de se esperar que, quanto maior uma população, maior o descarte de resíduos, independente de sua natureza. Isso acontece tanto na quantidade de resíduos totais descartados como nos recicláveis. O plástico filme, no entanto, foi o único da lista a apresentar uma correlação baixa com a população, sendo, em conjunto com o vidro, a variável que possui uma correlação menor com a quantidade de cada resíduo descartado do que a renda per capita.

A correlação de renda total permite comparar melhor as duas análises anteriores, apresentando, em sua correlação, por vezes, um intermediário entre as correlações envolvendo a quantidade de cada resíduo descartado com a população e renda per capita. Isso acontece também nos valores totais de resíduos descartados. Na correlação da renda total com a quantidade de cada resíduo reciclado, nota-se um valor acima das correlações feitas com variáveis isoladas, mostrando que a renda per capita e população se complementam ao se relacionarem com a quantidade de resíduos recicláveis descartados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão de resíduos sólidos, especialmente relacionada a sua disposição, é um problema que se agrava no Brasil nos últimos anos, tanto pela má gestão quanto pela falta de educação ambiental da população (Nalini, 2006). A reciclagem, utilizada como meio para reintroduzir os resíduos no sistema produtivo, apresenta enormes vantagens que vão além da redução do custo de produção de uma nova unidade ou da conservação da matéria-prima. A reciclagem atinge a sociedade como um todo, seja melhorando a qualidade de vida de catadores, moradores próximos a lixões ou com a eliminação de externalidades causadas pela má disposição de resíduos.

A difícil mensuração de alguns fatores que poderiam ser inclusos na variável de Danos Ambientais Evitados (CA) reduz o potencial máximo do BSLRPR. Como exemplo, têm-se o prologamento da vida útil de aterros sanitários; doenças e contaminações evitadas à população que reside próxima aos locais onde este é depositado, como citado por Santos et. al (2003) no tópico 3.12. Outro fator que poderia entrar no cálculo é a geração de empregos, com o incentivo da criação de empresas voltadas para a reciclagem, como citado por Massukado (2004). Essas, entre outras variáveis de difícil mensuração, certamente tornariam o BSLR muito mais rico e maior, trazendo um enorme potencial para a sociedade. Ainda assim, com o menor valor mensal do BSLR por habitante de R\$ 1,40 e o maior de R\$ 9,85, o ganho é alto, especialmente à longo prazo, mostrando o enorme desperdício que a cidade descarta diariamente.

Traçando a correlação entre a renda per capita e o BSLR calculado, inicialmente a renda per capita não aparenta ter qualquer relação com os BSLRs apresentados. Como exemplo, têm-se a renda per capita da 1,13 salários mínimos por habitante de Samambaia, a qual possui um BSLRPR de 3,59 e um BSLRCO de 4,21 por habitante, respectivamente. Ao comparar com Águas Claras, percebe-se que a RA possui uma renda per capita quase quatro vezes maior que Samambaia, no entanto, tanto seu BSLRPR quanto BSLRCO são menores.

Há de se considerar o enorme potencial dos valores obtidos com os benefícios, mesmo considerando fraca a correlação entre a renda per capita e

os BSLRs. Numa situação com reciclagem total dos resíduos produzidos, outros problemas da má disposição de resíduos e suas externalidades também seriam eliminados, como gastos com a saúde pública. A reintrodução dos materiais no ciclo produtivo poderia, ainda, amenizar as externalidades causadas pela produção, em especial a extração de matéria-prima não-renovável e a redução da poluição.

Para alcançar tal objetivo, pode-se dispor ainda de instrumentos econômicos de gestão ambiental, como a criação de taxas para disposição de resíduos em aterros sanitários. A PNRS afirma que a disposição adequada inclui a reciclagem dos mesmos e, apesar de já possuir atitudes a favor da reciclagem, com a política de extinção de lixões, ainda há um longo caminho para que tal prática se torne realidade.

O fato da correlação de Pearson demonstrar que não houve grande relação entre a renda per capita e o BSLR por habitante aponta que vários fatores podem influenciar a quantidade de resíduos produzidos, além do poder de compra. Esses fatores poderiam estar relacionados com a Educação ambiental, mas não são alvo deste estudo. Há de se considerar também que o benefício obtido por unidade de reciclável não corresponde diretamente ao impacto ambiental causado pelo mesmo, visto que esta é apenas uma de muitas variáveis, no caso do BSLRCO. Curiosamente, comparando a tabela 5 com a 11, pode-se observar que, no caso do vidro, nota-se uma alta correlação entre a renda per capita e o BSLR por habitante. Este possui o menor valor de impactos ambientais evitados, inversamente ao alumínio, que possui uma das menores correlações e maior impacto ambiental evitado. Logo, não é possível afirmar que a renda per capita é diretamente proporcional ao potencial Benefício Social Líquido de Reaproveitamento que um cidadão pode gerar em Brasília, seja pela comparação com o Benefício Total, envolvendo todos os recicláveis, como isolado, analisando cada reciclável, com exceção do vidro.

Comparando as correlações entre o BSLRPR/BSLRCO e a renda per capita/população/renda total, nota-se que a população é um fator mais determinante na análise do BSLR do que a renda per capita. No entanto, apesar da renda per capita isolada não demonstrar uma correlação direta com os BSLRs, o seu produto pela população, ou seja, a renda total, aumenta a

correlação com os BSLRs, demonstrando que a renda per capita pode ser um fator aditivo.

Comparando as correlações das tabelas 11, 12 e 13, que envolvem como uma das variáveis o BSLR, com as correlações da tabela 14, que envolvem como uma das variáveis a quantidade de resíduos sólidos totais e recicláveis coletados, nota-se que a renda per capita possui uma melhor correlação com o total de resíduos sólidos coletados do que com os BSLRs analisados. O mesmo ocorre também entre as correlações que envolvem as variáveis de BSLR/população, Todos os Resíduos coletados/população. Isso significa que a renda per capita tem uma maior influência sob o descarte de resíduos sólidos de forma quantitativa do que qualitativa. Esse mesmo padrão se repete na correlação entre todos os resíduos gerados/população e BSLR/população. No entanto, percebe-se o inverso quando se busca a relação entre a população/BSLR e população/resíduos recicláveis coletados. O fator qualitativo predomina na análise por uma pequena margem. A população, então, é uma variável determinante tanto para a qualidade do resíduo coletado, o que fica em evidência por sua alta correlação com ambos BSLRs, quanto com a quantidade coletada. O mesmo ocorre com a renda total das Ras analisadas, onde as correlações aumentam devido à união das variáveis de população e renda.

Têm-se, então, uma relação onde a população de uma Região Administrativa está diretamente relacionada tanto com a quantidade de resíduos sólidos gerados quanto ao aumento do BSLR potencial. Essa relação é aumentada ao introduzir a variável renda. Logo, uma população com determinada renda total possui uma relação com o BSLR potencial menor do que outra população com mesmo tamanho e renda total maior.

Pode-se dizer ainda que a população está diretamente relacionada com a geração de resíduos, desconsiderando o benefício potencial que estes podem gerar para a sociedade se reciclados. Essa relação é enfraquecida pela renda per capita, demonstrando que ela não necessariamente está relacionada a um maior consumo quando se analisam populações inteiras.

Para um maior aprofundamento deste estudo, no que se refere ao potencial do BSLRPR e BSLRCO, seriam necessários maiores dados sobre a logística da coleta, reciclagem, disposição e os tipos de resíduos, assim como dados mais apurados acerca dos gastos com a produção primária. Nota-se que

pelos altos valores obtidos com o BSLRPR e o BSLRCO, que os resíduos sólidos possuem valores altos o suficiente para que sejam criados impostos ou subsídios pelo governo que auxiliem a sua utilização. A Política Nacional de Resíduos Sólidos é um grande passo para que a reciclagem ganhe maior destaque na disposição de resíduos sólidos brasileira, especialmente pela extinção de aterros controlados.

6. ANEXOS

Tabela A – Cotação do valor da emissão de carbono/tonelada.

Data	Último	Abertura	Máxima	Mínima	Vol.	Var%
01.06.2016	4.47	6.08	6.38	4.34	311,41K	-26.72%
01.05.2016	6.10	6.25	6.55	5.65	281,09K	-1.29%
01.04.2016	6.18	5.18	7.07	4.91	369,74K	18.39%
01.03.2016	5.22	4.99	5.24	4.70	264,38K	4.19%
01.02.2016	5.01	6.16	6.16	4.62	405,22K	-17.46%
01.01.2016	6.07	8.33	8.33	5.61	433,16K	-26,78%
01.12.2015	8.29	8.66	8.73	7.96	275,96K	-4,16%
01.11.2015	8.65	8.69	8.74	8.36	115,07K	-0,69%
01.10.2015	8.71	8.22	8.78	8.12	76,82K	5.83%
01.09.2015	8.23	8.15	8.41	7.96	43,02K	0.86%
01.08.2015	8.16	7.97	8.51	7.85	38,54K	2.51%
01.07.2015	7.96	7.55	8.21	7.42	66,54K	5.57%

Fonte: Investing

Tabela B – Benefício total Líquido Indireto da reciclagem em relação à produção primária (em R\$) analisado em 33 cooperativas de reciclagem.

Recurso ou serviço poupado	Papel (R\$)	Plástico (R\$)	Alumínio (R\$)
Agricultura, Silvicultura e exploração florestal	120	120	10
Pecuária e Pesca	10	-	-
Extração de Petróleo e serviços relacionados	200	1050	60
Outras atividades minerais	50	110	40
Têxteis	30	50	5
Fabricação de Produtos de madeira	20	-	5
Celulose e Papel	120	100	8
Coque, Refino de petróleo e álcool	250	1200	68
Químicos	380	2000	65
Borracha e Plástico	50	200	15
Minerais não-metálicos	10	20	4
Metalurgia Básica	80	300	40
Produtos de metal (exceto máquinas)	50	150	22
Máquinas e equipamentos	40	100	15
Aparelhos e materiais elétricos	20	50	10
Serviços industriais de utilidade pública	190	700	40
Comércio e serviços de manutenção e reparação	10	50	10
Financeiro, seguros e previdência complementar	110	600	45
Serviços às empresas	100	500	38
TOTAL	1840	7300	500

Tabela C – Benefício Líquido Direto e Indireto da reciclagem em relação à produção primária (em R\$/t)

Recurso ou serviço poupado	Papel (R\$/t)	Plástico (R\$/t)	Alumínio (R\$/t)
Agricultura, Silvicultura e exploração florestal	0,011359	0,026602	0,030488
Pecuária e Pesca	0,000947	-	-
Extração de Petróleo e serviços relacionados	0,018932	0,232764	0,182927
Outras atividades minerais	0,004733	0,024385	0,121951
Têxteis	0,00284	0,011084	0,015244
Fabricação de Produtos de madeira	0,001893	-	0,015244
Celulose e Papel (não inclusos na produção primária direta)	0,011359	0,022168	0,02439
Coque, Refino de petróleo e álcool	0,023665	0,266016	0,207317
Químicos	0,035971	0,443361	0,198171
Borracha e Plástico (não inclusos na produção primária direta)	0,004733	0,044336	0,045732
Minerais não-metálicos	0,000947	0,004434	0,012195
Metalurgia Básica	0,007573	0,066504	0,121951
Produtos de metal (exceto máquinas)	0,004733	0,033252	0,067073
Máquinas e equipamentos	0,003786	0,022168	0,045732
Aparelhos e materiais elétricos	0,001893	0,011084	0,030488
Serviços industriais de utilidade pública	0,017986	0,155176	0,121951
Comércio e serviços de manutenção e reparação	0,000947	0,011084	0,030488
Financeiro, seguros e previdência complementar	0,010413	0,133008	0,137195
Serviços às empresas	0,009466	0,11084	0,115854
TOTAL	0,17	1,61	1,52

Fonte: Elaborado a partir de Ribeiro et. al (2014)

Tabela D – Cálculo da tonelada do Benefício líquido social de reaproveitamento considerando a primeira análise de Motta (preço do Reciclável, BSLRPR) (R\$/t)

VARIÁVEL	Vidro	Alumínio	Papel	Papelão	Plástico duro	Plástico mole	Plástico filme	PET
Gasto com a Coleta convencional (GCD) (R\$/t)	86,00	86,00	86,00	86,00	86,00	86,00	86,00	86,00
Danos ambientais causados pela má coleta de resíduos (CA) (R\$/t)	6,30	128,21	7,12	7,12	38,56	38,56	38,56	38,56
Preço do reciclável (GMI-GAR) (R\$/t)	250,00	2960,00	323,00	135,00	550,00	250,00	480,00	876,00
Total Individual (R\$/t)	342,3	3174,21	416,12	228,12	674,56	374,56	604,56	1000,56

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela E – Cálculo da tonelada do Benefício líquido social de reaproveitamento considerando a segunda análise de Motta (custo de oportunidade e benefício líquido da reciclagem em relação à produção primária, BSLRPO) nas RAs avaliadas (R\$/t)

VARIÁVEL	Vidro	Alumínio	Papel e Papelão	Plástico mole, duro, filme e PET
Gasto com a Coleta convencional (GCD) (R\$/t)	86,00	86,00	86,00	86,00
Danos ambientais causados pela má coleta de resíduos (CA) (R\$/t)	6,30	128,21	7,12	38,56
Custo de oportunidade em relação à prod. Primária (GMI) (R\$/t)	126	2.885	340	1171
Gastos associados ao reaproveitamento (GAR) (R\$/t)	-186,00	-186,00	-186,00	-186,00
Total Individual (R\$/t)	32,30	2919,21	247,12	1109,56

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela F - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos domiciliares nas
RAs avaliadas em porcentagem.

Região Administrativa (RA) do Distrito Federal	Latão, outros metais, Longa Vida, Isopor e Vestuário	Vidro	Orgânicos	Rejeitos	Alumínio	Papel	Papelão	Plástico duro	Plástico mole	Plástico filme	Plástico PET
Samambaia	8,9%	2,8%	7,3%	40,2%	1,8%	4,0%	9,8%	5,2%	13%	3,3%	3,7%
Riacho Fundo I	7,2%	1,8%	41,1%	15,9%	1,0%	1,2%	8,8%	2,2%	3,8%	13,9%	3,1%
Águas Claras	6,9%	3,7%	40,2%	24,1%	0,5%	6,0%	3,2%	2,1%	2,9%	8,3%	2,1%
Estrutural	10,9%	0,3%	30,0%	34,7%	0,1%	7,2%	3,4%	1,7%	2,2%	7,9%	1,6%
Gama	7,8%	2,3%	34,4%	31,4%	0,2%	1,2%	8,9%	1,1%	2,3%	8,4%	2,0%
Riacho Fundo II	6,2%	1,9%	18%	53,7%	0,5%	3,5%	5,5%	1,0%	1,9%	5,4%	2,4%
Taguatinga	4,7%	1,8%	13,9%	58,5%	0,8%	4,4%	5,1%	3,8%	4,5%	1,1%	1,4%
Lago Sul	2,7%	3,1%	29,1%	46,6%	0,4%	4,1%	6,6%	0,6%	0,9%	5,0%	0,9%
Planaltina	4,3%	0,6%	39,9%	37%	0,5%	0,9%	5,1%	0,9%	0,7%	8,3%	1,8%
Guará	3,4%	1,3%	38,0%	39,5%	0,3%	4,3%	2,8%	0,3%	1,3%	7,4%	1,4%
Ceilândia	4,5%	1,1%	6,8%	73,9%	0,5%	1,3%	3,2%	1,5%	5,6%	0,4%	1,3%
Asa Sul e Norte	4,3%	3,0%	62,8%	19,5%	0,5%	5,2%	4%	0,4%	2,5%	9,9%	2,5%
Sobradinho I e II	1,3%	1,9%	54,4%	34,9%	0,3%	2,5%	2,8%	0,4%	1,2%	4,7%	2,0%
Brazlândia	2,7%	1,2%	54,4%	28,9%	0,2%	2,3%	4,9%	0,5%	0,7%	3,0%	1,2%
Lago Norte	1,5%	1,6%	72,2%	18,9%	0,2%	0,5%	0,9%	0,6%	0,6%	2,6%	0,4%

Fonte: Elaborado a partir de SLU, 2015.

Tabela G – Quantidade potencialmente reciclável de resíduos sólidos encontrados na coleta convencional nas RAs avaliadas.

Região Administrativa (RA) do Distrito Federal	Total da Coleta convencional (t/mês)	Vidro reciclável (t/mês)	Alumínio reciclável (t/mês)	Papel reciclável (t/mês)	Papelão reciclável (t/mês)	Plástico duro reciclável (t/mês)	Plástico mole reciclável (t/mês)	Plástico filme reciclável (t/mês)	PET reciclável (t/mês)	Total reciclável de cada RA (t/mês)
Samambaia	3.918	109,70	70,52	156,72	383,96	203,73	50,93	129,29	144,96	1249,81
Riacho Fundo I	777	13,98	7,77	9,32	68,37	17,09	29,52	108,78	24,08	278,91
Águas Claras	2.016	74,59	10,08	120,96	64,51	42,33	58,46	167,32	42,33	580,58
Estrutural	1.510	4,53	1,51	108,72	51,34	25,67	33,22	119,29	24,16	368,44
Gama	3.081	70,86	6,16	36,97	274,2	33,89	70,86	258,8	61,62	813,36
Riacho Fundo II	736	13,98	3,68	25,76	40,48	7,36	13,98	39,74	17,66	162,64
Taguatinga	8.162	146,91	65,29	359,12	416,26	310,15	367,29	89,78	114,26	1869,06
Lago Sul	1.416	43,89	5,66	58,05	93,45	8,496	12,74	70,8	12,74	305,82
Planaltina	3.087	18,52	15,43	27,78	157,43	27,78	21,6	256,22	55,56	580,32
Guará	2.543	33,05	7,62	109,34	71,2	7,62	33,05	188,18	35,6	485,66
Ceilândia	10.601	116,61	53	137,81	339,23	159,01	593,65	42,4	137,81	1579,52
Asa Sul e Norte	10.165	304,95	50,82	528,58	406,6	40,66	254,12	1006,34	254,12	2846,19
Sobradinho I e II	2.959	56,22	8,87	73,97	82,85	11,83	35,5	139,07	59,18	467,49
Brazlândia	1.251	15,01	2,5	28,77	61,29	6,25	8,757	37,53	15,01	175,11
Lago Norte	985	15,76	1,97	4,925	8,86	5,91	5,91	25,61	3,94	72,88
TOTAL	53.207	1.038,6	310,93	1.786,84	2.520,09	907,83	1.589,66	2.679,18	1.003,08	11.835,8
% de cada reciclável	100%	1,952%	0,5844%	3,3583%	4,7364%	1,7062%	2,9877%	5,0354%	1,8852%	22,2456%

Fonte: Elaborado a partir de SLU, 2015.

Tabela H – Cálculo do valor total do Benefício Social Líquido de Reaproveitamento para os recicláveis da coleta convencional nas RAs avaliadas utilizando para referência o preço do reciclável. (R\$/t/mês).

	Vidro	Alumínio	Papel	Papelão	Plástico duro	Plástico mole	Plástico filme	PET	Total
Tonelada BSLRPR por reciclável (R\$/t/mês)	342,3	3174,21	416,12	228,12	674,56	374,56	604,56	1000,56	-
BSLRPR Total das RAs do DF (R\$/t/mês)	355.512,8	986.957,1	743.539,9	574.882,9	612.385,8	595.423	1.619.725	1.003.642	6.492.068
Quantidade de BSLRPR em uma tonelada de resíduo sólido, considerando todos os resíduos ((R\$/t/mês)	6,68	18,55	13,97	10,80	11,50	11,19	30,44	18,86	122,01

Fonte: Elaboração do autor

Tabela I – Cálculo do valor total do Benefício Social Líquido de Reaproveitamento para os recicláveis da coleta convencional nas RAs avaliadas utilizando para referência o custo de oportunidade. (R\$/t/mês).

	Vidro	Alumínio	Papel	Papelão	Plástico duro	Plástico mole	Plástico filme	PET	Total
Tonelada BSLRCO por reciclável (R\$/t/mês)	32,30	2919,21	247,12	247,12	1109,56	1109,56	1109,56	1109,56	-
BSLRCO Total das RAs do DF (R\$/t/mês)	33.546,78	907.669,9	441.563,9	622.764,6	1.007.292	1.763.823	2.972.711	1.112.977	8.862.348
Quantidade de BSLRCO em uma tonelada de resíduo sólido, considerando todos os resíduos (R\$/t/mês)	0,63	17,05	8,29	11,70	18,93	33,15	55,87	20,91	166,56

Fonte: Elaboração do autor

Tabela J – Benefício Líquido Social Total de Reaproveitamento de cada RA avaliado
Distrito Federal tendo como referência o preço do Reciclável.

Região Administrativa (RA) do Distrito Federal	BSLRPR Vidro (R\$/mês)	BSLRPR Alumínio (R\$/mês)	BSLRPR Papel (R\$/mês)	BSLRPR Papelão (R\$/mês)	BSLRPR Plástico Duro (R\$/mês)	BSLRPR Plástico mole (R\$/mês)	BSLRPR Plástico filme (R\$/mês)	BSLRPR PET (R\$/mês)	BSLRPR Total de cada RA (R\$/mês)
Samambaia	37.550,31	223.845,30	65.214,33	87.588,96	137.428,10	19.076,34	78.163,56	145.041,20	793.908,10
Riacho Fundo I	4.785,35	24.663,61	3.878,238	15.596,56	11.528,23	11.057,01	65.764,04	24.093,48	161.366,50
Águas Claras	25.532,16	31.996,04	50.333,88	14.716,02	28.554,12	21.896,78	101.155	42.353,70	316.537,70
Estrutural	1.550,61	4.793,05	45.240,57	11.711,68	17.315,96	12.442,88	72.117,96	24.173,53	189.346,20
Gama	24.255,38	19.553,13	15.383,96	62.550,50	22.860,84	26.541,32	156.460,10	61.654,51	389.259,70
Riacho Fundo II	4.785,35	11.681,09	10.719,25	9.234,29	4.964,76	5.236,34	24.025,21	17.669,89	88.316,20
Taguatinga	50.287,29	207.244,20	149.437	94.957,23	209.214,80	137.572,10	54.277,40	114.324	1.017.314
Lago Sul	15.023,55	17.966,03	241.55,77	21.317,81	5.731,06	4.771,89	42.802,85	12.747,13	144.516,10
Planaltina	6.339,39	48.978,06	11.559,81	35.912,93	18.739,28	8.090,49	154.900,40	55.591,11	340.111,50
Guará	11.313,02	24.187,48	45.498,56	16.242,14	5.140,14	12.379,21	113.766,10	35.619,94	264.146,60
Ceilândia	39.915,60	168.233,10	57.345,50	77.385,15	107.261,80	222.357,50	25.633,34	137.887,20	836.019,20
Asa Sul e Norte	104.384	161.313,40	219.952,70	92.753,59	27.427,61	95.183,19	608.392,90	254.262,30	1.563.670
Sobradinho I e II	19.244,11	28.155,24	30.780,40	18.899,74	7.980,04	13.296,88	84.076,16	59.213,14	261.645,70
Brazlândia	5.137,92	7.935,52	11.971,77	13.981,47	4.216	3.280,02	22.689,14	15.018,41	84.230,25
Lago Norte	5.394,64	6.253,19	2.049,39	2.021,14	3.986,65	2.213,65	15.482,78	3.942,20	41.343,65
Total RAs avaliadas	355.512,8	986.957,11	743.539,9	574.882,9	612.385,8	595.423	1.619.725	1.003.642	6.492.068

Fonte: Elaboração do autor.

Tabela K – Benefício Líquido Social de Reaproveitamento de cada RA avaliada do Distrito Federal tendo como referência o Custo de Oportunidade.

Região Administrativa (RA) do Distrito Federal	BSLRCO Vidro (R\$/mês)	BSLRCO Alumínio (R\$/mês)	BSLRCO Papel (R\$/mês)	BSLRCO Papelão (R\$/mês)	BSLRCO Plástico Duro (R\$/mês)	BSLRCO Plástico mole (R\$/mês)	BSLRCO Plástico filme (R\$/mês)	BSLRCO PET (R\$/mês)	BSLRCO Total de cada RA (R\$/mês)
Samambaia	3.543,31	205.862,68	38.728,65	94.884,20	226.050,70	56.509,89	143.455	160.841,80	929.876,22
Riacho Fundo I	451,55	22.682,26	2.303,15	16.895,59	18.962,38	32.754,21	120.697,90	26.718,20	241.465,30
Águas Claras	2.409,25	29.425,63	29.891,64	15.941,71	46.967,67	64.864,88	185.651,60	46.967,67	422.120,04
Estrutural	146,31	4.408	26.866,89	12.687,14	28.482,41	36.859,58	132.359,40	26.806,97	268.616,72
Gama	2.288,77	17.982,33	9.136,02	67.760,30	37.602,99	78.623,42	287.154,10	68.371,09	568.919,06
Riacho Fundo II	451,55	10.742,69	6.365,81	10.003,42	8.166,36	15.511,65	44.093,91	19.594,83	114.930,23
Taguatinga	4.745,19	190.595,22	88.745,73	102.866,20	344.130	407.530,30	99.616,30	126.778,30	1365.007,26
Lago Sul	1.417,64	16.522,72	14.345,32	23.093,36	9.426,82	14.135,79	78.556,85	14.135,79	171.634,31
Planaltina	598,19	45.043,41	6.864,99	38.904,10	30.823,58	23.966,50	284.291,50	61.647,15	492.139,39
Guará	1.067,51	22.244,38	27.020,10	17.594,94	8.454,84	36.670,96	208.797	39.500,34	361.350,08
Ceilândia	3.766,50	154.718,13	34.055,61	83.830,52	176.431,10	658.690,30	47.045,34	152.908,50	1.311.445,99
Asa Sul e Norte	9.849,88	148.354,25	130.622,70	100.479	45.114,71	281.961,40	1.116.595	281.961,40	2.114.937,91
Sobradinho I e II	1.815,90	25.893,39	18.279,47	20.473,89	13.126,09	39.389,38	154.306,50	65.663,76	338.948,40
Brazlândia	484,82	7.298,02	7.109,64	15.145,98	6.934,75	9.716,41	41.641,79	16.654,50	104.985,92
Lago Norte	509,04	5.750,84	1.217,06	2.189,48	6.557,50	6.557,50	28.415,83	4.371,66	57.203,20
Total RAs avaliadas	33546,78	907.669,96	441.563,9	622.764,6	1.007.292	1.763.823	2.972.711	1.112.977	8.862.348,69

Fonte: Elaboração do autor

7.1 CRÉDITOS DE CARBONO

Uma das propostas do Protocolo de Kyoto foi o uso de permissões para emissão de Gases Efeito Estufa, o qual foi adotado pelo poder público dos países da União Européia. A proposta limita a quantidade de poluentes que uma indústria pode emitir, estando sujeita à multa caso ultrapasse. Para flexibilizar o nível de emissões, uma vez que certas indústrias necessitam emitir mais que outras, foram criados os Créditos de Carbono. Estes, de acordo com Lorenzoni (2009) atuam como certificados para aqueles que reduzam a quantidade de emissões, podendo servir como moeda de troca entre indústrias. De acordo com o autor, a base para o cálculo do valor de cada tipo de poluente em créditos de carbono é dada conforme o seu potencial para o aumento do aquecimento global. Para que uma indústria compre os certificados, o valor pago deverá ser menor do que a multa do uso acima do permitido. É uma forma de taxa Pigouviana que busca equilibrar o mercado internalizando os danos causados pelas emissões de poluentes pela produção.

Utiliza-se, convencionalmente, o Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e) para equalizar o nível de emissão entre GEEs considerando o potencial de dano de cada em relação ao dióxido de carbono. Atualmente, a conversão mais utilizada é o GWP (Global Warming Potential) proposto pelo IPCC (aturo X). A tabela 4 resume a proporção do potencial de aquecimento global dos Gases Efeito Estufas em relação ao CO₂.

Em 2015, o Acordo de Paris, um tratado resultante da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, teve como objetivo a meta de estabilizar a concentração perigosa de Gases Efeito Estufa na atmosfera. Foi estabelecida uma meta entre os países que haveria uma redução das emissões de forma que estas ficassem 2°C abaixo daquelas mensuradas no período pré-industrial (MMA, 2012). A meta do Brasil é reduzir os níveis de poluição para abaixo dos analisados em 2005, de 2.042 milhões de toneladas de CO₂. Essa redução deve ser de 37% até o ano de 2025 e 43% até 2030 (MMA, 2012). O acordo brasileiro foi oficializado em novembro de 2016, onde o país comprometeu alcançar tais metas.

Tabela L – Proporção do potencial de aquecimento global dos GEE

Gás	Nomenclatura	Proporção
Dióxido de Carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Óxido Nitroso	N ₂ O	298
Hidrofluorcarboneto	HFC-125	3500
1,1,1,2 Tetrafluoroetano	HFC-134a	1300
1,1,1-Trifluoroetano	HFC 143a	1430
1,1-Difluoroetano	HFC 152a	124
Tetrafluorometano	CF ₄	7390
P hexafluoretano	C ₂ F ₆	12200
Hexafluoreto de Enxofre	SF ₆	22800

Fonte: WRI (2015)

Um acordo para redução da poluição significa um acúmulo de créditos de carbono no país, o qual pode ser utilizado como moeda pelo país. No entanto, uma vez que o país encontra dificuldades em reduzir tais metas, devido à projetos de infraestrutura como expansão de rodovias e agronegócio, poderia ser mais viável para o país comprar créditos de carbono para alcançar as metas estabelecidas (IBAMA, 2016). Independente da solução adotada, o Acordo de Paris propôs um investimento anual de 100 bilhões de dólares para auxiliar que países em desenvolvimento consigam se adaptar ao acordo (FCCC, 2015).

A tabela A do anexo contém a cotação do valor da emissão do carbono por tonelada entre os meses de julho de 2015 e junho de 2016. Com uma média de 6,92 Euros, este valor pode ser alterado futuramente com a oficialização da entrada do Brasil nas metas de redução propostas pelo Acordo de Paris, em junho de 2017. De acordo com o MMA (2017), o país se compromete a reduzir os gases de efeito estufa em 37% em relação aos níveis emitidos em 2005. Além disso, se compromete em investir e aumentar para 18% o uso de bioenergia sustentável. O Brasil possui um enorme potencial para competição neste mercado, como afirmado por Rodrigues (2016), através de fontes alternativas de energia como a eólica e solar. A autora ainda afirma que pelo fato do país possuir uma matriz energética relativamente limpa, muitos investidores de países

desenvolvidos podem se interessar na compra de créditos de carbono brasileiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos, ABETRE. 2009. Estudo sobre os Aspectos Econômicos e Financeiros da Implantação e Operação de Aterros Sanitários. Relatório Final. Fundação Getúlio Vargas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. ABRELPE. 2012. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Edição Especial de 10 anos. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. 2014. Dados do Setor.

BERNARDES, Ricardo; KOIDE, Sérgio. Contaminação do lençol freático sob a área do Aterro do Jockey Club, Distrito Federal. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil.

Disponível:

<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/22251/14596>.

Acesso em: 11/08/2016

BÔA NOVA, Carlos (2000). Níveis de consumo de energético e índices de desenvolvimento humano. Revista Brasileira de Energia.

BRASIL, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal, ADASA. 2016. Estudos e proposição de logística e alternativas tecnológicas e institucionais para o serviço de coleta seletiva. Brasília.

Disponível:

<http://www.slu.df.gov.br/images/PDF/Alternativas%20tecnologicas.pdf>

BRASIL. Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. 2009. Estudo sobre os Aspectos Econômicos e Financeiros da Implantação e Operação de Aterros Sanitários. Relatório Final. Fundação Getúlio Vargas.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2006. Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde. Brasília.

Disponível: http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/manual_gerenciamento_residuos.pdf. Acesso em: 11/08/2016

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, MMA. 1995. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados.

Disponível:

<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>

Acesso em: 11/08/2016

BRASIL. Constituição, 1988 (2013). Constituição da República Federativa do Brasil, 1998. Brasília, Senado Federal – Prodasen. Disponível em: http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/con1988_05.10.1988/con1988.pdf.

Acesso em: 11/08/2016.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. 1989. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. PNSB.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. 2000. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. PNSB.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. 2010. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável.

BRASIL. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. IBGE. 2011. Contas Regionais do Brasil.

BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, IPEA. 2012. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos. Brasília.

Disponível:

http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf.

Acesso em: 11/08/2016

BRASIL. 2010. Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. 2012. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2013-2022). Série Estudos da demanda. Rio de Janeiro, Dezembro de 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. 2007. Manual de Saneamento: Orientações Técnicas. Brasília.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. ND. Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação. 3ª edição Brasileira.

Disponível:

http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/arquivos/unccd_portugues.pdf

Acesso em: 11/08/2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2012. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Linha do Tempo [On Line]. 2012. Disponível:

<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/linha-do-tempo>.

Acesso em: 11/08/2016

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2012. Plano Nacional de Resíduos Sólidos: Disponível:

http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E99F974D/Doc_PNRS_consultaspublicas1.pdf

Acesso em: 11/08/2016

BRASIL. Serviço de Limpeza Urbana, SLU. 2014. Relatório da Análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do Distrito Federal.

Disponível: <http://www.slu.df.gov.br/images/PDF/gravimetria.pdf>

Acesso em: 11/08/2016

BRASIL. Serviço de Limpeza Urbana, SLU. 2016. Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal. Brasília, março de 2016.

Disponível: <http://www.slu.df.gov.br/images/PDF/relatoriofinal.pdf>

Acesso em: 11/08/2016

BRASIL. 2004. Resíduos Sólidos - Classificação. Norma Brasileira, ABNT NBR 10004.

CAMPANI, D. B.; RAMOS, G. G. 2009. A variação dos preços do material seletivo comercializado no Brasil. V Fórum Internacional de Produção mais Limpa. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Disponível:

http://www.ufrgs.br/sga/SGA/material-de-apoio/textos/textos-apoio/links/Variacao_Seletivo.pdf

Acesso em: 11/08/2016

CALDERONI, S. 1998. Os bilhões perdidos no lixo. 2. Ed. São Paulo: Humanistas.

CAVALCANTI, M. M. 2013. Aplicação de métodos geoeletricos no delineamento da pluma de contaminação nos limites do Aterro Controlado do Jokey Clube de Brasília. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Instituto de Geociências.

CARVALHO, I. C. M. de; SATO, M. (Orgs.). 2008. Educação ambiental pesquisa e desafios. Porto Alegre: Artemed, 2008.

CECHIN, Andrei D. 2008. Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema? Dissertação de Mestrado, Orientador José Eli da Veiga – São Paulo, 2008.

COELHO, Hamilton. 2001. Manual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Serviços de Saúde. Fundação Oswaldo Cruz.

CONFERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. 2012. A sustentabilidade da indústria brasileira do alumínio. Brasília, 2012.

DALY, Herman E. 2004. Crescimento sustentável? Não, obrigado. Ambiente e Sociedade, vol. 7, núm 2, 2004. p. 197-201. Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade.

DILL, M. A. 2008. Educação ambiental crítica: a formação da consciência ecológica. Porto Alegre: Nuria Fabris Editora, 2008.

GADOTTI, Moacir. 1989. Convite à leitura de Paulo Freire. São Paulo, Scipione, 1989 (2.ed. 1991). 175 p.

DUARTE, Pedro et. al. Estimativa dos custos de implantação de aterros sanitários nas bacias dos rios São Francisco e Parnaíba.

ENRÍQUEZ, Maria. 2009. Mineração e Desenvolvimento Sustentável – É possível conciliar? Universidade Federal do Pará, Revista Iberoamericana de Economia Ecológica Vol. 12.

ESTADOS UNIDOS. Department of the Environment City and Country of San Francisco. 2012. San Francisco Zero Waste Policies and Programs.

NAÇÕES UNIDAS. 2015. Conference of the parties, sessão vinte e um. p. 14, Parágrafo 54.

FIGUEIREDO FILHO, F. SILVA JUNIOR, J. 2009. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson. Revista Política Hoje, Volume 18. Disponível:

<http://www.revista.ufpe.br/politica/hoje/index.php/politica/article/view/6/6>

Acesso em: 11/08/2016

FRÉSCA, Fábio. 2007. Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física. Dissertação de Mestrado em Ciência da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo. São Carlos-SP.

GAVARD, François. Do Impasse ao Consenso: Um breve histórico do conceito de Desenvolvimento Sustentável.

GUIMARÃES, H. ; BARBOSA, L.; LARANJEIRA, L.; AVEZUM, A. 2007. Estudos de farmacoeconomia e análises econômicas: conceitos básicos. Rev. Bras. Hipertens. vol.14.

GUIMARÃES, R. Fontoura, Y. 2012. Rio+20 ou Rio-20? Crônica de um fracasso anunciado. Ambiente e sociedade, volume 15, nº 3. São Paulo. Disponível:

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2012000300003&script=sci_arttext&tlng=pt

Acesso em: 11/08/2016

GOLVEIA, Nelson. 2012. Resíduos Sólidos Urbanos: Impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Ciência e Saúde Coletiva.

GRIMBERG, Elizabeth; BLAUTH, Patrícia. 1998. Coleta Seletiva: reciclando materiais, reciclando valores. Instituto Pólis, São Paulo, 1998.

Instituto Brasileiro de Administração Municipal, IBAM. 2001. Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.

Disponível: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>

Acesso em: 11/08/2016

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISAS APLICADAS. Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos. Brasília, 2010.

Disponível

em:

http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=8858&Itemid=7

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas / CEMPRE. 1995. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado, São Paulo.

Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico, ABIPLAST. 2011. Perfil. Disponível: http://file.abiplast.org.br/download/perfil_2011.pdf
Acesso em: 11/08/2016

LAYRARGUES, Phillippe. 2012. Educação Ambiental no Brasil: o que mudou nos vinte anos entre a Rio 92 e a Rio+20. Universidade de Brasília, Unb. Disponível: http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542012000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
Acesso em: 11/08/2016

LAGO, André. 2006. Estocolmo, Rio, Joanesburgo: O Brasil e as três conferências Ambientais das Nações Unidas. Brasília

LEITE, M. F. 2006. A taxa de coleta de resíduos sólidos domiciliares – Uma análise crítica. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

LOPES, Adriana A. 2003. Estudo da Gestão e do Gerenciamento Integrado dos resíduos sólidos urbanos no Município de São Carlos (SP). Dissertação de Mestrado, Universidade de São Carlos. São Carlos-SP.

LOPES, Luciana. 2006. Gestão e Gerenciamento integrados dos Resíduos Sólidos Urbanos. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

LORENZONI NETO, A. 2009. Contrato de créditos de carbono: Análise crítica das mudanças climáticas. Curitiba, Juruá. 150p.

MATTOS, Eduardo. 2008. Desenvolvimento Sustentável: uma análise histórica. Vitrine da Conjuntura, Curitiba.

MANKIW, N. G. 2009. Introdução à Economia. São Paulo: Cengage Learning.

MAEDA, Elcio E. 2013. Diagnóstico da Gestão de Resíduos Sólidos nos municípios do Estado de São Paulo, a partir dos Planos Municipais de Gestão Integrada. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento. Universidade de São Paulo. São Paulo.

MAZZER, C. 2004. Introdução à gestão ambiental de resíduos. Maringá – PR. Disponível:

<http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/77/i04-aintroducao.pdf>

MASSUKADO, L. 2004. Sistema de Apoio à Decisão: Avaliação de Cenários de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares. Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos-SP.

MOTA, J. 2009. Características e impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos: Uma visão conceitual. Congresso Nacional do Meio Ambiente subterrâneo.

Disponível:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/21942/14313>

MOTTA R. S. 2006. Economia ambiental. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas.

MUELLER, Charles C. 2004. Os economistas e as inter-relações entre o sistema econômico e o Meio-Ambiente. Departamento de Economia, Universidade de Brasília.

NALINI, J. E., 2008. Mercado de Reciclagem do Lixo no Brasil: Entraves ao Desenvolvimento. Programa de estudos pós-graduação em Economia Política. Universidade Católica de São Paulo.

PÁDUA, Samira. SLU divulga balanço inédito sobre gestão de resíduos sólidos. Artigo. Abril, 2015. Disponível:

<http://www.df.gov.br/conteudo-agencia-brasilia/item/19121-slu-divulga-balan%C3%A7o-in%C3%A9dito-sobre-gest%C3%A3o-de-res%C3%ADuos-s%C3%B3lidos.html>

PINHO, Paulo P. 2011. Avaliação dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos na Amazônia brasileira. Tese de Doutorado em Ciência Ambiental. Universidade de São Paulo.

PINDYCK, Robert S; RUBINFELD, Daniel L. 2012. Microeconomia, 7. Ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012. XXIV, 647 p

POLZER, Verônica R., 2012. Gestão de resíduos sólidos urbanos domiciliares em São Paulo e Vancouver. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

RENNO, M. 2014. Relação entre o consumo e renda para o Brasil. Núcleo de Estudos de Política Monetária.

RIBEIRO, Luiz. FREITAS, Lúcio. CARVALHO, Júlia. OLIVEIRA, João. 2014. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro, Nova Economia. Disponível:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512014000100191

Acesso em: 11/08/2016

SACHS, Ignacy. 2004. Desenvolvimento incluyente, sustentável sustentado. Rio de Janeiro, Editora Garamond.

SANTOS, E.; SOUZA E.; SILVA, R.; BARRETO, H.; INOMATA, O; LEMES, V; KUSSUMI, T; ROCHA, S. 2003. Grau de exposição a praguicidas organoclorados em moradores de aterro a céu aberto. Rev. Saude pública.

SILVEIRA, A. 2000. Impactos hidrológicos da urbanização em Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. Porto Alegre.

SALOMÃO, Lucas. 2015. Senado aprova prorrogação do prazo para extinção de lixões. Artigo, 02/07/2015.

SCHRAMM, F. R., 1992. Ecologia, ética e saúde: O princípio da responsabilidade. In: *Saúde, Ambiente e Desenvolvimento* (M. C. Leal; P. C. Sabroza; R. H. Rodrigues & P. M. Buss, orgs.), pp. 233-255, vol. 2, São Paulo: Hucitec/Rio de Janeiro: Abrasco.

TAJARA, M. (1998). Efeitos tardios dos praguicidas organoclorados no homem. Revista Saúde Pública vol. 32. 1998.

WALDMAN, M. 2012. Notas sobre processos e dinamismos Sócio-Espaciais. Texto de subsídio elaborado para a XV Semana Temática da Biologia USP. Universidade de São Paulo.

WRI BRASIL. Greenhouse Gas Protocol. 2015. Metodologia do GHG Protocol da agricultura. Unicamp.