

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROJETOS SUSTENTÁVEIS,  
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E GESTÃO CORPORATIVA DE CARBONO

MARIANA ARAÚJO FREIRE DE SENA<sup>1</sup>

GESTÃO E CÁLCULO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO  
ESTUFA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA ESCOLA ESTADUAL  
ALMIRANTE BARROSO EM MANAUS-AM

CURITIBA

2017

---

<sup>1</sup> Eng.<sup>a</sup> Ambiental, [senamaf@gmail.com](mailto:senamaf@gmail.com)

MARIANA ARAÚJO FREIRE DE SENA

GESTÃO E CÁLCULO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO  
ESTUFA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA ESCOLA ESTADUAL  
ALMIRANTE BARROSO EM MANAUS-AM

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa de Carbono do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Profa Dra. Greyce Charlyne Benedet Maas<sup>1</sup>

CURITIBA

2017

---

<sup>1</sup> Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais pela UFMT; Doutora em Engenharia Florestal pela UFPR. E-mail: greycemass@ufpr.br

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, que me acompanhou com muita paciência e dedicação.

Ao meu filho, pela compreensão, amor e apoio para seguir em frente.

À minha mãe, que me ensinou que nada acontece sem trabalho árduo.

Ao meu pai, que me disse para acreditar nos meus sonhos.

Aos meus irmãos, Antonio e Thiago, que não deixaram de me estender a mão quando precisei.

À minha prima Andréa, que nunca me desamparou e sempre acreditou em mim.

Aos amigos de perto e de longe que trazem as alegrias no momento certo.

A Deus, que sempre me proveu de segurança e saúde.

## RESUMO

Nos últimos 5 anos, o país tem passado por um período ascendente de produção de resíduos sólidos, chegando a superar a taxa de crescimento populacional. Esse é um reflexo da mudança produtiva dos produtos de consumo, do comportamento dos consumidores e da deficiência legislativa para acompanhar esse desenvolvimento em relação à mitigação dos impactos causados pelos resíduos sólidos. Sendo as escolas centros de obtenção de conhecimento e de uma visão crítica, a mudança de comportamento em relação ao meio ambiente perpassa pela educação ambiental dentro do ambiente escolar. Com a possibilidade de utilizar esse centro de formação, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de caso do processo de elaboração e implantação de um plano de gestão de resíduos sólidos em uma escola da rede estadual no município de Manaus – AM, avaliar os efeitos desse plano na destinação final de resíduos e na redução de emissões de gases de efeito estufa provenientes de resíduos sólidos urbanos no município de Manaus. Para alcançar esses objetivos, foram utilizadas as ferramentas da educação ambiental, como palestras, diálogos e treinamentos em grupo e individuais. Foi implantado o sistema de gestão de resíduos, incluindo o processo de coleta seletiva (separação de resíduos secos e úmidos) com destinação para reciclagem dos resíduos secos e compostagem dos resíduos úmidos. Foram firmadas parcerias de trabalho com cooperativas de catadores, secretarias municipal e estadual. Para a quantificação da geração de resíduos, foram realizadas triagens e pesagens por 30 dias consecutivos, obtendo uma média de  $71,98 \text{ kg.dia}^{-1}$  de resíduos sólidos. Para estimar a emissão de GEE, foi utilizada a ferramenta de cálculo *GHG Protocol* versão 2014 que indicou valores de emissão de  $2,74 \text{ tCO}_2\text{e}$  (biogênico) para o ano de 2015, anterior à implantação do projeto. Ao considerar a ausência de queima do biogás, a emissão equivaleria a  $24,9 \text{ tCO}_2\text{e}$  antes do projeto e,  $16,64 \text{ tCO}_2\text{e}$  após a gestão dos resíduos. Passou-se a destinar uma média de  $16,62 \text{ kg.dia}^{-1}$  para reciclagem e mais  $11 \text{ kg.dia}^{-1}$  para compostagem, com redução de 28% nos resíduos enviados ao aterro. Considerando as 734 escolas de ensino fundamental no Amazonas, estima-se que, se houver a replicação do projeto de gestão de resíduos para as outras escolas, será possível reduzir a quantidade de rejeitos enviados ao aterro em cerca de  $7.842,71 \text{ t.ano}^{-1}$ .

Palavras-chave: Educação ambiental. Resíduos sólidos. Redução de emissão de gases de efeito estufa.

# MANAGEMENT AND CALCULATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM SOLID WASTE AT THE ALMIRANTE BARROSO STATE SCHOOL IN MANAUS-AM, BRAZIL

## ABSTRACT

In the last 5 years the country has gone through an ascending period of solid waste production, exceeding the rate of population decline. This is a reflection of the productive change of consumer goods, consumer behavior and legislative deficiency to accompany this development in relation to the mitigation of the impacts caused by solid waste. As schools are centers of knowledge acquisition and a critical view, the change of behavior towards the environment permeates through environmental education within the school environment. With the possibility of using this training center, the objective of this paper was to carry out a case study of the process of elaboration and implementation of a solid waste management plan at a state school in the city of Manaus - AM, to evaluate the effects of this plan in the final disposal of waste and in the reduction of emissions of greenhouse gases from solid urban waste in the municipality of Manaus. To achieve these objectives, the tools of environmental education were used, such as lectures, dialogues with group and individual trainings. It was implemented the waste management system including the process of selective collection (separation of dry and wet residues) with destination for recycling of the dry and compost residues of the wet residues. Work partnerships were established with cooperatives of collectors, municipal and state secretaries. For the quantification of the generation of residues, triages and weighings were carried out for 30 consecutive days obtaining a mean of  $78.11 \text{ kg.day}^{-1}$  of solid waste. To estimate GHG emissions, the *GHG Protocol version 2014* calculation tool was used, which indicated emission values of  $2.74 \text{ tCO}_2\text{e}$  for the year 2015 prior to the project's implementation. After the implementation of solid waste management, an average of  $16,625 \text{ kg.day}^{-1}$  was used for recycling and an additional  $11 \text{ kg.day}^{-1}$  for composting. As a result, there was a 33% reduction in emissions from waste management at school. Considering 734 elementary schools in Amazonas, it is estimated that if there is replication of the waste management project for other schools, an average of  $1,760.05 \text{ tCO}_2\text{e}$  of annual emissions of solid residues from biomass can be avoided, it may be possible to reduce the amount of tailings sent To the landfill on average about  $15,015.93 \text{ t.year}^{-1}$ .

Keywords: Environmental education. Solid waste. Reduction of greenhouse gas emissions.

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
2	<b>MATERIAL E METODOS</b> .....	12
2.1	<b>Caracterização do objeto de estudo</b> .....	12
2.2	<b>Fases da Implantação do Sistema de Gestão de Resíduos</b> .....	13
2.3	<b>Observação comportamental da comunidade escolar</b> .....	15
2.4	<b>Avaliação da composição gravimétrica dos resíduos</b> .....	16
2.5	<b>Ações de Educação Ambiental</b> .....	17
2.6	<b>Estimativa de Emissões de GEE proveniente dos Resíduos Sólidos</b> ....	18
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
3.1	<b>Observação comportamental e ações de Educação Ambiental</b> .....	22
3.2	<b>Gestão de Resíduos</b> .....	23
3.3	<b>Estimativa de emissão de GEE</b> .....	26
4	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	29
5	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	30

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Composição Gravimétrica EEAB .....	24
Gráfico 2 - Resíduos Coletados para Reciclagem EEAB.....	25
Gráfico 3 - Cenário de Resíduos Sólidos após a Gestão de Resíduos na EEAB.....	25
Gráfico 4 - Composição Gravimétrica de Resíduos de Acordo com a Planilha GHG Protocol .....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Instituições de Ensino em Manaus em 2015.....	12
Tabela 2 - Geração de resíduos em 2 estados brasileiros da Região Norte.....	12
Tabela 3 - Fases da implantação do Projeto de Gestão de Resíduos na Escola Estadual Almirante Barroso (continua).....	13
Tabela 4 - Classificação gravimétrica de resíduos da EEAB (continua) .....	16
Tabela 5 - Plano de atividades de Educação Ambiental.....	18
Tabela 6 - Característica dos resíduos inventariados.....	19
Tabela 7 - Comparação da classificação adotada com a classificação da planilha GHG Protocol ...	20
Tabela 8 - Resultado do Inventário de Resíduos da EEAB.....	23
Tabela 9 - Classificação Gravimétrica de Resíduos de acordo com a planilha GHG Protocol.....	26
Tabela 10 - Dados de Emissão de GEE da Escola Estadual Almirante Barroso.....	28

## 1 INTRODUÇÃO

Lima (2002) entende que o resíduo sólido pode ser considerado como matéria e energia e que sua produção encerra um elevado grau de desordem demonstrado pela diversidade de materiais que o compõe e pelo desperdício de matéria prima que ele representa.

Em 2010, foi instituída a PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº12.305, que tem como princípios básicos a minimização de geração de resíduos, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final (BRASIL, 2010). Em 2012, 27% dos resíduos recicláveis (fração seca), coletados nas cidades brasileiras, foram efetivamente recuperados e retornaram à atividade produtiva, sendo que somente as embalagens tiveram um índice de 65,3% de recuperação (CEMPRE, 2013).

Entretanto, em 2013, a geração de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU total no Brasil aumentou em 4,1%, índice maior do que o crescimento populacional nesse mesmo ano (ABRELPE, 2014).

Segundo a CETESB (1997) a destinação de resíduos em aterros vem sendo criticada, pois esses sistemas não têm como objetivo o tratamento ou reciclagem de materiais presentes no lixo urbano, mas sim um simples armazenamento no solo, alternativa esta que não é a mais indicada, uma vez que os espaços úteis a essa técnica são cada vez mais escassos. Além disso, os aterros não possuem o conjunto de sistemas necessários para a proteção do meio ambiente e da saúde pública (ABRELPE, 2014).

Mais da metade do resíduo coletado no país é composto de matéria orgânica (IPEA, 2010). A matéria orgânica contida no resíduo sólido urbano pode ser separada na fonte e destinada para compostagem.

Os aterros sanitários são responsáveis por até 20% das emissões de metano geradas pelas atividades antrópicas (PIPATTI, 2006). Segundo a UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2010), o setor de gestão de resíduos está em uma posição única para deixar de ser uma fonte relativamente menor de emissões de gases de efeito estufa (GEE) global para se tornar um dos principais contribuintes para a redução das emissões destes gases. Embora os níveis menores de emissões sejam liberados através de tratamento e disposição de

resíduos, a prevenção e reciclagem de resíduos evita emissões em outros setores da economia (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2010).

O desconhecimento do que ocorre no instante posterior à coleta é exatamente o ponto-chave da questão dos resíduos. É nesse instante que se iniciam todos os grandes problemas que afetam a qualidade de vida do próprio cidadão gerador.

A Educação Ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos e, pelos planos municipais de resíduos sólidos deve haver programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização, e a reciclagem (BRASIL, 2010).

De acordo com o Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil da ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (2014), a região Norte e seus 450 municípios geraram mais de 15 mil toneladas de resíduos por dia, isso porque a cobertura de coleta atinge 80%, e desse percentual coletado 64,5% tem destino em lixões e aterros. Só no Amazonas são coletados  $3.650 \text{ t.dia}^{-1}$  de resíduos (ABRELPE, 2014), a cobertura de coleta seletiva de RSU, na cidade de Manaus, não chega a 1% de acordo com dados da SEMULSP (2010).

A escola auxilia o jovem a encontrar um propósito em separar os materiais para a reciclagem e é uma ação relacionada a boas sensações, e as escolas exercem um peso em relação ao poder de influenciar jovens em relação ao assunto da reciclagem e por isso precisam considerar mais essa temática no cotidiano de suas atividades (FABRIS; STEINER NETO; TOALDO, 2010). A escola desempenha uma função de facilitadora da Educação Ambiental por ser o meio no qual o cidadão desenvolve seu crescimento pessoal e onde se tornam práticos os conceitos sobre cidadania, meio ambiente e conservação ambiental.

Mesmo havendo mais de mil instituições de ensino em Manaus não há atividades práticas de sustentabilidade nas escolas como parte de um programa municipal de redução de impactos sobre o meio ambiente. Falta uma relação da educação ambiental com produções lúdica de conteúdo elucidativo que envolva os membros da comunidade escolar. Com a gestão de resíduos no âmbito escolar é possível apresentar dados de redução de impacto sobre o clima e o meio ambiente que são resultados de mudança de comportamento. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de caso do processo de implantação de um plano de gestão de resíduos sólidos em uma escola da rede estadual no município de Manaus – AM e

avaliar os seus efeitos na destinação final de resíduos e na redução de emissões de gases de efeito estufa.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do objeto de estudo

Localizada no estado do Amazonas, Manaus possui 2.094.391 habitantes, em um território de 11.401 km<sup>2</sup>. De acordo com dados do IBGE (2015), o município possui 1.324 instituições de ensino dentre pré-escolar, fundamental e ensino médio, sem contar as universidades e faculdades (Tabela 1).

Tabela 1 - Instituições de Ensino em Manaus em 2015

	Federal	Estadual	Municipal	Privado
<b>Ensino Pré Escolar</b>	0	0	249	182
<b>Ensino Fundamental</b>	1	185	368	180
<b>Ensino Médio</b>	4	105	0	50
<b>Sub Total</b>	5	290	617	412
<b>Total</b>	10	580	1.234	824

Fonte: IBGE (2016)

De acordo com a ABRELPE (2014), na região Norte são gerados diariamente 15.413 t de resíduos, o que equivale a 0,893  $kg.hab^{-1}.dia^{-1}$ . Só no Amazonas foram geradas mais 4 mil toneladas por dia, sendo toda a destinação distribuída para aterros sanitários, aterros controlados e lixões. Na tabela 2 consta um comparativo entre a geração de resíduos dos dois estados da região Norte com maior densidade demográfica e com um estado com a população próxima ao estado do Amazonas.

Tabela 2 - Geração de resíduos em 2 estados brasileiros da Região Norte

	Amazonas	Pará
<b>População (<i>hab</i>)</b>	3.873.743	8.104.880
<b>RSU gerado (<i>t. dia<sup>-1</sup></i>)</b>	4.145	6.944
<b>RSU coletado (<i>t. dia<sup>-1</sup></i>)</b>	3.625	5.303
<b>Coleta per capita (<i>kg. hab<sup>-1}. dia<sup>-1</sup></sup></i>)</b>	0,936	0,654

Fonte: ABRELPE, 2014

Este estudo foi realizado na Escola Estadual Almirante Barroso (EEAB), localizada na Av. Maceió, s/n – Nossa Senhora das Graças, em Manaus – AM. A escola funciona em turno integral, das 7:00 às 16:00 e compreende o Ensino Fundamental do 1º ao 5º ano. Possui um total de seis salas de aula para 205 alunos. Ao todo são 27 funcionários, sendo eles professores, administrativo, funcionários de limpeza, manutenção e cozinha.

Por se tratar de uma escola de período integral, são realizadas três refeições diárias sendo: lanche matinal, almoço e lanche vespertino. O alimento vem de uma empresa terceirizada que envia as refeições prontas. A cozinha escolar manipula os alimentos para que sejam servidos e prepara apenas saladas e alimentos frescos. Não há cantinas para venda de qualquer produto alimentício, prevalecendo, no montante de resíduos, apenas os restos de alimentos da merenda escolar.

O ano base para obtenção de dados de referência quanto a geração de resíduos na escola foi 2015. O tempo para execução e fechamento de dados do projeto respeitou o cronograma letivo escolar de 2015.

## 2.2 Fases da Implantação do Sistema de Gestão de Resíduos

A implantação do sistema de gestão de resíduos foi dividida em 5 fases como consta na Tabela 3.

Tabela 3 - Fases da implantação do Projeto de Gestão de Resíduos na Escola Estadual Almirante Barroso (continua)

	Período	Descrição
<b>FASE 1</b>	Dez./2014 a Jan./2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diálogo com gestores da escola e aprovação do projeto;</li> <li>• Diálogo com professores e funcionários;</li> <li>• Aquisição de equipamentos;</li> <li>• Aquisição de BIG BAGs.</li> </ul>

Tabela 3 - Fases da implantação do Projeto de Gestão de Resíduos na Escola Estadual Almirante Barroso (conclusão)

<b>FASE 2</b>	Fev./2015 a Abr./2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantificação e classificação dos resíduos sólidos;</li> <li>• Observação comportamental</li> <li>• Definição de local interno para acomodar recicláveis;</li> <li>• EA - Orientação aos funcionários de cozinha, limpeza e manutenção quanto a separação dos resíduos;</li> <li>• Agendado o dia de coleta seletiva com a prefeitura.</li> </ul>
<b>FASE 3</b>	Abr./2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Início da coleta seletiva;</li> <li>• Identificação das lixeiras;</li> <li>• Separação de resíduos em recicláveis, orgânicos e rejeitos.</li> </ul>
<b>FASE 4</b>	Jul./2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Convite à comunidade para participar da coleta seletiva na escola.</li> <li>• Início da compostagem.</li> </ul>
<b>FASE 5</b>	Ago./2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatório de gestão de resíduos;</li> <li>• Inventário de Emissões de Gases Efeito Estufa.</li> </ul>

Fonte: O autor (2017).

A Fase 1 consistiu em diálogos com os gestores responsáveis pela unidade de educação, diálogos com os docentes escolares e aquisição de itens (balança, luvas, depósitos para armazenagem de resíduos recicláveis, ferramentas para compostagem com pá, enxada, tela de contenção e outros) para a caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos.

Na Fase 2 foram realizadas a classificação e pesagem dos resíduos gerados na escola (composição gravimétrica). Também nessa fase foram solicitados à Secretaria Municipal de Limpeza Pública, via carta ofício, a inclusão da Escola na Rota de Coleta Seletiva Municipal e sacos BIGBAG (contentor flexível reutilizável) para armazenamento de resíduos recicláveis que passaram a ser separados e coletados semanalmente. Foi designado um espaço protegido de intempéries dentro da escola para a alocação do BIGBAG.

Após o processo de pesagem foram realizadas palestras de Educação Ambiental. Uma palestra foi realizada com funcionários de cozinha e limpeza para apresentar a importância da coleta seletiva e como separar os resíduos para reciclagem e compostagem; e outra com professores para apresentar os resultados das observações comportamentais dos alunos com os resíduos e propor atividades práticas de sala de aula em prol da coleta seletiva.

Na Fase 3 foi iniciada a coleta seletiva com identificação de lixeiras, educação ambiental com os alunos para destinar corretamente o resíduo durante o uso do refeitório, acompanhamento com os profissionais da cozinha sobre a separação do resíduo e agendamento com a prefeitura para o dia de coleta de recicláveis. Com a coleta seletiva implantada, deu-se início a Fase 4 com o convite à comunidade para usar o espaço escolar para destinar seus resíduos recicláveis, e ainda nessa fase se iniciou a compostagem na área externa da escola. Para a compostagem, foram delimitadas duas áreas externa para armazenar os resíduos de varrição e poda; e outra identificada para receber os resíduos alimentares próprios para compostagem e execução da mistura com as folhagens e resíduos da varrição.

Na Fase 5 foi realizado o inventário de emissões com base nos dados levantados nas fases anteriores.

A seguir, serão detalhadas as principais fases do processo de implantação do sistema de gestão de resíduos na Escola Estadual Almirante Barroso (EEAB).

### **2.3 Observação comportamental da comunidade escolar**

Em dezembro de 2014, foi apresentado para a gestora escolar e para a Coordenadoria da SEDUC-AM, órgão imediato para o qual a escola reporta suas atividades, o projeto para inclusão da escola na coleta seletiva municipal, que envolveria a identificação, separação de resíduos, implantação de compostagem, educação ambiental com alunos e funcionários e geração de dados de redução de emissão de gases de efeito estufa.

O projeto foi iniciado pela fase de observação comportamental dos alunos em relação aos resíduos, e à rotina de geração e destinação de resíduos provenientes das fontes geradoras da área escolar: salas de aula, setor administrativo, corredores, ginásio, cozinha, refeitório e banheiros. O objetivo da observação comportamental foi identificar como seria realizado o processo de

caracterização do resíduo, sua quantificação e como abordar os alunos e funcionários para a proposta de educação ambiental. A observação foi realizada em dias aleatórios durante um mês.

#### 2.4 Avaliação da composição gravimétrica dos resíduos

Um Plano de Gestão de Resíduos Sólidos segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos deve contemplar: diagnóstico, objetivos e metas, ação e definição de responsabilidades.

Para a descrição do método de trabalho foram feitas referências a alguns desses termos da lei, porém com adaptações necessárias por se tratar de uma escola, que possui processo mais simplificado, quando comparado à metodologia aplicada a municípios, estados e outros grandes geradores.

Para identificar a composição gravimétrica dos resíduos, foi utilizada a metodologia desenvolvida por Streb (2004), na qual afirma que não há um método padronizado, nem nacional nem internacionalmente, para a caracterização de resíduos, mas sim a adequação de metodologias consagradas, visando ao cumprimento do objetivo da avaliação gravimétrica.

Os resíduos foram classificados como: resíduos orgânicos (exceto papel), potencialmente recicláveis (exceto matéria orgânica), resíduos perigosos e rejeitos. Neste trabalho, cada classificação de resíduos foi identificada com vocação para uma destinação específica, como segue na Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação gravimétrica de resíduos da EEAB (continua)

<b>Classificação</b>	<b>Composição do Resíduo</b>	<b>Destinação Final</b>
<b>Resíduo orgânico</b>	Restos de alimento in natura	Compostagem
	Podas de plantas e restos de jardinagem	
<b>Resíduo Potencialmente Reciclável</b>	Papel de escritório	Reciclagem
	Embalagens de papel	
	Embalagens plásticas	
	Metal	
	Papelão	

Tabela 4 - Classificação gravimétrica de resíduos da EEAB (conclusão)

<b>Resíduo Perigoso</b>	Impressoras	Programa de logística reversa
	Cartuchos de tinta	
	Embalagens de tinta	
	Lâmpadas	
<b>Rejeitos</b>	Restos de alimento pós-preparo e pós-consumo	Aterro
	Resíduos de banheiros	
	Recicláveis contaminados com restos de alimentos	

Fonte: O autor (2017).

Para a identificação e classificação dos resíduos, durante os trinta dias de avaliação foram abertas todas as embalagens destinadas à lixeira e caracterizadas por sua origem (administração/manutenção, banheiros/corredores/salas, cozinha/refeitório, quintal/jardim) e vocação para destinação final, de acordo com o conteúdo avaliado em cada embalagem (compostagem, reciclagem, aterro ou programa de logística reversa).

Para o início da pesagem, foi cedida pela escola uma balança comum de banheiro. Cada saco de resíduo descartado ao fim do dia foi identificado pela sua origem e avaliado qualitativa e quantitativamente por meio de pesagem contínua durante 30 dias.

Antes de pesar os sacos, o responsável técnico subia na balança e anotava seu peso no momento, em seguida pesava-se com os sacos de lixo em mãos e depois descontava o seu peso. Também foram incluídos, nas pesagens eventuais, entulhos como móveis descartados e resíduos perigosos como impressoras e lâmpadas.

## 2.5 Ações de Educação Ambiental

As atividades de educação ambiental começaram somente após os 30 dias de pesagem. Inicialmente foi realizada uma reunião com os professores sobre a proposta do projeto e foram ofertados serviços de apoio para elaboração de aulas práticas que envolvessem o tema de resíduos sólidos e os impactos sobre o meio ambiente.

Com os funcionários de serviços gerais e cozinha buscou-se uma abordagem em forma de palestra sobre os problemas ambientais urbanos relacionados a resíduos sólidos e como suas atividades práticas se inserem nesse

contexto. Na Tabela 5, a seguir, constam as principais atividades de educação ambiental realizadas para cada público-alvo e os resultados esperados.

Tabela 5 - Plano de atividades de Educação Ambiental

<b>Público Alvo</b>	<b>Atividade</b>	<b>Resultado Esperado</b>
<b>Funcionários</b>	Palestras sobre resíduos sólidos e impactos ambientais.	Separação de resíduos na origem.
<b>Professores</b>	Palestras sobre resíduos sólidos e mudanças climáticas.	Introdução do assunto de forma transversal nas aulas curriculares.
<b>Alunos</b>	Exposição e palestra do resultado da caracterização dos resíduos que eles geram na escola.	Conhecimento das características dos resíduos e seus impactos no meio ambiente.
	Compostagem na prática: divisão de grupos para ajudar na separação e empilhamento de resíduos orgânicos.	Conhecimento de compostagem e formação de agente multiplicador na comunidade.
	Reciclagem na prática: divisão de grupos para ajudar a fiscalizar as lixeiras.	Conhecimento de separação de resíduos recicláveis de rejeitos.
	Jardim e/ou horta escolar: divisão de grupos para usar o adubo da compostagem para iniciar práticas de plantio.	Conhecimento de plantio de plantas ornamentais ou comestíveis. Cuidado com a beleza cênica da escola e do meio ambiente.
<b>Pais dos alunos</b>	Reunião na escola para apresentar o resultado do trabalho desenvolvido por eles.	Sensibilização dos pais a fazerem a separação de resíduos em casa com as crianças.
<b>Comunidade</b>	Convite para entregar resíduos sólidos recicláveis na escola.	Redução dos recicláveis enviados ao aterro e aumento da abrangência de coleta da cooperativa de catadores.

Fonte: O autor (2017).

## 2.6 Estimativa de emissões de GEE proveniente dos resíduos sólidos

Para o cálculo de emissões de gases de efeito estufa foi utilizada a Ferramenta *GHG Protocol* v2014. O cálculo de emissões restringiu-se às emissões indiretas provenientes dos resíduos sólidos gerados na operação, indicados no Escopo 3. Foi feito um levantamento específico das emissões decorrentes da destinação dos resíduos gerados na escola.

Em conjunto com a pesagem do resíduo, foi realizada a classificação de acordo com a origem e destino, buscando-se agrupar os resíduos de acordo com

as características solicitadas para a entrada de dados na planilha GHG Protocol. Na Tabela 6, consta a planilha de acompanhamento de resíduos com as classificações quanto à origem, ao destino, às características reais e às características na tabela *GHG Protocol*.

Tabela 6 - Característica dos resíduos inventariados

<b>Origem</b>	Administração/manutenção
	Banheiros/corredores/salas
	Cozinha/refeitório
	Quintal/jardim
<b>Destino</b>	Aterro
	Compostagem
	Reciclagem
	Programa de logística reversa
<b>Característica Real</b>	Armários em Metal
	Folhagens, frutos, areia
	Madeira
	Orgânicos (mais de 80% restos de alimentos)
	Papelão (100%)
	Perigoso (impressora, cartuchos e tintas)
	Perigoso (lâmpadas)
	Reciclável (100%)
	Rejeitos (mais de 50% rejeitos)
	Rejeitos e recicláveis contaminados (50% e 50%)
<b>Característica GHG</b>	Madeira
	Papel e papelão
	Resíduos alimentares
	Resíduos de jardim e parque
	Outros materiais inertes

Fonte: O autor (2017).

Após a implantação de gestão de resíduos com coleta seletiva e compostagem, a pesagem dos resíduos foi realizada por mais quatro meses para verificação dos resultados na separação e destinação dos resíduos da escola.

O aterro municipal de Manaus é licenciado como aterro controlado e de acordo com a tabela GHG, está incluído na categoria C, não atende aos critérios dos aterros sanitários e semi-aeróbios, e que possuem profundidade igual ou maior a 5 m e/ou alto nível do lençol freático (próximo à superfície). Este último critério corresponde ao preenchimento de antigos corpos de água por resíduos (ex. lagos ou rios vazios).

A classificação de resíduos real foi relacionada com a classificação da planilha *GHG Protocol*, os itens mudam a nomenclatura mas permanece a composição dos resíduos. Como segue na Tabela 7.

Tabela 7 - Comparação da classificação adotada com a classificação da planilha GHG Protocol

<b>Classificação GHG Protocol</b>	<b>Classificação Metodologia do autor</b>	<b>Composição do resíduo</b>
A – Papéis/papelão	Papelão	Caixas e demais embalagens em papelão
B – Resíduos têxteis	Não consta	Não consta
C – Resíduos alimentares	Orgânicos e recicláveis	Restos de alimentos, papel contaminado, embalagens recicláveis contaminadas com restos de alimentos úmidos
D – Madeira	Madeira	Móveis de madeira, tábuas quebradas
E – Resíduos de jardim e parque	Folhagens, frutos e areia	Folhagens, frutos, areia e podas de plantas
F – Fraldas	Não consta	Não consta
G – Borracha e Couro	Não consta	Não consta
Outros Materiais Inertes	Recicláveis	Embalagens plásticas, metal, armários em metal, embalagens de isopor e demais recicláveis

Fonte: O autor (2017).

O índice de geração de resíduo “per capita” obtido no trabalho serviu de base para estimar a geração de resíduo nas demais escolas e, estimar a redução de GEE com resíduos sólidos em Manaus.

É necessário destacar que a estimativa das emissões de GEE dos resíduos gerados na escola passou por uma limitação de ordem prática. O aterro de Manaus possui um sistema de captação e queima do biogás gerado. A planilha *GHG Protocol* solicita que seja informado se há ou não processo de recuperação de metano no aterro onde os resíduos são depositados, sendo a queima considerada como um processo de recuperação. Entretanto, a ferramenta considera que todo o metano gerado será recuperado (queimado). Além disso, considera-se que o mesmo se transforma em  $CO_2$  de biomassa/ $CO_2$  biogênico.

O Programa Brasileiro *GHG Protocol* (2016) define as emissões de  $CO_2$  biogênico da seguinte forma:

Emissões de  $CO_2$  biogênico: algumas atividades antrópicas emitem  $CO_2$  por conta da transformação de estoques biológicos de carbono (vegetais, animais, algas, entre outros). O carbono presente em tais estoques biológicos foi removido da atmosfera através da fotossíntese. Logo estas emissões não possuem impacto adicional na concentração deste GEE na atmosfera (Fundação Getúlio Vargas, 2014).

Ao considerar que todo o metano gerado será queimado no *flare* e transformado em  $CO_2$ , e que essa emissão é biogênica, conclui-se (sob a perspectiva do método aplicado) que o envio de menores ou maiores quantidades de resíduos ao aterro, sob tais condições, não exerce efeito sobre o clima.

Entretanto, ao considerar que a queima controlada do biogás gerado em aterros sanitários não é uma realidade difundida no Brasil, optou-se por realizar a estimativa considerando também a hipotética situação de ausência de processos de recuperação do biogás. Dessa forma, os resultados poderão auxiliar para que escolas em realidades semelhantes, mas com locais de deposição de resíduos que não possuam recuperação de biogás possam vislumbrar uma estimativa do potencial de geração de gases de efeito estufa oriunda da gestão de seus resíduos.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Observação comportamental e ações de Educação Ambiental**

Para a execução deste trabalho foi necessária a compreensão da importância da parceria entre as partes. A coordenação e diretoria escolar, bem como seus profissionais e docentes, foram receptivos com o projeto proposto.

Durante a implantação da gestão de resíduos, foram delegadas tarefas e responsabilidades além das que os funcionários da escola estão habituados e, nesse quesito, os funcionários da cozinha, principal fonte geradora de resíduos, foram essenciais para obtenção de bons resultados para manter a separação de resíduos e dar continuidade ao trabalho.

Por vezes, no resíduo do refeitório, foram encontrados talheres e pratos reutilizáveis. Esse comportamento foi visto como um indicador de irresponsabilidade com os bens escolares. Caberia realizar um estudo para avaliar se os alunos apresentam esse tipo de comportamento em outras situações sociais ou somente no ambiente escolar. Um estudo mais aprofundado poderia indicar melhor as causas dessas atitudes e verificar se essa é uma tendência de comportamento de uma nova geração. A partir da avaliação das causas do comportamento, as ações de educação ambiental poderiam ser direcionadas de forma mais eficaz na resolução do problema.

Não foi possível realizar ações diretas com os alunos da escola. Não houve oportunidade para que os professores discutissem e incluíssem atividades extras em seus cronogramas. Cabe também uma avaliação para identificar qual o período mais adequado do ano letivo para propor inclusão de atividades na rotina escolar para não interferir no planejamento dos professores.

As lixeiras foram identificadas para possibilitar a separação correta de resíduos. Foram impressos materiais disponibilizados no site do Ministério do Meio Ambiente para “Resíduos Secos” e “Resíduos Úmidos”, e colocados na entrada da escola e nos corredores próximos às lixeiras com instruções e imagens de como diferenciar os resíduos e como escolher a lixeira em qual descartar. Nessas áreas comuns, não houve distinção de resíduos nas lixeiras, mesmo identificadas. Os usuários ainda descartavam sem avaliação dos critérios de separação de resíduos. Em compensação para os resíduos da cozinha, refeitório, manutenção e escritórios houve a separação constante de resíduos secos e úmidos.

Foi enviada uma carta convite às empresas, comunicando que a escola passava a ser um ponto de entrega voluntária de resíduos recicláveis. No informativo, constavam o dia de coleta e as instruções de como adentrar a escola, local e modo de armazenar os resíduos.

Dos dez convites entregues, aderiram ao projeto uma empresa de seguros, um restaurante, um condomínio residencial e um mercado de pequeno porte. Esses apoiadores do projeto contribuíram para o aumento da quantidade de resíduos recicláveis coletados na escola.

### 3.2 Gestão de Resíduos

Na Tabela 8, constam a quantidade de resíduos contabilizada, durante os 30 dias de diagnóstico, assim como uma média diária e anual, além da quantidade de resíduos gerada “per capita”, considerando o número de alunos e funcionários da escola.

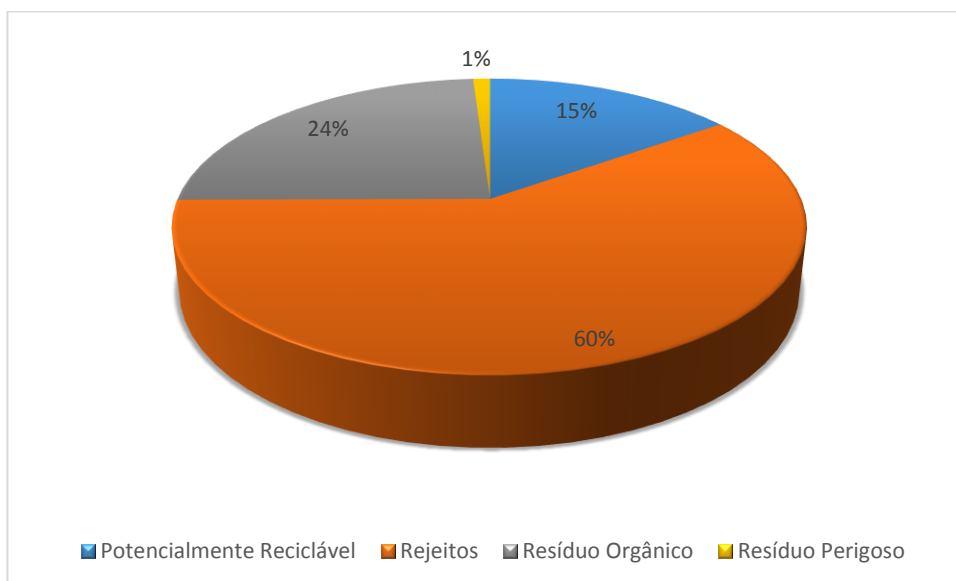
Tabela 8 - Resultado do Inventário de Resíduos da EEAB

<b>Dados resíduos EEAB</b>	<b>Valores</b>
Total de resíduo em 30 dias de pesagem ( <i>kg</i> )	2.343,30
Média por dia ( <i>kg</i> )	78,11
Quantidade gerada em 365 dias ( <i>kg</i> )	28.510,15
RSU per capita EEAB ( <i>kg.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup></i> )	0,34

Fonte: O autor (2017).

A composição gravimétrica desses resíduos foi classificada de acordo com o Gráfico 1 a seguir:

Gráfico 1 - Composição Gravimétrica EEAB

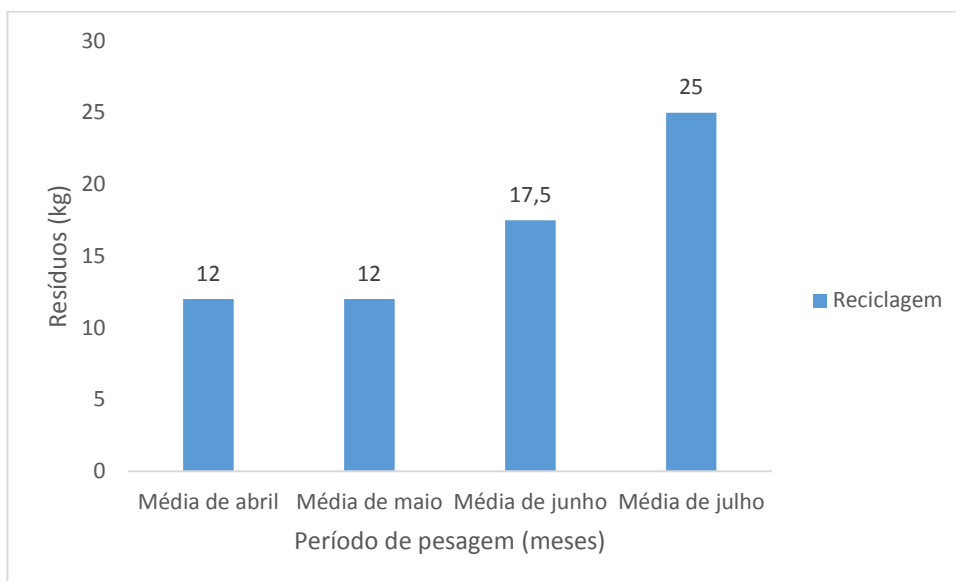


Fonte: O autor (2017).

Após a implantação da coleta seletiva, a escola passou a ser parte da rota semanal do carro de coleta seletiva do município de Manaus. Todo o resíduo reciclável passou a ser destinado a uma das cooperativas de catadores de Manaus. A escola reduziu a sua destinação de resíduos para o aterro, que passou de 71,98 quilos por dia para uma média de 51,78 quilos por dia, e passou a contribuir para um bem social, promovendo a inclusão do trabalho dos catadores e geração de renda. A quantidade de resíduos destinados para reciclagem aumentou progressivamente por três meses (Gráfico 2).

Devido à adesão de empresas e condomínios da comunidade, foi possível ver esse reflexo na pesagem dos recicláveis.

Gráfico 2 - Resíduos Coletados para Reciclagem EEAB

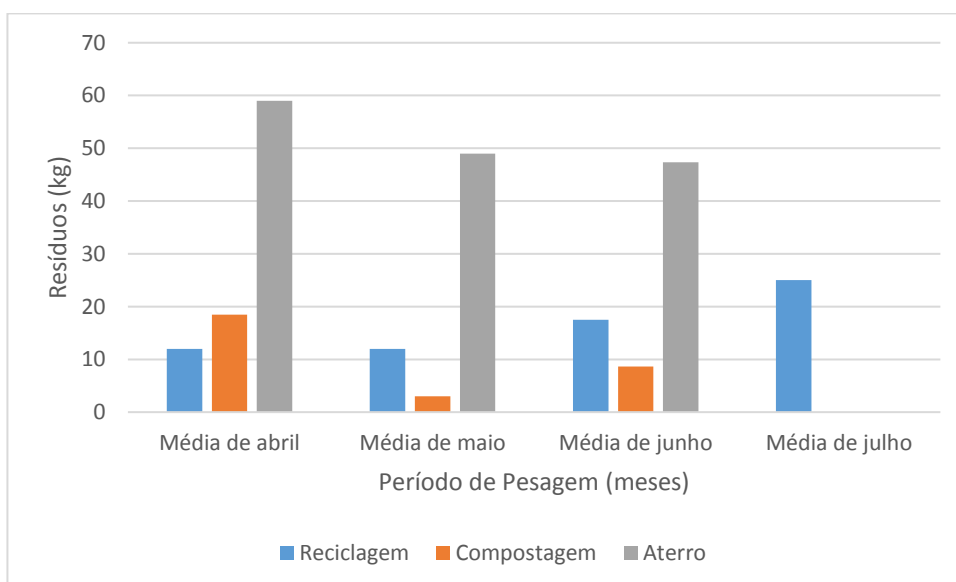


Fonte: O autor (2017).

Após a implantação da gestão de resíduos, foram feitas visitas 2 a 3 vezes por mês para monitoramento. Como a coleta seletiva era semanal, passou-se a pesar os resíduos da escola um dia antes da coleta.

A quantidade de rejeitos enviados para o aterro diminuiu durante os meses que sucederam a implantação do sistema de gestão (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Cenário de Resíduos Sólidos após a Gestão de Resíduos na EEAB



Fonte: O autor (2017).

Para a compostagem na escola foram treinados 2 profissionais da cozinha para destinar os resíduos orgânicos in natura, evitando carnes e legumes cozidos,

depositando no local determinado e cobrindo com folhagens, que também passaram a ser separadas no quintal ao invés de serem enviadas ao aterro. Como a área é bastante arborizada, o jardineiro também foi treinado para não descartar mais as folhagens de varrição do quintal na lixeira comum, separando-as em uma área de 1,5 m<sup>3</sup> cercada para serem incorporadas à compostagem. Em um mês, a área de folhagens já estava cheia e, em 2 meses, já havia adubo produzido. O calor constante e a umidade da região favorecem a rápida decomposição dos resíduos sólidos orgânicos. O adubo produzido não foi contabilizado.

Para os resíduos perigosos tais como lâmpadas, pilhas e produtos eletrônicos como impressoras e cartuchos de tinta foi idealizado um plano de logística reversa com empresas e distribuidoras locais, mas não foi colocado em prática.

### 3.3 Estimativa de emissão de GEE

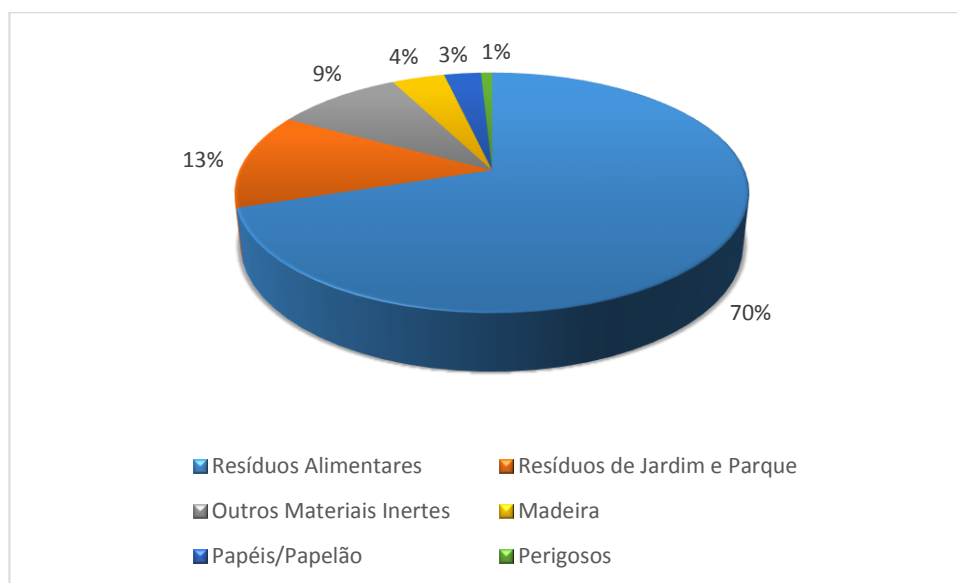
A classificação dos resíduos gerados na EEAB, quando comparados com a planilha *GHG Protocol*, ficou de acordo com a Tabela 9.

Tabela 9 - Classificação Gravimétrica de Resíduos de acordo com a planilha GHG Protocol

<b>Percentagem (%)</b>	<b>Classificação Padrão GHG Protocol</b>	<b>Peso Qtd (kg)</b>
100	Total em 30 dias de pesagens	2.159,30
2,78	A - Papéis/Papelão	60,00
70,04	C - Resíduos Alimentares	1.512,30
3,98	D - Madeira	86,00
12,87	E - Resíduos de Jardim e Parque	278,00
9,49	Outros Materiais Inertes	205,00

Fonte: O autor (2017).

Gráfico 4 - Composição Gravimétrica de Resíduos de Acordo com a Planilha GHG Protocol



Fonte: O autor (2017).

Os materiais perigosos identificados como lâmpadas e aparelhos eletrônicos somaram-se 18 *kg* e não possuem classificação compatível na lista GHG. Por representarem menos de 1% do total do peso dos resíduos gerados pela escola, foram considerados não relevantes para o cálculo de emissões de GEE.

Como o aterro controlado de Manaus possui o sistema de captação e queima de metano, não há emissões diretas por metano. Portanto, o resultado das emissões calculadas equivale a emissões em  $CO_{2eq}$  de biomassa.

A Escola Estadual Almirante Barroso (EEAB) emitiu 2,74  $tCO_2e$  no ano de 2015. Entretanto, esse valor se refere às emissões de  $CO_2$  biogênico. E conforme foi citado no item de material e métodos, o IPCC considera que essas emissões não possuem impacto adicional na concentração deste GEE na atmosfera (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS, 2016).

Caso o aterro de Manaus não possuísse captação e queima do biogás gerado, realidade na maioria dos aterros brasileiros, a emissão seria de 0,997  $tCH_4$ , que equivaleria a 24,914  $tCO_2e$ .

Após a implantação do sistema de gestão de resíduos na escola, o envio de resíduos ao aterro, estimado em 26 toneladas anuais passou a ser de 18 toneladas anuais de resíduos predominantemente orgânicos. Com essa redução, as emissões de gases de efeito estufa passariam a ser de 16,64  $tCO_2e$ , considerando

o envio para um aterro sem recuperação de biogás, uma redução de cerca de 30% nas emissões. Ver tabela 10 a seguir, considerando as emissões com e sem a queima de gás metano em flares no aterro de Manaus:

Tabela 10 - Dados de Emissão de GEE da Escola Estadual Almirante Barroso

<b>Escola Almirante (EEAB)</b>	<b>Estadual Barroso</b>	<b>GEE <math>tCO_{2eq}ano^{-1}</math> (com flare) Biogênico</b>	<b>GEE <math>(tCO_{2eq}ano^{-1})</math> (sem flare)</b>
Anterior a Gestão de RSU		2,741	24,914
Posterior a Gestão de RSU		1,830	16,640

Fonte: O autor (2017).

Para uma estimativa da redução de emissão de gases de efeito estufa a partir da implantação de um sistema de gestão de resíduos sólidos nas escolas de ensino fundamental do município, foi aplicado o índice “per capita” de geração de resíduos de  $0,34 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , obtido neste estudo. Em Manaus, são 734 escolas de ensino fundamental com 346.701 habitantes (alunos matriculados e docentes) dentre públicas e privadas, resultando em uma geração de 43.025,59  $t.ano^{-1}$  de resíduos. Ao considerar a mesma composição gravimétrica dos resíduos obtida neste estudo, as emissões das escolas fundamentais de Manaus somariam 40.804,887  $tCO_2e$  em 2015 (caso o aterro de Manaus não realizasse a queima do biogás).

A escola em análise reduziu 28% da média de envio de resíduos para o aterro sanitário. Ao aplicar esse percentual de redução de envio de resíduos ao aterro obtido na escola em estudo, as demais escolas de Manaus passariam a enviar ao aterro 28.009,66 toneladas de resíduos anualmente, perfazendo uma emissão de 24.804,453  $tCO_2e$ .

Após a finalização deste estudo, não foi dada continuidade ao trabalho de compostagem e não foi iniciada a horta escolar.

Não foram encontrados resultados de estudo compatíveis com os critérios utilizados nesse trabalho para fazer uma comparação dos resultados obtidos. Identificou-se artigos científicos com resultados de inventários de emissões de centros universitários ao invés de escola de ensino fundamental, e sem os objetivos de ênfase em resíduos sólidos e sua destinação final.

#### 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a coleta seletiva funcionando plenamente de forma organizada e contínua, é possível reduzir em mais de 50% o envio de material reciclável ao aterro sanitário.

Para se obterem resultados em consolidação da sensibilização ambiental dos estudantes, é preciso fomentar atividades práticas de educação ambiental. Por se tratar de um público infanto-juvenil, há tempo de se mudar o comportamento quanto à geração de resíduos, e é preciso fazer um trabalho mais intensivo e integrado de educação ambiental para evitar que essa seja uma geração caracterizada por hábitos descartáveis.

O resíduo escolar possui a mesma característica do resíduo urbano do Brasil, sendo mais de 50% de resíduo orgânico. Considerando o fato de que alunos e funcionários realizam 3 refeições diárias na escola, grande parte do resíduo orgânico é composto de restos de alimentos. Todo o resíduo proveniente da cozinha e refeitórios, locais com maior geração de resíduo, consiste basicamente em resíduo orgânico. Por isso, deve ser incentivada a separação de resíduos na fonte. É a forma mais eficiente de se evitar a emissão de GEE proveniente de descarte de resíduos.

Este estudo também mostrou o quanto de recicláveis e orgânicos pode-se remover do lixo comum de uma escola, e como isso pode impactar positivamente a redução de emissão de gases de efeito estufa, aplicando os princípios da educação ambiental.

Acredita-se que, para que o trabalho de gestão tenha continuidade é preciso um gestor com perfil de educador ambiental para acompanhar um processo de no mínimo dois anos, até que se transforme em uma cultura escolar.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**: 2014. São Paulo: Abrelpe, 2014. Disponível em: < <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 de dezembro de 2010. Seção 1. p. 1. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm)>. Acesso em: 04 dez. 2016.

CEMPRE. **Cempre review 2013**. São Paulo: Compromisso Empresarial para Reciclagem, 2013. p. 6.

CETESB. Sistema ambiental paulista. **Aterro sanitário**. 1997. Disponível em: < <http://biogas.cetesb.sp.gov.br/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

FABRIS, C.; STEINER NETO, P. J.; TOALDO, A. M. M. Evidências empíricas da influência da família, mídia, escola e pares nos antecedentes e no comportamento de separação de materiais para reciclagem. **RAC**, Curitiba, v. 14, n. 6, p. 1134-1157, nov./dez. 2010.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. EASP Centro de Estudos em Sustentabilidade. **ONU diz que é preciso cortar emissões de CO2 a zero até o fim de 2100**, 03 nov. 2014. Disponível em: <<http://ghgprotocolbrasil.com.br/onu-diz-que-e-preciso-cortar-emissoes-de-co2-a-zero-ate-o-fim-de-2100?locale=pt-br>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Programa brasileiro GHC Protocol**: iniciativa GVCES. 2016. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

LIMA, L. M. Q. **Biorremediação de lixões**: aplicação da biotecnologia, [S. l.]: [SINDIBIO], 2002.

IPEA. **Pesquisa sobre pagamento por serviços ambientais urbanos para gestão de resíduos sólidos**: relatório de pesquisa. Brasília: Ipea, 2010.

PIPATTI, R. et al. Waste generation, composition and management data. In: Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies, 2006. Capítulo 2: Waste. Disponível em <[http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volume5/V5\\_2\\_Ch2\\_Waste\\_Data.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_2_Ch2_Waste_Data.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2017.

STREB, C. S. Caracterização do resíduo sólido doméstico: metodologia para avaliação do potencial de minimização. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 29., 2004, San Juan. **Anais ...** San Juan: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2004. p. 1-12.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Waste and climate change: global trends and strategy framework**. Shiga, Osaka: UNEP, 2010. Disponível em: <http://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8648/Waste%26ClimateChange.pdf?sequence=3&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 jan. 2017.