



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ANÁLISE CRÍTICA DA VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO PROCESSO DE
RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO ÂMBITO DE UM MUNICÍPIO**

ALDO SIERVO DE AMORIM

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Materiais**

**Orientadora:
Profa. Dra. Maria Aparecida Faustino Pires**

**São Paulo
2016**



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**ANÁLISE CRÍTICA DA VIABILIDADE ECONÔMICA E AMBIENTAL DO PROCESSO DE
RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO ÂMBITO DE UM MUNICÍPIO**

ALDO SIERVO DE AMORIM

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Materiais**

**Orientadora:
Profa. Dra. Maria Aparecida Faustino Pires**

Versão Corrigida
Versão Original disponível no IPEN

São Paulo
2016

À minha mãe Ângela e
ao meu filho Lucas.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN – CNEN/SP, e ao Centro de Química e Meio Ambiente, CQMA, pela oportunidade de fazer este trabalho de doutorado.

À minha orientadora Profa. Dra. Maria Aparecida Faustino Pires, por todo o apoio dado, confiança incentivo, orientação e inestimáveis conselhos sem o qual este trabalho não teria sido executado.

À Prefeitura Municipal de Guarulhos e a Secretaria de Serviços Públicos, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

À Secretária de Serviços Públicos Arq. Creusa Salete de Oliveira Marra, pelo fornecimento de informações sobre seu departamento.

Ao diretor do Departamento de Limpeza Urbana, Eng. Jonathas Durães Junior, por permitir o acesso aos dados do Sistema de Gerenciamento de Resíduos de Guarulhos.

Aos colegas da Secretaria de Serviços Públicos, que me receberam como um amigo e pelos quais criei um carinho muito grande, dentre eles, a Arq. Izabel, Bio. Vanderlei, Bio. Elias, Arq. Clodoaldo, Arq. Renato, Arq. Juliana, Arq. Ângela, Tec. Éric, Tec. Jorge Tec. Silas, Eng. Reginaldo, Eng. Nancy, Arq. Laura, Eng. Vantuil, Gerentes Técnicos Osvaldo Fraga, Marta, Claudia, Claudia Maria, Madalena entre outros.

À Proguaru S/A Progresso e Desenvolvimento de Guarulhos, na pessoa do seu Diretor-Presidente Eng. Álvaro Antonio Carvalho Garruzi e do Diretor Técnico Eng. Adailton Saraiva de Barros

Aos amigos que conheci na PROGUARU e que tanto colaboraram, em especial, Eng. José Maria, Eng. Lee Reys, Eng. Victor, Eng. Marly, Eng. Renato.

Ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Guarulhos na pessoa do Eng. Marco Aurélio Cardoso Carvalho, Diretor do Departamento de Manutenção e Operação.

Ao Sr. Marcos Simões, diretor da Mineradora CAJ e do Porto Daktari, pelas informações imprescindíveis sobre a mineração de areia.

Aos colegas do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, em especial a Elaine Jardim, Hélio Furukawa, Marycel Cotrim, Nilce Ortiz, Hélio Ferreto, Jamil Ayoub, Wagner Terazan pela amizade e cooperação da realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Zeituni, pelo incentivo e pelas discussões sobre o trabalho de doutorado.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado.

“Algo só é impossível até que alguém duvide
e acabe provando o contrário.”

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise da viabilidade econômica e ambiental do processo de reciclagem de Resíduos de Construção Civil em um município. Utilizou-se como base o Município de Guarulhos onde foi efetuado um levantamento das quantidades de resíduos de construção civil produzidos, seu gerenciamento e o processo de reciclagem e reutilização dos agregados reciclados produzidos. O Município de Guarulhos implantou o primeiro Ponto de Entrega Voluntária (PEV) de resíduos em 2003 e, de forma ininterrupta, vem aumentando a disponibilidade desses pontos a população, possuindo 17 pontos em 2014. Inicialmente planejados para receber apenas resíduos provenientes de construção civil, tornaram-se pontos onde a população destina inúmeros resíduos sólidos não orgânicos.

A empresa de pública responsável por obras na cidade, PROGUARU, possuiu uma Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil (URE) que produz agregados reciclados para uso em manutenções e pavimentação, além de fornecer material para utilização na Fábrica de Pré-Moldados da Prefeitura, fechando um ciclo de captação, processamento e reutilização dos Resíduos de Construção Civil no município.

Foram desenvolvidos dois modelos que incluem no cálculo econômico do processo de reciclagem de Resíduos de Construção Civil de um município, a economia obtida com a diminuição do descarte irregular e com a substituição de agregados naturais pelos agregados reciclados produzidos pela PROGUARU.

No período de 2003 a 2014, os Pontos de Entrega Voluntária receberam 296.210,11 . 10³ kg de resíduos totais, e enviou 214.910, 57 . 10³ kg de Resíduos de Construção Civil para a URE. O lucro anual do sistema incluindo o custo dos terrenos (PEV e URE) foi de R\$ 3,50 por habitante, e desprezando o valor dos terrenos foi de R\$ 5,02 por habitante.

O trabalho de pesquisa comprova a viabilidade econômica da reciclagem, além dos ganhos ambientais pela diminuição dos descartes irregulares e economia de recursos naturais.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the economic and environmental viability of Civil Construction Waste recycling process in a municipality. It was used as a basis the municipality of Guarulhos, where a survey of quantities of construction waste generated, its management and the process of recycling and reuse of recycled aggregates produced was made. The municipality of Guarulhos implemented the first Voluntary Delivery Point (PEV) of waste in 2003 and uninterruptedly, is increasing the availability of these points population, having 17 points in 2014. Initially planned to only receive waste from construction, become points where the population intended number of inorganic solid waste.

The public corporation responsible for works in the city, PROGUARU, owned a Plant Construction Waste Recycling (URE) producing recycled aggregates for use in maintenance and paving, as well as providing material for use in Precast Factory, closing a funding cycle, processing and reuse of Construction Waste in the city.

Were developed two models that include the economic calculation of the Civil Construction Waste recycling process of a municipality, the savings from the reduction of irregular disposal and replacement of natural aggregates by recycled aggregates produced by PROGUARU.

In the period 2003-2014, the Voluntary Delivery Points received 296.210,11 . 10³ kg of total waste, and sent 214,910, 57 . 10³ kg Civil Construction Waste for URE. The annual profit of the system including the cost of land (PEV and URE) was R \$ 3.50 per capita, and despising the value of land was R \$ 5.02 per capita.

The research confirms the economic viability of recycling, in addition to environmental benefits by decreasing the irregular disposal and saving natural resources.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	RELEVÂNCIA CIENTÍFICA E CONTRIBUIÇÃO ORIGINAL DA PESQUISA.....	8
3	OBJETIVO	10
4	DESENVOLVIMENTO TEÓRICO	11
4.1	Desenvolvimento Sustentável	11
4.2	Materiais Descartados pelas Obras de Construção Civil	13
4.3	Cadeia Produtiva da Construção Civil e Agregados para Construção Civil	16
4.4	Reciclagem do Resíduo de Construção Civil.....	18
4.5	Panorama da Coleta de Resíduos no Brasil.....	22
4.6	Ciclo de vida do concreto e o comportamento dos stakeholders	25
4.7	Modelos de ganhos com reciclagem de resíduos.....	28
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
5.1	Área de estudo.....	38
5.2	Consumo de agregados reciclados - Prefeitura de Guarulhos.....	42
5.3	Departamento de Limpeza Urbana de Guarulhos	44
5.4	Ensaio nos agregados reciclados.....	45
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
6.1	Gastos com recolhimento de descartes irregulares	46
6.2	Recebimento de Resíduos pelos Pontos de Entrega Voluntária.....	47
6.3	Processo de reciclagem de RCC na usina da PROGUARU	57
6.4	Resultados dos ensaios dos agregados reciclados produzidos pela Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil	61
6.5	Utilização de agregado reciclado em obras de pavimentação pela PROGUARU.....	65
6.6	Consumo de agregados reciclados pela PROGURU.....	71

6.7	Utilização de agregados reciclados pela Fábrica de Pré-Moldados da Prefeitura de Guarulhos.....	72
6.8	Produção de agregados naturais e custos de recuperação.....	76
6.9	Utilização de Agregados pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos	83
6.10	Recepção de resíduos	84
6.11	Gastos do sistema	86
6.12	Receitas	90
6.13	Proposta do modelo	100
7	CONCLUSÃO	112
8	TRABALHOS FUTUROS	114
9	BIBLIOGRAFIA	115
ANEXO 1	Ensaio para caracterização dos agregados reciclados.....	125
ANEXO 2	Características físicas dos PEVs	133

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Composição da cadeia produtiva da Construção (ABRAMAT, 2016)	17
FIGURA 2: Geração de Resíduos Sólidos Urbanos (ABRELP, 2014).....	23
FIGURA 3: Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos. (ABRELP, 2014).....	23
FIGURA 4: Geração de resíduos domiciliares indiferenciados em Guarulhos (GUARULHOS, PGIRS, 2013)	40
FIGURA 5: Caracterização dos Resíduos Sólidos de Guarulhos (GUARULHOS, PGIRS, 2013).....	41
FIGURA 6: Quantidade anual de resíduos recebidos pelos PEVs	49
FIGURA 7: Tipos de resíduos, quantidade e destinação dos materiais entregues nos PEVs no ano de 2014 em porcentagem.	50
FIGURA 8: Quantidade de RCC enviado a Usina de Reciclagem	51
FIGURA 9: Área de Influência dos PEVs.....	55
FIGURA 10: Descarregamento de RCC na URE (foto do autor).....	58
FIGURA 11: Recicladora recebendo resíduos para processamento (foto do autor).	59
FIGURA 12: Agregados após a moagem sendo retirados pela pá carregadeira (foto do autor)	59
FIGURA 13: Agregados reciclados após a moagem (foto do autor)	60
FIGURA 14: Rua Lagedão após a aplicação de Brita Graduada Simples e areia reciclada. (CORDEIRO, 2014).....	68
FIGURA 15: Execução da camada de revestimento de Concreto Betuminoso Usinado à Quente, na rua Lagedão. (CORDEIRO, 2014).	69
FIGURA 16: Condições existentes da Rua Orlando Bergamo – Cumbica, em fevereiro de 2014 (CORDEIRO, 2014).....	70
FIGURA 17: Início dos trabalhos de manutenção qualificada na rua Orlando Bergamo, em fevereiro de 2014. (CORDEIRO, 2014).	70
FIGURA 18: Manutenção qualificada concluída na Rua Orlando Bergamo – Cumbica, em março de 2014 (CORDEIRO, 2014).....	71
FIGURA 19: Consumo de areia reciclada e areia natural pela Fábrica de Pré-Moldados.....	73
FIGURA 20: Consumo de agregados graúdos reciclados e agregados graúdos naturais pela Fábrica de Pré-Moldados.	74

FIGURA 21: Moldagem das formas com massa preparada com agregados reciclados e naturais (foto do autor)	75
FIGURA 22: Lajotas produzidas com mistura de agregados naturais e reciclados em processo de cura (foto do autor).....	76
FIGURA 23: Dragagem submersa (foto do autor).....	77
FIGURA 24: Areia para secagem (foto do autor)	78
FIGURA 25: Escavação do talude (foto do autor).....	79
FIGURA 26: Plantio de árvores em volta do talude (foto do autor)	80
FIGURA 27: Vista da cava da pedreira (foto do autor).....	81
FIGURA 28: Carregamento de rochas para a britagem (foto do autor)	82
FIGURA 29: Britador da Pedreira Santana (foto do autor).....	82
FIGURA 30: Utilização de agregado reciclado pelo SAAE (DOS ANJOS, et.al., 2013)	84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Geração per capita de RCC em diversos países.	21
TABELA 2: Geração de Resíduos da Construção Civil por regiões administrativas no Estado de São Paulo (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2015).	22
TABELA 3: Dados referentes aos Resíduos Sólidos Urbanos gerados e coletados no Estado de São Paulo. (ABRELP, 2014)	24
TABELA 4: Quantidades de RCC coletado em 2013 e 2014, na Região Sudeste (ABRELP, 2014).	25
TABELA 5: Externalidades propostas por CALDERONI (2012)	29
TABELA 6: Estimativa da quantidade de resíduos em Guarulhos (GUARULHOS, PGIRS, 2013)	40
TABELA 7: Estimativa diária de geração de RCC por tipo de material (10 ³ kg) (Guarulhos, PGIRS, 2013)	42
TABELA 8: Consumo e custo anual dos diferentes tipos de agregado adquiridos pelo DOADM – Secretaria de Serviços Públicos, no período de 2011 a 2014 .	43
TABELA 9: Quantidades recolhidas e despesas dos RSU (Brasil, SNIS 2015)	44
TABELA 10: Tipo, quantidade e destinação dos resíduos coletados das disposições irregulares em 2014	46
TABELA 11: Destinação dos Resíduos Recebidos pelos PEVs	48
TABELA 12: Tipo, quantidade e destinação dos resíduos entregues nos PEVs em 2014.....	49
TABELA 13: População atendida pelos PEVs e média mensal de visitas em 2014.	53
TABELA 14: Pontos de Entrega Voluntária – Dados físicos e financeiros	56
TABELA 15: Agregados Reciclados (AR) caracterizados de acordo com sua composição e granulometria, definidas pela NBR NM 248:2003	61
TABELA 16: Agregado – Ensaio de Índice de Desempenho de Agregado Miúdo Contendo Impurezas Orgânicas (NBR – 7221:12)	62
TABELA 17: Análise de Agregado: Análise Granulométrica – NBR NM 248:03	63
TABELA 18: Resultados dos ensaios de agregado reciclado miúdo e graúdo.	64
TABELA 19: Resultados obtidos na análise química dos agregados reciclados	65
TABELA 20: Ensaio dos agregados reciclados para uso em pavimentação.	66
TABELA 21: Estrutura de pavimento utilizando agregado reciclado	68

TABELA 22: Quantidades anuais de agregados utilizados em obras de pavimentação	72
TABELA 23: Investimentos anuais efetuados pela Prefeitura de Guarulhos.	87
TABELA 24: Investimento totais excluindo áreas públicas e totais acumulados no período de 2003 com projeção até 2020.	88
TABELA 25: Estimativa da População no período de 2003 a 2014 (IBGE, 2015)	93
TABELA 26: Quantidade anual de Resíduos Totais e Resíduos de Construção Civil recebidos pelos PEVs nos anos de 2003 à 2014, e projeções até 2020. .	94
TABELA 27: Quantidade de resíduos totais e quantidade acumulada, recebidos pelos PEVs.	95
TABELA 28: Quantidade de resíduos de construção civil e quantidade acumulada, recebido pelos PEVs.	96
TABELA 29: Resíduos totais e RCC recebidos por número de PEVs.	97
TABELA 30: Receita anual proporcionada pelos PEVs.	99
TABELA 31: Receita anual cumulativa proporcionada pelos PEVs.	100
TABELA 32: Resumo dos dados aplicados ao modelo.	105
TABELA 33: Resumo dos Resultados Obtidos.	110

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRAMAT: Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção
- ABRELP: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- AMLURB: Autoridade Municipal de Limpeza Urbana – São Paulo
- ANEPAC: Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção
- ATESP: Associação dos Transportadores de Entulho de São Paulo
- ATT: Área de Transbordo e Triagem
- CBIC: CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO
- CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- PEV: Ponto de Entrega Voluntária
- PGIRS: Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbano-
- PIB: Produto Interno Bruto
- PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos
- PROGUARU: Progresso e Desenvolvimento de Guarulhos S/A
- RCC: Resíduos da Construção Civil
- RSD: Resíduos Sólidos Domiciliares
- RSU: Resíduos Sólidos Urbanos
- SAAE: Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos S/A
- URE: Usina de Reciclagem de Resíduos – PROGUARU

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção reúne cadeias produtivas, com a participação de cerca de cem setores e subsetores industriais. Segundo MELLO e AMORIM (2009) essa cadeia produtiva evolve: mineração, siderurgia do aço, metalurgia do alumínio e do cobre, vidro, cerâmica, madeira, plásticos, equipamentos elétricos e mecânicos, fios e cabos e diversos prestadores de serviços, como escritórios de projetos arquitetônicos, serviços de engenharia e empreiteiros. A indústria da construção é responsável por 8,5% do PIB (Produto Interno Bruto) do País (ABRAMAT, 2015), é considerada como um dos setores que mais consome recursos naturais e energia primária mundial (30 a 40%) (UNEP, 2007) sendo a indústria da construção civil o setor produtivo que mais gera resíduos sólidos.

O reaproveitamento desses resíduos pela própria indústria da construção civil provoca, direta e indiretamente, a redução do uso de recursos naturais não renováveis, de energia elétrica, da geração de novos resíduos sólidos, do desperdício de materiais construtivos além da contribuição considerável do impacto ambiental decorrente da deposição irregular.

Estima-se que a cadeia produtiva da construção civil gere entre 20% e 25% do total de resíduos da indústria brasileira. Mesmo assim, o setor está inserido em uma atividade econômica significativamente impactante: mais de 250 milhões de 10^3 kg anuais de agregados são extraídos para construção no Brasil e pelo menos 100 milhões de 10^3 kg de resíduos, gerados todo ano (CBIC, 2014).

A quantidade de resíduo depende do nível da atividade econômica do país e das novas construções e manutenções, variando conforme as práticas construtivas. Parte da geração destes resíduos da construção é provocada por perdas de processo e a este total devem ser adicionados ainda os resíduos gerados

antes das etapas de construção e demolição, como extração de matérias-primas, fabricação, transporte e comercialização dos materiais.

Seja para as construtoras e empreendedoras, seja para as prefeituras e a sociedade, a gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) também tem resultado em custos elevados. Além deste problema apontado, a deposição clandestina de RCC, comum em muitas cidades, agrava os impactos ambientais, provocando o assoreamento de córregos, o entupimento de redes de drenagem e como consequência, as enchentes urbanas.

A atividade de construir movimentava um amplo conjunto de setores e causando impactos que vão além dos resultados diretos de sua produção. A indústria da construção civil é o destino da produção dos demais segmentos envolvidos, tais como indústria metalúrgica, produção de agregados, produção de tintas, entre outros. Em 2013 a indústria da construção foi a responsável por 63,5% do PIB (ou valor agregado) e 71,5% do emprego do setor da construção civil (ABRAMAT, 2015).

Agregados para construção civil são materiais minerais, granulares, inertes, utilizados principalmente em obras de infraestrutura e edificações. Os agregados mais comuns são pedra britada, areia e cascalho, e são as substâncias minerais mais consumidas no Brasil e no mundo. A produção é da ordem de 623 milhões de 10^3 kg e faturamento de R\$ 12 bilhões, situando-se a areia e a pedra britada no ranking da Produção Mineral Brasileira, respectivamente, em 1º e 2º lugar, excetuando os minerais energéticos (ANEPAC, 2015).

A mineração de agregados para construção civil, em relação aos outros setores da mineração brasileira, possui características típicas, destacando-se: grandes volumes de produção, beneficiamento simples; baixo preço unitário; alto custo relativo de transporte; e necessidade de proximidade das fontes produtoras com o local de consumo. No setor de agregados minerais, um fator relevante no custo é o transporte, que em média representa entre 1/3 a 2/3 do valor. A

tecnologia, por outro lado, é um item irrelevante na estrutura de custos de uma empresa. (ABDI, 2012).

Encontrar novas formas de produzir agregados para construção civil nas cidades é fundamental para manter o nível de crescimento do país e permitir uma redução dos custos das obras nas cidades. A reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC) é uma maneira simples de disponibilizar agregados que podem ser utilizados em obras com pequena exigência estrutural substituindo grande parte dos agregados naturais.

No cenário internacional, existem países como Holanda, Dinamarca, Alemanha e Suíça, entre outros, que reutilizam e reciclam entre 50% e 90% do RCC gerado (ÂNGULO et al, 2005). Na Alemanha, existem cerca de 3.000 usinas móveis e 1.600 usinas fixas (MIRANDA, et al, 2009). Apesar do alto índice de reciclagem em relação ao RCC gerado, nesses países a autora esclarece que, na média, menos de 20% do agregado natural acaba realmente sendo substituído pelo agregado reciclado, indicando que grande parte da utilização está focada em regularização/nivelamento de terrenos ou aterramento.

Segundo CUNHA e MICELI (2013), existiam, em 2002, 11 usinas de reciclagem municipais. Segundo dados da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição – ABRECON, em 2013 (ABRECON, 2015) existiam cerca de 200 usinas. Considerando-se um índice médio de geração per capita de RCC de 500 kg/habitante/ano (ÂNGULO et al, 2005), estima-se uma geração na ordem de 80 milhões de 10^3 kg/ano de RCC para uma população urbana de 160 milhões de pessoas no Brasil, segundo censo do IBGE de 2010 (ABRECON, 2015).

As escalas de produção das usinas nacionais são inferiores a $100 \cdot 10^3$ kg de RCC processado por dia. Assim, a reciclagem do RCC é ainda quase insignificante diante da quantidade de resíduo gerado (ABRECON, 2015).

Num estudo comparativo de viabilidade econômica das usinas de reciclagem nas cidades de São Paulo (SP), Macaé (RJ) e Maceió (AL) (CUNHA e MICELI, 2013), a reciclagem de resíduos apresentou mais benefícios que custos embora ainda fossem inicialmente dependentes de subsídios do governo. Em um horizonte de 20 anos, a região de São Paulo apresentaria uma relação custo-benefício bem superior às cidades de Macaé e Maceió, que também apresentaram relações positivas, não sendo necessário os subsídios governamentais. Esse é um indicador que complementa o estudo de mercado de oferta-demanda, evidenciando que a reciclagem deve ser recomendada e incentivada.

A demonstração da economia de recursos e os benefícios ambientais da atividade de reciclagem é fundamental para que se possa desenvolver um trabalho permanente e independente de influências do poder público. Uma mudança de atitude em relação aos processos da indústria da construção civil priorizando a sustentabilidade alinhada à reciclagem, diminuindo os desperdícios e considerando os resíduos produzidos como um material secundário no ciclo da engenharia civil. Uma abordagem do “berço ao berço” (do inglês “cradle to cradle”).

A quantidade de Resíduos da Construção Civil gerados numa cidade é um problema de saúde pública e fonte de desperdício de materiais. Grande parte desses resíduos é depositada clandestinamente em terrenos baldios, áreas públicas, várzeas e cursos d'água. Alguns desses impactos são visíveis e comprometem a paisagem urbana e o trânsito de veículos e pedestres. Quando não removidos pelo poder público, terminam por induzir a deposição de outros tipos de resíduos como os de poda de árvores, objetos de grande volume como móveis e pneus e até resíduos domiciliares. Isso favorece a proliferação de vetores de doenças e a obstrução de canalizações de drenagem em caso de chuva.

Assim, no que tange aos resíduos sólidos, são imprescindíveis avanços necessários ao enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do seu manejo inadequado e nesta perspectiva a Política

Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL. Lei nº 12.305, 2010) estabelece diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos para orientar os Estados e os Municípios na adequada gestão desses resíduos.

As exigências legais para o planejamento da gestão de resíduos sólidos estão contidas tanto na Lei Federal de Saneamento Básico (BRASIL. Lei nº 11.445, 2007), quanto na Lei que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL. Lei nº 12.305, 2010), bem como na legislação municipal que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Econômico e Social do Município de Guarulhos (GUARULHOS, Lei 6.055, 2004).

Neste trabalho o município de Guarulhos foi utilizado como estudo de caso, por ser um dos pioneiros na gestão de resíduos de construção civil e por aplicar esse modelo desde o ano de 2003, de maneira interrupta.

Uma avaliação sucinta permite observar que o modelo de gerenciamento de Resíduos da Construção Civil implementado no município de Guarulhos, segundo o Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos (PGIRS) (GUARULHOS DECRETO Nº 31 513), busca prioritariamente a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e, por final, a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos, economizando recursos, uma vez que permite diminuir a quantidade de ações de limpeza corretiva e fornece material para ser processado pela unidade de reciclagem da Progresso e Desenvolvimento de Guarulhos S/A – PROGUARU; empresa de economia mista, também responsável pela varrição e limpeza de ruas e avenidas da Cidade.

A recepção dos resíduos da construção civil no município de Guarulhos ocorre em 17 Pontos de Entrega Voluntária – PEVs os quais recebem e encaminham os resíduos a Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (URE) operada pela PROGUARU.

A Prefeitura de Guarulhos possui também uma Fábrica de Pré-Moldados que produz artefatos utilizando agregados reciclados produzidos na Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (URE) da PROGUARU o que efetivamente fecha o ciclo da reciclagem na cidade, pois capta Resíduos da Construção Civil nos PEVs, processa-os na Unidade de Reciclagem e reutiliza na Fábrica de Pré-Moldados.

A PROGUARU também utiliza os agregados reciclados nas obras de manutenção de próprios públicos, obras de interesse social, pavimentação e infraestrutura viária.

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Guarulhos (autarquia municipal responsável pelos serviços de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto) envia os resíduos de obras e manutenções a uma recicladora particular, que transforma o material em terra reciclada, em bica corrida e em areia com granulometria adequada e sem impurezas o que permite sua reutilização. Além dos centros operacionais do SAAE de Guarulhos, as empreiteiras que prestam serviços à autarquia municipal também têm o compromisso de utilizar 30% de material reciclado na realização das intervenções. Esta prática reduziu os custos com aquisição de material agregado natural (areia, pedra, bica corrida, brita, etc.) e com a destinação final de resíduos sólidos de manutenções e obras.

Diante do exposto e considerando a complexidade do assunto é necessário conhecer melhor o problema, avaliando de forma qualitativa e quantitativa a geração e o custo técnico-econômico e ambiental de cada processo envolvido no contexto do RCC.

Desse modo, a proposta dessa pesquisa foi realizar um diagnóstico de todas as etapas envolvidas, levantando os custos envolvidos em cada fase e calcular o lucro resultante do processo completo de gerenciamento de RCC pela prefeitura de Guarulhos. O compromisso com a melhoria do meio ambiente aliado às crescentes demandas dos órgãos ambientais possibilitou identificar a

contribuição de cada atividade/processo dentro das bases envolvidas em todo processo, avaliando um processo de gerenciamento de RCC, na forma de estudo de caso e propondo melhora no modelo de gestão.

O presente estudo foi motivado pela ausência de informações reais e de metodologias de cálculo específicas para o setor servindo como base para a complementação de políticas públicas. Atualmente, as referências disponíveis na literatura envolvem em sua maioria estudos de viabilidade de unidades recicladoras, gerando resultados conservadores e não refletem a realidade (CUNHA e MICELI, 2013; MANFRINATO, et. al. 2008; ROSA, 2005; SOBRAL, 2012)

2 RELEVÂNCIA CIENTÍFICA E CONTRIBUIÇÃO ORIGINAL DA PESQUISA

Os trabalhos sobre viabilidade da atividade de reciclagem de resíduos de construção civil geralmente abordam a fase de captação de resíduos e processamento em plantas de moagem (CUNHA e MICELI, 2013; MANFRINATO et al, 2008; ROSA, 2005; SOBRAL, 2012), sem levar em conta os recursos economizados com a diminuição do recolhimento de descartes clandestinos e a economia com a compra de agregados naturais, substituídos pelos agregados reciclados.

A pesquisa aqui conduzida foi limitada aos órgãos públicos da cidade de Guarulhos que representam uma fração dos resíduos de construção civil produzidos na cidade. Os empreendimentos particulares da cidade, que geram grandes quantidades de resíduos, contam com o serviço de transportadores de RCC particulares, que devem respeitar a legislação municipal, e dar a destinação correta a esses resíduos. O serviço prestado pela prefeitura de Guarulhos destina-se a recolher pequenas quantidades e volumes geralmente produzidos em pequenas reformas por habitantes de baixa renda e que se não houvesse esse espaço para descarte, provavelmente iria para as vias públicas ou terrenos baldios.

Mesmo no Município de Guarulhos, faltam dados precisos sobre a quantidade de resíduos gerados no município e um histórico exato dos dados anteriores à implantação da Gestão dos Resíduos da Construção Civil. A pesquisa foi direcionada ao levantamento de informações junto aos diversos setores da Prefeitura bem como as demais empresas públicas envolvidas (PROGUARU e SAAE). Foram consultados fornecedores de agregados naturais (areia e pedra) com o objetivo de se estimar os gastos com recuperação ambiental das áreas de mineração.

Muitas cidades apenas fazem o recolhimento e destinação dos resíduos sólidos urbanos desprezando os resíduos de construção civil. Ocorre que os

resíduos continuam sendo produzidos e são descartados em bota-fora irregulares ou incluídos no orçamento municipal de limpeza urbana. Ambas as situações são contrárias à Política Nacional de Resíduos Sólidos e representam um custo desnecessário às prefeituras.

Elaborou-se um modelo, que poderá ser utilizado por outras cidades, baseado no custo por habitante com recolhimento e destinação de resíduos urbanos e o preço de compra de agregados naturais. Neste modelo estão inclusos o valor necessário para construção de Pontos de Entrega Voluntária e para implementação de uma Usina de Reciclagem de Resíduos.

É importante ressaltar que o custo de implantação deste modelo, será amortizado, com a diminuição no valor dispendido para recolhimento de descartes irregulares e na economia de recursos com a compra de agregados naturais pelo poder público.

Foi demonstrado a economia de recursos da cidade de Guarulhos com a gestão correta de resíduos de construção civil e apresentou-se uma estimativa futura da economia proporcionada com a ampliação do número de pontos de entrega voluntária e consequente aumento da quantidade de resíduos recebidos.

3 OBJETIVO

Efetuar um estudo de viabilidade econômica e ambiental do processo de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC), utilizando como área de estudo o Município de Guarulhos - São Paulo, levando-se em consideração os custos municipais com a limpeza corretiva e a economia de recursos com a compra de agregados reciclados.

Dentro dessa proposta principal podem ser destacadas os seguintes objetivos específicos:

- I. Realizar um diagnóstico do processo de manejo e gestão de RCC do município de Guarulhos quanto à economia de recursos públicos decorrentes da diminuição da quantidade de resíduos descartados irregularmente, e a economia de recursos com a compra de agregados naturais para as obras executadas pela prefeitura e empresas públicas.
- II. Consultar junto a produtores de agregados naturais, a quantidade de agregados produzidos em suas jazidas e os custos envolvidos na recuperação ambiental de suas áreas de mineração, para apresentar a economia ambiental decorrente da utilização de agregados reciclados em substituição aos agregados naturais.
- III. Utilizando como parâmetro os gastos com resíduos sólidos urbanos de Guarulhos, construir um modelo que possa ser utilizado por outros municípios que não fazem uma gestão correta dos RCC. Este modelo estará de acordo com a Política Nacional de Resíduos.
- IV. Apresentar os valores da economia proporcionada pela gestão correta de Resíduos de Construção Civil pelo município de Guarulhos.

4 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

4.1 Desenvolvimento Sustentável

Em 1987, o Relatório Brundtland "Our Common Future" dizia que "o desenvolvimento é sustentável quando satisfaz às necessidades das gerações atuais, sem hipotecar a capacidade das gerações futuras de satisfazer às suas próprias". Tratava-se de uma chamada a estender a solidariedade até as gerações futuras. Concretamente, torna-se imprescindível o uso mais racional dos recursos tais como energia e as matérias primas naturais, bem como a implantação de uma gestão de resíduos mais lógica (UNITED NATIONS, GENERAL ASSEMBLY, 1987).

O Relatório apresenta diversas proposições para reduzir as ameaças à sobrevivência da humanidade, tornar viável o desenvolvimento e interromper o ciclo causal e cumulativo entre subdesenvolvimento, condições de pobreza e problemas ambientais (BITAR, 1999).

O desenvolvimento sustentável foi definido em 1992 na Conferência da Terra no Rio de Janeiro (ECO, 1992) como uma atividade econômica que está em harmonia com os ecossistemas da Terra, e mais tarde foi definido como um conceito necessário para obter um progresso econômico ao mesmo tempo em que se protegesse o meio ambiente para o bem-estar das gerações futuras.

A construção sustentável baseia-se na prevenção e redução dos resíduos pelo desenvolvimento de tecnologias limpas no uso de materiais recicláveis ou reutilizáveis, no uso dos resíduos como materiais secundários e na coleta e deposição de materiais inertes. Portanto, devem ser tomadas medidas que transformem as correntes de resíduos em recursos reutilizáveis. Quando os RCC são selecionados, limpos, processados e graduados adequadamente, tornam-se um agregado secundário, que podem ser utilizados tanto em pavimentação como em um concreto.

A compatibilidade do crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável é um assunto muito discutido na atualidade. Muitas nações no mundo convivem com o dilema de endurecer as regulamentações ambientais e prejudicar e seu desempenho econômico restringindo a atuação de suas empresas, ou incentivar o crescimento econômico sem observar uma possível degradação ambiental, poluição do solo, da água e do ar e a consequente diminuição da qualidade de vida de seus cidadãos.

Conforme salienta BARBIERI (1997), a preocupação com os problemas ambientais decorrentes do crescimento e do desenvolvimento deu-se lentamente e de modo diferente entre os diversos agentes, governos, indivíduos, entidades da sociedade civil, empresas etc. O autor explica que esta preocupação iniciou-se com a percepção de problemas ambientais localizados e atribuídos à ignorância, negligência, indiferença ou intenção dos produtores e consumidores de bens e serviços, e a solução para estes problemas encontra-se nas ações de natureza reativa, corretiva e repressiva para combater os efeitos gerados pelos processos de produção e o consumo.

Em uma segunda fase a degradação ambiental passa a ser percebida como um problema generalizado, porém ainda restrito aos limites territoriais das nações e, mais recentemente, a degradação ambiental passa a ser percebida como um problema planetário que atinge a todos e decorre do modelo de desenvolvimento praticado pelos países. E, para equacionar o problema é necessário repensar as políticas e as metas de desenvolvimento praticadas pelas nações, que são geralmente pautadas em uma visão puramente economicista, e incorporar novas dimensões ao entendimento da sustentabilidade que vão além da visão exclusivamente ecológica. É necessário incluir as dimensões sociais, políticas e culturais como a pobreza e a exclusão social (BARBIERI, 1997).

Conforme observam VAVRA et al. (2011), a sustentabilidade está relacionada com as decisões sobre inovação em produtos e/ou processo e,

necessariamente, com a integração entre os aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais de todas as atividades.

Neste contexto, a inovação e a tecnologia podem surgir como fatores de conciliação entre crescimento econômico e sustentabilidade.

No âmbito desse trabalho, as tecnologias aplicadas ao recolhimento, tratamento e destinação dos resíduos de construção civil evidenciam a importância do uso das tecnologias para conciliar os objetivos do crescimento econômico com a preservação do meio ambiente, uma vez que a atividade da construção civil deixa de gerar impactos negativos com o descarte inadequado dos resíduos.

Além disto, a utilização dos agregados como matéria prima secundária faz diminuir o consumo desses materiais extraídos diretamente da natureza como a areia e a brita, diminuindo, assim, a pressão sobre o meio ambiente.

O processo de reciclagem e reutilização dos resíduos da construção civil demonstrados nesse estudo pode ser considerado como uma inovação no processo de descarte desses materiais, uma vez que introduziram novos conceitos e novas tecnologias ao processo como um todo.

4.2 Materiais Descartados pelas Obras de Construção Civil

Os materiais descartados pelas obras de construção civil que são gerados nas cidades constituem verdadeiras jazidas de matérias primas que não são aproveitadas e causam grandes prejuízos à qualidade de vida dos habitantes além de criar uma imagem negativa para as administrações públicas. A questão dos resíduos de construção civil pode ser uma alternativa interessante para os municípios que sofrem com as transformações urbanas e que se deparam com problemas de gerenciamento dos rejeitos de construção civil (BRITO FILHO, 1999).

Porém, para os RCC e resíduos volumosos, há agravantes: o profundo desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos ambientais que eles causam, dos custos sociais envolvidos e, inclusive, no caso dos RCC, das possibilidades de seu reaproveitamento faz com que os gestores dos resíduos se apercebam da gravidade da situação unicamente nos momentos em que, acuados, veem a ineficácia de suas ações corretivas (PINTO, 1999).

O RCC, por outro lado, como alguns dos resíduos do lixo doméstico (papel, plástico e metal), apresenta condição potencialmente adequada para ser reciclado/reutilizado no setor da construção civil (HAMASSAKI et. al., 1996), para produção de componentes de alvenaria, concreto e aplicação em pavimentação de vias públicas.

De acordo com a Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (AMLURB), a cidade de São Paulo recebe diariamente, nas três áreas de reservação de resíduos da construção civil conveniados, aproximadamente $2.000.10^3$ kg de RCC. O volume, no entanto, representa apenas uma parte do que é gerado no município, ficando outra parte descartada em locais desconhecidos e até mesmo em vias públicas, causando um impacto ambiental nocivo à cidade. Em 2014, segundo diagnóstico realizado pela AMLURB, existiam aproximadamente 3.345 pontos de descarte irregular, e a estimativa era que 2.000 desses pontos seriam de grandes volumes, acima de mil litros ($1m^3$) de resíduos descartados irregularmente diariamente. A cidade gastava R\$ 1 bilhão no contrato de varrição, que envolvia a remoção de materiais inservíveis por meio da “Operação Cata-Bagulho”, remoção de RCC e a própria varrição (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2015)

A Prefeitura de São Paulo, por meio da Secretaria de Coordenação das Subprefeituras, transformou os restos dos edifícios São Vito e Mercúrio, no centro da cidade, em “asfalto ecológico”. Com investimento de cerca de R\$ 2 milhões, a iniciativa contribui para minimizar o impacto ecológico que os restos da demolição podem produzir ao meio-ambiente, quando não recebem destinação correta. O novo material foi utilizado para asfaltar 19 mil m^2 de vias, em uma extensão

de 2,6 km nas Subprefeituras do Butantã, São Miguel Paulista e Freguesia do Ó. Parelheiros e Ermelino Matarazzo foram contemplados com o asfalto “especial”. As Subprefeituras contempladas foram definidas devido ao cronograma de pavimentação e características físicas para pavimentação (VOLTOLINI 2011).

A composição básica dos resíduos de construção civil e de infraestrutura pode variar em função dos sistemas construtivos e das disponibilidades regionais, isto é, dos materiais, da mão-de-obra e da tecnologia empregados na execução de uma obra.

Os constituintes dos resíduos podem ser catalogados conforme o percentual em que aparecem no bota-fora. Os rejeitos gerados possuem diversos materiais como: asfalto, vidro, concreto, argamassa, cal, material cerâmico, material de poda, pedra britada, madeira, blocos e tijolos, papel, tintas e vernizes, gesso, plásticos, metais, solventes, pigmentos e solo (OLIVEIRA, 2002).

Os transportadores de resíduos denominam de inertes todos os rejeitos provenientes de concretos, argamassas, gesso, cal, materiais cerâmicos, vidro, blocos de concreto, concreto celular, tijolos de barro e solo. A Associação dos Trabalhadores de Entulho de São Paulo (ATESP, 2000) classifica a madeira e os plásticos pela quantidade e pelo valor econômico que representam, isto é, 50% da madeira é vendida às olarias como combustível para a queima de tijolos e os 50% restantes da madeira são vendidos, para fabricação de móveis e caixas empregadas em embalagens.

Outro agravante é que o gerador dos chamados “resíduos de entulho” passa a ser o seu gerenciador, que por sua vez é o responsável pela obra e que pouco tem a contribuir com a destinação final do material descartado. Portanto, a palavra “entulho” criou ao longo do tempo um conceito que dificulta o tratamento adequado das sobras das obras de construção civil e, conseqüentemente, o seu aproveitamento e a sua deposição final. Assim, na maioria das vezes, o “entulho” é entendido como a sobra de diferentes materiais de uma obra de construção civil

passível de ser utilizado em trabalhos como já foram descritos, embora uma diminuta parte deste material já seja utilizada na reciclagem, principalmente, para a produção de agregados miúdos empregados na fabricação de argamassas e concretos, e quase sempre de maneira empírica e sem um embasamento científico comprometendo o desempenho do novo produto (OLIVEIRA, 2002).

Os rejeitos das obras de construção são coletados, na maioria das vezes, por caminhões de trabalhadores autônomos ou por empresas transportadoras de “entulho” que após a coleta, depositam o material em terrenos alugados ou em locais inadequados provocando danos ao meio ambiente.

4.3 Cadeia Produtiva da Construção Civil e Agregados para Construção Civil

O conceito de cadeia produtiva refere-se aos estágios percorridos pelas matérias-primas, nos quais elas vão sendo transformadas e montadas, com o emprego de trabalho e tecnologia. Por trás de um edifício pronto, há um complexo processo de produção, que envolve elos da indústria da construção, da indústria de materiais, do comércio, dos serviços e da indústria de equipamentos (FIG. 1). A atividade de construir movimenta um amplo conjunto de atividades e por isso tem impactos que vão além dos resultados diretos de sua produção. A indústria da construção civil, o núcleo dentro da cadeia produtiva, é o destino da produção dos demais segmentos envolvidos – em 2013, ela foi responsável por 63,5% do PIB (ou valor agregado) e 71,5% do emprego da cadeia da construção. Assim, a construção civil determina, em grande medida, o nível de atividade de todos os setores que a circundam (ABRAMAT, 2015).

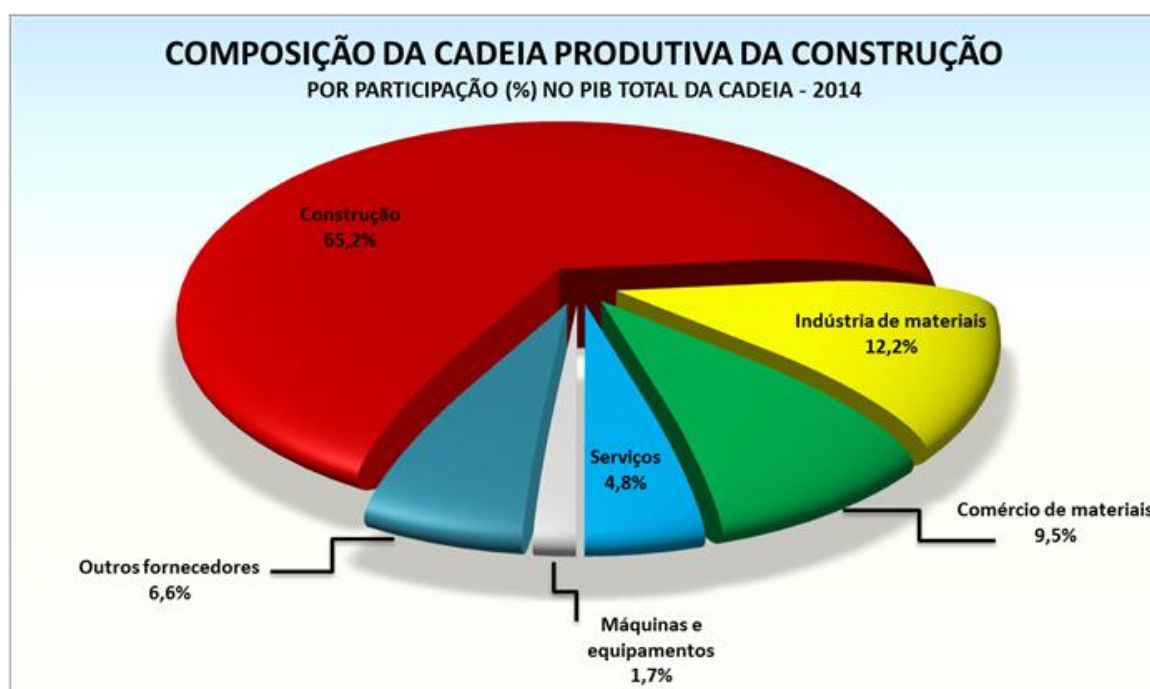


FIGURA 1: Composição da cadeia produtiva da Construção (ABRAMAT, 2016)

A Brita e cascalho são materiais granulares naturais que, caracterizam-se por apresentar dimensões e propriedades físicas, químicas e tecnológicas adequadas para uso como agregado graúdo na indústria da construção. Estes agregados têm a função de conferir resistência, durabilidade e trabalhabilidade aos concretos, em suas várias especificações. São obtidos da exploração de jazidas de rochas de diversos tipos, dependendo das características geológicas locais. No Estado de São Paulo, 73% das reservas totais, são de rochas granitoides (granito, gnaisse e outras), 23% são de rochas basálticas (basalto e diabásio), 3% de rochas calcárias (calcário e dolomito) e o restante, 1%, são de quartzito e cascalho. Tanto no Brasil como mundialmente, os recursos geológicos para obtenção desses agregados são considerados abundantes (ANEPAC, 2015).

Segundo a Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil (ANEPAC), o consumo de brita e cascalho está dividido em 32% para concreteiras, 24% construtoras, 14% pré-fabricados, 10% revendedores/lojas, 9% pavimentadoras/usinas de asfalto, 7% órgãos públicos e 4% outros (ANEPAC, 2015).

O termo areia, quando usado para identificar um tipo de recurso mineral, designa um material granular, com tamanho em um intervalo definido (de 0,06 a 2 mm), de composição silicática, com predominância do mineral quartzo, servindo essencialmente à indústria de construção, como agregado miúdo. Com relação às reservas é recurso abundante, sua escassez só ocorre local ou regionalmente, quando a demanda por esse material é muito alta, o que acontece tipicamente em grandes aglomerados urbanos, como regiões metropolitanas, cada vez mais comuns. A Região Metropolitana de São Paulo é um exemplo bastante conhecido de escassez, com a areia sendo trazida de regiões vizinhas, com custos de transporte crescentes (BRASIL - DNPN, 2014).

4.4 Reciclagem do Resíduo de Construção Civil

Quando se analisa uma massa de material descartado pelas obras de construção civil, observa-se que apesar de sua heterogeneidade, a quase totalidade dos materiais que compõe é de alto valor agregado e de boa resistência mecânica, tais como: areia, pedras britadas, concretos e argamassas endurecidas, tijolos e cacos cerâmicos, madeiras e tantos outros materiais. Todos esses materiais são potenciais matérias-primas. Portanto, os materiais descartados pelas obras de construção civil gerados numa cidade são verdadeiras jazidas de matérias-primas que são passíveis de serem exploradas. Assim as formas de reaproveitamento dos materiais descartados reciclados podem ser: emprego em obras de pavimentação, regularização e cascalhamento de ruas de terra, obras de drenagem, execução de contra pisos e produção de concretos (BRITO FILHO, 1999).

Embora se observe a movimentação das empresas interessadas em explorar o negócio de reciclagem de RCC e não apenas o negócio de transporte, as experiências brasileiras estão limitadas a ações das municipalidades que buscam reduzir os custos e o impacto ambiental negativo da deposição de enorme massa de RCC no meio urbano. Provavelmente a primeira pesquisa sistemática sobre a reciclagem de material de construção foi conduzida por CINCOTTO (1988)

e por PINTO (1989) que deram início a uma série de trabalhos sobre desperdício em construção e políticas municipais e técnicas de reciclagem de RCC (JOHN, 2001).

A reciclagem de RCC para argamassas e concretos já foi estudada e tem se mostrado viável em estudos brasileiros do ponto de vista tecnológico e econômico. Entretanto, a avaliação do risco ambiental não foi avaliada (BARRA, 1996; LEVY, 1997; HAMASSAKI et. al., 1997; ÂNGULO, 2000, MIRANDA, 2000). Um dos problemas mais graves nos RCC é a variabilidade de composição e conseqüentemente, a variabilidade dos agregados reciclados produzidos. Uma solução para esta variabilidade de composição pode ser o manejo em pilhas de homogeneização para reduzir esta variabilidade (ÂNGULO et al., 2001).

Toda atividade produtiva ou de implantação de obras de construção civil causa impactos ambientais, mas materiais constituídos de rejeitos aumentam a probabilidade de riscos ambientais pela gama de substâncias presentes no material descartado pelas obras de construção que se constitui em nova matéria-prima (OLIVEIRA, 2002).

Usualmente a quantidade de resíduos gerados é diretamente proporcional ao grau de desenvolvimento de uma cidade, resultado das maiores atividades econômicas e dos hábitos de consumo decorrentes, sendo assim, é provável que os problemas relacionados com a gestão de resíduos sejam mais intensos nas vinte e seis regiões metropolitanas do país.

O conjunto de processos da construção civil possui impactos ambientais que degradam significativamente a qualidade de vida do ambiente urbano (SCHENEIDER, 2003). Estima-se que esta cadeia de ações seja responsável pelo consumo de 20 a 50% de todos os recursos naturais disponíveis, renováveis e não renováveis (SJOSTROM, 1996).

Os impactos negativos advindos da extração de matéria prima para uso da construção civil são enormes. “Em todo o mundo, a mineração e o processamento de minerais desempenham um importante papel na determinação de problemas do meio ambiente como o desmatamento, a erosão do solo e a poluição do ar e da água. Globalmente, o setor de mineração é um dos maiores usuários de energia, contribuindo assim para a poluição do ar e o aquecimento global” (YOUNG, 1992).

Os RCC dispostos inadequadamente poluem o solo, degradam paisagens e constituem uma séria ameaça à saúde pública. O acúmulo de RCC em locais inadequados atraem resíduos orgânicos tornando-se nicho ecológico de muitas espécies de vetores de patógenos, como ratos, baratas, moscas, vermes, bactérias, fungos e vírus.

Um indicador da ordem de grandeza da massa gerada poderia ser a quantidade de resíduos produzidos em obras da construção civil. ANDRADE et al., (2001), apresenta valores da ordem de 50 kg de resíduos da construção civil por metro quadrado de área construída. Pesquisa anterior, realizada em 1999 (PINTO, 1999), indica 150 kg de resíduos da construção civil gerados por metro quadrado de área construída.

O uso desse parâmetro para o cálculo da massa de resíduos gerados no Município de São Paulo, no entanto, depende da existência de dados relativos à área construída no município; as informações da Secretaria Municipal das Finanças sobre o assunto consideram apenas os imóveis cadastrados no Departamento de Rendas Imobiliárias, isto é, imóveis legais. Porém, a fatia correspondente à construção informal é significativa atingindo mais de 17% da área total do município (KRAHENBUHL, 2000). Além disso, as reformas e ampliações de edificações, atividade construtiva geralmente de caráter informal, são as principais responsáveis pela massa de RCC gerada, segundo pesquisa realizada em seis cidades brasileiras (PINTO, 1999).

Estudo realizado pelo Limpurb (Departamento de Limpeza urbana do município de São Paulo) (SCHENEIDER, 2003) adotou o índice de $0,50 \cdot 10^3 \text{kg/hab/ano}$ para a geração de RCC na zona urbana, considerando um ano de 313 dias úteis. A TAB. 1 mostra que este é consistente com valores típicos de países desenvolvidos (JOHN; AGOPYAN, 2001).

TABELA 1: Geração per capita de RCC em diversos países.

PAÍSES	QUANTIDADE ANUAL (Milhões de 10^3 kg /ano)	ÍNDICE ($10^3 \text{kg /habitante/ano}$)
Alemanha	79 – 300	0,96 – 3,66
Bélgica	7,5 – 34,7	0,74 – 3,36
Brasil (1998)	ND	0,23 – 0,66
Dinamarca	2,3 – 10,7	0,44 – 2,01
EUA	136 – 171	0,46 – 0,58
Holanda	12,8 – 20,2	0,82 – 1,30
Itália	35 – 40	0,60 – 0,69
Japão	99	0,79
Suécia	1,2 – 6	0,13 – 0,68
UK	50 – 70	0,88 – 1,12

Fonte: (JOHN; AGOPYAN, 2001)

A remoção dos RCC de vias e logradouros públicos é, das ações públicas voltadas para a gestão desses resíduos, a mais significativa, seja pela massa removida, seja pelo volume de recursos consumidos. Os dados que indicam a persistência da deposição irregular se referem aos volumes de RCC removidos de vias e logradouros públicos pela coleta pública (SCHENEIDER, 2003).

Num estudo apresentado na TAB. 2, (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2015) observa-se a geração diária de RCC em todas as regiões administrativas do Estado de São Paulo.

TABELA 2: Geração de Resíduos da Construção Civil por regiões administrativas no Estado de São Paulo (SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, 2015).

Regiões Administrativas	Número de Municípios	População Urbana 2012 (hab) (IBGE 2012)	Geração (10 ³ kg/dia)
Araçatuba	43	686.598	1.167
Barretos	19	400.500	681
Bauru	39	1.007.965	1.714
Campinas	90	6.051.542	10.288
Central	26	919.063	1.563
Franca	23	677.656	1.153
Marília	51	876.448	1.490
Presidente Prudente	53	746.589	1.270
Registro	14	192.691	328
Ribeirão Preto	25	1.244.471	2.116
Santos	9	1.688.894	2.872
São José do Rio Preto	96	1.338.721	2.276
São José dos Campos	39	2.172.343	3.693
Sorocaba	79	2.463.733	4.189
Metropolitana de São Paulo	39	19.709.882	33.507
Total	645	40.177.096	68.307

4.5 Panorama da Coleta de Resíduos no Brasil

Segundo relatório da ABRELP (2014), foram consultados 133 municípios da região sudeste de um total de 440 municípios pesquisados no Brasil para compor seu relatório, correspondente a uma população de 44.166.427 habitantes de um total de 85.115.623 habitantes nos 4 estados (PARANA, SP, RJ e ES). Sendo a população do Brasil 202.799.518 habitantes e a ABRELP consultou um total de 91.764.305 para compor seu relatório.

A geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) foi de 76.387.200 10³kg/ano em 2013 e 78.583.405 10³kg /ano em 2014, um crescimento

de 2,90% sendo que isso corresponde a 379,96 kg/hab./ano em 2013 e 387,63 kg/hab./ano em 2014, correspondendo a um acréscimo de 2,02%. Os dados estão apresentados na FIG. 2.



FIGURA 2: Geração de Resíduos Sólidos Urbanos (ABRELP, 2014)

Nestes mesmos dois períodos a coleta de RSU foi de 69.064.935.10³kg /ano, em 2013 e 71.260.045.10³kg/ano em 2014 um crescimento de 3,20%, sendo que isso corresponde a 343,46 kg/hab./ano em 2013 e 351,49 kg/hab./ano em 2014 correspondendo a um acréscimo de 2,34%. (FIG. 3).

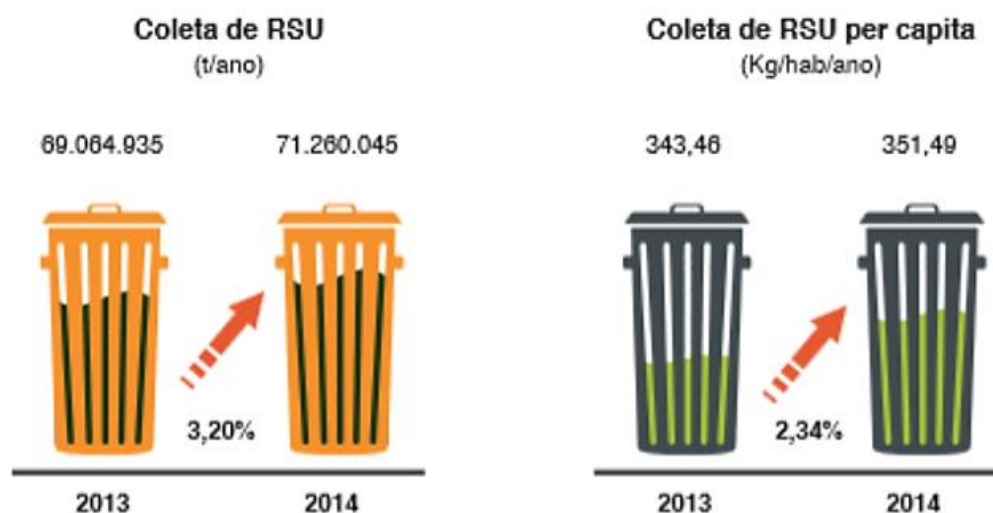


FIGURA 3: Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos. (ABRELP, 2014)

A comparação entre a quantidade de RSU gerada e a coletada em 2014 mostra que o país contou com um índice de cobertura de coleta de 90,6%, levando à constatação de que pouco mais de 7 milhões de 10^3 kg deixaram de ser coletadas no país neste ano e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio.

A TAB. 3 apresenta os dados referentes a coleta de RSU para o Estado de São Paulo no ano de 2014.

TABELA 3: Dados referentes aos Resíduos Sólidos Urbanos gerados e coletados no Estado de São Paulo. (ABRELP, 2014)

	População (2014) Número de hab.	RSU Coletado por Hab. (kg/hab./dia)	RSU Coletado (10^3 kg /dia)
São Paulo	44.035.304	1,381	60.810

Segundo dados do relatório da ABRELP, isso corresponde a um custo de R\$ 57,72 (hab./ano) para a coleta de RSU e R\$ 95,16 (hab./ano) para as despesas com a destinação final dos RSU e com serviços de varrição, capina, limpeza e manutenção de parques e jardins, limpeza de córregos, etc.

No relatório da ABRELP sobre os RCC é apresentado que os municípios coletaram cerca de 45 milhões de 10^3 kg de RCC em 2014, o que implica no aumento de 4,1% em relação a 2013. Esta situação, também observada em anos anteriores, exige atenção especial quanto ao destino final dado aos RCC, visto que a quantidade total desses resíduos é ainda maior, uma vez que os municípios, via de regra, coletam apenas os resíduos lançados nos logradouros públicos.

Em geral os municípios coletam os resíduos de construção civil (RCC) de obras sob sua responsabilidade e os lançados em logradouros públicos. Mesmo não representando o total de RCC gerado pelos municípios, esta parcela é a única que possui registros confiáveis e, portanto, é a que integra a pesquisa municipal

realizada anualmente pela ABRELPE. A comparação entre os dados de RCC em 2014 e 2013 resulta na constatação de um aumento de 4,1% na quantidade coletada pelos municípios brasileiros. A TAB. 4, apresenta os dados coletados pela ABRELPE na região sudeste.

TABELA 4: Quantidades de RCC coletado em 2013 e 2014, na Região Sudeste (ABRELPE, 2014).

Região Sudeste	2013		2014	
	RCC coletado (10 ³ kg/dia) / Índice per capita (kg/hab./dia)	População total (hab.)	RCC coletado (10 ³ kg/dia)	Índice per capita (kg/hab./dia)
Total	61.487/0,728	86.116.623	63.469	0,746

4.6 Ciclo de vida do concreto e o comportamento dos stakeholders

Podemos considerar que o concreto como material de construção tem um ciclo de vida com cinco fases principais distintas:

1. Extração das matérias primas e fase de produção do concreto;
2. Construção e emprego do concreto;
3. Uso e serviço da obra;
4. Reformas, manutenção ou demolição;
5. Reciclagem ou deposição final.

MARIE e QUIASRAWI (2012), apresentam dados sobre a substituição de até 20% de agregados reciclados e o concreto produzido apresentava uma redução de 20% nos ensaios de resistência a compressão. Quando de uma

segunda substituição de até 20% de agregados reciclados provenientes de obras que já usaram agregado reciclado uma vez houve uma redução de apenas 12% nos ensaios de resistência a compressão. Tanto na primeira substituição quando na segunda, houve diminuição na resistência a compressão, creditada a argamassa aderida ao agregado natural, no entanto, o aumento na resistência a compressão quando da utilização de um agregado produzido a partir de um concreto que já utilizou agregado reciclado na sua preparação é atribuída a uma melhor preparação do agregado reciclado.

Segundo BALDINO et al., (2007), apud BLENGINI e GABARINO (2010), na Itália a necessidade por habitante de agregados de construção gira em torno de 6 a 11 10^3kg/ano , enquanto a produção de RCC (fonte de agregados reciclados) é aproximadamente de 0,8 10^3kg/ano . Existem limites físicos para reciclagem, mas neste artigo considera-se razoável de 7 a 13% de contribuição de agregados reciclados. Portanto os agregados naturais e os reciclados não competem pelo mesmo mercado, mas sua utilização conjunta é estratégica.

Segundo KNOERI et al, (2011) o comportamento dos stakeholders em quatro regiões distintas na Suíça, quanto ao uso de agregados reciclados, mostra diferentes critérios, dependendo se são engenheiros projetistas, principalmente de edifícios ou aqueles responsáveis por construções de estradas, pontes e túneis (geralmente responsáveis por obras públicas).

No momento da especificação de materiais sustentáveis para construção o uso de agregados reciclados tem pouca ou nenhuma relevância para os responsáveis por tomar as decisões que acabam optando por uso de materiais convencionais. Há duas principais razões para isso, primeiramente na principal certificação ambiental suíça o consumo energético de um edifício na fase de utilização tem uma importância muito maior que o consumo de energia na fase de construção e a utilização de materiais reciclados não são reconhecidos para reduzir o impacto ambiental. A segunda razão é o receio pela integridade estrutural do edifício pelo uso de novas tecnologias.

Entre os engenheiros pesquisados, as regras rígidas diminuem sua aceitabilidade dos agregados reciclados e o apego à experiência mantém o status quo do uso de agregados naturais. As considerações econômicas têm menos importância que se poderia pensar, pois novamente o custo energético na operação tem mais valor na certificação ambiental. Outro empecilho é a indicação do uso de agregado reciclado apenas para funções não estruturais o que leva às diferenças de aplicações durante uma obra, ou seja, um agregado para uso com função estrutural e outro especificamente para uso não estrutural.

KNOERI et al, (2011) apresenta que os engenheiros responsáveis por estradas e outras obras públicas tem uma aceitação de mais de 30% do uso de agregados reciclados enquanto os responsáveis por edifícios (na maioria empreendimentos privados) aceitam menos de 10% o uso deste material.

Em outro trabalho na cidade de Zurique, também na Suíça, SPOERRI et al., (2009), onde a taxa de reciclagem chegava em 90% do resíduo produzido em 2004, 70% dos materiais minerais reciclados eram utilizados em estradas ou outras obras públicas e os 30% restantes utilizados por engenheiros em edifícios. O desafio desta cidade era aumentar o uso edifícios uma vez que estava havendo um decréscimo de obras públicas e um aumento na geração de resíduos devido ao aumento em atividades de desconstrução.

Dentre os cenários abordados neste trabalho, para aumentar a quantidade de resíduos minerais reciclados é necessário vencer barreiras dos responsáveis por construção de edifícios para utilização de agregados reciclados, e para isso é necessário que estes resíduos sejam utilizados com funções estruturais. Além disso, é necessário aumentar o custo de disposição final e incentivar que as certificações ambientais levem em conta o uso de agregados reciclados como uma postura sustentável.

Em seu trabalho ULSEN et al, (2013) estimou em 70 milhões de 10^3kg/ano a quantidade de resíduos de construção civil que são gerados no Brasil que representa uma quantidade superior a $400\text{kg/habitante/ano}$.

Nas usinas de reciclagem pesquisadas por ULSEN (2013), o foco é a produção dos agregados graúdos 60% em massa, e a fração areia representa cerca de 40%, com uso principalmente em pavimentação.

Neste trabalho ULSEN (2013) propôs o processamento integral dos resíduos de construção civil utilizando britagem para liberar a pasta de cimento das fases minerais do agregado graúdo original e obteve uma areia reciclada com menor porosidade em relação a areia original após apenas uma britagem dos resíduos recebidos pelas usinas de reciclagem. Sua conclusão é o desenvolvimento e implantação de usinas de produção de areia a partir dos resíduos de construção civil.

4.7 Modelos de ganhos com reciclagem de resíduos

Com base na literatura, foram avaliados dois modelos econômicos efetuados por CALDERONI (2012) e Assis (2002).

Segundo CALDERONI (2012), as externalidades são os efeitos colaterais da produção de bens ou serviços sobre outras pessoas que não estão diretamente envolvidas com a atividade. Estes efeitos referem-se ao impacto de uma decisão sobre aqueles que não participaram dessa decisão, e podem constituir-se em efeitos positivos ou negativos, isto é, podem representar um custo para a sociedade, ou podem gerar benefícios à mesma. É apresentada uma lista extensa onde são elencadas algumas externalidades positivas e outras negativas, cuja síntese pode se observar na TAB. 5.

TABELA 5: Externalidades propostas por CALDERONI (2012)

<i>EXTERNALIDADES</i>	
<i>EXTERNALIDADES NEGATIVAS</i>	<i>EXTERNALIDADES POSITIVAS</i>
Geração de Resíduos	Minimização da Geração de Resíduos
Não Reutilização	Reutilização
Ausência de Reciclagem	Reciclagem
Disposição Inadequada	Disposição Adequada
Reciclagem sem Aproveitamento Integral do Potencial do Resíduo para Reciclagem	Reciclagem com Aproveitamento Integral do Potencial do Resíduo para Reciclagem
Disposição a Longa Distância	Disposição a Curta Distância
Ausência de Planos Integrados de Disposição de Resíduos	Elaboração de Planos Integrados de Disposição de Resíduos
Prejuízos à Saúde Pública	Preservação da Saúde Pública

Em seus estudos CALDERONI (2012) calculou a economia anual do Brasil em 10 bilhões de Reais e a do Estado de São Paulo em 1,5 bilhões de reais com a economia de proporcionada com a reciclagem de lixo domiciliar.

No que se refere à RCC, CALDERONI, (2012) estimou uma geração de 500 kg por habitante ao ano como a produção de RCC e considerou que 60 % deste material é depositado irregularmente em terrenos baldios, córregos, áreas públicas a um custo de R\$ 18,00 por 10³ kg para a prefeitura fazer a limpeza. Neste mesmo trabalho ele considera a economia proporcionada se todo o agregado fosse transformado em areia, com o preço de venda R\$ 17,33 por 10³kg, alertando que a receita subiria caso fosse transformado em brita cujo preço de venda considerado seria de R\$ 24,00 por 10³ kg.

Utilizando como exemplo uma cidade de 84.000 habitantes, seu estudo estimou a receita anual com a reciclagem de RCC em R\$ 248.182,00, resultando numa economia de R\$ 2,95 por habitante por ano.

Em seu trabalho, ASSIS (2002) propõe um modelo de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos, que privilegia o reaproveitamento e a reciclagem e apresentando uma metodologia de administração integrada. Utilizando a metodologia de CALDERONI em cuja proposta integra todos os Resíduos Sólidos Urbanos de uma cidade, Assis apresenta uma nova equação para o cálculo dos ganhos possíveis com o gerenciamento dos resíduos.

Na metodologia proposta por CALDERONI (2012) os ganhos com reciclagem podem ser obtidos com os fatores descritos na EQ. 4.1:

$$G = V - C + E + W + M + N + H + A + D \quad \text{EQ. 4.1}$$

Onde:

G = Ganhos com a reciclagem;

V = Venda dos materiais reciclados;

C = Custo do processo de reciclagem;

E = Custo evitado da disposição final;

W = Ganhos decorrentes da economia no consumo de energia;

M = Ganhos decorrentes da economia de matéria prima;

H = Ganhos decorrentes da economia de recursos hídricos;

A = Ganhos com a economia de controle ambiental;

D = Demais ganhos econômicos (divisas, subsídios, vida útil dos equipamentos).

ASSIS (2002) propõe incluir outros parâmetros, para incluir os ganhos obtidos com uma Central de Resíduos, onde se processa a reciclagem de RCC e a compostagem da fração da matéria orgânica.

Em seu modelo, ASSIS (2002) acrescenta ao modelo proposto por CALDERONI (2012), os fatores P (devido a menos emissão de poluentes) e o fator I (ganhos com a Inclusão Social), chegando a EQ. 4.2.

$$G = V - C + E + W + M + N + H + A + P + I + D \quad \text{EQ. 4.2}$$

Onde:

P = devido a menos emissão de poluentes);

I = ganhos com a Inclusão Social.

ASSIS (2002) concluiu que apenas a reciclagem de RCC geraria um ganho de R\$ 29,50 por 10³ kg de resíduo reciclado, levando em consideração os custos evitados (E) com a disposição em aterros e a remediação de áreas degradadas, além do custo evitado (P) pela diminuição da poluição. Sua proposta de equação está apresentada na EQ 4.3.

$$G = V - C + E + W + M + H + A + D \quad \text{EQ. 4.3}$$

Onde:

G = Ganhos com a reciclagem;

V = Venda dos materiais reciclados;

C = Custo do processo de reciclagem;

E = Custo evitado de disposição final;

W = Ganhos decorrentes da economia no consumo de energia;

M = Ganhos decorrentes da economia de matéria prima;

H = Ganhos decorrentes da economia de recursos hídricos;

A = Ganhos com a economia de controle ambiental;

D = Demais ganhos econômicos (divisas, subsídios, vida útil dos equipamentos).

O modelo de gerenciamento integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) deve incluir outros parâmetros na metodologia proposta por CALDERONI (2012), para incluir os ganhos obtidos com a central de resíduos, onde se processa a reciclagem dos RCC e a compostagem da fração de matéria orgânica. Para calcular o valor global, foram feitas considerações nos termos dos ganhos parciais dos diversos atores nas equações de avaliação, que integram o processo, tais como municípios, estados, indústrias, transportadores de resíduos e sociedade, obtendo-se a Equação 4.4.

$$G = (V - V') - C + E + W + M + H + A + P + I + D \quad \text{EQ. 4.4}$$

O cálculo dos ganhos possíveis com a implementação do modelo de gerenciamento integrado dos RSU foi alterado (EQ. 4.4), pois se passou a considerar mais duas parcelas de modo a incluir a questão do custo evitado de poluição (P) e do custo social (I).

O ganho da sociedade como um todo é dado pela equação 4.4, onde os valores de V entram com sinal positivo sobre o ponto de vista de quem vende, como a central de resíduos, os carroceiros, os catadores e os caçambeiros. Para quem compra, o sinal é negativo (V'), como é o caso da Indústria e dos sucateiros que compram a matéria-prima. Para a sociedade como um todo não há ganho nem perda, independentemente do valor de comercialização dos reciclados.

O item (C) é denominado de custos incorridos, onde estão incluídos os custos dos processos de reciclagem, que para alguns materiais inclui transporte, armazenamento, enfardamento e os custos administrativos.

Os custos (E) evitados de disposição final abrangem o aterro, o transporte e o transbordo, incluem ainda o custo evitado com a correção necessária para a remoção dos resíduos depositados em locais inadequados, como nos rios, terrenos públicos e áreas de risco. No caso da central de resíduos aparece o item referente ao custo evitado com o material de empréstimo, uma vez que o próprio

agregado reciclado de RCC – Classe A pode ser usado como material de cobertura do aterro sanitário.

Os ganhos (W) decorrentes da economia no consumo de energia fazem parte de todos os estudos de análise do ciclo de vida dos materiais, uma vez que a produção de materiais recicláveis requer um consumo de energia significativamente menor do que a produção a partir de matéria-prima natural.

Os ganhos (M) advindos da economia de matérias-primas como bauxita, celulose e resinas termoplásticas advém do fato destas já estarem contidas nos materiais recicláveis. Já no caso dos reciclados, significa minimizar a exploração das jazidas de agregados minerais.

Os ganhos (H) são decorrentes da economia de recursos hídricos durante os processos de fabricação que requerem um consumo maior de água quando partem da produção com matéria-prima natural.

Os ganhos (A) com a economia de controle ambiental devem-se ao fato de que a produção a partir da matéria-prima natural provoca um impacto poluidor muito superior ao da produção a partir de materiais recicláveis, tanto na exploração de jazidas como nos processos industriais de fabricação de alguns materiais como o vidro ou o plástico. A economia de controle ambiental deve incluir a diminuição de gastos com a remediação de áreas degradadas.

Os ganhos (P) são devidos à menor emissão de poluentes, pelo fato de diminuir a frota de caminhões caçamba que são submetidos a transbordo nas Áreas de Transbordo e Triagem (A.T.T.), afetam diretamente os municípios e, conseqüentemente, a qualidade de vida da população. Em municípios que possuem uma grande frota de veículos e sérias dificuldades para o escoamento do tráfego, como o município de São Paulo, pode se transformar em um valor muito significativo.

Os ganhos (I) são denominados ganhos com a inclusão social. Dizem respeito à organização, valorização e pertinência social dos catadores e carroceiros, que em geral fazem parte de uma camada da população localizada abaixo da linha de pobreza. A coleta seletiva e os postos de recebimento de entrega voluntária são, muitas vezes, administrados por cooperativas de catadores, que através desses mecanismos conseguem obter um ganho fixo e garantias trabalhistas, o que os transforma em cidadãos.

Os ganhos (D) são de difícil mensuração e decorrem da redução de dispêndios com a saúde pública, com divisas para a aquisição de insumos como petróleo, geração líquida de empregos e podem ser vistos tanto na esfera estadual quanto na federal.

O ganho total da sociedade pode ser calculado, pela Eq. 4.4, como a somatória de todos os ganhos, o que indica, para 2002, um valor de R\$ 899,50 por 10^3 kg de resíduo reciclado

A análise desse modelo econômico demonstra que os recicláveis, obtidos pela coleta seletiva, pela entrega voluntária e segregados na A.T.T. fornecem comparativamente ganhos unitários (em R\$ / 10^3 kg) bem maiores para a sociedade que os demais resíduos (composto orgânico e agregado reciclado de RCC) totalizando R\$ 808,30 por 10^3 kg de resíduo reciclado. Isso ocorre porque os custos evitados com o consumo de energia e de matéria prima são proporcionais ao custo dos próprios produtos que possuem alto valor agregado. O composto orgânico reciclado fornece à sociedade um ganho significativo de R\$ 61,70 por 10^3 kg, motivado principalmente pelo ganho devido à inclusão social da população de catadores. Já a reciclagem dos RCC gera um ganho unitário total de R\$ 29,50 por 10^3 kg de resíduo reciclado, o ganho maior ocorre nos custos evitados (E) com a disposição em aterros e com a remediação de áreas degradadas, além do custo evitado (P) pela queda na quantidade de emissão de poluentes atmosféricos. Assim, dado que os RCC estão sendo gerados em quantidades cada vez maiores, se forem reciclados acabarão produzindo um ganho

total para a sociedade que pode ser da mesma ordem de grandeza da economia possível com a reciclagem dos demais RSU.

Para efeito de análise, ASSIS (2002) efetuou a simulação para todo o município de São Paulo:

- Geração diária de RSD – 11.180 10³ kg

- Geração diária de RCC – 12.000 10³ kg

De acordo com dados práticos fornecidos pelos recicladores:

- Coleta Seletiva de RSD – 30%

- Compostagem de RSD – 30%

- Segregação de recicláveis nos RCC – 3,80%

Quantidade diária de recicláveis produzidos:

- Recicláveis da coleta seletiva de RSD397 10³ kg

- Recicláveis nos RCC.....456 10³ kg

Total de recicláveis.....853 10³ kg

- Composto orgânico.....2.340 10³ kg

- Agregados reciclado de RCC.....6.240 10³ kg

Cálculo dos Ganhos totais da sociedade por dia:

$$G = (853 \times \text{R\$ } 808,30) + (2324 \times \text{R\$ } 61,70) + (6240 \times \text{R\$ } 29,50)$$

Os ganhos obtidos G da sociedade totalizam R\$ 1.017.000,00 por dia, que podem ser maiores, caso a coleta seletiva aumente e a sociedade perceba a necessidade de mobilização, o que demonstra as possibilidades de ganhos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa empírica (fonte primária de dados) envolveu o levantamento de informações e de planilhas, no período de 2010 a 2014, com os principais atores envolvidos no Gerenciamento de Resíduos no Município de Guarulhos. Foram considerados atores neste estudo os representantes de órgãos públicos municipais como a prefeitura de Guarulhos; o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos (SAAE); a Secretaria de Serviços Públicos de Guarulhos, o Departamento de Limpeza Urbana (DELURB), bem como a PROGUARU, empresa de economia mista, também responsável pela varrição e limpeza de ruas e avenidas da cidade e operadora da Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (URE).

O desenvolvimento do trabalho na modalidade documental (coleta de dados de fontes secundárias) considerou fontes diversificadas e dispersas como o Sistema Nacional de Informações de Saneamento – SNIS (BRASIL – SNIS, 2015) e o programa GEOCIDADA0 (GUARULHOS. GEO-CIDADÃO, 2015).

Foram consultados os relatórios internos de recepção dos resíduos pelos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) e a quantidade e custo do encaminhamento adequado destes resíduos. Também foi estimado junto à prefeitura e mercado imobiliário, o custo real de cada PEV, incluindo terreno e área construída. Ao redor de cada PEV foi estimado a população atendida e a área de influência utilizando o programa GEOCIDADA0 (GUARULHOS. GEO-CIDADÃO, 2015).

Junto a Secretaria de Serviços Públicos foi consultado a quantidade e o custo da aquisição dos agregados naturais utilizados nas obras da Prefeitura.

Foi contabilizada a produção anual de artefatos na Fábrica de Pré-moldados, e a quantidade de agregados naturais substituídos pelos agregados reciclados fornecidos pela PROGUARU.

A PROGUARU também forneceu os dados da quantidade de agregados naturais e de agregados reciclados utilizados nas obras de pavimentação contratadas junto à prefeitura de Guarulhos.

A SAAE forneceu a quantidade de materiais naturais substituídos por agregados reciclados e a economia de recursos com disposição final e compra de agregados naturais.

Foram consultados, durante o desenvolvimento do estudo, um fornecedor de agregado miúdo (areia) e outro de agregado graúdo (pedra) de modo a estimar a quantidade de material minerado e o custo de recuperação da mineradora.

Foram consultados e avaliados também os dados do SNIS (Sistema Nacional de Informações de Saneamento) (BRASIL – SNIS, 2015), de resíduos sólidos urbanos, para poder comparar com os recursos utilizados no gerenciamento de RCC. Com esses dados será possível propor um modelo que possa ser aplicado a outras cidades.

O Departamento de Limpeza Pública forneceu os dados internos dos custos de remoção de resíduos de construção civil e de resíduos urbanos recolhidos de pontos de descartes conhecidos e viciados.

5.1 Área de estudo

O Município de Guarulhos localiza-se na Região Metropolitana de São Paulo e tem uma área de 318 km² e densidade populacional média de 4.085 habitantes por km² (GUARULHOS, PGIRS, 2013).

O histórico de ações voltadas à gestão sustentável de resíduos sólidos foi iniciado em 2002 com a contratação de uma empresa para fazer o diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e propor um plano para gestão sustentável.

Este trabalho de diagnóstico resultou no Plano Diretor de Resíduos Sólidos –PDRS com o objetivo de atender aos conteúdos mínimos previstos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, PNRS, 2010) para a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS.

Os serviços de limpeza urbana de Guarulhos são coordenados pela Secretaria de Serviços Públicos através do Departamento de Limpeza Urbana (DELURB). Os sistemas de coleta convencional de resíduos e limpeza urbana são realizados de forma regular e efetiva na cidade. A disposição final dos resíduos do Município é realizada em aterro sanitário licenciado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB, de propriedade privada, contratado pela Prefeitura de Guarulhos. A coleta seletiva dos resíduos da construção civil se encontra implantada em 17 Pontos de Entrega Voluntária – PEVs que recebem e encaminham os resíduos à unidade de reciclagem operada pela PROGUARU empresa de economia mista denominada PROGUARU. Esta também é responsável pela varrição e limpeza de ruas e avenidas da cidade. A Coleta Seletiva dos resíduos domiciliares secos atende apenas uma parte do município, e é realizada pela empresa COOP RECICLÁVEL.

A FIG. 4 apresenta informações sobre a evolução da geração de resíduos domiciliares no Município, no período de 2001 até 2009.

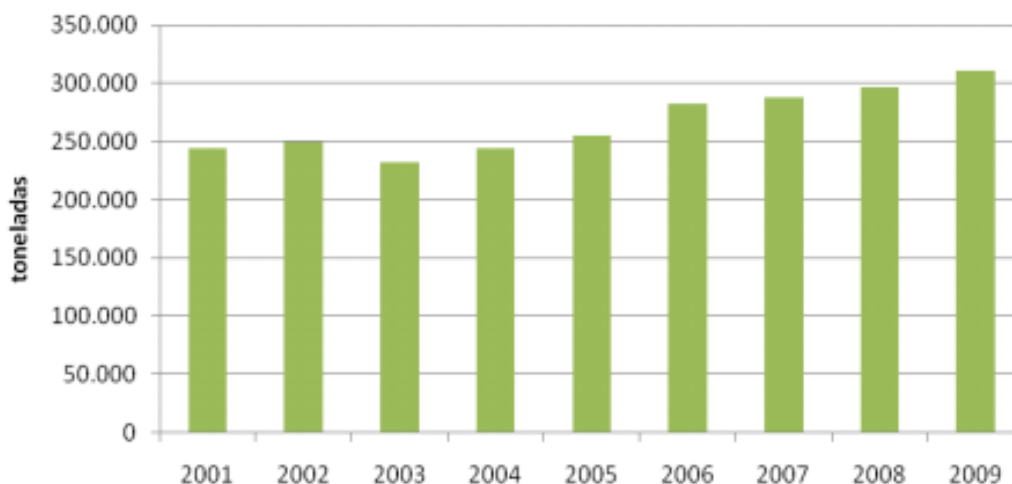


FIGURA 4: Geração de resíduos domiciliares indiferenciados em Guarulhos (GUARULHOS, PGIRS, 2013)

A TAB. 6 apresenta a estimativa de resíduos gerados por tipo e por habitante em Guarulhos.

TABELA 6: Estimativa da quantidade de resíduos em Guarulhos (GUARULHOS, PGIRS, 2013)

Tipo de Resíduo	kg/hab/dia	Kg/hab/ano
Resíduos Sólidos Domiciliares Resíduos Públicos Urbanos	0,77	239
Resíduos de Construção Civil	1,43	447
Resíduos Volumosos	0,1	30
Resíduos dos Serviços de Saúde	0,02	5
Resíduos Sólidos Industriais	0,24	74
Resíduos Sólidos Secos	0,01	4
Total	2,57	1.101

Na caracterização dos resíduos sólidos gerados em 2009, conforme o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, mais de 50% destes é composto por material orgânico (FIG. 5).

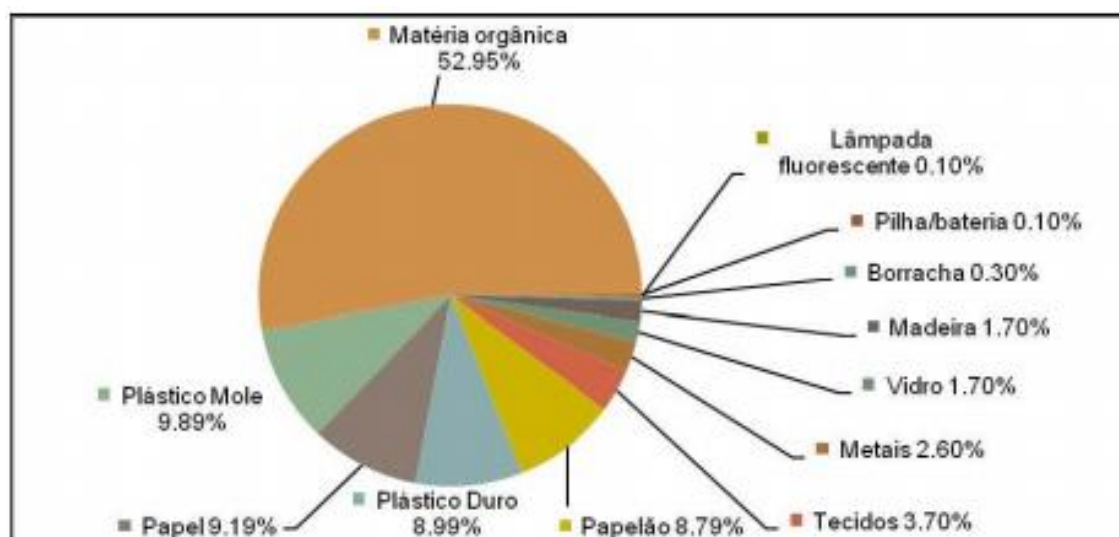


FIGURA 5: Caracterização dos Resíduos Sólidos de Guarulhos (GUARULHOS, PGIRS, 2013)

Com relação à gestão dos RCC, Guarulhos avançou bastante desde 2001, quando o manejo totalmente inadequado evoluiu para a implantação de legislação e regulamentação específicas. Foram instalados 17 PEVs, uma Usina de Reciclagem de Entulho e uma Área de Transbordo e Triagem. Em Guarulhos as reformas e construções informais são as atividades que geram a maior parte dos RCC, cerca de 60%. Em seguida são as construções licenciadas de grande porte com 30%, e por último as construções individuais licenciadas responsáveis por 10% do total gerado.

A legislação municipal determina que os geradores de resíduos da construção civil são responsáveis pelos resíduos gerados em suas atividades, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos. Estimativa realizada em 2009 aponta para uma geração de $1.860 \cdot 10^3$ kg por dia de RCC, conforme TAB. 7.

TABELA 7: Estimativa diária de geração de RCC por tipo de material (10³kg)
(Guarulhos, PGIRS, 2013)

Recicláveis como Agregado	Solo reutilizável	Madeira reciclável	Embalagens em Geral	Gesso, Rejeitos e Resíduos Perigosos	Total
1.120	370	190	110	70	1.870

5.2 Consumo de agregados reciclados - Prefeitura de Guarulhos

O Departamento de Obras, Administração Direta e Manutenção (DOADM), subordinado à Secretaria de Serviços Públicos, é a unidade responsável pela compra de 90% do agregado natural utilizado pela prefeitura. Embora muitas obras sejam executadas pela PROGUARU, cabe ao DOADM à responsabilidade por algumas obras de manutenção na cidade, como: a manutenção do cemitério da cidade, a operação da Fábrica de Pré-Moldados e o fornecimento de materiais para outros órgãos da prefeitura.

Neste estudo foi utilizado o custo do material comprado pelo DOADM como base para o custo de agregados naturais. A TAB. 8 apresenta os dados relativos ao consumo anual, no período de 2011 a 2014, dos diversos agregados reciclados adquiridos pela prefeitura de Guarulhos, e seus respectivos valores estabelecidos na época da compra.

Tomando-se como base os valores de 2014, podemos observar que (TAB. 8) o maior consumo de agregado miúdo foi referente à areia, com custo unitário de R\$ 35,90 por 10³kg e para o agregado graúdo o maior consumo foi de bica corrida, com custo unitário estimado de R\$ 45,40 por 10³kg. Dessa forma, visando padronizar esses valores, no decorrer deste trabalho foram utilizados os valores aproximados de R\$ 36,00 por 10³kg para o agregado miúdo e de R\$ 46,00 por 10³kg para o agregado graúdo.

TABELA 8: Consumo e custo anual dos diferentes tipos de agregado adquiridos pelo DOADM – Secretaria de Serviços Públicos, no período de 2011 a 2014

Consumo e Custo Anual dos Diferentes Tipos de Agregado								
Tipo de Agregado	2011		2012		2013		2014	
	Consumo (10 ³ kg)	Custo (R\$)	Consumo (10 ³ kg)	Custo (R\$)	Consumo (10 ³ kg)	Custo (R\$)	Consumo (10 ³ kg)	Custo (R\$)
Areia	7.200	320.100,00	2.550	91.800,00	5.010	195.970,00	5.400	193.980,00
Bica Corrida	10.110	468.654,40	4.800	186.656,00	4.950	198.000,00	7.650	347.412,00
Pedra 1	1.200	52.597,00	0	0,00	1.642	63.510,00	2.355	87.213,50
Pedrisco	150	6.938,00	2.850	70.832,00	465	18.600,00	450	18.570,00
Pó de pedra	1.575	68.489,00	7.095	245.676,00	3.225	129.000,00	3225	133.085,00
Rachão	1.800	80.732,00	300	10.770,00	2.550	102.00,00	4.170	172.082,00

5.3 Departamento de Limpeza Urbana de Guarulhos

O Departamento de Limpeza Urbana da Secretaria de Serviços Públicos de Guarulhos fornece anualmente dados para o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), cumprindo determinação da PNRS (Brasil, PNRS, 2010).

A TAB. 9 apresenta as informações referentes às quantidades anuais de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (em 10³kg) coletadas na cidade de Guarulhos bem como as despesas anuais referentes a cada um dos executores, no período de 2011 a 2014. Os dados de 2014 foram obtidos diretamente no Departamento de Limpeza Urbana (DELURB).

TABELA 9: Quantidades recolhidas e despesas dos RSU (Brasil, SNIS 2015)

Quantidade coletada no ano de RSU, por executor, e despesas anuais				
Ano	2011	2012	2013	2014
Prefeitura (10 ³ kg)	---	4.745,00	55.681,50	1.556,00
Empresas ou autônomos contratados (10 ³ kg)	349.500,90	379.316,00	646.985,70	387.260,00
Associação ou Coop. de Catadores c/ coleta seletiva (10 ³ kg)	1.749,90	2.104,00	2.295,90	2.377,00
Total Recolhido (10 ³ kg)	351.250,80	386.165,00	704.963,10	391.193,00
Despesas com os executores dos serviços de manejo de RSU (R\$)	136.426.956,98	150.888.852,49	187.850.347,96	162.889.484,60

Na TAB. 9 foram incluídos todos os custos realizados pela prefeitura relativos ao manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos, incluindo os pagamentos pelos serviços de recolhimento de todas as regionais da prefeitura, gastos com o recolhimento de RSU porta a porta pela empresa Quitaúna, empresa privada contratada pela prefeitura, auxílio a Cooperativa que recolhe os recicláveis, entre outros.

5.4 Ensaios nos agregados reciclados

No Brasil e em outros países, existem dificuldades nacionais e internacionais em se adequar à triagem dos Resíduos da Construção Civil (RCC), atender às especificações dos agregados reciclados e encontrar métodos eficientes de caracterização. A caracterização da composição dos agregados reciclados é normalmente realizada pela triagem na fonte, seguido de um processo simplificado de catação visual das partículas. Apesar de o método ser barato e simples, ele apresenta alguns problemas: (a) reprodução da técnica, (b) distinção entre partículas cimentícias de argamassas e de concretos, (c) variabilidade de propriedades físicas de determinadas espécies minerais (por exemplo partículas de cerâmica) e (d) impossibilidade de se caracterizar agregados miúdos. (ANGULO, et al. 2004).

Com o objetivo de caracterizar os agregados segundo as normas de Associação Brasileira de Normas Técnicas, foram executados diversos ensaios nos agregados produzidos, segue-se um pequeno resumo dos ensaios efetuados nos agregados reciclados miúdos e graúdos produzidos na Unidade de Reciclagem de Resíduos.

A descrição da metodologia dos ensaios executados nos agregados reciclados está apresentada no Anexo 1.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Gastos com recolhimento de descartes irregulares

A divisão de Limpeza Corretiva do Departamento de Limpeza Urbana, da Secretaria de Serviços Públicos, em 2014 possuía 29 funcionários e sua folha de pagamento era de R\$ 1.241.962,46. Soma-se a isso o gasto anual com locação de 4 caminhões, sendo 2 (dois) de 6 m³ e 2 (dois) de 12 m³, e duas retroescavadeiras de R\$ 1.800.356,81.

No ano de 2014, foram recolhidos pela secretaria 5.146.112 kg de rejeitos provenientes de 120 pontos conhecidos de descarte irregular. A TAB. 10 apresenta a discriminação e a destinação dos rejeitos recolhidos.

TABELA 10: Tipo, quantidade e destinação dos resíduos coletados das disposições irregulares em 2014

Tipo Resíduo	Volume (m ³)	Massa (10 ³ kg)	Destinação
RCC	923,5	1.200,55	Recicladora Proguaru
Rejeito	8.277	1.655,4	Aterro sanitário Quitauna
Amianto	307,5	246	Aterro Essencis
Gesso	166	149,5	Recicladora de Gesso
Madeira	4.112	1.028	Maderville
Sofás	313	62,6	Aterro sanitário Quitauna
Solo	598	717,6	ATT Sadokin
Reciclável	198	29,7	Cooperativa
Poda/Volumosos	195	44,85	Aterro sanitário Quitauna
Pneus	2002 unidades	12,012	Reciclamp
Total		5.146,112 . 10 ³ kg	

Quando ocorre uma disposição irregular numa área pública ou em um terreno baldio, se houver uma demora no recolhimento, outros resíduos acabam

sendo depositados no local. Ocorre o comportamento de que “lixo atrai lixo” e o material recolhido não tem outra destinação possível que o aterro sanitário.

Para o levantamento de custos do processo de recolhimento, foi utilizado a atividade de limpeza corretiva ocorrida entre 18/06/2014 à 18/07/2014, na Rua Afonso Sardinha, Bairro Itapegica, foram recolhidos $433,2 \cdot 10^3$ kg de rejeito, $35,5 \cdot 10^3$ kg de madeira e 135 unidades de pneus, correspondente a $0,81 \cdot 10^3$ kg. Esta intervenção custou R\$ 138.541,21 somente a prefeitura de Guarulhos. Os pneus e a madeira foram enviados para reciclagem e o rejeito foi encaminhado para o aterro sanitário. Nesta operação de limpeza, foram gastos R\$ 82.104,40 para o transporte e aterramento dos $433,2 \cdot 10^3$ kg de rejeito e R\$ 56.436,81 com máquinas e pessoal para retirada do descarte irregular. Podemos considerar que o recolhimento e aterramento apenas do rejeito custou R\$ 127.826,99, levando a um custo de R\$ 295,07 por 10^3 kg.

A atividade que resultou no recolhimento de $1.200,55 \cdot 10^3$ kg de RCC em 2014 é raro de ocorrer, e demandou aproximadamente 115 viagens de caminhão envolvendo o uso de caminhões e a utilização de uma retroescavadeira, por aproximadamente 38 dias. O custo dessa operação, incluindo folha de pagamentos, aluguel do caminhão e da retroescavadeira foi de R\$ 156.725,00 resultando num custo de R\$ 130,54 por 10^3 kg. Esse material pôde ser encaminhado para a recicladora da PROGUARU pois não estava contaminado com materiais orgânicos, e pôde ser processado resultando em agregados reciclados.

O custo de recolhimento de rejeito proveniente de descarte irregular (R\$ 295,07 por 10^3 kg), será aplicado no decorrer do trabalho de pesquisa, de modo a demonstrar a influência na economia de recursos gerada se for aplicada a gestão correta de resíduos efetuada pelo Município.

6.2 Recebimento de Resíduos pelos Pontos de Entrega Voluntária

Embora os PEVs devessem recolher apenas resíduos de construção e volumosos, o que ocorre na prática é que a população encaminha uma variedade

de materiais tais como: resíduos de concreto e argamassa, solo, poda, madeira, telhas de amianto, gesso, móveis e pneus. Estes materiais são segregados no próprio PEVs e cada um desses materiais tem a destinação adequada, sendo os custos arcados pela própria prefeitura de Guarulhos. A TAB. 11 apresenta um resumo das informações sobre as destinações dos diversos materiais recebidos pelos PEVs.

TABELA 11: Destinação dos Resíduos Recebidos pelos PEVs

MATERIAL	DESTINAÇÃO	Endereço
Amianto	Aterro Classe 1 para materiais perigosos ESSENCIS	http://www.essencis.com.br/
Lâmpadas	Aterro Classe 1 para materiais perigosos ESSENCIS	http://www.essencis.com.br/
Rejeito	Aterro Quitaúna	http://www.quitauna.com.br/
Resíduos de Construção Civil	URE- PROGUARU	http://www.proguaru.com.br/site/recicladora
Gesso	Recicladora de Gesso Multilix	http://www.multilix.com.br/
Madeira	Made Ville	http://madevillemadeiras.com.br/
Sofás	Aterro Quitaúna	http://www.quitauna.com.br/
Solo	ATT Sadokin	Passagem Servidão com Tamotsu Iwasse Loteamento Várzea dos Fontes Bonsucesso
Material Reciclável	Cooperativa/ CoopReciclável	Rua Estrela do Oeste, 119 - Guarulhos
Poda/Volumosos	Aterro Quitaúna	http://www.quitauna.com.br/
Pneus	Recicladora de Pneus Reciclanip	www.reciclanip.org.br/

Certos materiais podem ser encaminhados para reciclagem, como madeira, gesso, solo, RCC e recicláveis, e outros devem ser adequadamente destinados para o aterro sanitário contratado pela prefeitura, como o Quitaúna, ou para o aterro classe 1 - para materiais perigosos (ESSENCIS). A FIG. 6 apresenta um resumo da quantidade de material recebido pelos 17 PEVs no período entre 2010 a 2014.

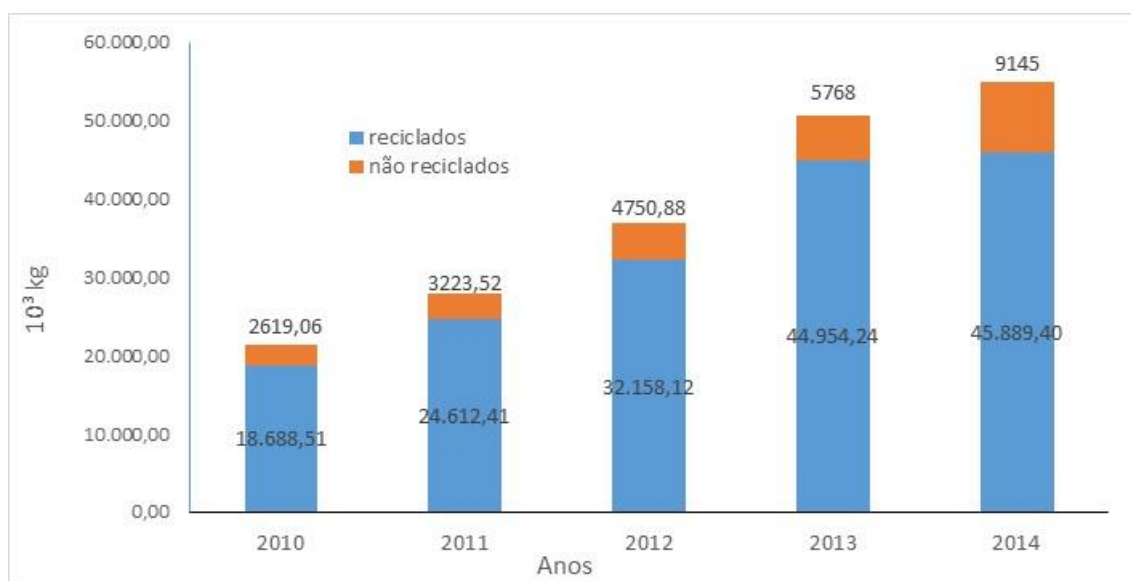


FIGURA 6: Quantidade anual de resíduos recebidos pelos PEVs

A TAB. 12 apresenta as quantidades discriminadas por tipo de resíduos recebidos entregues pela população, no ano de 2014, e sua destinação. A FIG. 7 apresenta esses resíduos recebidos em porcentagem.

TABELA 12: Tipo, quantidade e destinação dos resíduos entregues nos PEVs em 2014.

Tipo de resíduo	Quantidade 10 ³ kg	Destinação
Entulho	32014,50	Recicladora de Entulho
Solo	2539,20	ATT Sadokin
Gesso	2000,40	Recicladora de Gesso
Madeira	6637,75	Recicladora de Madeira
Recicláveis	479,24	Cooperativa
Lâmpadas	1,97	Recicladora de Lâmpadas
Pneus	7,40	Recicladora de Pneus
Podas	473,42	Aterro Sanitário
Móveis	526,95	Aterro Sanitário
Diversos	5808,22	Aterro Sanitário
Amianto	2336,43	Aterro Classe 1

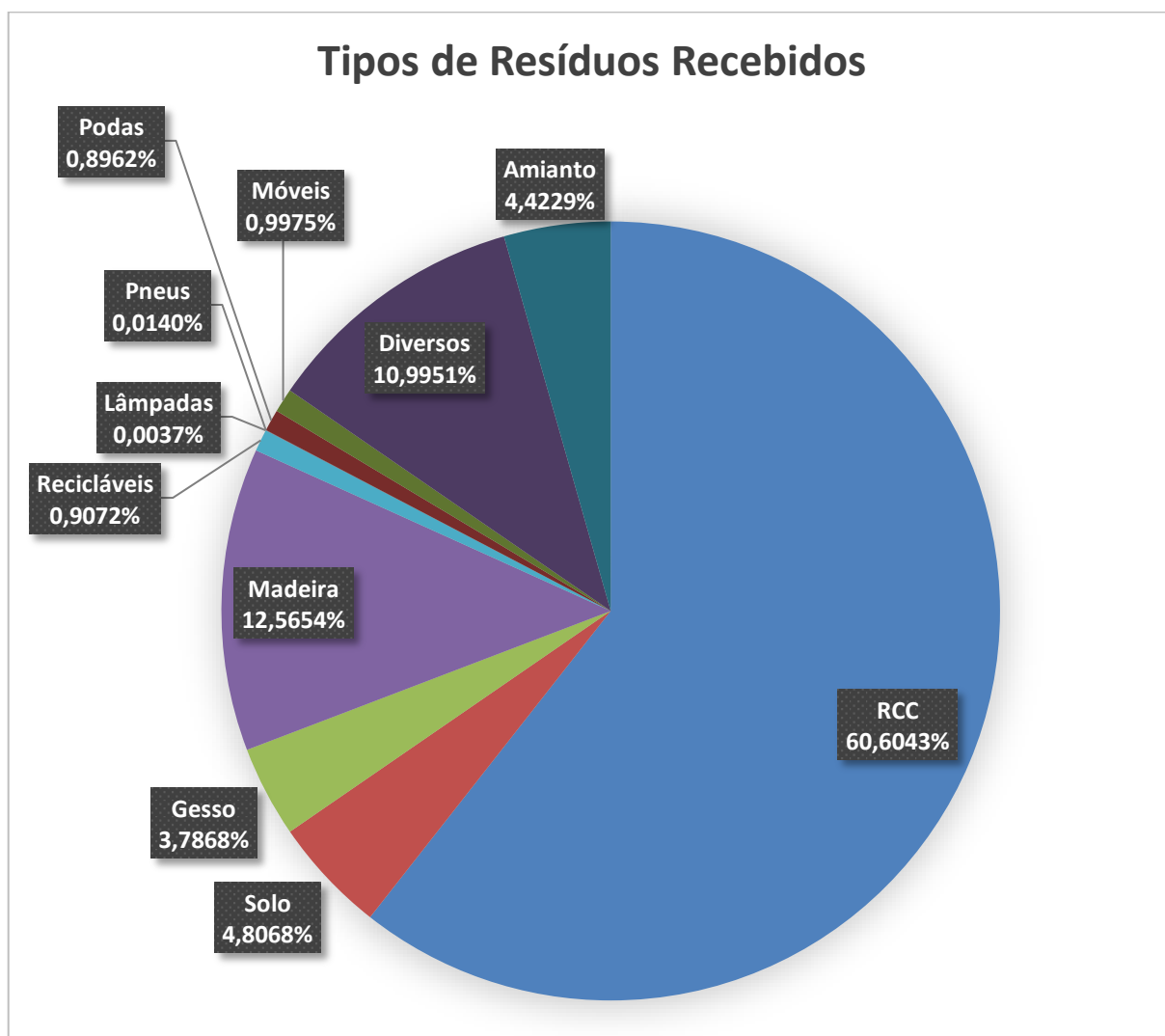


FIGURA 7: Tipos de resíduos, quantidade e destinação dos materiais entregues nos PEVs no ano de 2014 em porcentagem.

Todos esses materiais encaminhados pela população aos PEVs provavelmente seriam descartados irregularmente caso esse serviço não fosse disponibilizado à população, mesmo por que é gratuito e pretende atender a população que faz pequenas construções e reformas. Portanto, não se transformou em um rejeito, não causando problemas a saúde da população, (atraindo vetores) e ao meio ambiente (não foi carreado para o sistema de águas ou córregos),

possibilitando também a minimização dos gastos de recolhimento e limpeza das áreas impactadas com esses descartes.

Considerando-se que todo o material destinado aos PEVs, no ano de 2014 (FIG. 6), não foi descartado irregularmente ($55.034,40 \cdot 10^3$ kg), o processo obteve uma economia de R\$ 295,07 por 10^3 kg, contabilizando um total de R\$ 16.293,000,40 , uma economia de 1% proporcionada pelos PEVs, no gasto da prefeitura com o manejo de RSU.

A FIG. 8 apresenta os dados referentes à quantidade de material enviado para reciclagem na Usina de Reciclagem de Entulho (URE) da PROGUARU, mostrando um aumento progressivo da quantidade de RCC entregue pela população e conseqüentemente um aumento do material disponível para processamento pela Usina.

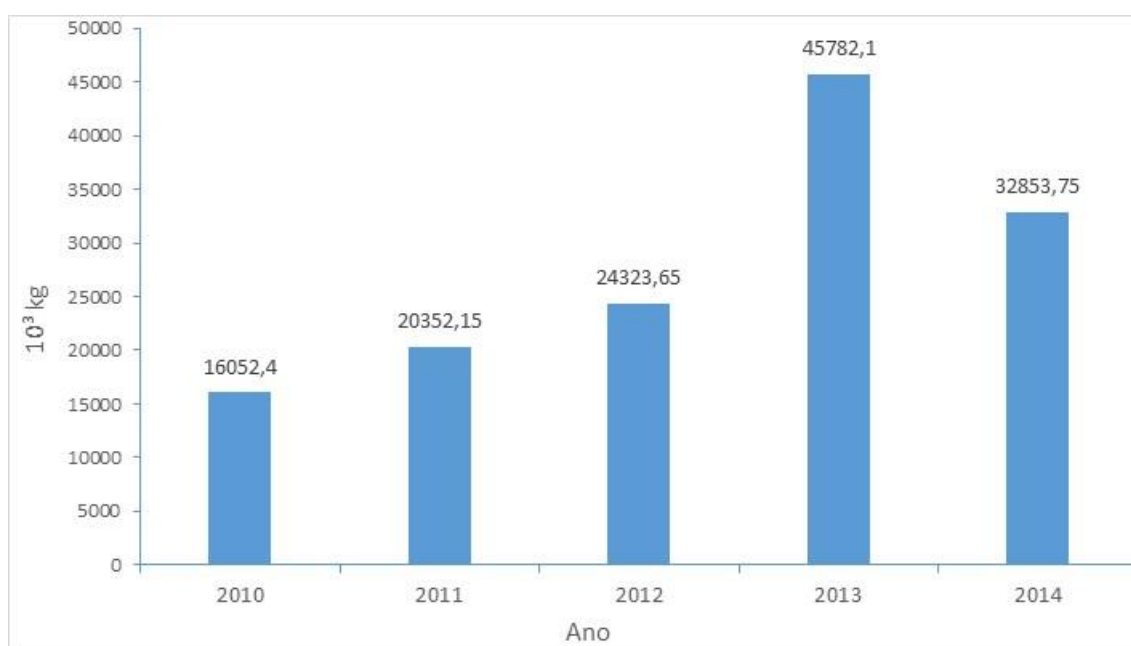


FIGURA 8: Quantidade de RCC enviado a Usina de Reciclagem

Os dados (FIG. 8) apontam para um crescimento na quantidade de resíduos entregues nos PEVs o que demonstra também um aumento sobre o conhecimento e conscientização da população sobre o sistema de gerenciamento de resíduos implementado no município. Esse processo leva a uma diminuição nos

custos da prefeitura no recolhimento de resíduos na cidade bem como em uma diminuição no impacto ambiental.

Considerando que, para o ano de 2014, somente os PEV forneceram para a Usina de Reciclagem 32.853,75 . 10³ kg de material para ser reciclado, e que estes resíduos foram transformados em areia, o mais barato dos agregados comprados pela prefeitura, apenas esse material gerou uma economia de R\$ 1.182.735,00, aos cofres municipais, mais que todo o gasto que o DOADM gastou com a compra de todos os tipos de agregados no ano de 2014, R\$ 952.342,50 (TAB. 8).

A TAB. 13 apresenta informações e dados relativos aos 17 PEVs em operação no município bem como a população atendida na área de influência. Foi considerado um raio de 1,5 km como área de influência para captação de resíduos. Foi utilizado o software GEOCIDADAO (GUARULHOS - GEO-CIDADÃO, 2015) para estimar a população atendida e o número de domicílios desta área de influência. Na TAB. 13 foi também incluída a média mensal de visitas no ano de 2014, a partir de levantamentos internos do Departamento de Limpeza Urbana de Guarulhos.

TABELA 13: População atendida pelos PEVs e média mensal de visitas em 2014.

PEV	Localização	População	Domicílios	Média mensal de visitas (2014)
Gopouva	R.Nadir s/nº	89.609	30.298	518
Macedo	R. Estilac Leal,26	50.478	17.037	312
Paraventi	R. Apolônia Vieira de Jesus, 91	101.881	32.930	438
Mikail	R. Justiniano Salvador dos Santos,269	69.847	19.402	322
Torres Tibagi	R. Corumbaíba,335	103.579	33.210	953
Santos Dumont	Estrada do Saboó,795	72.289	20.814	293
Vila Barros	R. Guilherme Lino dos Santos,349	78.337	24.461	645
Fortaleza	R. Medeia Escardino Mariano,311	15.112	4.350	126
Vila Galvão	R. Ipiranga s/nº	44.149	13.698	866
Haroldo Veloso	R. Campos Gerais s/nº (Haroldo Veloso)	47.689	13.642	164
João do Pulo	R. São Tomás de Aquino,61 – Jardim Divinolândia	124.334	37.534	449
Cabralia	R. Cabrália s/nº(Jardim Bela Vista	119.038	35.532	472
Inocoop	Avenida Francisco Xavier Correia, 489	54.945	15.857	237
Ponte Grande	Alameda Josefina L. Zamataro, 233	16.570	5.430	354
Continental	R. Valdimiro Laurentino Pêsoa, 655	78.797	23.657	303
Pimentas	R. Itália,13	74.685	22.031	375
Jurema	R. Jacutinga,470	108.623	31.828	637
Total				7.464

No ano de 2014, cada PEV recebeu em média 440 visitas mensais e atendeu uma parcela considerável da população que está na região central do município. Considerando que no ano de 2014, os PEVs receberam 55.034,40 . 10³ kg, e estimando um total de 89.568 visitas, cada munícipe descartou, em média, 614 kg de resíduos.

A FIG. 9 apresenta um mapa de Guarulhos com a localização georeferenciada dos PEVs e suas áreas de influência. As áreas de influência de cada PEV muitas vezes sobrepõem a de outro, mas considera-se como área de influência a distância que um morador poderia levar seus resíduos com um serviço de carroto simples. De modo a aumentar a população atendida por esse serviço de entrega voluntária e aumentar o recebimento de resíduo, melhorando todo o processo de gerenciamento no município, já existem o planejamento e projetos de construção de mais 8 PEVs.

A TAB. 14 apresenta dados físicos e financeiros referentes a área total do terreno de cada PEV, a área construída, o custo estimado do terreno onde está instalado e o custo da área construída utilizando o Custo Unitário Básico (CUB-RP1Q) do Sinduscon (SINDUSCON, 2015).

As áreas dos PEVs possuem áreas de tamanhos variados, uma vez que foram utilizados terrenos públicos ou que já estavam degradados para instalação da área de recebimento. A área construída de cada PEV geralmente conta com baias para segregação dos diversos tipos de resíduos, e uma área de abrigo para materiais como lâmpadas e recicláveis que serão encaminhados para a Cooperativa. O custo de mercado de cada terreno foi estimado, de maneira a dar um valor para todo o programa de gerenciamento de RCC.

Area de Abrangencia PEV's

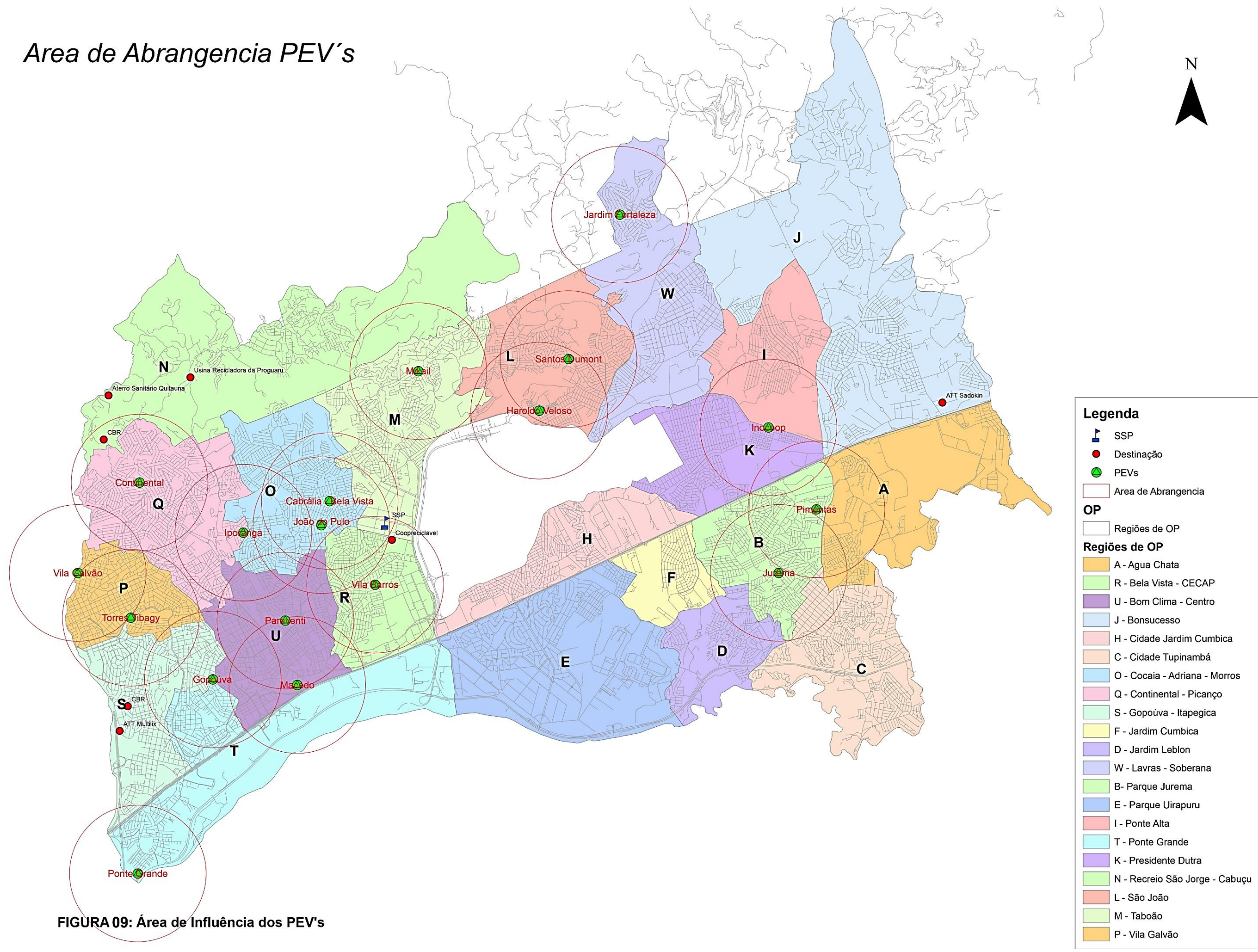


FIGURA 09: Área de Influência dos PEV's

TABELA 14: Pontos de Entrega Voluntária – Dados físicos e financeiros

Identificação do PEV	Área do terreno (m ²)	Área construída (m ²)	Custo do terreno (R\$)	Custo da área construída (R\$)
Gopouva	736,19	67,00	1.619.618,00	81.717,00
Macedo	555,19	80,00	1.110.380,00	97.573,60
Paraventi	495,00	30,00	841.500,00	36.590,00
Mikail	666,79	101,63	466.753,00	123.955,06
Torres Tibagi	1.759,26	35,00	2.287.038,00	42.688,40
Santos Dumont	510,38	27,00	510.380,00	32.931,00
Vila Barros	405,69	131,54	730.242,00	160.681,77
Fortaleza	442,00	30,00	265.200,00	36.590,10
Vila Galvão	706,39	175,16	1.200.863,00	213.631,91
Haroldo Veloso	650,00	45,00	390.00,00	54.885,15
João do Pulo	771,37	47,00	925.644,00	57.324,49
Cabralia	721,50	71,44	865.000,00	87.133,23
Inocoop	420,00	45,00	420.00,00	54.885,15
Ponte Grande	2.267,44	70,00	3.401.160,00	85.376,90
Continental	449,80		674.700,00	
Pimentas	1.343,77	182,17	940.639,00	222.187,28
Jurema	891,58	143,14	891.580,00	174.583,00
TOTAL	13.792,35	1.281,08	16.730.697,00	1.562.734,04

A área média do terreno do PEV é de 811,32 m², aproximadamente uma quadra de futebol de salão oficial (924 m²) e, área construída média de 75,35 m² que inclui baias para recebimento de resíduos, área para abrigar os funcionários, banheiros e um pequeno escritório. O gasto médio das áreas construídas de cada PEV é de R\$ 91.925,53, uma vez que são de baixa exigência estrutural e deve ser adaptada as características do terreno. Considerando que no ano de 2014 os PEVs economizaram R\$ 1.182.735,00, se todo o material recolhido fosse transformado em areia, equivale a 75,68% dos custos de obras civis para os 17 PEVs.

O custo médio do terreno (informações de 2015) onde foram instalados os PEVs no Município Guarulhos é de R\$ 984.158,65 considerando se fossem

terrenos particulares, uma vez que esse valor foi apurado junto a imobiliárias da região para compra de terrenos próximos.

No anexo 2 é apresentado uma descrição de 3 pontos de entrega voluntária.

6.3 Processo de reciclagem de RCC na usina da PROGUARU

A Usina de Reciclagem de Entulho (URE) localiza-se na Rua Benjamin Harris Hannicut 4400, bairro Cabuçu, nas proximidades do trecho Norte do Rodoanel Mário Covas. A URE possui uma área aproximada de 10.000 m², sendo dotada de equipamento de britagem utilizando mandíbulas com capacidade de beneficiamento de 45 . 10³ kg/hora de resíduo de construção Classe A. O equipamento possui 4 peneiras, de 50mm, 25mm 9,5mm e 4,8 mm e com 3 esteiras para separar as diversas granulometrias dos agregados reciclados.

Segundo relatórios internos da PROGUARU, as secretarias e as regionais da PROGUARU encaminham em média 250 m³ mensais de resíduos para processamento. Empresas particulares também podem encaminhar seus resíduos para processamento na URE e mensalmente contribuem com 500 m³ de material, por esse serviço a URE cobra R\$ 8,00 por m³. A PROGUARU encaminha para a URE em média 100 m³ mensais do recolhimento de descarte irregular na Regional do Cabuçu e também 200 m³ mensais dos resíduos gerados pela própria PROGUARU nas obras, portanto, além dos resíduos recebidos pelos PEVs a URE recebe aproximadamente mais 1.000 m³ mensais de RCC para processamento. Os resíduos recebidos diretamente pela PROGUARU não foram levados em consideração nos custos deste trabalho, pois entram na contabilidade da própria empresa.

Os RCC, após serem reciclados, em parte, são destinados a Fábrica de Pré-Moldados da Secretaria de Serviços Públicos como matéria prima para a fabricação de artefatos tais como: pré-moldados, blocos de concreto, meio fio, etc., enquanto que os resíduos mistos de cerâmica e argamassa reciclados são,

principalmente, destinados para a execução de camadas de base de pavimento e conservação de vias urbanas. Dessa forma, 100% dos resíduos que são reciclados na URE são utilizados em obras administradas direta ou indiretamente pela Prefeitura, tal como previsto no PGRIS do município.

A FIG. 10 mostra uma pá carregadeira e o caminhão poliguindaste descarregando RCC para ser processado na trituradora da URE.



FIGURA 10: Descarregamento de RCC na URE (foto do autor)

A FIG. 11 apresenta uma pá carregadeira alimentando o triturador da usina, sendo possível ver o material triturado sendo levado para peneiramento pela esteira. A FIG. 12 mostra o material após a moagem junto com uma pá carregadeira retirando o material.



FIGURA 11: Recicladora recebendo resíduos para processamento (foto do autor).



FIGURA 12: Agregados após a moagem sendo retirados pela pá carregadeira (foto do autor)

A FIG. 13 apresenta uma amostra da composição dos agregados produzidos na URE.



FIGURA 13: Agregados reciclados após a moagem (foto do autor)

A TAB. 15 apresenta a classificação dos tipos de agregados reciclados produzidos pela URE segundo seu tamanho e similaridade com os agregados naturais. A URE produz dois tipos de agregados, dependendo do tipo de material beneficiado. Quando é triturado de resíduos de telha, tijolo, bloco, pré-moldado, argamassa, piso de concreto ou cerâmico, produz-se um agregado chamado de Agregado Reciclado Misto (ARM), e, quando é triturado resíduo de concreto, simples, armado, protendido, composto de, no mínimo, 90% de massa de fragmentos à base de cimento Portland e de rocha (ABNT/NBR 15.116/2004), o agregado produzido é chamado como Agregado Reciclado de Concreto (ARC).

TABELA 15: Agregados Reciclados (AR) caracterizados de acordo com sua composição e granulometria, definidas pela NBR NM 248:2003

Tipo/Denominação	Tamanho (Granulometria)	Similaridade ao natural
Areia Reciclada (ARM 0 ou ARC 0)	0,1 a 4,8mm	Areia média
Agregado Reciclado (ARM 1 ou ARC 1)	4,8 a 9,5mm	Pedrisco
Agregado Reciclado (ARM 2 ou ARC 2)	9,5 a 25mm	Pedra 1 e 2
Agregado Reciclado (ARM 3 ou ARC 3)	25 a 50 mm	Pedra 3
Bica Corrida Reciclada (Misto ou Concreto)	0,1 a 50mm	Bica Corrida
Agregado Reciclado Graúdo (Misto ou Concreto)	Maior que 50mm	Rachãozinho

6.4 Resultados dos ensaios dos agregados reciclados produzidos pela Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil

A Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil da PROGUARU, efetua ensaios semestrais em amostras dos agregados produzidos pela usina. As amostras são recolhidas das pilhas de agregados reciclados segundo a norma AGREGADOS - AMOSTRAGEM – NBR NM 26: 2009 (Anexo 2) e enviados para um laboratório capaz de executar os ensaios segundo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

De modo a conhecer as características e qualidade desses agregados, entre os dias 20 de setembro e 5 de novembro de 2013, foram enviadas amostras para um laboratório especializado, Laboratório Soleil. Os resultados dos ensaios estão apresentados nas TAB. 16 a TAB. 19.

TABELA 16: Agregado – Ensaio de Índice de Desempenho de Agregado Miúdo Contendo Impurezas Orgânicas (NBR – 7221:12)

Resistência a Compressão aos 28 dias (MPa)			
Corpo de Prova	Amostra A Areia Original com cimento CII F-32	Amostra B Areia Lavada com cimento CII F-32	Índice de Desempenho (%)
01	36,7	37,7	95 %
02	39,7 *	35,4	
03	40,1 *	39,4	
04	34,5	34,4 *	
05	34,2	36,9	
06	37,3	36,9	
Média	35,7	37,5	
Desvio Padrão Relativo (MAX 5%)	4,5	5,1	
Diferença Máxima aceitável segundo NBR 7211:09			10 %
* - Valores desconsiderados para o cálculo da média			
Parâmetros de Ensaio			
Relação a/c	0,48		
Traço em massa para areia original	1,00 : 2,0	Consistência (mm)	169
Traço em massa para areia lavada	1,00 : 2,00		
Data da realização dos ensaios	06/10/2013 a 05/11/ 2013		

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos corpos de prova que utilizaram agregados miúdos reciclados lavados foram considerados aceitáveis segundo a norma Agregado – Ensaio de Índice de Desempenho de Agregado Miúdo Contendo Impurezas Orgânicas (NBR – 7221:12)

TABELA 17: Análise de Agregado: Análise Granulométrica – NBR NM 248:03

Peneiras	Agregado Miúdo AM A		Agregado Graúdo AM A		Agregado Graúdo AM B		Agregado Graúdo AM C		Agregado Graúdo AM D	
	% retida	% acumulada	% retida	% acumulada	% retida	% acumulada	% retida	% acumulada	% retida	% acumulada
75	-	-	-	-					26	26
63	-	-	-	-					31	57
50	-	-	-	-					30	87
37,5	-	-	-	-			48	48	7	94
31,5	-	-	-	-			33	81	3	97
25	-	-	-	-			14	95	3	100
19	-	-	-	-	15	15	5	100	0	100
12,5	-	-	-	-	59	74	0	100	0	100
9,5	21	21	1	1	21	95	0	100	0	100
6,3	6	27	48	49	4	99	0	100	0	100
4,75	4	31	29	78	0	99	0	100	0	100
2,36	12	43	17	95	0	99	0	100	0	100
1,18	12	55	1	96	0	99	0	100	0	100
0,6	12	67	1	97	0	99	0	100	0	100
0,3	15	82	1	98	0	99	0	100	0	100
0,15	8	90	1	99	0	99	0	100	0	100
Fundo	10	100	1	100	1	100	0	100	0	100
Módulo de finura	3,89		5,64		7,05		8,48		9,20	
Diâmetro Máximo característico	12,5		9,5		25,0		50,0		90,0	
Análise da distribuição granulométrica										
Agregado miúdo AM A RCC / Pó não se enquadra na ABNT NBR 7211:09										
Agregado miúdo AM B RCC / Brita 0 não se enquadra na graduação ABNT NBR 7211:09										
Agregado miúdo AM C RCC / Brita 1 não se enquadra na graduação ABNT NBR 7211:09										
Agregado miúdo AM D RCC / Brita 2 não se enquadra na graduação ABNT NBR 7211:09										
Agregado miúdo AM E RCC / Brita 3 não se enquadra na graduação ABNT NBR 7211:09										

Os resultados da distribuição granulométrica de agregados miúdos reciclados foram considerados aceitáveis para uso em concreto não estrutural e para utilização em pavimentação embora não se enquadrem na graduação da norma ABNT-NBR 7211:09.

TABELA 18: Resultados dos ensaios de agregado reciclado miúdo e graúdo.

Norma	Tipo de ensaio	Unidade medida	Agregado Miúdo AM A	Agregado Graúdo AM A	Agregado Graúdo AM B	Agregado Graúdo AM C	Agregado Graúdo AM D
NBR 52:2009	Massa Específica	g/cm ³	2,42				
NBR 52:2009	Massa Específica Aparente Seca	g/cm ³	2,40				
NBR 52:2009	Massa Específica Saturada Superfície Seca	g/cm ³	2,40				
NBR 30:2001	Absorção de Água Agregado Miúdo	%	0,3				
NBR 45:2006	Massa Unitária no Estado Compactado Seco (Método A/B)	kg/m ³	-	1235	1170	1070	1080
NBR 45:2006	Massa Unitária no Estado Solto Seco (Método C)	kg/m ³	-	1120	1050	1010	1050
NBR 53:2009	Absorção de Água Agregado Graúdo	%	-	10,9	10,5	9,8	10,1
NBR 53:2009	Massa Específica Seca	g/cm ³	-	2,56	2,53	2,41	2,44
NBR 53:2009	Massa Específica Saturada Superfície Seca	g/cm ³	-	2,24	2,20	2,14	2,15
NBR 53:2009	Massa Específica Aparente	g/cm ³	-	2,02	1,56	1,95	1,95
NBR 7218:2010	Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis	%	17,42				
NBR 7219:2010	Material Pulverulento	%	14,4	7,1	5,5	4,4	3,5
NBR 49:2001	Determinação de Impurezas Orgânicas	Índice de cor	Mais clara				

As amostras analisadas atendem as especificações da ABNT NBR 7211:2009, exceto pelo teor de material pulverulento das amostras e quanto ao teor de argila de Agregado Miúdo (AM A RCC/Pó).

TABELA 19: Resultados obtidos na análise química dos agregados reciclados

Amostra	Teores Obtidos	
	Cloretos Solúveis (Cl)	Sulfatos Solúveis (SO ₄)
Brita 3	0,014	0,12
Brita 2	0,003	0,06
Brita 1	0,005	0,10
Brita 0	0,003	0,42
Pó	0,012	0,37
Limites Máximos pela ABNT NBR 15.116:2004		
Pavimentação	-	< 2
Concreto sem função estrutural	< 1	< 1

Os resultados da análise química dos agregados reciclados são considerados aceitáveis para uso em concretos não estruturais e em pavimentação.

6.5 Utilização de agregado reciclado em obras de pavimentação pela PROGUARU

A PROGUARU é responsável por algumas obras de pavimentação no Município de Guarulhos e com a disponibilização de agregados reciclados pela URE, gradativamente foi substituindo os agregados naturais utilizados para sub-base de pavimentos flexíveis, por agregados reciclados. Em alguns casos, dependendo do solo onde será feita a pavimentação, a substituição chega a ser total.

Para utilização como agregado reciclado em pavimentação a PROGUARU submete os agregados produzidos na URE a ensaios semestrais em laboratório certificado. Os resultados apresentados na TAB. 20 referem-se a

ensaios realizados, em agosto de 2012, em duas amostras enviadas à um laboratório, Concremat Tecnologia, especializado em ensaios de agregados para pavimentação.

TABELA 20: Ensaios dos agregados reciclados para uso em pavimentação.

Ensaio		Norma	Peneiras	Amostra 1	Amostra 2	Faixa B DNIT
Granulometria Passante (%)	Peneiras	NBR 7181 / 1988	50	100	100	100
			37,5			
			25	86,1	54,1	75 - 90
			19			
			9,5	57,7	42,2	40 - 75
			4,75	44,1	34,1	30 - 60
			2	35	29,4	20 - 45
			0,425	17	17	15 30
	0,075	5,8	7,3	5 - 15		
Limites Físicos	Limite de Liquidez (%)	NBR 6459 / 1984		NL (sem liquidez)	NL (sem liquidez)	
	Índice de Plasticidade (%)	NBR 7180 / 1988		NP (não plástico)	NP (não plástico)	
	Limite de Contração (%)	NBR 7183 / 1982				
Umidade Natural (%)		NBR 6457 / 1986				
Índice de Grupo (IG)				0	0	
Classificação HRB				A-1 a	A-1 a	
Compactação	Umidade ótima (%)	NBR 7182 / 1988		13,9	14,8	
	Densidade Máxima (g/cm ³)	NBR 7182 / 1988		1,818	1,803	
Índice de Suporte Califórnia		NBR 9895 / 1987		107,7	98,1	
Expansão (%)		NBR 9895 / 1987		0	0	
Equivalente de Areia (%)		DNER ME 054 / 1997				

Os agregados atendem as especificações para a faixa B, ou seja, as granulometrias dos agregados permitem seu uso para primeira ou segunda camada

de base para pavimento asfáltico, segundo a norma Tratamento Superficial Duplo, Especificação de Serviço (DNER – ES 309:1997).

A classificação HRB (Highway Research Board) estabelece uma hierarquização para solos do sub-leito para pavimentação que inclui a determinação dos limites de liquidez e plasticidade. O índice de Grupo (IG) fornece subsídios para o dimensionamento de pavimentos. A classificação A-1 para HRB e $IG = 0$, referem-se a materiais granulares, fragmentos de pedra e areia (NBR 9895:1987)

O dimensionamento de pavimento é peculiar à solicitação de tráfego, condição do subleito, índice pluviométrico local, eixo equivalente e projeção de vida útil. Definição das espessuras das camadas de reforço do subleito, sub-base, base e revestimento que serão colocadas sobre o solo existente devidamente compactado. Sua finalidade básica é a seleção dos materiais existentes, de modo a haver um perfeito aproveitamento. Os melhores materiais devem ser colocados perto da superfície do pavimento onde as pressões transmitidas pelas rodas dos veículos, serão máximas. O pavimento deve ser projetado de tal forma que cada camada seja capaz de receber, distribuir e transmitir as pressões, sem sofrer deformações apreciáveis. (SENÇO, 1997)

Em 2014 a Proguaru tornou-se pioneira em execução de pavimentação para tráfego leve e médio usando agregados reciclados em diversas ruas nos bairros da Soberana – Guarulhos.

A TAB. 21 apresenta a estrutura do pavimento utilizado na rua Lagedão, no bairro Soberana efetuada em março e abril de 2014.

TABELA 21: Estrutura de pavimento utilizando agregado reciclado (CORDEIRO, 2014).

Camada do pavimento	Espessura (cm)
Revestimento – Concreto Betuminoso Usinado a Quente	5,0
Base – Brita Graduada Simples com areia reciclada	18,0
Sub-base – areia reciclada	15,0
Regularização do subleito – silte argiloso	15,0
Total	53,0

A FIG. 14 apresenta a rua Lagedão com a aplicação da base e sub-base com agregado reciclado.



FIGURA 14: Rua Lagedão após a aplicação de Brita Graduada Simples e areia reciclada. (CORDEIRO, 2014).

A FIG. 15 apresenta a rua Legedão quando da aplicação do revestimento de Concreto Betuminoso Usinado à Quente.



FIGURA 15: Execução da camada de revestimento de Concreto Betuminoso Usinado à Quente, na rua Lagedão. (CORDEIRO, 2014).

A PROGURU, também executa manutenção qualificada em ruas da região periférica de Guarulhos com o objetivo de melhorar o tráfego de veículos e o deslocamento de pedestres utilizando brita graduada reciclada, sem a aplicação de pavimento asfáltico. A FIG. 16 apresenta a situação que estava a rua Orlando Bergamo, no bairro de Cumbica, antes do trabalho de manutenção qualificada, efetuada em fevereiro de 2014. A FIG. 17 apresenta o trabalho das máquinas para regularização do leito antes da aplicação do agregado reciclado. A FIG. 18 apresenta a rua Orlando Bergamo após a manutenção qualificada executada pela PROGURU.



FIGURA 16: Condições existentes da Rua Orlando Bergamo – Cumbica, em fevereiro de 2014 (CORDEIRO, 2014).

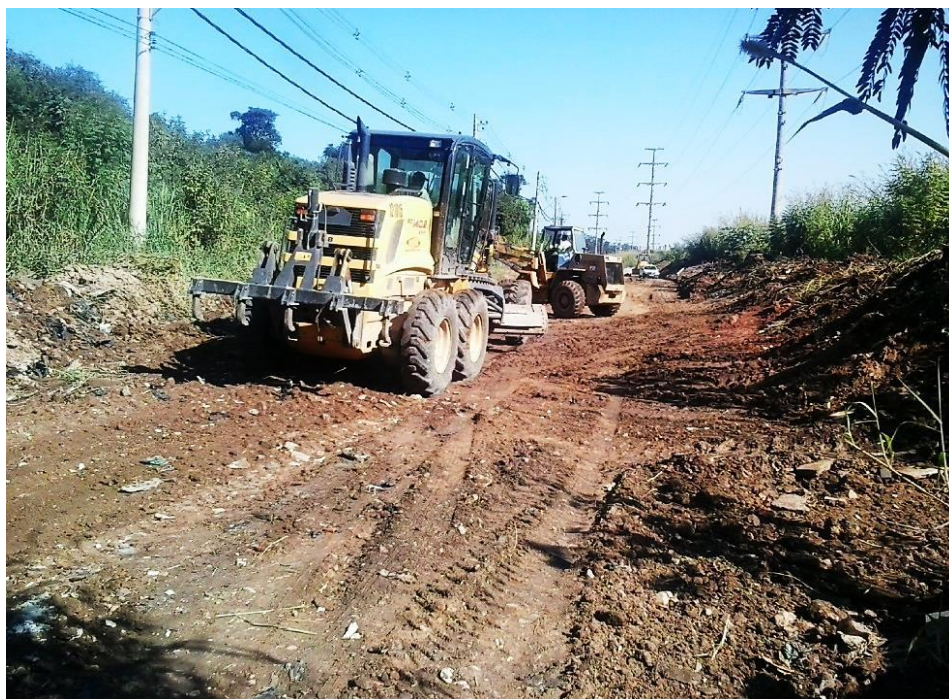


FIGURA 17: Início dos trabalhos de manutenção qualificada na rua Orlando Bergamo, em fevereiro de 2014. (CORDEIRO, 2014).



FIGURA 18: Manutenção qualificada concluída na Rua Orlando Bergamo – Cumbica, em março de 2014 (CORDEIRO, 2014).

6.6 Consumo de agregados reciclados pela PROGURU.

Em seus trabalhos de pavimentação a PROGURU utiliza os agregados reciclados produzidos na URE, a utilização de agregados reciclados em substituição dos agregados naturais foi aumentando durante os anos. A TAB. 22 apresenta os dados referentes ao consumo de agregados miúdos e graúdos, em 10^3 kg, tanto naturais como reciclados nas obras de pavimentação executadas pela PROGURU no período de 2012 a 2014.

TABELA 22: Quantidades anuais de agregados utilizados em obras de pavimentação

Tipo de agregado	Quantidade utilizada		
	em pavimentação (10 ³ kg) / Ano		
	2012	2013	2014
Agregado miúdo reciclado	468	2.055	6.633
Agregado graúdo reciclado	1.476	9.222	17.331
Agregado miúdo natural	233	0	500
Agregado graúdo natural	1.883	3.338	11.184

Os dados apresentados demonstram uma substituição crescente dos agregados naturais por agregados reciclados no período de 2012 a 2014, gerando uma economia de recursos pela PROGUARU.

Considerando o preço de compra de agregados naturais pela prefeitura de Guarulhos, de R\$ 36,00 para areia e R\$ 46,00 para o agregado graúdo, a PROGUARU, substituindo parte dos agregados naturais por agregados reciclados, economizou R\$ 238.788,00 na compra de areia e R\$ 797.226,00 de agregado graúdo, totalizando R\$ 1.036.014,00 nos seus custos de material.

6.7 Utilização de agregados reciclados pela Fábrica de Pré-Moldados da Prefeitura de Guarulhos

A prefeitura de Guarulhos opera uma Fábrica de Pré-Moldados localizada na Rua Delmiro s/ nº - Jd. Adriana. A fábrica, que produz mais de 16 mil peças mensalmente, utiliza materiais agregados e convencionais na confecção de lajotas, guias, blocos, grelhas e tampas para uso em pavimentações e calçamentos, construção e recuperação de valas, galerias, bocas de lobo e caixas de esgoto. Produz ainda itens para contenção de margem de córregos e peças como mesas, bancos e banquetas para praças e parques, além de placas, mourão e postinhos para cercamento de áreas.

Além da parte ligada à construção civil, a fábrica conta também com uma serralheria, que reutiliza materiais como placas e tubos de ferro oriundos de postes, luminárias e placas de publicidade, e para manutenção de próprios municipais. O setor conta com 68 funcionários entre auxiliares operacionais, soldadores, carpinteiros, pedreiros, pintores, entre outros.

A FIG. 19 apresenta os dados relativos ao consumo de areia natural e areia reciclada e a FIG. 20 apresenta o consumo de agregados graúdos naturais e reciclados pela fábrica de pré-moldados nos anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014, respectivamente.

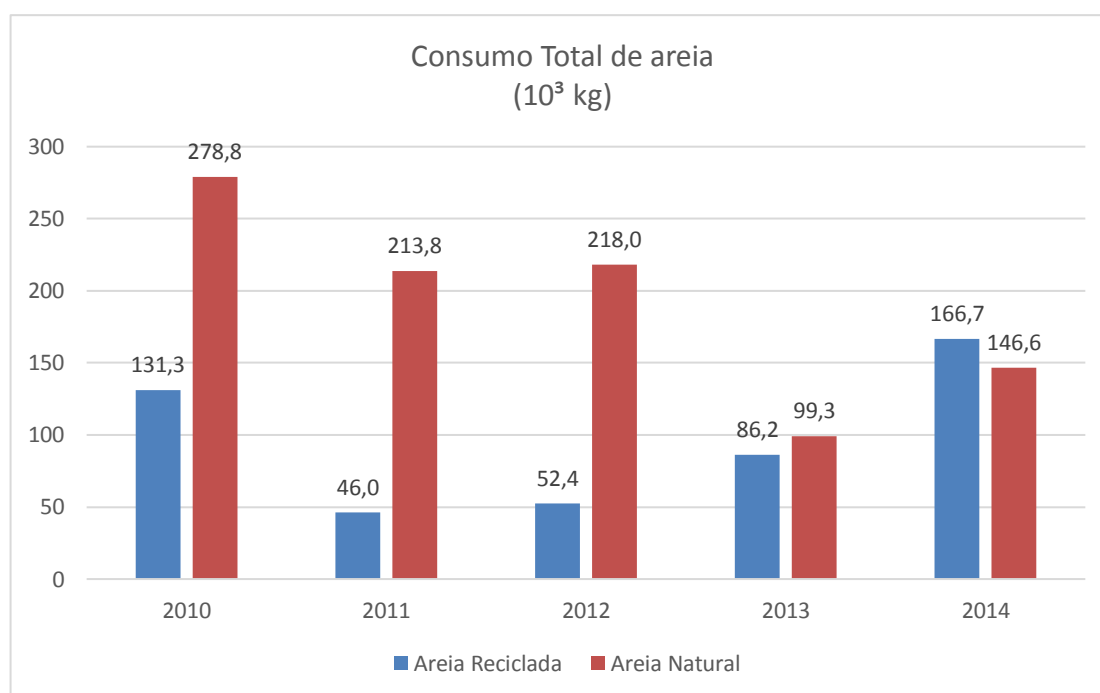


FIGURA 19: Consumo de areia reciclada e areia natural pela Fábrica de Pré-Moldados.

Considerando que a areia e o agregado graúdo reciclado foram fornecidos pela PROGUARU, a Fábrica de Pré-Fabricados economizou R\$ 6.001,20 relativo à compra de areia com a compra de agregados graúdos a economia foi de R\$ 6.072,00, no ano de 2014.

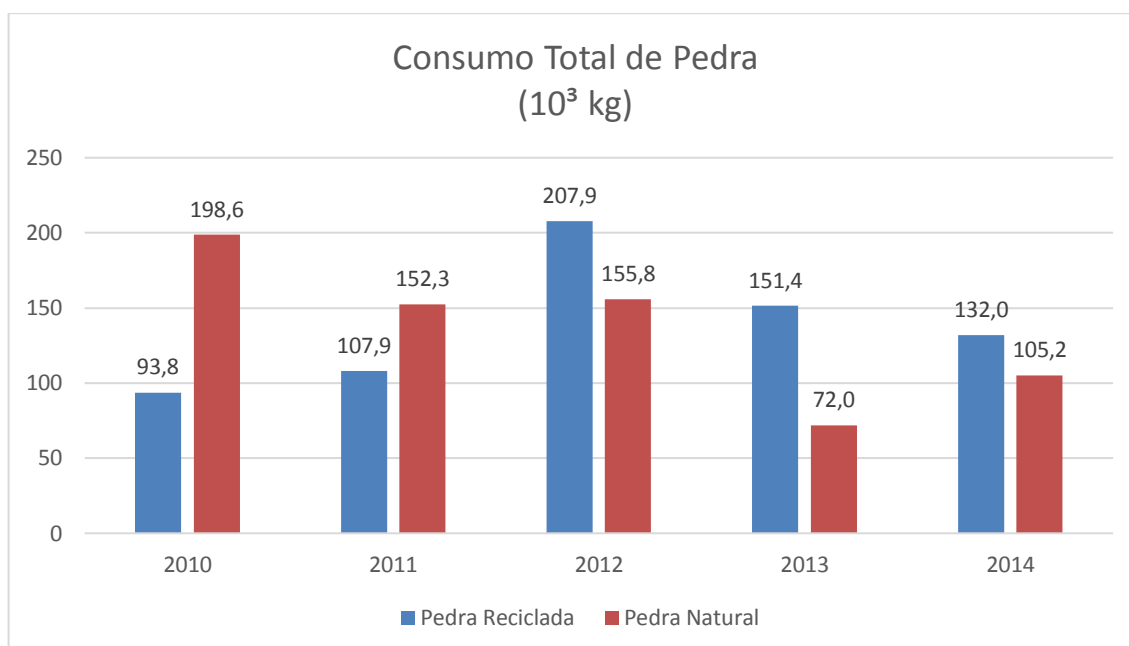


FIGURA 20: Consumo de agregados graúdos reciclados e agregados graúdos naturais pela Fábrica de Pré-Moldados.

O consumo de agregados pela Fábrica de Pré-Moldados apresenta uma substituição gradativa dos agregados naturais pelos agregados reciclados no período de 2010 a 2014, diminuindo os custos da prefeitura. Essa economia total no ano de 2014 foi de R\$ 12.073,20.

A FIG. 21 mostra o enchimento dos moldes com a massa preparada com a mistura de agregados reciclados e agregados naturais.



FIGURA 21: Moldagem das formas com massa preparada com agregados reciclados e naturais (foto do autor)

A FIG. 22 mostra as lajotas no pátio da Fábrica de Pré-Moldados curando.



FIGURA 22: Lajotas produzidas com mistura de agregados naturais e reciclados em processo de cura (foto do autor)

6.8 Produção de agregados naturais e custos de recuperação

Quanto à produção de agregados naturais e custos de operação foi avaliado um fornecedor de areia para a prefeitura de Guarulhos, chamado Porto

Daktari, localizado no Município de Tremembé, distante cerca de 150 km de Guarulhos. O terreno total possui 1.060.000 m² sendo que uma área de lavra, já desativada foi 360.000 m², aproximadamente 35% do terreno. Foi retirado areia por dragagem submersa por 18 anos e retirado cerca de 2.000.000 m³, ou aproximadamente 3.000.000 .10³ kg numa média mensal de 1.500 m³ (2.250.10³ kg). A FIG. 23 apresenta a dragagem sendo realizada em uma cava próxima e a FIG. 24 apresenta a areia retirada para secagem e posterior envio para venda.



FIGURA 23: Dragagem submersa (foto do autor)



FIGURA 24: Areia para secagem (foto do autor)

A recuperação de uma lavra desta dimensão se dá por etapas, visto que o Departamento Nacional de Produção Mineral exige que a cava seja dividida em lotes de exploração, e após esgotar o material do primeiro lote inicia-se sua recuperação ambiental, e só então, é permitido a exploração do lote seguinte. Esta recuperação consiste em fazer um talude na lagoa e um anel de moldura, com 25 metros de largura, em volta da lagoa, com plantio de árvores nativas da região. Devido a esta cava próxima ao rio Paraíba do Sul, é exigido que tenha uma área de preservação com 100 m de largura pelos 3 km que o terreno faz divisa com o rio.

Após o final da autorização de exploração, foram plantadas cerca de 100.000 árvores nativas nestes 360.000 m² de área de lavra. Estima-se que até que as árvores estejam com 1 metro de altura, chega-se a um custo de R\$ 5,00 por árvore, entre manutenções e reposições. Ao longo deste empreendimento, foram

dispendidos cerca de R\$ 2.000.00,00 em recuperação ambiental, incluindo terraplanagem, taludes, plantio de árvores e cuidados. Cada metro cúbico (ou $1,5 \cdot 10^3$ kg) de areia extraído pela mineradora exige cerca de R\$ 1,00 para recuperação da cava.

No ano de 2014, o custo médio do metro cúbico de areia retirado no porto era cerca de R\$ 30,00 e o preço médio de venda no varejo na Cidade de Guarulhos de R\$ 70,00 devido ao transporte por caminhão e pedágios. No Município de Guarulhos a empresa que representa este porto de areia vende cerca de 1.500 m^3 , ou $2.250 \cdot 10^3 \text{ kg}$, por mês para particulares e prefeitura de Guarulhos.

A produção de agregados reciclados em usinas de reciclagem próximas aos centros de consumo, além de recuperar um resíduo que seria desperdiçado possibilita a oferta de agregados próximo ao consumidor final e economiza recursos de recuperação ambiental.

A FIG. 25 apresenta a escavação do talude para recuperação da cava de areia, e a FIG. 26 apresenta o plantio de arvores como parte da recuperação ambiental da cava.



FIGURA 25: Escavação do talude (foto do autor)



FIGURA 26: Plantio de árvores em volta do talude (foto do autor)

A quantidade de RCC recebido pela prefeitura no ano de 2014 (FIGURA 8) foi de $32.853,75 \cdot 10^3$ kg. Multiplicando por 18 anos, temos a quantidade de $591.367,90 \cdot 10^3$ kg, ou seja, se for considerado que todo o RCC de Guarulhos fosse transformado em areia, teríamos economizados 19,71% de uma cava de areia ou aumentado em quase 3,5 anos a exploração dessa mesma cava. Considerando ainda que apenas os PEVs, no ano de 2014, recolheram $32.853,75 \cdot 10^3$ kg de RCC, e que se todo esse resíduo fosse transformado em areia, representaria um total de 182 caminhões de $15 \cdot 10^3$ kg, mensalmente, a menos nas estradas, Dutra (BR 116) e Fernão Dias (BR 381), de Tremembé até Guarulhos (aproximadamente 150km).

Foi avaliada também uma mineradora (pedreira) de agregados graúdos em São Paulo, localizada na avenida Zezefredo Fagundes nº 19.500, cujo engenheiro responsável pela pedreira, forneceu detalhes sobre o processo de recuperação ambiental da mina. A Pedreira Santana funciona desde 1946 e neste período foi retirado aproximadamente $10.000.000$ m³ de rocha que foi beneficiada por 4 britadores de mandíbula e posteriormente peneirado para obtenção das diversas granulometrias de agregados graúdos. A recuperação ambiental restringe-

se a uma avaliação da flora retirada no processo de decapagem da rocha, por um engenheiro ambiental contratado pela pedreira e posterior aprovação da CETESB do reflorestamento no próprio terreno da mineradora. Quando da última decapagem foi retirado aproximadamente 2.000 m² de terra e flora e como compensação ambiental foram plantados 1.000 mudas de árvores nativas da região, sendo que neste processo foi gasto aproximadamente R\$ 10.000,00. Segundo o engenheiro responsável pela operação, desde o início das atividades, 70 anos de operação, foi retirado aproximadamente 75% da reserva de material da pedreira, restando ainda 20 anos de exploração no ritmo de produção atual. No final da exploração da jazida, restará a cava que poderá receber resíduos inertes. A FIG. 27 apresenta vista da cava da pedreira, com aproximadamente 150 m de altura, a FIG. 28 mostra o carregamento de rochas para a britagem e a FIG. 29 mostra um dos 4 britadores da pedreira.



FIGURA 27: Vista da cava da pedreira (foto do autor)



FIGURA 28: Carregamento de rochas para a britagem (foto do autor)



FIGURA 29: Britador da Pedreira Santana (foto do autor).

6.9 Utilização de Agregados pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Guarulhos

Com o objetivo de se adequar a legislação municipal e federal de reciclagem de resíduos de construção civil o SAAE contratou uma empresa para recebimento e reciclagem dos resíduos gerados nas obras de manutenção de água e esgoto, extensões da rede e recuperação de pavimentos, ao mesmo tempo que iniciou a compra de matéria reciclado desta mesma empresa. Com essa prática o SAAE reduziu a quantidade de resíduos sólidos transportados para aterros de inertes e reduziu o custo comprando agregados reciclados.

Segundo Dos Anjos, et.al. (2013), num período de contrato de 9 meses no ano de 2012 o SAAE utilizou 730,28 m³ mensais de agregados reciclados ao custo de R\$ 47.698,35 mensais, isso possibilitou a redução pela metade da aquisição de agregados naturais economizando R\$ 104.000,00. Antes do início da utilização de agregados reciclados, o SAAE gastava R\$ 136.500,00 mensais com a destinação de resíduos para aterro de inertes, depois do envio para empresa de reciclagem, o custo de envio para aterro foi reduzido para R\$ 9.100,00 mensais.

O gerenciamento de resíduos e a compra de agregados reciclados diminuiu em 22% os custos operacionais, o que correspondeu a uma economia mensal de R\$ 84.250,00 mensais. A FIG. 30 mostra a utilização de agregado reciclado misturado com agregado natural e terra para recomposição do pavimento após uma intervenção do SAAE.



FIGURA 30: Utilização de agregado reciclado pelo SAAE (DOS ANJOS, et.al., 2013)

Segundo relatórios internos do SAAE, a média mensal de consumo de agregados reciclados no ano de 2013 foi de 976 m³ o que demonstra continuidade na substituição de agregados naturais por agregados reciclados. Os dados de 2014 ainda não foram compilados.

6.10 Recepção de resíduos

Os dados da quantidade de material recebido obtidos junto ao Departamento de Limpeza Urbana de Guarulhos, referem-se aos anos de 2010 a 2014. Para levar em consideração toda a quantidade recolhida desde a inauguração do primeiro PEV em 2003, (PEV Macedo) e os outros que se seguiram, foram utilizados os dados de 2010 para os PEVs existentes e replicados para os anos de 2003 a 2010. No início de operação de um PEV há sempre um período para reconhecimento da população e de seu engajamento em encaminhar corretamente os resíduos. Essa atitude também depende da educação ambiental e divulgação do serviço pela Prefeitura.

Após a inauguração do PEV Macedo em 2003, foram inaugurados mais 5 PEVs no ano seguinte, 2004 (PEV Paraventi, PEV Continental, PEV Gopouva, PEV Santos Dumont e PEV Vila Barros) aumentando significativamente a opção de PEVs para a população.

Neste trabalho, a quantidade de resíduo e RCC recebido pelo PEV Macedo em 2003 (com base nos dados de 2010) foi adotada para o ano de 2004. Portanto a cada ano, a quantidade recebida pelos PEVs já inaugurados foi repetida para os anos de 2004 a 2009 (sempre com base nos dados conhecidos de 2010).

No ano de 2005 foram inaugurados mais 3 PEVs (PEV Fortaleza, PEV Torres Tibagi e PEV Vila Galvão) totalizando 9 PEVs em funcionamento. Em 2006 foram inaugurados o PEV Inocoop e o PEV Mikail, em 2007 foram inaugurados o PEV Cabrália e o PEV Ponte Grande. No ano de 2008 foi inaugurado o PEV Haroldo Veloso e no ano de 2009 o PEV João do Pulo. Em 2010 não foi inaugurado nenhum PEV, e o sistema de captação de resíduos e RCC da prefeitura possuía 15 PEVs operando no final do ano.

A partir de 2010 os dados de recebimento de resíduos por todos os PEVs foram obtidos diretamente junto ao DELURB, e mesmo com nenhum PEV sendo inaugurado em 2011, nota-se um aumento significativo na quantidade recebida em 2011. Em 2010 foram recebidos $21.308,00 \cdot 10^3$ kg de resíduos totais e $16.052,40 \cdot 10^3$ kg de RCC, e em 2011 foram recebidos $27.836,00 \cdot 10^3$ kg de resíduos totais e $20.352,15 \cdot 10^3$ kg de RCC.

Em 2012 foi inaugurado o PEV Jurema, em 2013 não foi inaugurado nenhum PEV e em 2014 foi inaugurado o PEV Pimentas. Em 03 de setembro de 2015 foi inaugurado o PEV Iporanga, mas os dados desse PEV não estavam disponíveis quando do término dessa pesquisa.

6.11 Gastos do sistema

O custo para aquisição do terreno de cada PEV foi estimado para o ano de 2014, junto com imobiliárias da região, em relação ao preço do metro quadrado de um terreno com características semelhantes nas proximidades. Todos os PEVs estão instalados em áreas públicas e, portanto, não foi dispendido esse valor para aquisição dessas áreas. Esse custo serve como parâmetro do pequeno investimento necessário para a implantação do PEV.

O custo com as obras civis para cada PEV foi estimado em relação ao ano de 2014, utilizando a área construída multiplicado pelo o Custo Unitário Básico (CUB-RP1Q) do SINDUSCON (SINDICATO DA CONSTRUÇÃO CIVIL – SINDUSCON, 2015).

Os valores do terreno e das obras civis foram calculados levando-se em consideração o ano em que o PEV foi inaugurado, e não mais considerado nos anos posteriores por se tratar de um valor já dispendido nesse ano.

Todos os dados financeiros e projeções utilizados neste trabalho se referem ao ano de 2014 desconsiderando a inflação no período de 2003 até 2014.

A TAB. 23 apresenta os investimentos anuais que a Prefeitura de Guarulhos efetuou e uma projeção, pelo método dos mínimos quadrados, até 2020, mantendo esse ritmo de investimento. Os crescimentos percentuais dos investimentos excluindo as áreas públicas, em relação ao ano anterior, deve-se ao aumento do número de PEVs e a infraestrutura necessária para sua operação. O maior aumento no ano de 2012 foi causado pela aquisição de uma nova trituradora pela PROGUARU.

TABELA 23: Investimentos anuais efetuados pela Prefeitura de Guarulhos.

Ano	Investimentos Totais (excluindo áreas públicas) R\$	Crescimento Porcentual (Em relação ao ano anterior)	Investimentos Anuais Totais (incluindo terrenos) (R\$)
2003	324.525,48		4.934.905,48
2004	1.138.740,66	251%	5.515.180,66
2005	1.494.320,02	31%	5.247.421,02
2006	1.596.789,76	7%	2.483.542,76
2007	1.834.282,84	15%	6.100.442,84
2008	1.912.462,69	4%	2.302.462,69
2009	2.189.532,80	14%	3.115.176,80
2010	2.132.208,31	-3%	2.132.208,31
2011	2.326.078,03	9%	2.326.078,03
2012	3.693.736,46	59%	4.585.316,46
2013	2.751.591,10	-26%	3.480.920,49
2014	3.457.522,26	26%	4.398.161,26
2015 (*)	3.643.523,93(*)	5%(*)	
2016(*)	3.885.453,38(*)	12%(*)	
2017(*)	4.127.382,82(*)	19%(*)	
2018(*)	4.369.312,27(*)	26%(*)	
2019(*)	4.611.241,71(*)	33%(*)	
2020(*)	4.853.171,16(*)	40%(*)	

(*) Projeção em relação ao ano de 2014

Não foi realizado uma projeção dos investimentos incluindo áreas públicas por não ser possível estimar o custo futuro de um terreno. Os PEV são geralmente instalados em áreas públicas e, dessa forma este custo não foi incluído na previsão do modelo.

A TAB. 24 apresenta os dados relativos aos investimentos acumulados no período de 2003 a 2014 e uma projeção até 2020, de investimento, se for mantida a série histórica. Desde o início do programa, em 2003, a prefeitura investiu R\$ 24.851.790,41 (TAB. 24) nos PEVs e na URE da PROGUARU, com obras civis, compra e aluguel de equipamentos e pessoal.

TABELA 24: Investimento totais excluindo áreas públicas e totais acumulados no período de 2003 com projeção até 2020.

Ano	Investimentos Totais R\$ (excluindo áreas públicas)	Investimentos Totais Acumulativo R\$ (excluindo áreas públicas)
2003	324.525,48	324.525,48
2004	1.138.740,66	1.463.266,14
2005	1.494.320,02	2.957.586,16
2006	1.596.789,76	4.554.375,92
2007	1.834.282,84	6.388.658,76
2008	1.912.462,69	8.301.121,45
2009	2.189.532,80	10.490.654,25
2010	2.132.208,31	12.622.862,56
2011	2.326.078,03	14.948.940,59
2012	3.693.736,46	18.642.677,05
2013	2.751.591,10	21.394.268,15
2014	3.457.522,26	24.851.790,41
2015(*)	3.643.523,93 (*)	28.495.314,34(*)
2016(*)	3.885.453,38 (*)	32.380.767,72(*)
2017(*)	4.127.382,82 (*)	36.508.150,54(*)
2018(*)	4.369.312,27 (*)	40.877.462,81(*)
2019(*)	4.611.241,71 (*)	45.488.704,53(*)
2020(*)	4.853.171,16 (*)	50.341.875,69(*)

(*) Projeção em relação ao ano de 2014

Para o modelo desenvolvido neste trabalho foi considerado o custo do transporte do resíduo de construção civil até a Usina de Reciclagem de Resíduo da PROGURAU no bairro do Cabuçu, Guarulhos.

Os PEVs acumulam resíduos depositados em suas instalações e periodicamente os resíduos são encaminhados para os seus destinos finais. Para o RCC, foi contratada uma empresa que transporta $10 \cdot 10^3$ kg dos PEVs até a URE. O orçamento total do contrato para o ano de 2013 e 2014 foi dividido pela quantidade de RCC recebido por cada PEV e considerado como o custo unitário por viagem de cada caminhão.

O custo do transporte dos RCC de cada PEV até a URE para o ano de 2013 (R\$ 345,49 por viagem) foi também utilizado para os anos de 2003 a 2013, para o ano de 2014 foi utilizado a média dos valores do primeiro e segundo semestres pagos em 2014 (R\$ 377,71).

Os gastos com o transporte dos outros resíduos não foram levados em consideração neste modelo, pois para cada material, há uma destinação diferente não custeadas pela Prefeitura (Pneus, Recicláveis e Gesso) ou já incluídas no custo total do manejo de resíduos sólidos (Rejeito, Amianto e Lâmpadas).

O número de funcionários de cada PEV variou durante todo o período de operação do sistema (2003 até 2014), além destes funcionários serem deslocados de um PEV para outro, conforme a quantidade de material estocado. Neste estudo foi considerado como base o ano de 2014, extrapolando para os anos anteriores, o número de funcionários lotados em cada PEV. Neste estudo o custo anual dos funcionários foi considerado como sendo os valores praticados na folha de pagamento do DELURB para o ano de 2014 (R\$ 31.838,30 / funcionário).

A PROGUARU adquiriu o primeiro equipamento “trituradora de entulho móvel” em 1999. Neste trabalho foi considerado o custo de aquisição de R\$ 100.000,00 quando da inauguração do primeiro PEV (2003). Esta trituradora não está em operação e permanece na Unidade de Reciclagem de Entulho - URE no Cabuçu.

Desde o ano de 2011 a URE conta com uma pá carregadeira alugada para alimentar a trituradora pelo valor mensal de R\$ 23.000,00. Foi considerado, no computo total anual, que o custo mensal dessa pá carregadeira entra nos custos do sistema, de maneira parcial, a partir de 2004 quando a quantidade de resíduos de construção civil passa a ser significativa. Foi considerado que no período de 2004 até 2011 o uso desta pá carregadeira foi parcial já que poderia ter sido utilizado em outras atividades da PROGUARU. O valor desse aluguel foi aumentando durante os anos, até chegar em R\$ 276.000,00 anuais a partir do ano de 2012.

O custo operacional por funcionários na URE foi, progressivamente, considerado no modelo. Considerando que em 2014 a URE contava com 10 funcionários responsáveis por todas as atividades da reciclagem de resíduos da construção civil, neste trabalho foi considerado os custos de operação de 2 funcionários nos anos de 2003 a 2005, sendo aumentada para 4 funcionários no período de 2006 e 2007, 6 funcionários no ano em 2008, 8 funcionários nos anos de 2009 a 2011, e de 10 funcionários no período de 2012 a 2014.

6.12 Receitas

Desde os primeiros estudos para um Plano de Gestão Sustentável de Resíduos de Construção em Guarulhos, os PEVs foram estruturados para atender pequenas obras ou reformas executadas pela população. No PGIRS (GURULHOS, 2014) considera que o PEV recebe até 1 m³ (ou 1,2.10³ kg) de material por visitante por dia. Essa quantidade de resíduo geralmente é entregue por um serviço de carroto simples (carroceiro) ou até pelo próprio cidadão.

Considera-se que obras que gerem uma quantidade maior de resíduo, o executor deve se responsabilizar pelo destino correto do resíduo, podendo contratar uma caçamba metálica, de um transportador de resíduos de construção civil, cadastrado junto a prefeitura. Esse transportador deve fornecer uma CTR – Controle de Transporte de Resíduos, para o contratante onde é informado o destino correto do resíduo de construção recebido. A Prefeitura de Guarulhos tinha 16 empresas cadastradas, em 2014, porém há muitas outras empresas que transportam resíduos de construção civil no Município de Guarulhos, porém sem cadastro na Prefeitura, podendo estar cadastradas em outros municípios ou transportando o resíduo para outros municípios.

Em 2014, o valor de aluguel de uma caçamba metálica de 5 m³ estava entre R\$ 150,00 a R\$ 400,00, dependendo da quantidade de dias que ela teria que ficar disponível para o cidadão, da localização do imóvel e da negociação com o dono da empresa de transporte de RCC.

Para os grandes geradores de resíduos de construção, a lei municipal sobre o Uso, a Ocupação e o Parcelamento do Solo no Município de Guarulhos (GUARULHOS. Lei 6.253) determina como pré-requisito para a concessão de licenças, autorizações e alvarás, a apresentação do EPIV (Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança) e do RIV (Relatório de Impacto de Vizinhança). Dentre os empreendimentos privados, destacam-se:

I - Edifícios e conjuntos residenciais, inclusive de interesse social, com mais de 400 (quatrocentas) unidades, ou que utilizem terreno com área igual ou superior a 15.000,00m² (quinze mil metros quadrados);

II - Atividades comerciais e de prestação de serviços do com mais de 10.000,00m² (dez mil metros quadrados) de área construída, inclusive em condomínios, exceto quando localizadas em Zona de Uso Industrial - ZI;

IV - Indústrias com mais de 2.500,00m² (dois mil e quinhentos metros quadrados) de área construída, exceto quando localizadas em Zona de Uso Industrial - ZI.

Este trabalho aborda apenas os RCC recebidos nos PEVs e consideramos que não foi descartado em locais irregulares. O RCC após ser descartado irregularmente transforma-se em rejeito devido a contaminação por outros tipos de materiais, muitas vezes orgânicos, que inviabilizam a trituração e reutilização do material.

Neste trabalho foi considerado um valor de recolhimento de R\$ 295,07 por 10³ kg de rejeito conforme descrito no item 6.4. Este custo de foi adotado por se ter sido bem discriminado nas planilhas internas do Departamento de Limpeza Urbana de Guarulhos.

Deve-se levar em conta que no recolhimento de rejeito o custo depende da quantidade envolvida, do tipo de material descartado e do tipo de terreno onde

foi efetuado o descarte. Cada um desses fatores interfere no gasto de retirada do material.

O resíduo de construção civil, por si só, não emite odores ou atrai animais, mas o comportamento observado, é que a população acaba descartando outros resíduos orgânicos, que atraem insetos e seus predadores naturais, escorpiões. Também acham um habitat atraente ratos e, portanto, seus predadores naturais, as cobras.

Existe a possibilidade de serem descartados resíduos perigosos, químicos ou industriais nesses locais, o que pode dispende um custo muito maior para retirada dos rejeitos.

A recuperação ambiental de uma área degradada depende de inúmeros fatores, tais como flora nativa, acessos, tempo durante o qual foram descartados os resíduos, os tipos de resíduos descartados, o uso da área antes do descarte irregular, entre outros fatores. Ou mesmo se a área é pública, particular ou via pública.

A prefeitura acaba arcando com os gastos de recolhimento dos rejeitos e seu encaminhamento para o aterro sanitário. A fiscalização dos descartes irregulares é difícil, pois muitos ocorrem durante a noite ou em lugares de pouco movimento.

Não foi levado em conta os custos de recuperação ambiental de uma área de descarte irregular, apenas o trabalho de limpeza e encaminhamento dos rejeitos para o aterro sanitário.

A TAB. 25 apresentam a evolução da população do Município de Guarulhos no período de 2003 a 2014, sendo que nesse período houve um crescimento de 13% na população.

TABELA 25: Estimativa da População no período de 2003 a 2014 (IBGE, 2015)

Anos	Habitantes
2003	1.160.468,00
2004	1.218.862,00
2005	1.251.179,00
2006	1.283.253,00
2007	1.283.253,00
2008	1.279.202,00
2009	1.299.283,00
2010	1.233.436,00
2011	1.233.436,00
2012	1.244.518,00
2013	1.299.249,00
2014	1.312.197,00

Neste mesmo período, a partir da inauguração do PEV Macedo em 2003, a quantidade de resíduos totais e a quantidade de Resíduos de Construção Civil recebidos aumentou constantemente.

Do ano de 2003 para o ano de 2004 houve um aumento devido a inauguração de mais 5 PEVs. Foi feita uma estimativa para os anos de 2015 a 2020 a partir do método dos mínimos quadrados, e os valores estão apresentados na TAB. 26. Entre os anos de 2013 e 2014 houve uma queda na recepção de resíduos totais e de RCC provavelmente devido à crise econômica que se iniciou em 2014. Embora a queda na captação de resíduos, a série histórica ainda apresenta tendência de elevação da captação de resíduos totais para 71.240,98.10³ kg de resíduos totais e de 51.794,19.10³ kg de RCC para 2010, correspondendo a um aumento de 29% e de 55% respectivamente, em relação as quantidades recebidas em 2014.

TABELA 26: Quantidade anual de Resíduos Totais e Resíduos de Construção Civil recebidos pelos PEVs nos anos de 2003 à 2014, e projeções até 2020.

Recebimento Anual				
Ano	Resíduos Totais		Resíduos de Construção Civil	
	Quantidades (10 ³ kg)	Crescimento Porcentual	Quantidades (10 ³ kg)	Crescimento Porcentual
2003	871,89		721,50	
2004	12.266,59	1307%	7.424,30	929%
2005	15.488,83	26%	10.701,22	44%
2006	16.824,35	9%	12.092,60	13%
2007	18.314,32	9%	14.140,10	17%
2008	19.327,42	6%	14.414,40	2%
2009	21.307,57	10%	16.052,40	11%
2010	21.307,57	0%	16.052,40	0%
2011	27.835,93	31%	20.352,15	27%
2012	36.909,00	33%	24.323,65	20%
2013	50.722,24	37%	45.782,10	88%
2014	55.034,40	9%	32.853,75	-28%
2015(*)	50.998,89	-7%(*)	37.061,59 (*)	13%(*)
2016(*)	55.047,31	9%(*)	40.008,11 (*)	22%(*)
2017(*)	59.095,72	7%(*)	42.954,63 (*)	31%(*)
2018(*)	63.144,14	15%(*)	45.901,15 (*)	40%(*)
2019(*)	67.192,56	22%(*)	48.847,67 (*)	49%(*)
2020(*)	71.240,98	29%(*)	51.794,19 (*)	58%(*)

(*) Projeção em relação ao ano de 2014

A TAB. 27 apresenta a quantidade acumulada de resíduos totais recebidos pelos PEVs no período de 2003 a 2014 e a previsão até 2020, caso se mantenha a tendência de série histórica.

Na TAB. 27 podemos observar que até o ano de 2014 os PEVs captaram 296.210,11 . 10³ kg durante 11 anos de operação, e podemos considerar que caso não existissem os PEVs a prefeitura teria que recolher todo esse material como rejeito em descartes clandestinos. A TAB. 27 também apresenta uma projeção da quantidade acumulada até o ano de 2020, chegando a 662.929,71 . 10³ kg.

TABELA 27: Quantidade de resíduos totais e quantidade acumulada, recebidos pelos PEVs.

Ano	Resíduos Totais	
	Quantidade (10 ³ kg)	Quantidade Acumulada (10 ³ kg)
2003	871,89	871,89
2004	12.266,59	13.138,48
2005	15.488,83	28.627,32
2006	16.824,35	45.451,66
2007	18.314,32	63.765,98
2008	19.327,42	83.093,41
2009	21.307,57	104.400,97
2010	21.307,57	125.708,54
2011	27.835,93	153.544,47
2012	36.909,00	190.453,48
2013	50.722,24	241.175,72
2014	55.034,40	296.210,11
2015(*)	50.998,89 (*)	347.209,00 (*)
2016(*)	55.047,31 (*)	402.256,31 (*)
2017(*)	59.095,72 (*)	461.352,04 (*)
2018(*)	63.144,14 (*)	524.496,18 (*)
2019(*)	67.192,56 (*)	591.688,74 (*)
2020(*)	71.240,98 (*)	662.929,71 (*)

(*) Projeção em relação ao ano de 2014

Os dados para os RCC recebidos pelos PEVs são apresentados na TAB. 28, as quantidades acumuladas no período de 2003 a 2014 e uma estimativa, utilizando o método dos mínimos quadrados, até o ano de 2020. Pode se observar que até o ano de 2014 os PEVs enviaram para reciclagem 214.910,57 . 10³kg de RCC que puderam ser convertidos em agregados reciclados. Estima-se para 2020 a quantidade total de 481.477,91 . 10³kg de RCC recebido desde a inauguração do primeiro PEV em 2003.

TABELA 28: Quantidade de resíduos de construção civil e quantidade acumulada, recebido pelos PEVs.

Ano	Resíduos de Construção Civil	
	Quantidade (10 ³ kg)	Quantidade Acumulada (10 ³ kg)
2003	721,50	721,50
2004	7.424,30	8.145,80
2005	10.701,22	18.847,02
2006	12.092,60	30.939,62
2007	14.140,10	45.079,72
2008	14.414,40	59.494,12
2009	16.052,40	75.546,52
2010	16.052,40	91.598,92
2011	20.352,15	111.951,07
2012	24.323,65	136.274,72
2013	45.782,10	182.056,82
2014	32.853,75	214.910,57
2015(*)	37.061,59 (*)	251.972,16 (*)
2016(*)	40.008,11 (*)	291.980,27 (*)
2017(*)	42.954,63 (*)	334.934,90 (*)
2018(*)	45.901,15 (*)	380.836,06 (*)
2019(*)	48.847,67 (*)	429.683,73 (*)
2020(*)	51.794,19 (*)	481.477,91 (*)

(*) Projeção em relação ao ano de 2014

Na TAB. 29 é apresentada a razão entre o número de PEVs e a quantidade de resíduos totais e RCC recebidos. Podemos notar que para os RCC as quantidades anuais entregues pela população têm aumentado conforme os PEVs são mais conhecidos pelos munícipes. Quando havia 15 PEVs, a média de recebimento por PEV era de 1.070,00 . 10³ kg / PEV, e em 2013, quando haviam 16 PEV's chegou-se a 2.861,00 . 10³kg / PEV, esse valor maior pode ser creditado a uma maior atividade econômica no país nesse ano. No ano de 2014, quando a atividade econômica no País diminui, a quantidade de RCC média por PEV ainda demonstrou um aumento em relação a 2012, com 1.932,00 .10³ kg / PEV. A tendência de captação de resíduos, utilizando como base 17 PEVs, pelo método

dos mínimos quadrados, é de aumento constante da quantidade de RCC levada pela população. Para os resíduos totais entregues pela população aos PEVs, também ocorre um crescimento, como o verificado com os RCC.

Com 15 PEVs, a quantidade média de resíduos totais foi $1.420,00 \cdot 10^3 \text{ kg / PEV}$, e com 17 PEVs a quantidade média de resíduos totais foi de $3.237,00 \cdot 10^3 \text{ kg / PEV}$, embora ocorresse no ano de 2014, mostrando que mesmo com a diminuição da atividade econômica, a população continuou encaminhando os resíduos sólidos aos PEVs, e portanto diminuindo os descartes irregulares. A previsão para o aumento do número de PEVs indica uma diminuição em relação a 16 e 17 PEVs mas uma alta constante de resíduos totais recebidos.

TABELA 29: Resíduos totais e RCC recebidos por número de PEVs.

Número de PEVs	RCC recebido	Resíduos totais recebidos
	$10^3 \text{ kg / Número de PEVs}$	$10^3 \text{ kg / Número de PEVs}$
1	721,00	871,00
6	1.237,00	2.044,00
9	1.189,00	1.720,00
11	1.099,00	1.529,00
13	1.087,00	1.408,00
14	1.029,00	1.380,00
15	1.070,00	1.420,00
15	1.070,00	1.420,00
15	1.356,00	1.855,00
16	1.520,00	2.306,00
16	2.861,00	3.170,00
17	1.932,00	3.237,00
18(*)	1.690,42(*)	2.316,25(*)
19(*)	1.750,93 (*)	2.396,18 (*)
20(*)	1.811,43 (*)	2.476,10 (*)

(*) Projeção em relação a 17 PEVs

Foram consideradas como receitas no modelo, o valor não gasto com o recolhimento de rejeitos, proveniente de descartes irregulares, equivalente a quantidade de resíduos que foram recebidos por cada PEV, e o valor economizado com a compra de areia de fornecedores externos para obras da prefeitura e da PROGUARU.

Como já descrito, foi considerado o preço médio da areia comprada pelo DOADM como valor para a areia produzida pela URE. Esse valor, embora menor que o praticado pelo mercado, foi considerado desde o período de 2003 para todo o resíduo de construção civil recebido por cada PEV e enviado para reciclagem.

A URE não produz apenas areia, portanto poderíamos considerar uma receita maior quando é produzido brita ou bica corrida, mas optou-se por considerar o valor mínimo para o agregado reciclado produzido. A quantidade de resíduos recebidos pelos PEVs foi considerada como um material que não foi descartado de modo irregular, e, portanto, uma receita para o sistema.

A TAB. 30 apresenta as receitas proporcionadas pelos PEVs desde 2003 com um crescimento anual da receita proporcionada pelos PEVs chegando ao máximo em 2014, com R\$ 17.421.734,51 de economia para a Prefeitura de Guarulhos.

TABELA 30: Receita anual proporcionada pelos PEVs.

Ano	Receita Anual (R\$)	Crescimento Porcentual (Em relação ao ano anterior)
2003	283.243,43	
2004	3.629.508,51	1181%
2005	4.956.389,28	37%
2006	5.432.028,54	10%
2007	6.073.876,85	12%
2008	6.221.861,27	2%
2009	6.865.110,03	10%
2010	6.865.110,03	0%
2011	8.946.226,59	30%
2012	11.766.390,37	32%
2013	16.614.767,17	41%
2014	17.421.734,51	5%
2015(*)	16.415.035,91 (*)	-6%(*)
2016(*)	17.721.499,81 (*)	2%(*)
2017(*)	19.027.963,72 (*)	9%(*)
2018(*)	20.334.427,62 (*)	17%(*)
2019(*)	21.640.891,52 (*)	24%(*)
2020(*)	22.947.355,42 (*)	32%(*)

(*) Em relação ao 2014

A TAB.31 apresenta a previsão de aumento da economia de recursos, utilizando o método dos mínimos quadrados, sempre em relação a 2014. A TAB. 31 apresenta os recursos economizados cumulativamente no período de 2003 a 2014, chegando ao valor de R\$ 95.076.246,56, desde o início de operação dos PEVs.

TABELA 31: Receita anual cumulativa proporcionada pelos PEVs.

Ano	Receita (R\$)	Receita Acumulada (R\$)
2003	283.243,43	283.243,43
2004	3.629.508,51	3.912.751,93
2005	4.956.389,28	8.869.141,21
2006	5.432.028,54	14.301.169,75
2007	6.073.876,85	20.375.046,60
2008	6.221.861,27	26.596.907,87
2009	6.865.110,03	33.462.017,90
2010	6.865.110,03	40.327.127,93
2011	8.946.226,59	49.273.354,51
2012	11.766.390,37	61.039.744,88
2013	16.614.767,17	77.654.512,05
2014	17.421.734,51	95.076.246,56
2015(*)	16.415.035,91 (*)	111.491.282,47(*)
2016(*)	17.721.499,81 (*)	129.212.782,28 (*)
2017(*)	19.027.963,72 (*)	148.240.746,00 (*)
2018(*)	20.334.427,62 (*)	168.575.173,62 (*)
2019(*)	21.640.891,52 (*)	190.216.065,14 (*)
2020(*)	22.947.355,42 (*)	213.163.420,56 (*)
(*) Em relação a 2014		

Os dados obtidos junto a Prefeitura de Guarulhos a partir do ano de 2010 até 2014 e a estimativa feita para os anos de 2003 a 2009 permitem concluir que o Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, a operação dos PEVs pela Prefeitura e a reciclagem de RCC pela URE da PROGUARU, respeitam as determinações da PNRS e geram uma economia de recursos para o poder público.

6.13 Proposta do modelo

O modelo proposto para calcular o lucro que a gestão de resíduos de construção civil possa gerar para um município leva em consideração:

- as receitas obtidas com a economia de compra de agregados;
- a diminuição do recolhimento de descartes irregulares no município;

- o custo de construção e funcionamento das áreas de recebimento voluntário de resíduos;
- o custo de transporte dos RCC até a unidade de reciclagem;
- o funcionamento dessa área de reciclagem.

Para se desenvolver esse modelo foi utilizado, como estudo de caso, o Município de Guarulhos, que mantém um sistema de gerenciamento de resíduos de construção civil por 11 anos ininterruptos, bem como modelos consultados na literatura (CALDERONI, 2012 e ASSIS, 2002).

No modelo proposto neste trabalho, os gastos da prefeitura com o recolhimento de descartes irregulares são incluídos como lucro para o processo de reciclagem de RCC junto com os lucros obtidos pela economia na compra de agregados naturais.

O recebimento de resíduos pelos PEVs e a reciclagem do RCC possibilita:

- Minimizar o trabalho da limpeza corretiva da cidade;
- Minimizar problemas de saúde pública retirando material que serviria de abrigo a vetores de doenças;
- Minimizar o impacto ambiental para recuperação de áreas de descarte irregular;
- Centralizar a captação de RCC e materiais recicláveis (papel, madeira, pneus, metais);
- Centralizar o recebimento de inservíveis (móveis usados) e resíduos perigosos (lâmpadas, amianto);

- Obter material para reciclagem que substituirá agregados naturais para confecção de peças pré-moldados e em pavimentação;
- Aumentar a vida útil de jazidas de agregados naturais;

A partir dos resultados obtidos neste estudo, serão apresentados os custos relativos as despesas e o lucro do sistema total anual e lucro do sistema por habitantes anual. Este modelo poderá servir de base para utilização em outros municípios do mesmo porte que Guarulhos.

Serão apresentados dois modelos:

a) um que não considera o valor dos terrenos das áreas de recebimento voluntário de resíduos e do terreno onde é instalada a usina de reciclagem de RCC (por serem instalados em áreas públicas:

b) outro que leva em consideração o valor aproximado desses terrenos.

Portanto, como despesas foram consideradas:

- D. P. U.: Despesa com funcionários, água, luz, combustível na unidade de reciclagem (URE);
- D. P. E.: Despesa com aquisição de equipamentos (britagem e peneiramento dos agregados – URE);
- C. A. C: Custo da Área Construída (PEV + URE);
- C. T. RCC: Custo do transporte de RCC das áreas de recebimento (PEV) até a usina de reciclagem (URE);
- C. F PEV: Custo dos funcionários das áreas de recebimento (PEV)
- C.T.T = Custo total dos terrenos (PEV + URE)

Foram calculadas duas despesas totais para elaboração de dois modelos:

- DT IT = Despesas totais Incluindo Terrenos
- DT ET = Despesas totais Excluindo Terrenos

Excluindo os terrenos das áreas de recebimento de resíduos e da área de reciclagem de RCC, teremos:

$$DT ET = D P U + D. P. E + C. A. C + C. T. RCC + C. F PEV \quad EQ. 6.1$$

Para o cálculo das despesas que incluam o valor dos terrenos onde as áreas de recebimento de resíduos e a área de reciclagem foram instaladas, teremos:

$$DT IT = DT ET + C.T.T \quad EQ. 6.2$$

Foi considerado como receita nesse modelo, a economia proporcionada pela não retirada, do material depositado no PEV, de áreas públicas e o seu encaminhamento para o aterro sanitário, e a economia proporcionada se todo o RCC fosse transformado em areia.

Não podemos garantir que todo esse resíduo seria jogado pela população em vias públicas, terrenos baldios, córregos ou áreas livres, mas pela quantidade que os PEVs recebem (até 1 m³ ou 1,2.10³ kg), menor que a capacidade de uma caçamba (5 m³), e com o objetivo de proporcionar um serviço para população de menor renda, consideraremos que, pela falta de opção, o cidadão poderia descartar seu resíduo de modo irregular.

Deve ser considerado que a URE não produz apenas areia, mas todos os agregados reciclados utilizados pela prefeitura, sendo sua produção se dá por

demanda. Neste estudo o objetivo foi realizar uma estimativa conservadora do lucro possível com a reciclagem. Portanto, considerando em termos de receita:

R E D = Receita economizada com o descarte (R\$ 295,07 / 10³kg)

R V A = Receita da produção de areia (R\$ 36,00 / 10³kg)

A receita total (R T) prevista será:

$$R. T. = R E D + R V A \quad \text{EQ 6.3}$$

Utilizaremos uma fórmula simples para calcular o lucro do sistema. A manutenção dos equipamentos alugados já está incluída no contrato com a empresa. Neste modelo considera-se que a trituradora será trocada, portanto, o preço de compra está embutido como despesa e desconsidera-se a sua depreciação anual.

O lucro do sistema (L.S ET) excluindo as áreas públicas será dado por:

$$L. S ET = R. T - DT ET \quad \text{EQ 6.4}$$

O lucro anual do sistema incluindo as áreas públicas será dado por:

$$L. S IT = R. T - DT IT \quad \text{EQ. 6.5}$$

Nesta série histórica de 11 anos de operação do sistema foram recolhidos 296.210,11 . 10³ kg de resíduos totais com uma média anual de 26.928,19 . 10³ kg, que proporcionou uma economia anual de R\$ 7.945.701,56.

Nestes mesmos 11 anos, 214.910,57.10³ kg de RCC foram enviados para reciclagem na URE, com uma média anual de 19.537,32.10³ kg, que se transformados em areia, resultariam numa receita anual de R\$ 703.343,68.

A TAB. 32 apresenta um resumo dos dados aplicados para e elaboração do modelo.

TABELA 32: Resumo dos dados aplicados ao modelo.

Identificação do Item	Sigla	Total 2003 - 2014	Média anual
Resíduos totais (10 ³ kg)		296.210,11	26.928,18
Receita economizada com o descarte (R\$)	R E D	87.402.717,16	7.945.701,56
RCC (10 ³ kg)	T RCC	214.910,57	19.537,32
Receita economizada com a produção de areia (R\$)	R V A	7.736.780,48	703.343,68
Despesa da URE com funcionários, aluguel da retroescavadeira, água, luz, combustível (R\$)	D P U	4.167.200,00	378.836,36
Despesa com aquisição de equipamentos de britagem e peneiramento dos agregados (URE) (R\$)	D. P. E	880.000,00	80.000,00
Custo da Área Construída (PEV) (R\$)	C. A. C:	1.562.733,94	142.066,72
Custo do transporte de RCC das áreas de recebimento (PEV) até a usina de reciclagem (URE) (R\$)	C. T. RCC	7.509.467,86	682.678,90
Custo dos funcionários das áreas de recebimento (PEV) (R\$)	C. F PEV	11.461.718,00	1.041.974,36
Custo total dos terrenos (PEV + URE) (R\$)	C.T.T	21.040.697,00	1.912.790,64

Utilizando os dados da TAB. 32, na Equação 6.1, teremos:

$$DT ET = D P U + D. P. E + C. A. C + C. T. RCC + C. F PEV \quad EQ. 6.1$$

$$DT ET = R\$ 25.581.119,80$$

Anualmente será:

$$DT ET Anual = R\$ 2.325.556,35/ano$$

Considerando o custo dos terrenos onde dos PEVs e a URE, utilizamos a Equação 6.2, teremos:

$$DT IT = DT ET + C.T.T \quad EQ. 6.2$$

$$DT IT = R\$ 46.621.816,80$$

Anualmente será:

$$DT IT Anual = R\$ 4.238.347,16/ano$$

Sendo as receitas proporcionadas pelo sistema calculadas pela Equação 6.3:

$$R. T. = R E D + R V A \quad EQ. 6.3$$

$$R. T. = R\$ 95.076.247,00$$

A receita anual será:

$$R.T. \text{ Anual} = R\$ 8.643.295,00/\text{ano}$$

O lucro do sistema desde o início do programa, excluindo as áreas públicas será dado pela Equação 6.4:

$$L. S ET = R. T - DT ET \quad \text{EQ6.4}$$

$$L. S ET = R\$ 69.495.127,00$$

O lucro anual do sistema excluindo as áreas públicas será dado por:

$$L. S ET \text{ Anual} = L. S ET / 11 = R\$ 6.317.738,00/\text{ano}$$

O lucro do sistema desde o início do programa, incluindo as áreas públicas será dado pela Equação 6.5:

$$L. S IT = R. T - DT IT \quad \text{EQ.6.5}$$

$$L. S IT = R\$ 48.454.430,00$$

O lucro anual do sistema incluindo as áreas públicas será dado por:

$$\text{L. S IT Anual} = \text{L. S IT} / 11 = 6.317.738,00$$

$$\text{L. S IT Anual} = \text{R\$ } 4.404.948,00/\text{ano}$$

Utilizando a média dos dados da população do Município de Guarulhos nesses 11 anos teremos:

$$\text{Média da População} = 1.258.194,67 \text{ habitantes.}$$

O lucro anual do sistema excluindo as áreas públicas por habitante será dado por:

$$\text{L.S. ET/hab} = 6.317.738,00 / 1.258.194,67 = \text{R\$ } 5,02/\text{hab}$$

O lucro anual do sistema incluindo as áreas públicas por habitante será dado por:

$$\text{L.S. IT/hab} = 4.404.948,00 / 1.258.194,67 = \text{R\$ } 3,50/\text{hab}$$

Os resultados obtidos nesse estudo são coerentes com os obtidos por CALDERONI (2012) que chegou num valor de R\$ 2,95/hab/ano, apresentado no item 4.9.

Calculando o lucro do sistema por 10^3 kg de RCC reciclado (L/RCC), incluindo as áreas públicas utilizadas para captar e processar o RCC chegamos a Equação 6.6.

$$L/RCC = L. S IT / T RCC \quad \text{EQ. 6.6}$$

$$L/RCC = 48.454.430,00 / 214.910,57$$

$$L/RCC = R\$ 225,46 / 10^3 \text{ kg RCC}$$

Esse valor é 7,6 vezes maior que o obtido por ASSIS (2002), que concluiu que apenas a reciclagem de RCC geraria um ganho de R\$ 29,50 por 10^3 kg de agregado reciclado como apresentado no item 4.9. No modelo desenvolvido neste trabalho foi levado em consideração que todo o material encaminhado pela população aos PEVs, não foi descartado irregularmente, evitando um custo de R\$ 295,07 por 10^3 kg de material recolhido.

A TAB. 33 apresenta o resumo dos resultados obtidos.

TABELA 33: Resumo dos Resultados Obtidos.

Identificação do Item	Sigla	Total 2003 - 2014	Média anual
Despesas totais Excluindo Terrenos (R\$)	DT ET	25.581.119,80	2.325.556,35
Despesas totais Incluindo Terrenos (R\$)	DT IT	46.621.816,80	4.238.347,16
Receita Total (R\$) R. T. = R E D + R V A	R T	95.076.247,00	8.643.295,00
Lucro do Sistema Excluindo as Áreas Públicas (R\$)	L.S ET	69.495.127,00	6.317.738,00
Lucro do Sistema Incluindo as Áreas Públicas (R\$)	L. S IT	48.454.430,00	4.404.948,00
Média da População			1.258.194,67
Lucro anual do Sistema Excluindo as Áreas Públicas por habitante (R\$)	L.S. ET/hab		5,02
Lucro anual do Sistema Incluindo as Áreas Públicas por habitante (R\$)	L.S. IT/hab		3,50
Lucro do Sistema por 10 ³ kg de RCC reciclado, Incluindo as Áreas Públicas	L/RCC	225,46	

Ao incluir a economia de recursos, pela diminuição do descarte irregular, no cálculo do lucro de uma cidade ao fazer o gerenciamento adequado dos Resíduos de Construção Civil, podemos medir com maior precisão o montante da economia financeira, mostrando a viabilidade da gestão de resíduos construção civil.

Considerando o custo de recuperação ambiental de uma cava de areia, (R\$ 1 por $1,5 \cdot 10^3$ kg de areia), se todo o RCC enviado para processamento fosse transformado em areia ($214.910,57 \cdot 10^3$ kg), estes 11 anos de operação dos PEVs possibilitaram uma economia de R\$ 143.273,71.

Embora o custo de recuperação da cava de areia não tenha sido contabilizado como receita no modelo efetuado neste trabalho, é um ganho (ou economia) representada pela prática de reciclagem de RCC efetuado no Município de Guarulhos.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho comprovou que a utilização de gerenciamento de resíduos da construção civil resulta numa economia substancial para o poder público pela diminuição nos gastos com limpeza corretiva. Este gerenciamento possibilita a diminuição dos pontos de descarte irregular.

A diminuição do envio de rejeito para os aterros sanitários, já existentes, melhoram sua eficiência e prolongam sua vida útil respeitando a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

No diagnóstico do manejo de Resíduos de Construção Civil em Guarulhos, escolhido por ter iniciado uma gestão correta dos resíduos desde 2003, implantando 17 Pontos de Entrega Voluntária em diversos pontos do Município, podemos observar que o ciclo de captação, processamento e utilização dos resíduos está fechado.

Desde o primeiro PEV inaugurado em 2003 até o final dessa pesquisa em 2014 sempre houve um aumento da quantidade de resíduos recebidos. Os PEVs receberam neste período $296.210,11 \cdot 10^3$ kg de resíduos totais e enviaram para reciclagem $214.910,57 \cdot 10^3$ kg de RCC que puderam ser convertidos em agregados reciclados.

Neste trabalho foi adotado o valor de R\$ 295,07 por 10^3 kg de resíduo recolhido de descarte irregular e o valor de R\$ 36,00 por 10^3 kg de agregado reciclado, e no período de 11 anos, obteve-se um lucro total de R\$ 87.402.717,16 pelo não recolhimento de descartes irregulares, e uma receita total de R\$ 7.736.780,52 pela substituição de agregados naturais pelos produzidos na URE.

Esta pesquisa apresentou dois modelos que levam em consideração que os PEVs e a URE são instaladas em terrenos públicos e, portanto, não foi

necessário investimento na compra desses terrenos, e outro modelo no qual o valor de mercado desses terrenos foi contabilizado.

No modelo apresentado nessa pesquisa, que inclui a economia com o recolhimento de descarte irregular e com a utilização pela prefeitura dos agregados reciclados produzidos, demonstram a viabilidade econômica da reciclagem de RCC, obtendo um lucro anual médio de R\$ 5,02/hab, excluindo o custo dos terrenos, e um lucro anual médio de R\$ 3,50/hab, quando levamos em conta o valor de mercado desses terrenos.

A pesquisa junto a fornecedores de agregado naturais mostrou que embora sejam materiais abundantes e de pequeno valor agregado, ainda assim causam impacto no meio ambiente, necessitando aproximadamente R\$ 1,00 por 10^3 kg de areia retirada da cava. E nestes 11 anos de operação dos PEVs possibilitaram uma economia de R\$ 143.273,71 em recuperação ambiental.

O modelo que inclui os recursos economizado com o recolhimento de descartes irregulares e o lucro com a reutilização do agregado reciclado mostra a viabilidade econômica da reciclagem de resíduos de construção civil.

Cidades, do mesmo porte de Guarulhos, obterão valores semelhantes de lucro ao seguir o modelo desenvolvido desde 2003 por esse município, além de estarem respeitando as determinações da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Assim, demonstrou-se que o modelo de gerenciamento de RCC efetuado pela prefeitura de Guarulhos apresentado neste trabalho pode e deve ser utilizado para que outras cidades. Pois, o modelo de custos desenvolvido neste trabalho demonstrou a viabilidade econômica deste procedimento.

8 TRABALHOS FUTUROS

Como complementação deste trabalho poderíamos fazer levantamentos semelhantes em cidades com características diferentes, como tamanho de população, tamanho de município, diferentes localizações e que já tenham um processo de captação e reciclagem de Resíduos de Construção Civil.

Desenvolver um sistema de gerenciamento de captação de RCC que diminuísse os custos de transporte até a Usina de Reciclagem de Resíduos, que em Guarulhos diminui o lucro da produção de agregados reciclados.

Desenvolver e aumentar o uso de agregados reciclados pela Fábrica de Pré-Moldados da Prefeitura de Guarulhos, aumentando a substituição de agregados naturais por agregados reciclados e agregando mais valor aos agregados reciclados.

Desenvolver trabalhos que divulguem mais os benefícios econômicos e ambientais para o município e população da reciclagem de resíduos, diminuindo os descartes irregulares aumentando a produção e utilização de agregados reciclados.

9 BIBLIOGRAFIA

AGENCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI, Análise da Cadeia Produtiva de Agregados Mineraias para Obras de Construção civil e de Infraestrutura, Dezembro de 2012. Disponível em: <<http://anepac.org.br/wp/wp-content/uploads/2011/05/ABDI-AGREGADOS-MINERAIS-RELATORIO-01.pdf>>. Acesso em 08 ago. 2015.

ANDRADE A.; SOUZA U.; PALIARI J.C.; AGOPYAN C. Estimativa da quantidade de RCC produzido em obras de construção de edifícios. In: IV Seminário “Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações” 4 2001 São Paulo; Anais Editora Ibracon. 2001, 65 – 74.

ANGULO, S. C. JOHN, V. M.; ULSEN, C.; KAHN, H. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados separados por líquidos densos. I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Paulo, 2004.

ÂNGULO, S.C. et al. Análise comparativa da tecnologia de processamento na reciclagem da fração mineral dos resíduos de construção e demolição. In: XXI ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 2005. Natal: CEFET/RN, 2005. p. 305-312

ÂNGULO, S.C. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados, São Paulo. 2000 155p. Dissertação – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo.

ÂNGULO, S.C.; ZORDAN, S.E.; JOHN, V.M. Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil. In SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4., 2001, São Paulo. Anais. São Paulo: Editora Ibracon, 2001.

ANJOS, E.M. A utilização de agregados reciclados nas obras de saneamento do SAAE – Guarulhos em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, CARVALHO, M.A.C.H., C, Editor, XVII Exposição de Experiências Municipais em Saneamento, Vitoria: Anais, 2013.

ASSIS, S. C. Modelo de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: uma contribuição ao planejamento urbano Tese de Doutorado, 2002. Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro: São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO - ABRAMAT, Perfil da Indústria de Materiais de Construção, 2015, Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/site/lista.php?secao=9>> Acessado em 15 de julho de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO – ABRAMAT, Informações sobre o perfil da cadeia produtiva da Construção com dados da ABRAMAT e os multiplicadores de renda e emprego do setor (FGV) (2016). Disponível em: .<<http://www.cbicdados.com.br/menu/estudos-especificos-da-construcao-civil/cadeia-produtiva>> Acesso em 18 jan. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE: Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014, <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>> acessado em 20 de agosto de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados para concreto- Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis NBR 9917:2009 São Paulo, Brasil

_____. Agregado – Determinação da massa unitária e do volume de vazios – NBR NM 45:2006. São Paulo, Brasil

_____. AGREGADOS - AMOSTRAGEM – NBR NM 26: 2009 SÃO PAULO, BRASIL

_____. Agregados – Determinação da composição granulométrica – NM 248:2003 São Paulo, Brasil

_____. Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem NBR NM 46:2003 São Paulo, Brasil

_____. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos– NBR 15116:2004 São Paulo, Brasil

_____. Teor de argila em torrões e materiais friáveis NBR 7218:2010

_____. Composição Granulométrica dos agregados NBR NM 248:2003

_____. Ensaio de qualidade da areia NBR 7221:1987

_____. Impurezas Orgânicas em agregados miúdos NBR MN 49:2001

_____. Massa específica aparente e absorção do agregado miúdo NBR NM 52:2009 e NBR NM 30:2001

_____. Resíduos sólidos - classificação – NBR 1007. São Paulo, 2004

_____. Massa específica, massa específica aparente e absorção do agregado graúdo NBR NM 53:2009

_____. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos - NBR 15115:2004 São Paulo, Brasil

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – ABRECON: Seminário Nacional Da Reciclagem De Resíduos Da Construção Civil 2015. Disponível em: <<http://www.abrecon.org.br/seminario-nacional-da-reciclagem-de-residuos-da-construcao-civil-2015/>> Acessado em 26 de junho de 2015.

ASSOCIAÇÃO DOS TRANSPORTADORES DE ENTULHO DE SÃO PAULO - ATESP. Depósito de classificação e transbordo de materiais gerados pela construção civil: breve relato. São Paulo: s/ed., 2000. 4p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO - ANEPAC: Mercado de Agregados no Brasil. Disponível em:<<http://www.anepac.org.br/agregados/mercado/item/8-mercado-de-agregados-no-brasil>>. Acesso em 30 jul. 2015.

BARBIERI, J. C. Desenvolvimento e Meio Ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21. Petrópolis: Editora Vozes, 1997.

BARRA, M. Estudio de la durabilidad del hormigón de árido reciclado em su aplicación como hormigón armado. Barcelona 1996. 222p Tese (Doutorado) Universidade Politècnica da Catalunya.

BITAR, O. Y. Desafio a sustentabilidade ambiental da mineração e uso de agregados naturais em áreas urbanas. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo. Anais. São Paulo: Editora Ibracon, 1999.

BLENGINI, G.A.; GARBARINO, E. Resources and waste management in Turin (Italy): The role of recycled aggregates in the sustainable supply mix. Journal of Cleaner Production, v. 18, n. 10-11, p. 1021-1030, 2010.

BRASIL - DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumários Mineral: 2014. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>>. Acesso em 4 de fev. 2014.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 27 mai. 2014

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 13 maio 2014.

BRASIL. Ministério das Cidades. SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2013>>. Acesso em 24 mar. 2015

BRASIL. Resolução Conama nº 307/2002 - "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil". - Data da legislação: 05/07/2002 - Publicação DOU nº 136, de 17/07/2002, págs. 95-96. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em 5 mar. 2012

BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W., and BOLLINGER, A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 13-14, p. 1337-1348, 2007

BRITO FILHO, J.A. Cidades versus entulhos. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 1999. São Paulo. Anais. São Paulo: Editora Ibracon, 1999. p. 56-67.

CALDERONI, S. Aspectos econômicos custo do manejo de resíduos sólidos urbanos e as externalidades, In: V Seminário em Estudos Ambientais, Ilhéus, novembro de 2012, Disponível em: <<http://www.semeia.eco.br/downloads/Palestras/V%20SEMEIA%20-%20Sabetai%20Calderoni.pdf>> Acessado em 4 dezembro de 2013.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO- CBIC Desenvolvimento com sustentabilidade, 2014 Disponível em: <http://www.cbic.org.br/sites/default/files/Prog-Construcao-Sustentavel_vRio20.pdf>. Acessado em 20 de setembro de 2014

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. Desenvolvimento Sustentável, 2014. Disponível em: <www.cbic.org.br/sites/default/files/Programa-Construcao-Sustentavel.pdf>. Acesso em 27 mar. 2015.

CARNEIRO, A. P. et al. Características do entulho e do agregado reciclado. In: CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. S. Reciclagem de Entulho para Produção de Materiais de Construção: projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA, 2001

CHAVES, A.P.; CASDEI, D.S.; DEBIAZZI, D.N. Uso das areias contaminadas do Rio Tietê em concreto. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999. São Paulo. Anais. São Paulo: Editora Ibracon, 1999. p. 14-23.

CINCOTTO, M. A. Utilização de subprodutos e resíduos na indústria da construção civil. Tecnologia de Edificações. São Paulo: Pini, 1988.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB: Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/tecnologia-ambiental/cas-em-atividade/43-camara-ambiental-da-industria-da-construcao>>, acessado em 9 de outubro de 2013

CONJUNTURA ECONÔMICA, SÃO JOSÉ DO RIO PRETO, 2013. <http://www.riopreto.sp.gov.br/PortalGOV/do/subportais_Show?c=60202>. Acessado em 20 de agosto de 2013.

CONSEIL CANADIEN DU CIMENT- (1994) “La contribution du four à ciment au développement Durable” Publication, 17 pp.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS, 2011). <<http://www.cebds.org.br/cebds/cebds-missao.asp>>. Acessado em 15 de março de 2011.

CORDEIRO, J. M. Trabalho de conclusão de curso ,2014

CUNHA, G.N.M.;MICELI, V.M. Análise da viabilidade econômica de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil a partir de sistemas dinâmicos. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, Projeto de Graduação, 2013.

D’ALMEIDA, M.L.O.; VILHENA, A.(Coord.). Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 370 p.

DE JUAN, M.S. and GUTIÉRREZ, P.A. Study on the influence of attached mortar content on the properties of recycled concrete aggregate. *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 2, p. 872-877, 2009

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral, Agregados para a construção civil 2008. Disponível em:
<<http://simineral.org.br/arquivos/AgregadosparaConstruoCivilDNPM.pdf>>
Acessado em 18 de julho de 2013

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral, 2014, ISSN 0101-2053. Disponível em:
<<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>> Acessado em 16 de março de 2015.

ECO – 1992: Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, de 3 a 14 de junho de 1992, Disponível em:
<<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/rio92.pdf>> Acessado em 29 de janeiro de 2014.

EPA / Environmental Protection Agency - United States of America. Characterization of building – Related construction and demolition debris in the United States. Report n. EPA 530-R-98-010.[Monografia on line]. 1998.

GUARULHOS DECRETO Nº 31 513 - Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos de Guarulhos – PGIRS, 26 de dezembro de 2013. Disponível em:<http://leis.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/decretos_2013/31513decr.pdf> Acessado em 15 de janeiro de 2014.

GUARULHOS. Geo-Cidadão. Disponível em:
<<http://geocidadao.guarulhos.sp.gov.br/portal>>. Acesso em 23 fev.2015.

GUARULHOS. Lei 6.055: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, Econômico e Social do Município de Guarulhos. 30 de dezembro de 2004 Disponível em:
<http://leis.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/leis_download/06055lei.pdf>. Acesso em 4 de fevereiro 2015.

GUARULHOS. Lei 6. 253: Uso, a Ocupação e o Parcelamento do Solo no Município de Guarulhos. 24 de maio de 2007. Disponível em:<http://leis.guarulhos.sp.gov.br/06_prefeitura/leis/leis_download/06253lei.pdf> Acesso em 4 de fevereiro de 2015.

HAMASSAKI, L.T. et al.: Uso do entulho como agregado para argamassas de alvenaria. In: RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, ALTERNATIVA ECONÔMICA PARA PROTEÇÃO AMBIENTAL. São Paulo, 1997. Anais. São Paulo (EPUSP), 1997. p.11-20.

HOLDERBAUM, M. Gestão de Resíduos da Construção Civil: Análise da Cidade de Porto Alegre. Trabalho de Diplomação, 2009. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28552/000769486.pdf?sequence=1>>. Acesso em 25 de fev. 2014.

JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

JOHN VM, AGOPYAN V. Reciclagem de resíduos da construção. In: Seminário – Reciclagem de resíduos domiciliares. São Paulo. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/V_Agopyan/publication/228600228_Reciclagem_de_residuos_da_construcao/links/0046352af919c1984c000000.pdf>. Acessado em 15 de julho de 2015.

KNOERI C. et. al.: Decisions on recycling: Construction stakeholders' decisions regarding recycled mineral construction materials. Journal of Resources, Conservation and Recycling. 2011, Ed. 55. Pg: 1039–1050 Disponível em:<http://publicationslist.org/data/christof.knoeri/ref-2/Knoeri_etal_2011b.pdf>. Acessado em 20 de maio de 2015.

KRAHENBUHL L: A questão da habitação em São Paulo. In: Abrucio FL, Carneiro JMB, Teixeira MAC; (org.). O impasse metropolitano: São Paulo em busca de novos caminhos. São Paulo: Konrad Adenauer Stiftung e CEDEC, 2000. p.118-121.

LEVY, S.M. Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização com agregados para argamassas e concretos. São Paulo, 1997. 147p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MANFRINATO, J. W. S.; ESGUICERO, F. J.; MARTINS, B.L., Implementação de Usina para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC) com Ação para o Desenvolvimento Sustentável - Estudo de Caso. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_077_543_10843.pdf>. Acesso em 28 de mar. 2014.

MARIE, I.; QUIASRAWI, H.: Closed-loop recycling of recycled concrete aggregates. *Journal of Cleaner Production*, 2012. Disponível em: <<https://eis.hu.edu.jo/deanshipfiles/pub101303556.pdf>> Acesso em 28 de junho de 2014.

MELLO, L. C. B. B.; AMORIM, S. R. L. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. *Produção*, v. 19, n. 2, p. 388-399, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/prod/v19n2/v19n2a13.pdf>> Acessado em 15 de fevereiro de 2014.

MIRANDA, L.F.R. Estudo de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado. São Paulo, 2000. 172p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MIRANDA, L.F.R. et al: A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: 1986 – 2008. *Revista Ambiente Construído*. Porto Alegre, v.9, n.1, p. 57-71. Jan/mar. 2009.

OLIVEIRA, M.J.E. Materiais descartados pelas obras de construção civil: Estudo dos resíduos de concreto para reciclagem. 2002. 191p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

PINTO, T.P. Perda de materiais em processos construtivos tradicionais. São Carlos, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 1989

PINTO TP. Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana. Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo São Paulo, 1999.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, Prefeitura moderniza controle de transportes de restos da construção civil para coibir descartes irregulares, 2015, Disponível em:<<http://www.capital.sp.gov.br/portal/noticia/5894>> Acessado em 3 novembro de 2015.

PROGRESSO E DESENVOLVIMENTO DE GUARULHOS - PROGUARU Disponível em: <<http://www.proguaru.com.br/site/recicladora>>. Acesso em 5 mar. 2015.

ROSA, M. P. Viabilidade Econômico-Financeira e Benefícios Ambientais da Implantação de uma Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil Dissertação de Mestrado, 2005. Universidade Federal de Santa UFSC: Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102260/243575.pdf?sequence=1>>. Acesso em 25 de set. 2014.

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos - PGIRS 2015 Disponível em: <http://www.sjc.sp.gov.br/secretarias/meio_ambiente/planoresiduos.aspx>. Acessado em 20 de fevereiro de 2016.

SCHNEIDER, D. M. Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 2003 Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Dissert_Schneider_-_Dls_de_RCC_na_Cidade_de_S%C3%A3o_Paulo.pdf> Acessado em: 20 de fevereiro de 2013.

SINDICATO DA CONSTRUÇÃO CIVIL - SINDECON. Custo Unitário Básico da Construção Civil. Disponível em: <<http://www.portalsinduscon.com.br>>. Acesso em 4 abr. 2015.

SJOSTROM, E. Service life of the building. In: Application of the performance concept in building. CIB: Tel Aviv, 1996, v.2, p.6-1;6-11.

SOBRAL, R. F. C., Viabilidade Econômica de Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil: Estudo de Caso da USIBEN - João Pessoa/PB. Dissertação de Mestrado, 2012 Universidade Federal da Paraíba, Paraíba. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br:8080/bitstream/tede/5479/1/arquivototal.pdf>>. Acessado em 06 de Agosto de 2013.

SPOERRI , A. et al., Expert-based scenarios for strategic waste and resource management planning—C&D waste recycling in the Canton of Zurich, Switzerland / Journal of Resources, Conservation and Recycling, 2009 Ed. 53. Pg 592–600. Disponível em: <https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ifu/ecosystems-design-dam/documents/lectures/2016/master/prospective-environmental-assessments/Spoerri_et_al_2009_FSA_C&D_Waste.pdf> Acessado em 20 de Agosto de 2014.

ULSEN et al, Production of recycled sand from construction and demolition waste, Construction and Building Materials, 2013. V. 40, pg. 1168-1173. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061812000712>> Acessado em:20 de março de 2014.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. Buildings and Climate Change. Status, Challenges and Opportunities. Paris, 2009 Disponível em: <<http://www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf>> Acessado em: 20 de Agosto de 2012.

UNITED NATIONS, GENERAL ASSEMBLY. Development and International Economic Co -Operation: Environment -Report of de World Commission on Environment and Development. "Our Common Future" New York, 1987. Disponível em: <<https://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf>>. Acesso em 4 mar. 2012.

VAVRA, J.; MUNZAROVA, S.; BEDNARIKOVA, M.; EHLOVA, Z. Sustainable Aspects of Innovations. Economics e Management. Vol. 16, p621-627, 2011. Disponível em: <<http://www.ktu.lt/lt/mokslas/zurnalai/ekovad/16/1822-6515-2011-0621.pdf>> Acessado em 4 de agosto de 2013.

VOLTOLINI, L. Em São Paulo, destroços do prédio São Vito viram base para pavimentação de vias, Infraestrutura Urbana, PINI, 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/9/artigo241032-1.aspx>> Acessado em 03 de fevereiro de 2012.

YOUNG, J. E. A extração de minérios da terra. In: Worldwatch Institute. Qualidade de vida 1992 . São Paulo: Editora Globo; 1992. p.139 – 160

Anexo 1

Ensaio para caracterização dos agregados reciclados

Para os agregados miúdos e graúdos reciclados foram efetuados os seguintes ensaios conforme normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER).

a) Impurezas Orgânicas em Agregados Miúdos (NBR NM 49:2001)

O ensaio permite avaliar a qualidade de uma areia em relação à contaminação com impurezas orgânicas, as quais, conforme sua natureza e teor podem inibir a hidratação do cimento, prejudicar a resistência do concreto, principalmente nas primeiras idades e aparecer fissuras e pontos escuros no concreto depois de endurecido.

b) Composição Granulométrica dos Agregados (NBR NM 248:2003)

A granulometria é um método de análise que visa classificar as partículas de uma amostra pelos respectivos tamanhos e medir as frações correspondentes a cada tamanho. A composição granulométrica é a característica de um agregado de maior aplicação na prática, principalmente para:

a. determinação do módulo de finura e dimensão máxima característica da curva granulométrica;

b. a curva granulométrica permite planejar um melhor empacotamento dos grãos de agregados, com isso reduzir vazios e melhorar a interface pasta agregado;

c. controlar a homogeneidade dos lotes recebidos na obra;

d. elaborar a dosagem do concreto.

A classificação de um agregado é determinada comparando sua composição granulométrica com as faixas granulométricas especificadas em normas.

c) Ensaio de Qualidade da Areia (NBR 7221:2012)

Este ensaio é indicado para areia com teor de impurezas orgânicas maiores do que o especificado nas normas brasileiras (intensidade de cor maior que a solução padrão). Este ensaio compara a resistência à compressão de duas argamassas preparadas com o agregado miúdo suspeito, nas condições de lavado e no estado original, para que se possa verificar se a impureza orgânica que o contamina é ou não prejudicial à resistência.

A NBR 7211:2009 (Agregado para concreto - Especificação NBR 7211:2009) indica que a diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão é de 10%.

d) Agregado para concreto - Especificação (NBR 7211:2009)

Especifica os requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados miúdos e graúdos destinados a produção de concretos de cimento Portland. Os agregados especificados nesta norma podem ser de origem natural, já encontrados fragmentados ou resultantes da britagem de rochas. Esta norma não se aplica a agregados obtidos por processos industriais, como subprodutos, e a materiais reciclados, ou mistura desses agregados, exceto o estabelecido. As prescrições específicas desta norma referem-se aos agregados sobre os quais se dispõe de histórico de desempenho em concretos de qualidade similar e em condições de exposição equivalentes as do concreto previsto.

Quando não se dispõe de antecedentes de desempenho dos agregados ou para regiões em que não seja economicamente possível a obtenção de agregados que atendam plenamente as exigências desta norma, seu uso para a produção de concreto deve ser baseado em estudos experimentais, que

comprovem a obtenção de concreto com qualidade satisfatória, devidamente documentados em laudo técnico elaborado por profissional qualificado.

e) Massa Específica Aparente e Absorção do Agregado Miúdo (NBR NM 52:2009 e NBR NM 30:2001)

A massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, sem considerar os poros permeáveis à água. A massa específica aparente é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis à água. As determinações de volume são feitas na balança, pela massa de água deslocada pelo agregado no frasco.

A absorção é o aumento de massa do agregado devido ao preenchimento de seus poros permeáveis por água, expressa em porcentagem de sua massa seca. Todas as propriedades são importantes na dosagem de concretos.

Todas as propriedades são importantes na dosagem de concreto. A massa específica absoluta é utilizada na transformação de massa para volume absoluta sem vazios. Na fórmula de cálculo do consumo de cimento em peso por metro cúbico de concreto utilizamos a massa específica absoluta. A massa específica também é utilizada para classificação do agregado quanto à densidade.

f) Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis (NBR 7218:2010)

O ensaio permite avaliar a qualidade de um agregado, com relação à contaminação com grãos pouco resistentes, que trarão prejuízo à resistência do concreto e também à sua aparência, uma vez que eles, no caso de concreto aparente, poderão produzir manchas na superfície. Os torrões de argila são detectados no agregado por diferença de coloração, como tem baixa resistência são facilmente esmagados pela pressão do dedo.

A amostra deve apresentar os seguintes limites máximos de teor de argila ou materiais friáveis em relação à massa do material.

a. Agregado miúdo: 3,0 %;

b. Agregado graúdo:

- concreto aparente: 1,0%.

- concreto submetido a desgaste superficial: 2,0%.

- demais concretos: 3,0%.

g) Determinação do teor de materiais pulverulentos (NBR 7219:1987)

Materiais pulverulentos são partículas minerais com dimensão inferior a 0,075 mm, inclusive os materiais solúveis em água, presentes nos agregados.

No geral a presença desses materiais é indesejável na constituição do concreto; um agregado com alto teor de materiais pulverulentos diminui aderência do agregado a pasta ou argamassa, prejudicando de forma direta a resistência e instabilidade dimensional do concreto produzido com alto índice de material pulverulento.

h) Agregados – Terminologia (NBR 9935:2011)

Esta norma define agregado como: ``Material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto``.

- Agregado natural é o material pétreo granular que pode ser utilizado tal e qual encontrado na natureza, podendo ser submetido à lavagem, classificação ou britagem.

- Agregado artificial é um material granular resultante de processo industrial envolvendo alteração mineralógica, química ou físico-química da matéria-prima original, para uso como agregado em concreto e argamassa.

- Agregado miúdo é o agregado cujos grãos passam na peneira com abertura de malha 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha 150 μm , atendidos os requisitos da ABNT – NBR 7211:2009 (Agregado para concreto – Especificação)

- Areia é o agregado miúdo originado através de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas ou provenientes de outros processos industriais.

- Pó de pedra é o material granular proveniente da britagem de rocha, que passa na peneira de malha 6,3 mm.

- “Finos” é o material granular que passa na peneira com abertura de malha de 150 μm .

- Materiais pulverulentos são as partículas com dimensão inferior a 75 μm , inclusive os materiais solúveis em água, presentes nos agregados.

i) Solo – Análise Granulométrica (NBR 7181:1988)

Esse método tem como objetivo realizar a análise granulométrica dos solos seja ela realizada por peneiramento ou por uma combinação de sedimentação e peneiramento.

A granulometria de um solo é o estudo da distribuição das partículas por tamanho. O processo de separação da massa de solo em frações, cada uma consistindo de grãos dentro de uma certa variação de tamanho, é conhecido como análise granulométrica, que independe da umidade do solo, composição mineralógica, densidade e forma dos grãos. A análise granulométrica é feita por

peneiramento para solos grossos (areias e pedregulhos) até a abertura de malha da peneira 200 (0,075 mm), e pela sedimentação para solos finos.

j) Solo - Determinação do Limite de Plasticidade (NBR 7180:1984)

Plasticidade é uma propriedade dos solos, na qual consiste na maior ou menor capacidade de ser moldado, em certas condições de umidade sem que ocorra variação de volume. Importante propriedade da argila.

Esse comportamento plástico tem como base de suas características o gráfico tensão – deformação. Um corpo é elástico quando após ter ficado um tempo descansando volta ao seu estado inicial, e plástico quando não retorna.

Limite de Consistência, também conhecido como limite de Atterberg, é um método de avaliação criado por Albert Atterberg, onde por meio de testes e ensaios é possível definir o Limite de Liquidez (LL), Limite de Plasticidade (LP) e o Limite de Contração (LC).

O termo consistência refere-se primariamente ao grau de resistência e plasticidade do solo que dependem das ligações internas entre as partículas do solo. Os solos ditos coesivos possuem uma consistência plástica entre certos teores limites de umidade. Abaixo destes teores eles apresentam uma consistência sólida e acima uma consistência líquida. Pode-se ainda distinguir entre os estados de consistência plástica e sólida, uma consistência semissólida.

Tem grande importância para a mecânica dos solos mesmo sendo de natureza fundamentalmente empírica, pois assim pode-se determinar o Índice de Plasticidade (IP). Fisicamente representaria a quantidade de água que seria necessário acrescentar a um solo, para que ele passasse do estado plástico ao líquido. Sendo definido como a diferença entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade, portanto, temos: $IP = LL - LP$

Quando o solo tem um elevado nível de água está em seu estado elástico, onde tudo pode ser moldado nele e ele voltará a sua fase inicial, a medida que a água vai evaporando ele chega ao LL, perdendo sua capacidade de fluir mais pode ser moldado facilmente e conserva a sua forma. Agora o solo está no estado plástico, mais continua a perder água até chegar ao LP, onde ao ser trabalhado o solo se desmancha, este é o estado semissólido. O limite entre os dois estados é um teor de umidade igual ao Limite de Contração (LC).

Simplificando, chama-se de Limite de Liquidez o limite entre o estado líquido e o estado plástico, de Limite de Plasticidade o limite entre o estado plástico e o estado semissólido e Limite de Contração o limite entre o estado semissólido e o estado sólido.

k) Solo – Determinação do Limite de Liquidez (NBR 6459:1984)

O Limite de Liquidez (LL) é definido como a umidade abaixo da qual o solo se comporta como material plástico; é a umidade de transição entre os estados líquido e plástico do solo. O Limite de Liquidez (LL) é o teor em água acima do qual o solo adquire o comportamento de um líquido. A passagem do estado sólido para o estado líquido é gradual, por consequência, qualquer definição de um limite de fronteira terá de ser arbitrário.

l) Determinação do Limite e Relação de Contração de Solos (NBR 7183:1982)

O ensaio de determinação do Limite de Contração consiste, basicamente, em se determinar o estágio em que uma amostra de solo saturado deixa de reduzir de volume quando submetida ao processo de secagem.

m) Amostras de Solo- Preparação de ensaio de compactação e ensaio de caracterização (NBR 6457:1986)

Esta Norma prescreve o método para a preparação de amostras de solos para os ensaios de compactação e de caracterização (análise granulométrica,

determinação dos limites de liquidez e plasticidade, massa específica dos grãos que passam na peneira de 4,8 mm e massa específica, massa específica aparente e absorção de água dos grãos retidos na peneira 4,8 mm). No anexo apresenta-se ainda o método para determinação do teor de umidade de solos, em laboratório.

n) Solo - Ensaio de Compactação (NBR 7182:1986)

Prescreve método para determinar a relação entre o teor de umidade e massa específica aparente seca de solos quando compactados, conforme o processo especificado.

o) Solo - Índice de Suporte California (NBR 9895:1987)

Através do ensaio de CBR (California Bearing Ratio) é possível saber qual será a expansão de um solo sob um pavimento quando estiver saturado, e fornece indicações da perda de resistência do solo com a saturação. Apesar de ter um caráter empírico, o ensaio de CBR é mundialmente difundido e serve de base para dimensionamento para pavimentações flexíveis. O material necessário para a realização do ensaio de CBR é proveniente do ensaio de compactação

p) Equivalente de Areia, Método de Ensaio (DNER-ME 054:1997)

O ensaio de Equivalente de areia é utilizado para determinar a quantidade de argila no agregado miúdo, e para concreto, especificamente é feito o índice de materiais pulverulentos. A quantidade máxima de pulverulentos para concreto que é $\pm 2,0\%$.

Anexo 2

Características físicas dos PEVs

Para a implantação de um PEV, é necessário um terreno com área mínima de 400 m² de área utilizável. E na sua construção e implantação são necessários serviços de adequação como:

- Serviços de locação da obra, limpeza do terreno, transporte de materiais, movimento de terra: corte, aterro e compactação;
- Pavimentação com blocos intertravados de concreto;
- Confecção de portão metálico;
- Cercamentos;
- Edificação de apoio: fundações, alvenaria, piso, laje, portas e janelas, revestimento e pintura de paredes, instalações elétrica e de telefonia, instalações de água e esgoto e de combate a incêndios;
- Ligação de serviços de luz, água e esgoto com as concessionárias;
- Baias de recicláveis;
- Coberturas;
- Confecção de totem metálico;
- Tratamento paisagístico;

- Mobilização e divulgação;
- Aquisição de caçambas brooks e roll-on;

Geralmente, trabalham dois funcionários que cuidam da limpeza e manutenção, auxiliam os munícipes no descarte e solicitam a troca das caçambas quando necessária. Mas este número varia devido à demanda de serviços que cada PEV necessita.

As Plantas de operações dos PEVs variam conforme o tamanho da área e a disposição geográfica do lote, sendo que em alguns PEVs é realizado um sistema rotativo de duas rampas, uma para acessar e outra para sair, em outros possui apenas uma rampa que separa o munícipe em sua ação de entrega do RCC e a operação do PEV de escoamento do material entregue.

O descarte dos resíduos é feito em caçambas separadas por tipo de material. RCC, Solo, Gesso, Madeira. Porém, há o descarte de materiais diversos como sofás, pneus, lâmpadas fluorescentes, vidro, que necessitam de destinação específica.

Há também o descarte de materiais recicláveis, coletados diariamente por uma cooperativa de catadores.

A troca de caçambas é feita mediante a solicitação do funcionário à gerência, que entra em contato com a empresa solicitando a troca. Atualmente, a logística de troca não atende imediatamente a necessidade dos PEVs, pois devido ao aumento na quantidade de material descartado e a distância da destinação final, são necessárias várias trocas durante o dia.

Inicialmente, o Ponto de Entrega Voluntária foi projetado para atender a demanda de descarte de resíduos da construção civil. Porém, com o aumento da população, e conseqüentemente do descarte de RCC, a capacidade do PEV não

acompanhou esse crescimento. O que acarretou um aumento na quantidade e na variedade dos resíduos descartados.

Um problema enfrentado nos PEVs e que afeta diretamente o seu funcionamento, é o descarte irregular no próprio local. Esse descarte é feito, geralmente, na calçada do PEV, e às vezes no próprio portão de entrada, em horário alheio ao de funcionamento. Isso acarreta uma demanda para limpeza que, na maioria das vezes, é feita pelos próprios funcionários.

Assim sendo, para evitar o descarte irregular, o PEV, que não deveria receber resíduos não provenientes da Construção Civil, aceita lâmpadas fluorescentes, pneus, madeiras de diversos tipos, podas, telhas de amianto, entre outros.

Outro problema cotidiano é o vandalismo sendo depredações, roubos e incêndios comuns. A FIG. 1 mostra uma situação de descarte irregular na entrada no PEV João do Pulo em 7 de maio de 2014, seguida de incêndio no material descartado. Por essa razão os funcionários já deixam uma caçamba tipo Brooks na entrada do PEV.

A FIG. 2 mostra que o fogo se espalhou para dentro do PEV exigindo a presença dos bombeiros e posterior ação dos funcionários para limpar a parte exterior e interior do PEV.



FIGURA 1: Material descartado e incendiado em frente ao PEV João do Pulo (foto do autor)



FIGURA 2: Resquícios do incêndio dentro do PEV João do Pulo (foto do autor)

Na concepção inicial dos PEVs, as baias para armazenamento dos recicláveis foram definidas em painéis de madeira estruturados por peças também de madeira. Porém, com o vandalismo, passou-se a projetá-las em alvenaria e estrutura metálica, para evitar incêndio.

Descrição de Pontos de Entrega Voluntária

Dentre os 17 Pontos de Entrega Voluntária avaliados foram escolhidos 3 PEV com características distintas. O PEV “João do Pulo” com um tamanho médio, o PEV “Fortaleza” que é o segundo menor em área, localizado em num terreno íngreme o qual foi adaptado para receber a infraestrutura de operação e, o PEV “Ponte Grande”, o maior em área.

a) Ponto de Entrega Voluntária João do Pulo:

O Ponto de Entrega Voluntária João do Pulo, situa-se na Rua São Tomás de Aquino, 61 – Jardim Divinolândia, Guarulhos, SP. Está implantado em um terreno de 771,37m², com topografia favorável, onde os desníveis existentes foram utilizados para compor o platô das docas das caçambas Brooks, e no pátio externo, onde fica a área de manobra dos veículos e caminhões, foi executado um leve desaterro apenas para nivelamento. Sendo assim, o nível interno não tem uma elevação acentuada em relação ao nível da rua e à entrada principal do PEV.

O PEV João do Pulo, conta com 4 caçambas tipo brooks, dispostas em docas. As docas foram projetadas de maneira que, o descarte pode ser feito através de veículos de pequeno e médio porte acessando as rampas da área de descarga (drive-thru), por veículos de grande porte ou caminhões estacionados no pátio externo (área de manobra), e pelo próprio munícipe, acompanhado do funcionário diretamente nas caçambas. A FIG. 3 apresenta as caçambas Brooks dispostas nas baias e um poliguindaste pronto pra recolher uma das caçambas cheias de RCC.



FIGURA 3: Caçambas tipo Brooks para recebimento de RCC (foto do autor)

Funcionam ainda 2 caçambas tipo roll-on, para descarte de madeira. Neste caso, não há área específica para esse tipo de caçamba, pois devido ao aumento de resíduos descartados, há a necessidade de estacionar outras caçambas brooks fora da área reservada, ocupando assim o espaço necessário para estacionar as caçambas roll-on. A FIG. 4 apresenta a caçamba tipo roll-on para recebimento de madeira.



FIGURA 4: Caçamba tipo Roll-on para recebimento de madeira (foto do autor)

A infraestrutura necessária de funcionamento deste PEV ficou definida em uma edificação de apoio, docas para caçambas brooks em sistema drive-thru no qual o munícipe entra por um lado das baias e sai por outro, cercamento, fechamento frontal em muro de alvenaria e grade, fechamento lateral em alambrado, área para recicláveis descoberta, pátio para manobra e carga e descarga e totem metálico de identificação.

O acesso principal é feito pelo portão que dá acesso à Rua São Tomás de Aquino. Estruturado em tubos metálicos de aço galvanizado, tirantes metálicos e tela de arame galvanizado, é engastado em pilares de concreto armado.

Nas divisas de fundo e lateral direita existe um cercamento em alambrado e mourões de concreto. Na divisa lateral esquerda, há um muro de alvenaria que limita o lote onde há uma residência construída.

As docas onde ficam estacionadas as caçambas brooks para carga e descarga dos resíduos possui um pequeno talude com cerca de 70cm de altura e inclinação aproximada de 45° e revestido com concreto. O piso das docas foi compactado, revestido com uma base de areia também compactada e sobre a superfície foram colocados briquetes de concreto para pavimentação intertravada, com cerca de 8 cm de espessura, para suportar o impacto das caçambas estacionadas. A área das docas foi travada com vigotas de concreto armado para evitar o escorregamento do material.

A edificação de apoio é composta por um banheiro, área para alimentação (cozinha), área para atividades administrativas e área externa. Feita em alvenaria de blocos de concreto não estruturais, com travamento através de ferragem de reforço, laje mista (vigotas de concreto armado e lajotas cerâmicas) com capeamento de concreto. O contrapiso em concreto armado, nivelado, com revestimento cerâmico. As instalações elétricas e de telefonia foram embutidas nas paredes.

No projeto original foram propostos um pequeno depósito para o armazenamento dos recicláveis e as baias de recicláveis. O depósito não foi construído e as baias, que inicialmente eram em madeira, conforme o projeto original, foram incendiadas e não reconstruídas. Atualmente existe apenas uma área externa descoberta para armazenamento dos materiais recicláveis, com aproximadamente 16 m².

O PEV conta ainda com infraestrutura de energia elétrica, água, esgoto, iluminação externa.

O piso da área externa de manobras é recoberto por agregado reciclado (pedra 1), produzido com o próprio material recolhido dos PEV, permitindo a drenagem de águas pluviais através da alta permeabilidade.

Foi mantida, inicialmente, a vegetação existente no terreno. Nos fechamentos foram implantados cerca viva, com arbustos de médio porte e jardins.

Na entrada do PEV foi instalado o totem metálico de identificação, com informações relativas ao seu funcionamento. A FIG. 5 apresenta uma planta simplificada do PEV João do Pulo.

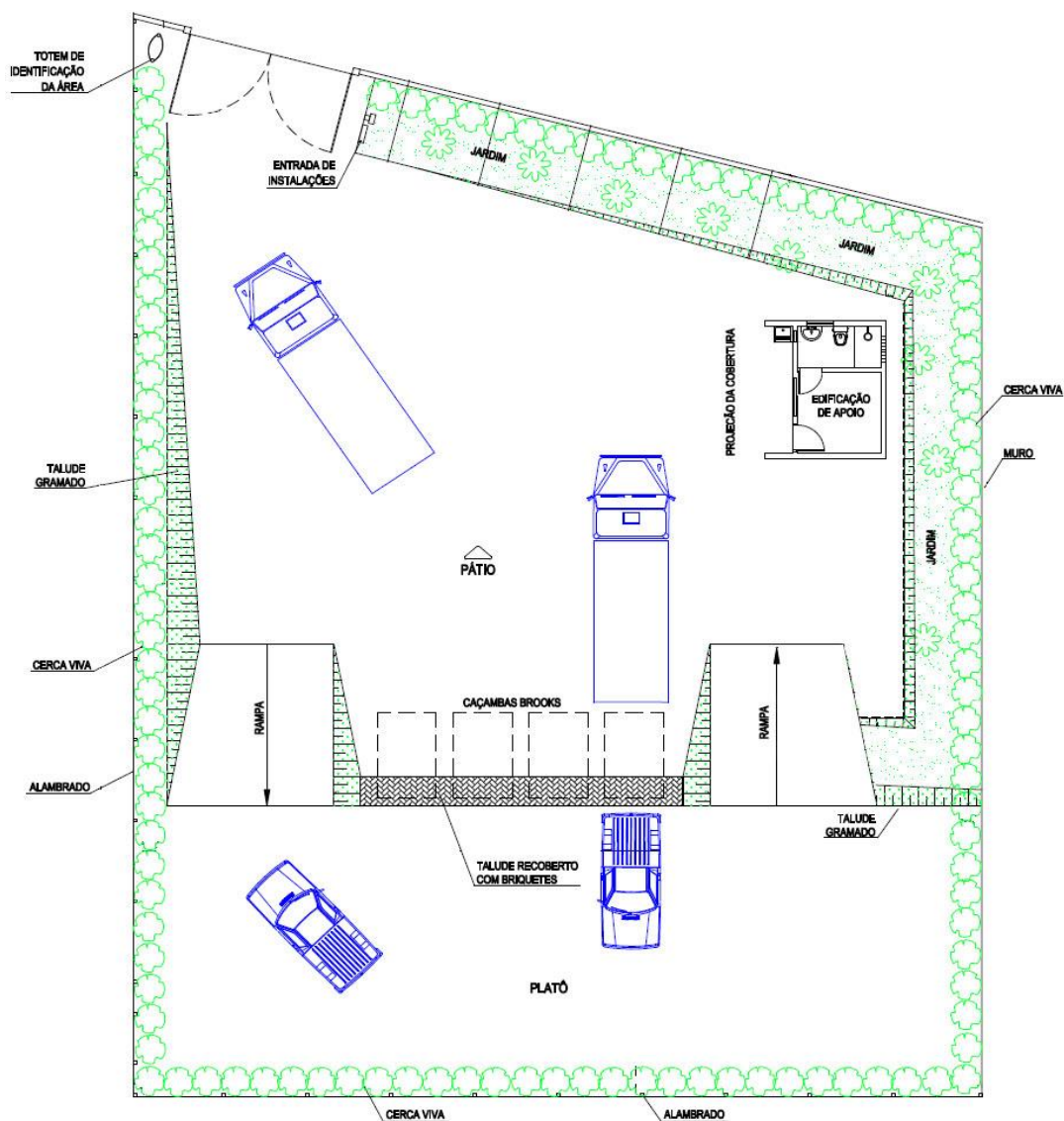


FIGURA 5: Planta simplificada do PEV João do Pulo (arquivo pessoal do autor)

b) Ponto de Entrega Voluntária Fortaleza:

O PEV Fortaleza situa-se na rua Medeia Escardina Mariano, 311 no bairro do Jardim Fortaleza, implantado em uma área de 442m², o terreno fica em uma encosta e sua área é nivelada com a rua, possui um platô onde foi implantado a doca das caçambas Brooks. A FIG. 6 mostra a inclinação do terreno onde foi implantado o PEV Fortaleza, as caçambas Brooks e a edificação de apoio ao fundo.



FIGURA 6: Área das caçambas Brooks e edificação de apoio do PEV Fortaleza.
(foto do autor)

O Ponto de Entrega Voluntário possui um cercamento feito de alambrados e mourões na parte frontal e na lateral da edificação de apoio, na lateral oposta utiliza-se do muro da edificação do Serviço Autônomo de Águas e Esgotos, ao fundo utiliza-se tubulões de concreto como arrimo e pilaretes com arame farpado além da encosta do talude como limite da área, o projeto prevê um muro de arrimo ainda não efetuado.

Na região frontal possui um portão social com o cavalete de serviço elétrico para a distribuição de eletricidade interna e para a edificação de apoio, a rede de água é de fornecimento realizado pelo SAAE que abastece uma caixa de 500 litros, uma caixa de vistoria na saída atende a rede de esgoto.

As docas de caçambas Brooks foram construídas em uma parede em concreto com a altura de 90cm aproximadamente e uma inclinação próxima de 45° e em sua base foi utilizado agregado reciclado que permite uma boa absorção das águas pluviais.

As baias de materiais recicláveis foram construídas anexa à edificação de apoio onde o terreno foi compactado e nivelado, recebendo posteriormente uma camada de agregado reciclado como base e depois foi construída, em painéis de madeira, as baias, posteriormente cobertas com uma estrutura e com telas de fibrocimento para o recebimento de material reciclado, porém devido ao vandalismo a estrutura foi incendiada e não foi reconstruída, vale ressaltar que nestas baias também são acondicionadas as lâmpadas que são recebidas a fim de dar a destinação correta.

Devido ao pouco espaço interno os caminhões guindaste efetuam suas manobras na rua de acesso e adentram ao PEV já de ré, o munícipe adentra com seu veículo, sobe a rampa das docas das Brooks e entrega seu resíduo já segregado por tipos nas devidas Brooks, ao fundo das docas o operacional indica para o munícipe descartar os volumosos (colchões e sofás), as telhas de amianto e os pneus.

A FIG. 7 mostra o totem metálico de sete metros e meio, que identifica o PEV bem como os tipos e quantidades de materiais que cada munícipe pode entregar para a devida destinação.



FIGURA 7: Entrada e totem de identificação do PEV Fortaleza (foto do autor)

A FIG. 8 mostra uma planta simplificada do PEV Fortaleza, onde pode se observar que o caminhão poliguindaste necessita entrar de ré para retirar as caçambas Brooks.

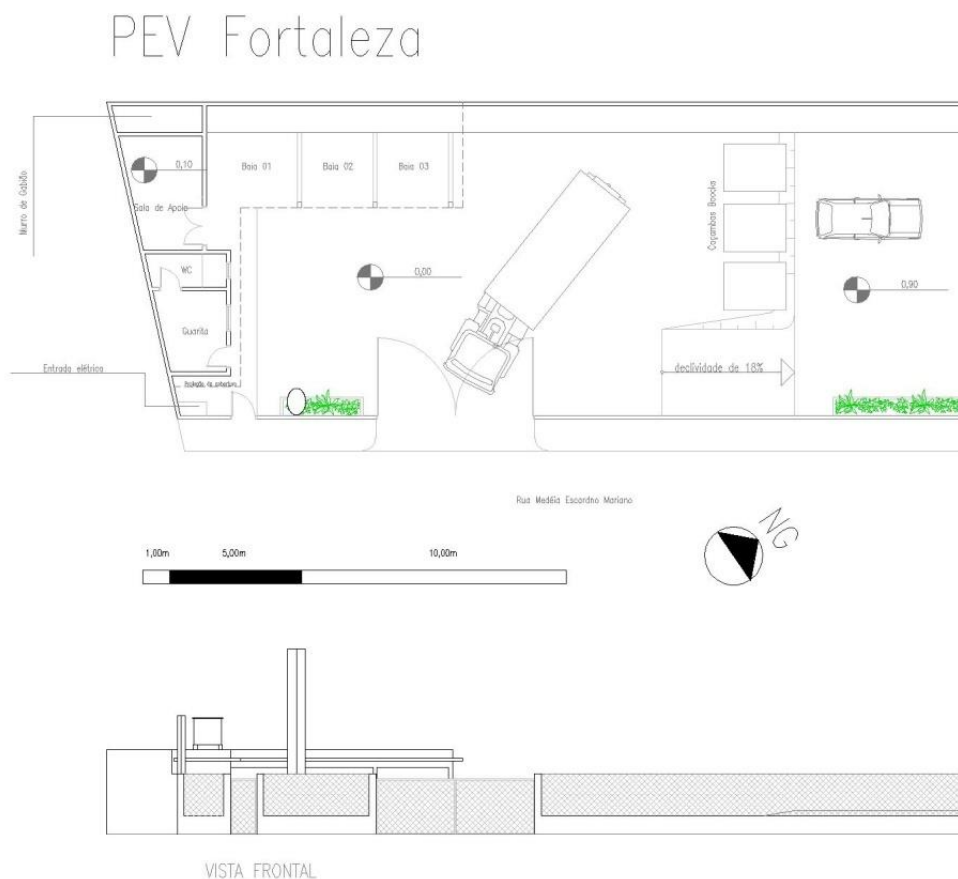


FIGURA 8: Planta simplificada do PEV Fortaleza (arquivo pessoal do autor)

c) Ponto de Entrega Voluntária Ponte Grande:

Localizado na região sudoeste de Guarulhos, próximo ao Rio Tietê e a Ponte Imigrante Nordeste, seu acesso é realizado na Alameda Josefina L. Zamataro, 233 em um terreno de 2.267,44 m², com uma área plana para a manobra de veículos e um platô com altura de 0,90m de altura onde foi construída a edificação de apoio.

O PEV possui dois funcionários operacionais que verificam o resíduo e orientam os munícipes na forma correta de segregação dos resíduos; o munícipe conduz o veículo por uma rampa e coloca seu resíduo conforme nas caçambas Brooks existentes, pode haver até seis caçambas Brooks na doca. A FIG. 9

apresenta a entrada do PEV com as baias das caçambas e a rampa de acesso para descarte de material.



FIGURA 9: Acesso ao PEV Ponte Grande com caçambas ao fundo (foto do autor)

A doca para as caçambas Brooks possui rampas que permitem que os munícipes possam, de forma mais ágil e eficiente, efetuar o descarte de material. O munícipe acessa pelo lado direito das docas, e após descartar o material, deixa a rampa pelo lado esquerdo (tipo drive-thru). A doca possui quatorze metros de largura sendo capaz de acondicionar até sete caçambas. A rampa de acesso possui uma inclinação de 45° e 0,70 m de altura em relação ao piso de concreto onde se encontram as caçambas.

As madeiras entregues são alocadas na caçamba roll-on e o material reciclado é abrigado nas baias cobertas.

A edificação de apoio possui um banheiro com acabamento em azulejo, e uma sala de vigilância que também é utilizada como refeitório. O muro de arrimo

da edificação de apoio é realizado com uma técnica tipo rip-rap (realizado com a sobreposição de pneus preenchidos de terra). A FIG. 10 mostra a edificação de apoio e muro de arrimo.



FIGURA 10: Edificação de apoio do PEV Ponte Grande (foto do autor)

O solo das baias foi efetuado com material reciclado sendo compactado e nivelado, a estrutura lateral e da cobertura foi construída com painéis de madeira e coberta com telhas metálicas. O material reciclado é acondicionado em três baias cobertas, sendo que é prevista ampliação para abrigar cinco baias cobertas. A FIG. 11 mostra as baias de material reciclado e um munícipe descartando material.



FIGURA 11: Baias de material reciclado do PEV Ponte Grande (foto do autor)

Ao longo das laterais do PEV foi utilizada vegetação tipo trepadeira para funcionar como uma cerca viva, servindo como barreira visual e também para reter o pó eventualmente gerado.

A FIG. 12 mostra uma planta simplificada do PEV Ponte Grande.

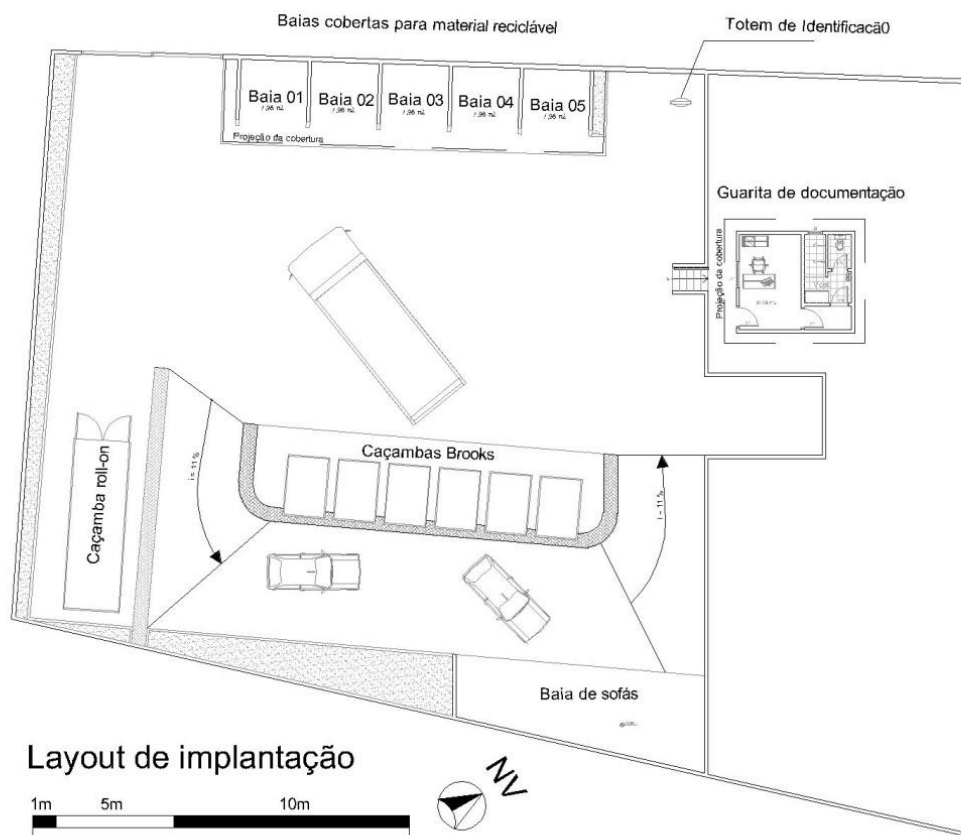


FIGURA 12: Planta simplificada do PEV Ponte Grande (arquivo pessoal do autor)