



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
ESCOLA POLITÉCNICA  
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA**

**NILTON BASTOS DE SOUZA**

**VIABILIDADE FINANCEIRA DA RECICLAGEM DE RCC  
EM USINAS DE CONCRETOS E FÁBRICAS DE PRÉ –  
MOLDADOS**

Salvador  
2012

**NILTON BASTOS DE SOUZA**

**VIABILIDADE FINANCEIRA DA RECICLAGEM DE RCC  
EM USINAS DE CONCRETOS E FÁBRICAS DE PRÉ –  
MOLDADOS**

Dissertação a ser apresentada ao Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Fernandes Carvalho

**Salvador  
2012**

---

S729 Souza, Nilton Bastos de  
Viabilidade financeira da reciclagem de RCC em usinas de  
concretos e fábricas de pré - moldados / Nilton Bastos de  
Souza. – Salvador, 2012.  
218 f. : il. color.

Orientador: Prof. Doutor Ricardo Fernandes Carvalho

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia.  
Escola Politécnica, 2012.

1. Resíduos industriais. 2. Concreto. 3. Resíduos como  
material de construção. 4. Gestão integrada de resíduos  
sólidos. I. Carvalho, Ricardo Fernandes. II. Universidade  
Federal da Bahia. III. Título.

CDD: 628.4

---

NILTON BASTOS DE SOUZA

VIABILIDADE FINANCEIRA DA RECICLAGEM DE RCC EM USINAS  
DE CONCRETOS E FÁBRICAS DE PRÉ – MOLDADOS

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

Salvador, 03 de julho de 2012

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Fernandes Carvalho  
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Prof. Dr. Emerson de Andrade M. Ferreira  
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Prof. Dr. Paulo Roberto Lopes Lima  
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS



Aos meus pais Tiago (in memorian) e Maria, pelo apoio que sempre deram aos meus estudos.

A minha esposa Rose, pela compreensão e apoio prestados durante a realização do mestrado.

Aos meus filhos Alice e Daniel Levi que são as riquezas da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

São tantos e tão especiais...

A Deus, pai amado, por ter me dado força, energia, perseverança, inteligência e sabedoria, para a construção deste trabalho.

Ao MEAU, pela oportunidade de realização do mestrado.

Aos Engenheiros e Técnicos das centrais de concreto e fábricas de pré-moldados pela confiança, atenção e tempo dispensado desde os primeiros contatos até às respostas dadas às perguntas dos questionários e permissão das observações e fotografias.

A VERBAM Equipamentos, em especial, ao Nicolas Muccillo, pelas diversas informações sobre a usina de reciclagem utilizada nesta pesquisa.

A Novafrota, ao SINDIPEDRA pelas informações prestadas.

Ao Prof<sup>o</sup> Ricardo Fernandes Carvalho, pela paciência, e valiosas orientações, conselhos e credibilidade no meu trabalho.

Ao professor Luís Roberto dos Santos Moraes pelas ideias iniciais ao desenvolvimento desta pesquisa.

A Arquiteta Ana Vieira da LIMPURB, pela atenção, interesse e informações.

As professores Emerson Ferreira, Viviana Zanta, Vanessa Silva, e Sandro Cesar pelas contribuições prestadas ao projeto de pesquisa e na qualificação desta dissertação.

Ao professor Antonio Sergio pelas as indicações de parte dos nomes dos Engenheiros das centrais de concretos e fábricas de pré-moldados visitadas.

Aos meus irmãos, em especial, Elane e Milton, por compartilhar ideias, casa e angústias.

Aos sobrinhos, em especial, Elis, Livia e Raphael por terem entendido à minha ausência nas suas formaturas.

Em fim, a todos que colaboraram direta e indiretamente com esta dissertação.

Mesmo em tempos de guerra, cuide do seu jardim.

1 Sm 30

SOUZA, Nilton Bastos de. Viabilidade Financeira da Reciclagem de RCC em Usinas de Concretos e Fábricas de Pré-moldados. 218 f. Il 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

## RESUMO

Os resíduos da construção civil são gerados em grandes quantidades nas cidades brasileiras e do exterior. Um dos principais entraves para a viabilidade técnica da reciclagem do RCC é a variabilidade de origem, composição e tratamento destes resíduos que contribuem para a variabilidade das propriedades do agregado reciclado e do comportamento de concretos e argamassas reciclados. O uso do RCC como agregados em concretos e argamassas depende de rigoroso controle tecnológico atuante no processo, o que é realizado por centrais de concreto e fábricas de pré-moldados com agregados naturais e na confecção dos seus produtos. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade econômico-financeira da reciclagem dos RCC em usinas de concretos e argamassas pré-misturados, e em fábricas de artefatos pré-moldados de concreto, propondo usinas de reciclagem de pequeno porte. As condições físicas de espaço e infraestrutura, além dos produtos que potencialmente comercializados podem incorporar o RCC, foram verificadas em campo por meio de visitas com registros fotográficos e entrevistas. Os custos de implantação, operação, e manutenção de uma pequena recicladora de RCC foram obtidos a partir de pesquisas no mercado com fornecedores de máquinas e equipamentos de reciclagem e por associações de classe. As receitas foram estimadas encontrando-se a redução dos custos com a substituição do agregado natural pelo reciclado em concretos, argamassas e pré-moldados. Os estudos foram realizados considerando como local de análise a cidade de Salvador. A análise financeira empregou a técnica de cenários que, alternando três hipóteses, forneceu resultados através do Método do Valor Presente Líquido (VPL) aplicadas em oito cenários distintos. Os resultados indicam que, em condições atuais na Região Metropolitana de Salvador, cerca de 40% dos RCC classe A produzidos podem ser incorporados à produção de concretos, argamassas e produtos pré-fabricados.

**Palavras Chave:** Resíduos industriais, concreto, resíduos como material de construção, gestão integrada de resíduos sólidos.



SOUZA, Nilton Bastos de. Financial Viability of CDW Recycling in Concrete Plants and Precast Factories. 218 f. II 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

### **ABSTRACT**

The construction and demolition waste are generated in large amounts in Brazilian cities and abroad. One of the main obstacles to the technical feasibility of recycling the CDW is the variability of origin, composition and treatment of these wastes that contribute to the variability of properties of recycled aggregate and behavior of recycled concrete and mortar. The use of CDW as aggregate in concrete and mortar depends on strict technological control active in the process, which is conducted by central concrete and precast factories with natural aggregates and the manufacture of its products. Therefore, this study aims to analyze the financial feasibility of recycling plants in CDW concrete and mortar premixed, and factories artifacts precast concrete, proposing small recycling plants. The physical space and infrastructure, in addition to marketed products that can potentially incorporate the CDW, were verified through field visits and interviews with photographic records. The costs of deployment, operation, and maintenance of a small recycler CDW were obtained from market surveys with suppliers of machinery and equipment recycling and associations. Revenues were estimated by finding the cost reduction with the substitution of natural aggregate in the recycled concrete, mortar and precast. The studies were performed considering as a place to review the city of Salvador. The financial analysis technique employed scenarios, alternating three hypotheses, results provided by the method of Net Present Value (NPV) applied in eight different scenarios. The results indicate that in the current conditions in the Metropolitan Region of Salvador, about 40% of CDW produced class A can be incorporated into the production of concrete, mortar and precast products.

Keywords: Industrial waste, concrete, waste as construction material, integrated management of solid waste.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Processo de reciclagem do RCC em usinas	38
Figura 02: Britador de impactos	39
Figura 03: Britador de mandíbulas	40
Figura 04: Peneira vibratória	40
Figura 05: Ciclone de ar	41
Figura 06: Classificador espiral	41
Figura 07: Etapas da pesquisa	74
Figura 08: Caminhão descarregando agregado na baia	81
Figura 09: Caminhão de cimento	81
Figura 10: Silos de agregados	81
Figura 11: Ponto de carga	81
Figura 12: Pá carregadeira transportando agregados até a tremonha	82
Figura 13: Transporte de agregados até os silos – central 04	82
Figura 14: Transporte de agregados até os silos – central 06	82
Figura 15: Silos de agregados	82
Figura 16: Prensa	85
Figura 17: Tronco de cone e moldes de corpos de prova	85
Figura 18: Tanque de cura	85
Figura 19: Peneiras	86
Figura 20: Balança digital	86
Figura 21: Balança analógica	86
Figura 22: Baias de agregados cobertas	86
Figura 23: Baias de agregados descobertas	86
Figuras 24 e 25: Tanque de decantação de águas provenientes da lavagem dos caminhões betoneira	87
Figura 26: Pá carregadeira transportando agregados para as baias	87
Figura 27: Pá carregadeira estacionada	87
Figuras 28 e 29: Resíduos de corpos-de-prova nas centrais de concretos	88
Figuras 30 e 31: Resíduos de concreto fresco	88
Figura 32: Usina de reciclagem de RCC	89
Figura 33: Área ociosa na central de concreto 01	90
Figura 34: Baia com resíduo de concreto – central de concreto 01	90
Figura 35: Área ociosa na central de concreto 02	90
Figura 36: Terreno desocupado pertencente à central de concreto 02	90
Figura 37: Baia para armazenar resíduos de concreto	91
Figura 38: Baia para armazenar agregados	91
Figura 39: Áreas nas quais são armazenados equipamentos	91
Figura 40: Área ociosa dentro da central de concreto 04	91
Figura 41: Terreno desocupado no fundo da central de concreto 04	92
Figura 42: Terreno desocupado na lateral da central de concreto 04	92
Figura 43: Área ociosa na central de concreto 05	92

Figura 44: Área ociosa na central de concreto 06	92
Figura 45: Baía ociosa na central de concreto 06	92
Figura 46: Área para armazenamento de resíduo de concreto na central 06	93
Figura 47: Transporte de areia por meio de correia transportadora – FPM 01	94
Figura 48: Transporte de cimento com correia transportadora coberta – FPM 01	94
Figura 49: Mesa para a dosagem dos agregados – FPM 01	94
Figura 50: Misturador de concreto – FPM 01	94
Figura 51: Transporte do concreto para a fabricação dos produtos – FPM 01	94
Figura 52: Transporte do concreto para as linhas de produção – FPM 01	94
Figura 53: Transporte interno dos agregados na FPM 02	95
Figura 54: Transporte interno dos agregados na FPM 05	95
Figura 55: Baias de agregados – FPM 04	95
Figura 56: Baias de agregados – FPM 04	95
Figura 57: Silo de cimento – FPM 04	96
Figura 58: Pá carregadeira descarregando areia na tremonha – FPM 04	96
Figura 59: Silo de agregados acoplado com balança – FPM 04	96
Figura 60: Misturador de concreto – FPM 04	96
Figura 61: Vibro prensa – FPM 04	96
Figura 62: Montes de agregados na FPM 03	97
Figura 63: Montes de agregados na FPM 06	97
Figura 64: Transporte de agregados para o preparo do concreto na FPM 03	97
Figura 65: Transporte de agregados para a produção do concreto na FPM 06	97
Figura 66: Viga pré-moldada	98
Figura 67: Arquibancada para a arena fonte nova	98
Figura 68: Pisos Intertravados – FPM 02	98
Figura 69: Blocos de concreto – FPM 03	98
Figura 70: Blocos de concreto – FPM 04	99
Figura 71: Postes de concreto – FPM 05	99
Figura 72: Combogós – FPM 06	99
Figura 73: Meio – fio na FPM 06	99
Figura 74: Prensa digital – FPM 04	101
Figura 75: Prensa analógica – FPM 05	101
Figura 76: Peneiras – FPM 04	101
Figura 77: Peneiras e estufa – FPM 05	101
Figura 78: Estufa – FPM 04	101
Figura 79: Tanque de cura – FPM 04	101
Figura 80: Balança digital – FPM 04	102
Figura 81: Balança analógica – FPM 05	102
Figura 82: Moldes para corpos-de-prova – FPM 04	102
Figura 83: Tronco de cone e moldes de corpos de prova – FPM 05	102
Figura 84: Resíduos de concreto – FPM 04	103
Figura 85: Resíduos de concreto – FPM 05	103
Figura 86: Resíduos de concreto – FPM 03	103
Figura 87: Resíduos de concreto – FPM 06	103

Figura 88: Área ociosa – FPM 01	104
Figura 89: Área ociosa – FPM 02	104
Figura 90: Área ociosa – FPM 03	104
Figura 91: Área ociosa – FPM 04	104
Figura 92: Área ociosa – FPM 05	105
Figura 93: Área ociosa – FPM 06	105

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Sistema de classificação do RCC proposto por Lima (1999)	25
Quadro 02: Classificação dos RCC de acordo com o CONAMA	26
Quadro 03: Usos dos agregados reciclados em São Paulo	36
Quadro 04: Disponibilidade de espaços nas centrais de concreto	93
Quadro 05: Cenários usados nas centrais de concretos	126
Quadro 06: Cenários nas fábricas de pré-moldados	128

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Geração do RCC de varias cidades brasileiras	24
Tabela 02: Composição do RCC de algumas cidades brasileiras	28
Tabela 03: Usinas de reciclagem existentes no Brasil até novembro/2008	34
Tabela 04: Absorção de água dos agregados naturais e reciclados de algumas pesquisas realizadas no Brasil e no exterior.	52
Tabela 05: Requisitos para obtenção de agregados reciclados para concretos estruturais	56
Tabela 06: Normas internacionais para o uso do RCC no concreto estrutural	57
Tabela 07: Resultados da análise econômica	71
Tabela 08: Produção anual de concretos nas centrais dosadoras de Salvador.	83
Tabela 09: Proporção dos produtos nas centrais de concretos	84
Tabela 10: Distribuição média do volume dos produtos comercializados nas centrais	84
Tabela 11: Produção de concretos nas fábricas de pré-moldados	99
Tabela 12: Proporção dos produtos comercializados nas fábricas de pré-moldados	100
Tabela 13: Equipamentos encontrados nos laboratórios nas fábricas de pré-moldados	100
Tabela 14: Disponibilidade de espaços nas fábricas de pré-moldados	105
Tabela 15: Maiores consumidores de agregados naturais no Brasil	107
Tabela 16: Características e preços dos equipamentos de reciclagem	109
Tabela 17: Investimento de capital fixo da recicladora de 15 t/h – equipamentos novos	110
Tabela 18: Custos de mão de obra para a usina de capacidade de 15 t/h	111
Tabela 19: Potência elétrica dos equipamentos de reciclagem	111
Tabela 20: Custos fixos (central de 15 t/h)	114
Tabela 21: Custos variáveis	115
Tabela 22: Dados para o calculo das prestações	116
Tabela 23: Custo de produção do agregado reciclado	117
Tabela 24: Custo do m <sup>3</sup> do concreto estrutural com agregado natural	118
Tabela 25: Custo do m <sup>3</sup> do concreto estrutural com agregados reciclados	119
Tabela 26: Custo do m <sup>3</sup> do concreto não estrutural com agregado natural	120
Tabela 27: Custo do m <sup>3</sup> do concreto não estrutural com agregado reciclado	120

Tabela 28: Custo do m <sup>3</sup> da argamassa com agregado natural	121
Tabela 29: Custo do m <sup>3</sup> da argamassa com agregado reciclado	121
Tabela 30: Custo do m <sup>3</sup> do piso intertravado com agregados naturais	122
Tabela 31: Custo do m <sup>3</sup> do piso intertravado com agregados reciclados	122
Tabela 32: Custo do m <sup>3</sup> do bloco de concreto estrutural com agregados naturais	123
Tabela 33: Custo do m <sup>3</sup> do bloco de concreto estrutural com agregados reciclados	123
Tabela 34: Possíveis receitas unitárias para as usinas de reciclagem	124
Tabela 35: Possíveis receitas para as usinas de reciclagem nas centrais de concretos	124
Tabela 36: Os Cenários e os resultados do VPL nas centrais de concretos	126
Tabela 37: Receitas com o uso de agregados reciclados nos pisos intertravados na FPM 02	128
Tabela 38: Cenários e valores para o VPL – FPM 02	129
Tabela 39: Receitas com a utilização de agregados reciclados nos produtos comercializados na FPM 03	129
Tabela 40: Cenários e valores do VPL na FPM 03	130
Tabela 41: Receitas com a utilização de agregados reciclados nos produtos comercializados na FPM 04	130
Tabela 42: Cenários e valores do VPL na FPM 04	131
Tabela 43: Receitas com a utilização de agregados reciclados nos produtos comercializados na FPM 05	131
Tabela 44: Cenários e valores para o VPL na pré-moldados 05	132
Tabela 45: Receitas com a utilização de agregados reciclados nos produtos comercializados na FPM 06	132
Tabela 46: Cenários e valores para o VPL na FPM 06	133

## LISTA DE SIGLAS

ABESC – Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Concretagem  
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
AGN – Agregado Graúdo Natural  
AGR – Agregado Graúdo Reciclado  
AMN – Agregado Miúdo Natural  
AMR – Agregado Miúdo Reciclado  
BDE – Base de Descarga de Entulho  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
FPM – Fábrica de Pré-moldados  
LIMPURB – Empresa de Limpeza Urbana de Salvador  
PGRCC – Plano de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil  
RCC – Resíduos da Construção Civil  
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos  
SEFAZ – BA – Secretaria da Fazenda do Estado da Bahia  
SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia  
SINDIPEDRA –BA – Sindicato dos Trabalhadores na Indústria de Extração de Mármore, Calcários, Granito, e Pedreiras do Estado da Bahia.  
TIR – Taxa Interna de Retorno  
TMA – Taxa Mínima de Atratividade  
VPL – Valor Presente Líquido



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	20
1.1 OBJETIVOS	21
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	22
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	23
2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)	23
2.1.1 Geração do RCC	23
2.1.2 Classificação dos RCC	25
2.1.3 Composição dos RCC	27
2.1.4 Contaminantes na composição dos RCC	28
2.2 RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	31
2.2.1 Reciclagem em canteiros de obras	31
2.2.2 Reciclagem em usinas	33
2.2.3 Processos para transformar o RCC em agregado reciclado	37
2.3 AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	44
2.3.1 Variabilidade da composição	44
2.3.2 Granulometria	46
2.3.3 Teor de finos e de material pulverulento	47
2.3.4 Massa específica	49
2.3.5 Absorção de água	51
2.4 MARCO LEGAL	53
2.4.1 Decreto Municipal nº 12.133 de 08 de Outubro de 1948	53
2.4.2 Resolução nº 307/2002 do CONAMA	53
2.4.3 Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010.	54

2.4.4 Normas Técnicas	54
2.4.5 Especificações internacionais para o uso do RCC em concretos estruturais	56
2.5. POSSÍVEIS APLICAÇÕES PARA O RCC RECICLADO	58
2.5.1 Utilização do agregado reciclado em concretos	59
2.5.2 Utilização do agregado reciclado em argamassas	63
2.5.3 Utilização do agregado reciclado em artefatos pré-moldados de concreto	64
2.6. ANÁLISE DE INVESTIMENTOS	67
2.6.1 Métodos de análise de investimento	67
2.6.2 Estudos sobre a viabilidade econômico-financeira de usinas de reciclagem de RCC	69
<b>3. METODOLOGIA</b>	73
3.1 PESQUISA DE CAMPO	74
3.1.1 Centrais de concreto pré-misturado	74
3.1.2 Fábricas de artefatos pré-moldados de concreto	75
3.2. ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA	76
3.2.1 Estudo do mercado e análise da concorrência	76
3.2.2 Estimativa da oferta e da demanda	77
3.2.3 Estimativa das receitas	77
3.2.4 Estimativa dos custos	78
3.2.5 Análise dos investimentos	78
<b>4. PESQUISA DE CAMPO</b>	80
4.1 DIAGNÓSTICO DAS CENTRAIS DE CONCRETO	80
4.1.1 Processo de produção dos concretos	80
4.1.2 Materiais comercialmente produzidos nas centrais de concretos	83
4.1.3 Estrutura de laboratórios e equipamentos	85
4.1.4 Geração de resíduos nas centrais de concretos	87
4.1.5 Disponibilidade de espaços para a realização da reciclagem do RCC	88

4.2 DIAGNÓSTICO DAS FABRICAS DE PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO	93
4.2.1 Processo de produção dos artefatos pré-moldados de concreto	94
4.2.2 Produtos comercializados nas fábricas de pré-moldados	97
4.2.4 Geração de resíduos nas fábricas	102
4.2.5 Disponibilidade de espaços	103
<b>5. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA RECICLAGEM DOS RCC NAS CENTRAIS DE CONCRETOS E FÁBRICAS DE PRÉ-MOLDADOS</b>	106
5.1 ESTUDO DE MERCADO E ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA	106
5.2. OFERTA E DEMANDA	107
5.3 CUSTOS	108
5.3.1 Investimentos de capital fixo	108
5.3.2 Custos operacionais	110
5.3.3 Despesas gerais e administrativas	112
5.3.4 Custos variáveis	114
5.4 FINANCIAMENTO DA USINA DE RECICLAGEM	115
5.5 CUSTO DE PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO	116
5.6. ESTIMATIVA DAS RECEITAS E REDUÇÕES DE CUSTO	118
5.6.1 Receita de recepção	118
5.6.2 Substituição de 20% dos agregados naturais em concreto estrutural	118
5.6.3 Substituição de 100% dos agregados naturais no concreto não estrutural	119
5.6.4 Substituição total da areia natural em argamassas	120
5.6.5 Substituição de 25% dos agregados naturais nos pisos intertravados	121
5.6.6 Substituição de 20% dos agregados naturais em blocos de concreto estrutural	122
5.7 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS NAS CENTRAIS DE CONCRETOS	124
5.8 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS NAS FÁBRICAS DE PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO	127
5.9. DIMENSÃO DO MERCADO PARA AGREGADOS RECICLADOS	133

5.9.1 Impactos no processamento do RCC de Salvador	137
5.9.2 Impactos na demanda por agregados naturais	138
<b>6. CONCLUSÕES</b>	139
6.1 Sugestões para trabalhos futuros	141
<b>REFERÊNCIAS</b>	142
APÊNDICE A PLANO DE VISITAS ÀS CENTRAIS DE CONCRETO	153
APÊNDICE B: PLANO DE VISITAS ÀS FÁBRICAS DE PRÉ-MOLDADOS	158
APÊNDICE C: CENÁRIOS PARA A ANÁLISE FINANCEIRA DAS CENTRAIS DE CONCRETOS	163
APÊNDICE D: CENÁRIOS PARA A ANÁLISE FINANCEIRA DAS FÁBRICAS DE PRÉ-MOLDADOS	179

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos maiores consumidores de recursos naturais do planeta. Na Europa, estima-se que o consumo de agregados para a construção civil varia de 6 a 10 t/hab/ano; nos E.U. A este número é de 8 t/hab/ano e no Brasil a taxa chega a 3,5 t/hab/ano, para o estado de São Paulo (LA SERNA et al., 2010). Em Salvador, segundo dados de Melo (2011), o consumo da areia em 2009 foi da ordem de 1,14 t/hab/ano enquanto que o da brita correspondeu a 0,78 t/hab/ano. O alto consumo do agregado natural pode levar a escassez da matéria-prima e ao aumento dos impactos ambientais relacionados com a sua extração, como por exemplo: a poluição dos mananciais de água superficial e do ar e o desmatamento da vegetação (SANTANA, 2008).

Os resíduos da construção civil são gerados em grandes quantidades nas cidades brasileiras e no mundo. Os volumes estimados destes resíduos são na maioria das vezes, equivalentes ou superiores aos volumes dos demais Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

Na Europa, estima-se que a geração de entulho varia de 600 a 918 kg/hab.ano, que é muito maior de 390 kg/hab.ano de resíduo sólido municipal desse continente. Nos EUA, diferentemente disso, são gerados cerca de 463 kg/hab.ano de RCC contra 720 kg/hab.ano de RSU (JOHN, 2000). Já no Brasil, não há números precisos que apontam uma estimativa nacional da geração de resíduos. Estimativas pontuais, em várias cidades brasileiras apresentam resultados entre 230 a 730 kg/hab.ano e considera que a massa de RCC varia entre mais de 44% a 70% da massa total dos RSU gerados (PINTO, 1999). Em Salvador, a estimativa realizada por Melo (2011), aponta para um volume de 4.772,79 t/dia.

A falta de locais adequados para a destinação do RCC faz com que este resíduo, seja lançado, clandestinamente no meio ambiente urbano, o que tem causado vários impactos ambientais, como comprometimento da paisagem e obstrução da drenagem urbana. Sendo assim, os municípios são obrigados a gastar grande parte dos recursos públicos com a coleta do RCC de locais inadequados e com o aterramento desses resíduos, o que onera as administrações municipais e esgota os aterros sanitários.

O RCC das cidades brasileiras é composto por materiais de diversos tipos e natureza, como por exemplo: concretos, argamassas, materiais cerâmicos, solos, rochas, papel, plásticos e outros. Cerca de 60% destes materiais, são considerados inertes e com grande potencial para serem reciclados.

No Brasil, o número de usinas de reciclagem de RCC tem aumentado nos últimos anos, chegando a um total de 47 recicladoras. Porém, este número ainda é muito pequeno, haja vista a inexistência de usinas de reciclagem em várias cidades brasileiras, como Salvador, por exemplo. Na região nordeste, a situação não é muito diferente com a existência de apenas quatro usinas em toda região (MIRANDA ET AL, 2009; MELO, 2011).

Várias pesquisas já foram ou estão sendo realizadas com o intuito de comprovar a viabilidade técnica da utilização do agregado reciclado de RCC em concretos (LEITE, 2009; ETXEBERRIA et al., 2007; ZEGA e DIMARIO, 2011), argamassas (CORINALDESI; MORICONI, 2009) e na fabricação de artefatos pré-moldados de concreto (BUTLER, 2007). Aponta-se como fator crítico para o aproveitamento do resíduo, a variabilidade de origem, composição e tratamento resultando na variabilidade de comportamento dos agregados reciclados, e conseqüentemente nas propriedades dos produtos confeccionados com este material. O uso do RCC como agregados em concreto, argamassas e pré-moldados depende do controle tecnológico (redução da variabilidade e da quantidade de contaminantes, controle das propriedades dos agregados reciclados e dos produtos confeccionados com este material) atuante no processo. As centrais de concreto pré-misturado possuem laboratórios, técnicos e cultura de controle de qualidade dos agregados naturais, portanto, propõem-se aproveitar esta experiência na produção de concretos, argamassas e materiais pré-fabricados com agregados reciclados. Há uma carência no conhecimento gerado de estudos sobre a viabilidade econômico-financeira da reciclagem dos resíduos da construção civil e emprego do agregado reciclado.

## 1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo, analisar a viabilidade econômico-financeira da reciclagem dos Resíduos da Construção Civil (RCC) em centrais de concretos e argamassas pré-misturados e em fábricas de artefatos pré-moldados de concreto, implantando usinas de reciclagem de pequeno porte. Salvador foi à cidade definida como cenário da análise.

Para alcançar o objetivo geral deverão ser cumpridas as seguintes etapas:

- Investigar os requisitos técnicos necessários para a aplicação do RCC reciclado, em concretos, argamassas e produtos cimentícios;
- Avaliar a infraestrutura das centrais de concretos e argamassas e fábricas de pré-moldados de concreto, quanto à disponibilidade de espaços e laboratórios, ao processo produtivo e aos produtos comercializados que podem incorporar o agregado reciclado;
- Estimar os custos com equipamentos, mão de obra e manutenção para a implantação de um pequeno processo de reciclagem de RCC.
- Estimar as possíveis receitas para as centrais de concretos e fábricas de pré-moldados com a substituição do agregado natural pelo reciclado nos produtos comercializados por estas empresas;
- Simular cenários com alternância de hipóteses para a realização da análise financeira.

## 1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo traz a introdução e as justificativas para nova proposta de um modelo de reciclagem, os objetivos e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, encontra-se o Referencial Teórico, que é composto por seis partes: Conceitos de RCC, Diagnóstico da Reciclagem do RCC, as legislações e normas técnicas, o diagnóstico da tecnologia disponível, além dos aspectos econômicos da reciclagem dos resíduos da construção civil.

No Terceiro Capítulo é apresentada a Metodologia que detalha como foram realizadas, as atividades de coleta, armazenamento e discussão de dados.

No Quarto Capítulo são apresentados os resultados da pesquisa de campo com ênfase nas visitas realizadas nas indústrias em estudo,

No Quinto Capítulo foram realizadas as estimativas das receitas e dos custos e Os estudos de viabilidade econômico-financeiro da reciclagem do RCC nas centrais de concretos e argamassas pré-misturados e das fábricas de elementos pré-moldados de concreto

No Sexto Capítulo são apresentadas as Conclusões do Trabalho, e as sugestões para trabalhos futuros.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC)**

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são também chamados de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) por diversos autores, muito provavelmente, proveniente da tradução da expressão de origem inglesa Construction and Demolition Waste (C&DW) ou da origem do resíduo (construção e demolição). A seguir serão apresentadas algumas definições encontradas na literatura.

Levy (1997) define entulho da construção civil como a parcela mineral dos resíduos provenientes das atividades de construção e demolição. Para Ângulo (2000) RCD é todo e qualquer resíduo oriundo das atividades de construção, seja de novas construções, reformas, demolições, que envolvam atividades de obras de arte, solos ou resíduos de vegetação presentes em limpezas de terreno. Segundo Leite (2001), este material pode ser definido como um resíduo proveniente de construções, reparos, reformas, e demolições de estruturas e estradas.

Segundo a resolução nº 307/2002 do CONAMA os Resíduos da Construção Civil (RCC) são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, e outros (BRASIL, 2002, p.1).

Todas as definições acima destacam que o RCC é proveniente de atividades de construção e demolição, sendo que algumas acrescentam também reformas e reparos. O que as diferem é a abrangência dos materiais existentes no entulho. Neste trabalho, será adotada a terminologia Resíduos da Construção Civil (RCC), empregada pela Resolução 307/2002 do CONAMA.

#### **2.1.1 Geração do RCC**

Os resíduos da construção civil são gerados em grandes quantidades nas cidades do Brasil e no exterior. Segundo John (2000) os volumes estimados são, geralmente, equivalentes ou superiores aos demais Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Na Europa,



estima-se que a geração de entulho varia de 600 a 918 kg/hab.ano, que é muito maior de 390 kg/hab.ano de resíduo sólido municipal desse continente (JOHN, 2000).

No Brasil não há números precisos que apontam uma estimativa nacional da geração de resíduos. Estimativas pontuais, em várias cidades brasileiras apresentam resultados entre 230 a 730 kg/hab.ano e considera que a massa de RCC varia entre mais de 44% a 70% da massa total dos RSU gerados, como pode ser observado na tabela 01.

Tabela 01: Geração do RCC de várias cidades brasileiras

MUNICÍPIOS	GERAÇÃO DE RCC (t/dia)	PARTICIPAÇÃO DOS RCC NA MASSA TOTAL DE RSU
Santo André (SP) (a)	1.013	54%
São José do Rio Preto (SP) (a)	687	58%
São José dos Campos (SP) (a)	733	67%
Ribeirão Preto (SP) (a)	1.043	70%
Jundiaí (SP) (a)	712	62%
Vitória da Conquista (BA) (a)	310	61%
Florianópolis (SC) (b)	795,18	n.d
Rio de Janeiro (RJ) (c)	2.877	n.d
Recife (PE) (d)	1142,40	n.d
Salvador (BA) (e)	1900	44,04%

(a) PINTO (1999); (b) XAVIER (2001); (c) NUNES (2004); (d) CARNEIRO (2005)  
(e) SALVADOR (2006)

Segundo John e Agopyan (2008), algumas medidas podem ser tomadas para a redução da geração do RCC: mudanças tecnológicas para reduzir as perdas, melhoria da qualidade da construção, seleção adequada dos materiais, capacitação dos recursos humanos, melhoria das condições de estoque e transporte, incentivo para que os proprietários realizem modificações nas edificações e não demolições, taxaço sobre a geração de resíduos e campanhas educativas.

### 2.1.2 Classificação do RCC

Segundo Lima (1999) um sistema de classificação de resíduos de construção, permite a separação dos tipos existentes, de modo a racionalizar o seu manejo e viabilizar sua reciclagem ou reutilização. O mesmo autor elaborou uma proposta de classificação do RCC em seis diferentes classes, de acordo com sua origem e indicando seu campo de aplicação, conforme o quadro 01.

Quadro 01: Sistema de classificação do RCC proposto por Lima (1999)

<i>CLASSE</i>	<i>COMPOSIÇÃO</i>	<i>APLICAÇÕES</i>
1	Resíduo de concreto sem impurezas	Concretos estruturais ou na fabricação de pré-moldados, entre outros serviços
2	Resíduo de alvenaria sem impurezas	Concretos e argamassas e outros serviços
3	Resíduo de alvenaria sem materiais cerâmicos e sem impurezas	Concretos e pré – moldados de concretos
4	Resíduo de alvenaria com a presença de terra e vegetação	Base e sub-base de pavimentos asfálticos ou na cobertura simples de vias não pavimentadas.
5	Resíduo composto por terra e vegetação	Cobertura de aterros, regularização de terrenos e outros serviços.
6	Resíduo com predominância de material asfáltico	Serviços de pavimentação

Fonte: (Lima, 1999)

A Resolução nº. 307/2002 do CONAMA classifica os resíduos da construção civil, quanto ao potencial que cada fração tem para a reciclagem, em quatro classes, de acordo com o apresentado no Quadro 02.

Quadro 02: Classificação dos RCC de acordo com a resolução 307/2002 do CONAMA

Classe	Origem	Tipo de Resíduo
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	De pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; De construção, demolição, reformas e reparos de edificações (componentes cerâmicos, tijolos, blocos, telhas e placas de revestimento, argamassa e concreto);
Classe B	Resíduos recicláveis com outras destinações	Plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
Classe C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação	Gesso e produtos oriundos deste;
Classe D	Resíduos perigosos, oriundos do processo de construção. Aqueles contaminados, oriundos de demolições, reformas e reparos.	Tintas, solventes, óleos, amianto e outros. Clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Fonte: CONAMA (2002)

A resolução nº. 348/2004 do CONAMA altera a Resolução nº 307/2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos, passando a classe D a vigorar com a seguinte redação: “são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações

industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde”.

Segundo Miranda (2005) a inclusão do amianto na classe D tem provocado discussões no meio técnico, uma vez que apenas o pó do amianto é considerado nocivo à saúde.

A NBR 10004/2004 da ABNT classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente da seguinte forma:

Classe I: perigosos

Classe II: não perigosos

- Classe II A: não inertes
- Classe II B: inertes

A classificação da NBR 10.004/2004 é mais genérica, ou seja, engloba os resíduos sólidos como um todo, além disso, há uma dificuldade em determinar em que classe se insere os RCC, visto que o mesmo possui uma variedade de materiais de origem diversa, que podem ser classificados como perigosos, inertes, e não inertes.

### 2.1.3 Composição dos RCC

O RCC é composto por uma mistura de componentes construtivos originados de diferentes tipos de construções e demolições (ÂNGULO, 2000). Segundo Carneiro et al. (2001), a composição gravimétrica define o percentual de massa de cada material constituinte do Resíduo Sólido Urbano. Ela representa o primeiro passo para se decidir o que deve ser feito com o resíduo, quer seja para planejamento da limpeza urbana, quer para orientação e determinação de sistemas mais eficientes de tratamento, disposição e reciclagem.

Na Tabela 02 estão apresentadas as composições gravimétricas dos RCC de algumas cidades brasileiras: São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ), Porto Alegre (RS), Salvador (BA).

Tabela 02: Composição do RCC de algumas cidades brasileiras

RESÍDUOS	São Paulo (SP) (a)	Rio de Janeiro (RJ) (b)	Porto Alegre (RS) (c)	Salvador (BA) (d)
Concretos	8%	51,2%	15,2	53%
Argamassas	24		28,3	
Materiais	33%	13,7%	26,3%	14%
Cerâmicos				
Solos	30%	n.d	n.d	22%
Rochas	n.d	n.d	30%	5%
Pedra e	n.d	29,2%	n.d	n.d
Agregado				
Papel e	n.d	1,5%	n.d	4%
plástico				
Outros	5%	4,4%	14%	2%

(a) BRITO (1999) apud ÂNGULO (2000); (b) NUNES, 2004; (c) LEITE, 2001; (d)

CARNEIRO, BRUM, CASSA, 2001

#### 2.1.4 Contaminantes na Composição dos RCC

Os Resíduos da Construção Civil podem ser compostos por substâncias que prejudicam a qualidade dos agregados e conseqüentemente dos concretos produzido com este resíduo (impurezas), visto que interferem na hidratação do cimento e prejudicam o desenvolvimento de resistência mecânica (AGUIAR, 2004). Vários tipos de impurezas podem está presentes no RCC bruto ou no agregado reciclado, dentre as quais se destaca: sulfatos, cloretos, matéria orgânica, papel, plásticos, tecido, borracha, vidro, materiais betuminosos, vegetação, terra, madeira e outros (LIMA, 1999; MIRANDA, 2005). É necessário, portanto que o RCC bruto seja separado em classes, conforme o seu potencial de reciclagem como indica a resolução 307/2002 do CONAMA, descrita no Quadro 03 (BRASIL, 2008).

#### a) Gesso

O gesso é uma das principais fontes de sulfatos existentes no RCC (AGUIAR, 2004). A reação entre os aluminatos do cimento, o sulfato do gesso e água formam a etringita que é altamente expansiva, provocando fortes tensões internas que podem fissurar o concreto (JOHN e CINCOTTO 2009). Logo, a presença de gesso torna-se um importante limitador para o uso de agregados para a produção de concretos. A NBR 15116/2004 estabelece o limite para o teor de sulfatos a um valor máximo de 1% em relação à massa do agregado reciclado. Sendo assim, o gesso deve ser eliminado do RCC antes do seu beneficiamento, visto que, após a britagem, este material transforma-se em pequenas partículas que se misturam, principalmente, com o agregado miúdo produzido (MIRANDA, 2005).

#### b) Matéria orgânica ou solos argilosos

A presença de matéria orgânica ou solos argilosos nos agregados reciclados podem reduzir as resistências mecânicas dos concretos confeccionados com este material (PETRUCCI, 1998; MEHTA e MONTEIRO, 1994). Por isso, alguns pesquisadores descartaram a fração fina do agregado reciclado com o objetivo de eliminar as impurezas existentes na produção de concreto (LEITE, 2009; ETXEBERRIA et al., 2007). Todavia, existem algumas pesquisas sobre o uso dos finos do RCC como filler (LOPES, 2005; CARNEIRO et al., 2009) como pode ser observado no item 2.3.3. Segundo Ângulo et al.(2009), em visita realizada em usinas de reciclagem europeias, o uso de equipamentos como scrubber, dosador de agregados e jígues podem reduzir a quantidade destas impurezas no agregado reciclado.

#### c) Vidro

A presença de vidro no agregado pode levar os concretos a reações álcali-sílica quando em contato com cimento e na presença de umidade (LIMA, 1999). Isto pode ocasionar, com o passar do tempo, expansões seguidas de fissurações e diminuição da resistência do concreto (HANSEN, 1992 apud LEITE, 2001).

No entanto, o uso do resíduo de vidro vem sendo pesquisado, como substituto da areia e do cimento para ser empregado em concretos (LÓPEZ et al., 2005;

BITTENCOURT et al., 2006; COSTA e SILVA et al., 2011) e argamassas (KOLLER et al., 2007).

A pesquisa de López et al. (2005) indicou a viabilidade técnica da substituição do agregado fino por vidro moído, na confecção de concretos, porém, é necessário a realização de novas pesquisas para a avaliação de todo o potencial de utilização do vidro moído como material agregado ao concreto. Bittencourt et al. (2006) verificaram melhorias na resistência à compressão, efeito pozolânico e não detectaram expansões deletérias nos concretos produzidos com 3%, 6% e 10% de substituição do agregado miúdo e do cimento por resíduo de vidro moído. Koller et al. (2007) concluíram por meio de ensaios de resistência à compressão, que a substituição da areia convencional por sucata de vidro moída é viável tecnicamente até o teor de 25%. Os resultados da resistência à compressão encontrados por Costa e Silva et al. (2011) foram considerados satisfatórios nos concretos produzidos com pó de vidro em substituição parcial à areia natural.

#### d) Metais

A existência de pequenas quantidades de aço ou pedaços de arame pode causar manchas à superfície dos concretos, principalmente em presença de cloretos (LOVATO, 2007). Outros metais como peças de zinco e alumínio, provenientes de calhas, estruturas e cabos de fios elétricos podem causar desprendimento do hidrogênio no concreto fresco, ou fissurações devido a expansões do concreto endurecido (HANSEN, 1992 apud LOVATO, 2007). A retirada dos metais presentes no RCC pode ser realizada nas usinas de reciclagem brasileiras, manualmente, ou por meio de separadores magnéticos permanentes ou eletroímã (CUNHA, 2007; ÂNGULO et al., 2009).

#### e) Cloretos

A presença de cloretos nos concretos confeccionados com agregados reciclados pode ocasionar problemas de corrosão nas armaduras. A contaminação por cloretos pode acontecer por penetração de íons cloretos nas estruturas ou associados aos aditivos aceleradores de pega ou ainda, através do uso de agregados retirados de zonas marinhas (HANSEN, 1992 apud LOVATO, 2007).

A NBR 15116/2004 admite um teor máximo de 1% de cloretos em relação à massa do agregado reciclado (ABNT, 2004). Algumas medidas podem ser adotadas para controlar a presença de cloretos nos concretos produzidos com agregados reciclados, tais como: cuidados no recebimento e investigação da origem do resíduo, verificação permanente da qualidade do agregado produzido nas centrais de reciclagem (LEITE, 2001). É necessário, portanto, realizar a retirada de substâncias nocivas dos resíduos da construção civil quando a sua presença é detectada. Porém, a retirada manual de toda e qualquer impureza existente, além de ser difícil, torna o processo desvantajoso economicamente (LEITE, 2001).

## 2.2. RECICLAGEM DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Existem duas maneiras principais de reciclagem dos resíduos da construção civil: a reciclagem em primária e a reciclagem secundária. A reciclagem primária é aquela realizada no próprio canteiro de obras enquanto que a secundária é realizada em usinas de reciclagem.

### 2.2.1 Reciclagem em canteiros de obras

Evangelista (2009) estudou a reciclagem de RCC em canteiro de obras da Região Metropolitana de Salvador por meio da realização de três estudos de caso, empregando uma recicladora móvel equipada com britador de mandíbula e peneiras. A partir destas experiências, foi desenvolvido um procedimento operacional, para apoiar o desenvolvimento da reciclagem de RCC nos canteiros. Este procedimento é dividido nas seguintes etapas:

1. Diagnóstico Inicial da Obra: caracterização geral da obra, identificação das possíveis aplicações para o agregado reciclado, avaliação do cronograma físico e layout da obra, definição do processo de segregação do resíduo classe A e indicação do responsável pelo processo de reciclagem no canteiro.
2. Definição das Aplicações do Agregado Reciclado: indicação da aplicação do agregado reciclado (Obras de pavimentação viária ou preparo de concreto sem função estrutural) e as granulometrias necessárias.



3. Estruturação do Processo de Reciclagem: definição da implantação da central de reciclagem (equipamentos, layout e logística) e elaboração do planejamento.
4. Caracterização do Resíduo Classe A: análise gravimétrica do resíduo classe A da obra que consiste na determinação do percentual de cada material constituinte na composição geral do resíduo.
5. Monitoramento do Processo de Reciclagem: realização da britagem piloto, britagem inicial de 1 m<sup>3</sup> para validação e ajustes no processo, amostragem do agregado reciclado para caracterização e, na sequência, controle do processo de reciclagem com registro do volume de resíduo britado e do agregado reciclado por granulometria (miúdo e gráudo).
6. Caracterização do Agregado Reciclado: realização dos ensaios no agregado reciclado segundo a NBR 15.116 (ABNT, 2004), análise comparativa dos resultados e validação da utilização do agregado gerado.
7. Produção Piloto do Material com Agregado Reciclado: definição e produção do material de referência com agregado natural que servirá de parâmetro para comparação com os materiais produzidos com o agregado reciclado em diversos percentuais de substituição e produção dos materiais experimentais, substituindo parcial e totalmente os agregados naturais por reciclados.
8. Avaliação do Desempenho do Material com Agregado Reciclado: realização dos ensaios nos materiais de referência e experimentais segundo as normas técnicas aplicáveis a estes materiais, análise comparativa dos resultados e definição do percentual de substituição que represente o maior aproveitamento de agregados reciclados, desde que garantidas às características e padrões de desempenho requeridos para o material.
9. Aplicação do Material e Rastreabilidade: produção do material com agregado reciclado na fração de substituição definida e controle de sua aplicação.
10. Avaliação do Processo de Reciclagem: análise crítica do processo de reciclagem no canteiro, considerando os aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

A construção da nova Arena Fonte Nova também utilizou um processo de reciclagem em canteiro de obras. A demolição do antigo estádio gerou um volume total de 38 mil m<sup>3</sup> de RCC, incluindo o empolamento. Este material foi beneficiado no canteiro de obras, utilizando um britador móvel de capacidade de 30 m<sup>3</sup>/hora. O agregado reciclado foi utilizado principalmente, em obras de pavimentação da própria Arena Fonte Nova e nas obras de órgãos públicos estaduais (EMBASA, CONDER e

COELBA). O resíduo de aço foi encaminhado para a indústria siderúrgica (MIRANDA, 2010).

### 2.2.2 Reciclagem em Usinas

As Usinas de Reciclagem de RCC são também chamadas de central de reciclagem, estação de reciclagem, recicladora ou ainda área de reciclagem pela NBR 15114/2004 é o espaço físico composto por equipamentos específicos no qual se realizam a triagem, a classificação, o processamento dos resíduos e a produção de agregados e artefatos.

No Brasil, a primeira usina de reciclagem dos RCC, foi implantada em 1991, no município de São Paulo (SP). A partir deste ano, outras usinas foram sendo inauguradas, em Londrina (PR), Belo Horizonte (MG), e em outras cidades brasileiras, chegando a 16 usinas, em 2002, sendo que 11 públicas e 5 privadas. A partir do ano de 2002, com a publicação da resolução nº 307/2002 do CONAMA, este número aumentou consideravelmente, subindo para pelo menos 47 recicladoras, sendo que 24 são públicas e 23 são privadas, sendo São Paulo, o Estado que concentram a maior quantidade destas usinas, 27 no total. A maioria delas possui capacidade de produção pequena, menor do que 50 t/h (MIRANDA et al., 2009). A tabela 03 apresenta as usinas de reciclagem de RCC existentes no Brasil, até o mês de novembro de 2008.

Tabela 03: Usinas de Reciclagem Existentes no Brasil até novembro/2008

Nº	CIDADE	PROPRIEDADE	CAPACIDADE (t/h)
01	Socorro (SP)	Irmãos Pretos	03
02	São Sebastião (DF)	Adm. Regional	05
03	Macaé (RJ)	Prefeitura	08
04	Muriaé (MG)	Prefeitura	08
05	Caraguatuba (SP)	JC	15
06	Ciríaco (RS)	Prefeitura	15
07	Guarulhos (SP)	Prefeitura/Proguaru	15
08	Piracicaba (SP)	Autarquia/Emdhap	15
09	Ribeirão Pires (SP)	Prefeitura	15
10	Santa Maria (RS)	GR2	15
11	São Paulo (SP)	ATT Base	15
12	Vinhedo (SP)	Prefeitura	15
13	B. Horizonte (MG)	Prefeitura	20
	(Pampulha)		
14	Jundiaí (SP)	SMR	20
15	Londrina (PR)	Prefeitura	20
16	Piracicaba (SP)	Autarquia/Semae	20
17	Ponta Grossa (PR)	Ponta Grossa Ambiental	20
18	Rio das Ostras (RJ)	Prefeitura	20
19	São Carlos (SP)	Prefeitura/Prohab	20
20	Taboão da Serra (SP)	Estação Ecológica	20
21	Americana (SP)	Cemara	25
22	Barretos (SP)	Prefeitura	25
23	João Pessoa (PB)	Prefeitura/Emlur	25
24	Osasco (SP)	Inst. Nova Agora	25
25	Petrolina (PE)	Prefeitura	25
26	São José dos Campos (SP)	Julix – Enterpa	25
27	B. Horizonte (MG) (Est)	Prefeitura	30
28	Brasília (DF)	Caenge	30

Tabela 03: Usinas de reciclagem existentes no Brasil até novembro/2008 (continuação)

29	Brasília (DF)	Caenge	30
30	Guarulhos (SP)	Henfer	30
31	Ribeirão Preto (SP)	Prefeitura	30
32	São José dos Campos (SP)	Prefeitura	30
33	São José do Rio Preto (SP)	Prefeitura	30
34	Limeira (SP)	RL Reciclagem	35
35	São Gonçalo (RJ)	Prefeitura	35
36	B. Horiz. (MG) (BR040)	Prefeitura	40
37	Colombo (PR)	Soliforte	40
38	Londrina (PR)	Kurica Ambiental	40
39	São Luís (MA)	Limpel	40
40	Itaquaquecetuba (SP)	Entrec Ambiental	40
41	São B. do Campo (SP)	Urbem	50
42	Fortaleza (CE)	Usifort	60
43	Campinas (SP)	Prefeitura	70
44	São B. dos Campos (SP)	Ecoforte	70
45	São J. dos Campos	RCC Ambiental	70
46	Paulínea (SP)	Estre Ambiental	100
47	São Paulo (SP)	Prefeitura	100

Fonte: (MIRANDA et al., 2009)

Apesar da quantidade de usinas de reciclagem de RCC ter aumentado significativamente após a resolução CONAMA 307/2002, a capacidade brasileira potencial de produção de agregados reciclados está muito abaixo da geração de RCC em todo país (MIRANDA et al., 2009). Considerando que se todas as usinas de reciclagem brasileiras operassem com sua capacidade nominal, e nenhuma delas estivesse paralisada, teríamos apenas 4,5% do RCC reciclado, considerando uma produção nacional de 500 kg/hab.ano, estimada por Pinto (1999). Portanto, há ainda uma carência de muitas usinas de reciclagem em todo País (MIRANDA et al., 2009).

No que diz respeito ao processo de reciclagem, a maior parte destas centrais são parecidas, com instalações simples, de equipamentos nacionais oriundos do setor de mineração, entre os quais se destacam: alimentador (silo de recepção), britadores (de

impacto e de mandíbulas), moinhos de martelo, transportadores de correia, eletroímã, conjunto peneirador e o principal produto é a brita corrida que é empregada em obras de pavimentação destes municípios. Nenhuma destas usinas apresenta uma rotina de controle de qualidade dos agregados produzidos (MIRANDA et al., 2009). Mas, outros agregados também podem ser encontrados, tais como areia, pedrisco, britas 01 e 02, e rachão. O quadro 03 sintetiza os agregados reciclados produzidos nas usinas de reciclagem do País e as suas principais aplicações.

Quadro 03: Usos dos Agregados Reciclados em São Paulo

Produto	Principais usos
Areia	Argamassas de Assentamentos
	Contra pisos
	Blocos de Vedação
	Artefatos de Concreto
Pedrisco	Pisos Intertravados
	Guias
	Blocos de Vedação
	Concretos sem funções estruturais
Britas 01 e 02	Obras de Drenagem
	Substituição do Solo
Rachão	Terraplenagens
	Drenagens
	Sub-base e base de pavimentos rodoviários
Brita Corrida	Regularização de vias não pavimentadas

Fonte: Levy (2006)

Na região Nordeste, segundo a Tabela 03, existe apenas quatro usinas de reciclagem de RCC, duas públicas e duas privadas, de pequena capacidade (menor que 100 t/h), localizadas nas cidades de Fortaleza (CE), João Pessoa (PB), Petrolina (PE) e São Luís (MA), sendo que a maioria possui pouco tempo de funcionamento (menos que 5 anos) (MELO, 2011).

Os equipamentos utilizados nas centrais de reciclagem de RCC nordestinas não são muito diferentes dos empregados nas usinas do restante do país, elas possuem Alimentador Vibratório, Transportadores de Correia Fixo e Móvel, Britador de Impacto,

Sistema de Abatimento de Pó, Peneira Vibratória e Imã Permanente Automático. Os materiais produzidos são destinados, a cobertura de aterros, pavimentação e fabricação de concretos não estruturais (MELO, 2011).

Em Salvador, ainda não existe uma usina de reciclagem, porém, está planejado para a segunda fase do Programa da Gestão Diferenciada do RCC de Salvador, a elaboração do Projeto Executivo de Unidade de Reciclagem de Entulho em duas Bases de Descarga de Entulho (BDE): A BDE do Parque Socioambiental de Canabrava; e a BDE de Porto Seco Pirajá. Nestas instalações deverão ser desenvolvidas atividades de reciclagem do RCC e a fabricação de componentes pré-moldados de concreto, tais como meio-fio, blocos e pisos (SALVADOR, 2007).

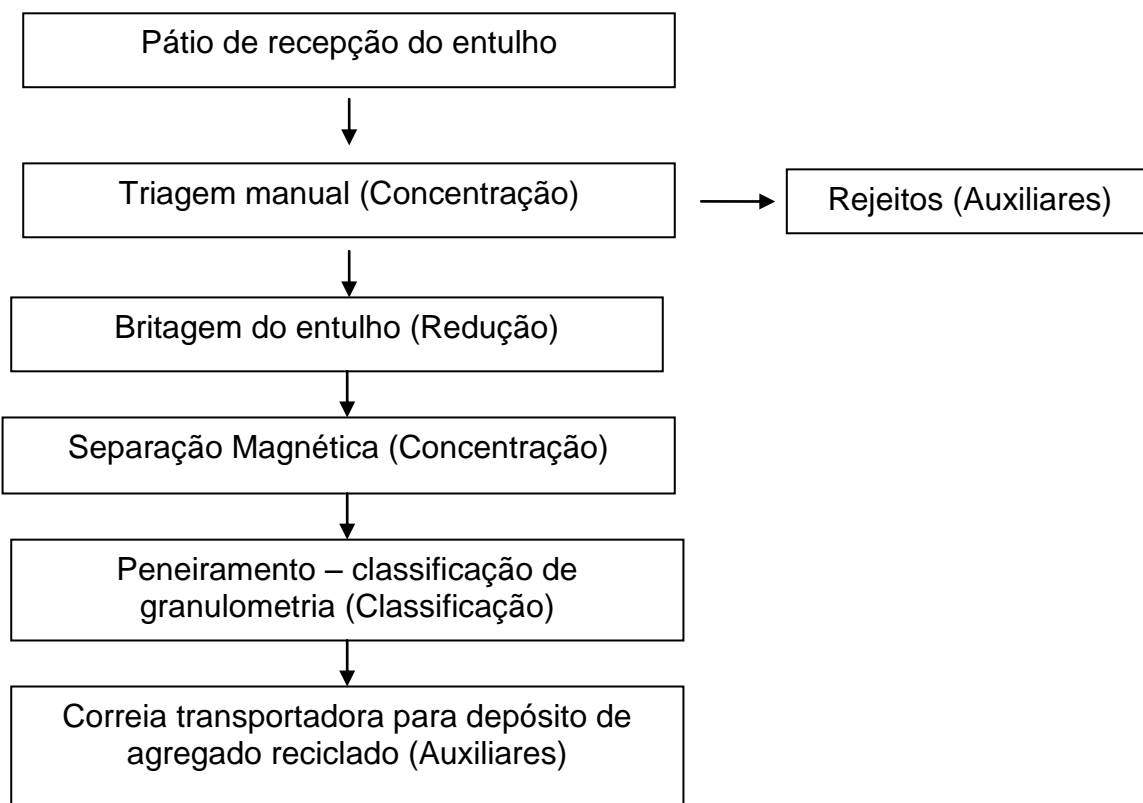
A BDE prevista para Porto Seco Pirajá, está projetada para ser construída num terreno de 12.609,50 m<sup>2</sup>, sendo 9.209,50 m<sup>2</sup> destinados à implantação da usina de reciclagem e 3.400 m<sup>2</sup> à fábrica de pré-moldados. Os equipamentos de reciclagem compreenderão alimentador vibratório, britador de impactos com capacidade nominal de 40 t/h, eletroímã manual, peneira com três decks (25,4 mm – 9,5 mm – 4,8 mm), transportadores de correia, sistema de aspersores e mantas de borracha de 3/8” (MELO, 2011). No que diz respeito aos agregados, pretende-se produzir brita corrida, brita 01, pedrisco e areia para serem aplicados em pavimentação, cobertura de células em aterros sanitários, concretos, pré-moldados, argamassa, rip-rap para serviços de contenção e enchimento de valas.

### 2.2.3 Processos para Transformar o RCC em agregado reciclado

O beneficiamento é o ato de submeter um resíduo às operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-lo de condições que permitam que seja utilizado com matéria-prima o produto (CONAMA, 2002).

Para Ângulo et al (2003) a reciclagem de RCC é, de forma simplificada, um beneficiamento mineral, ou seja, um conjunto de operações unitárias com o objetivo de se obter características específicas de uma matéria-prima como separação dos seus constituintes minerais, adequação de tamanho, e outros. Essas operações unitárias são classificadas em quatro tipos: de redução, de classificação, de concentração e auxiliares. Normalmente, o processo de reciclagem obedece às seguintes etapas apresentadas na figura 01.

Figura 01: Processo de reciclagem do RCC em usinas



#### A) Redução ou fragmentação

Chama-se redução ou fragmentação o conjunto de operações com o intuito de reduzir o tamanho das partículas minerais, executado de maneira controlada e de modo a cumprir um objetivo pré-determinado. O processo de fragmentação inclui britagem e moagem das partículas (CHAVES; PERRES, 1999 apud MIRANDA 2005). Na reciclagem do RCC, a britagem é usada, em geral, quando se pretende obter principalmente agregados graúdos enquanto que a moagem quando se quer agregados miúdos para a produção de argamassas (TENÓRIO, 2007).

A fragmentação possui custo elevado, devido ao alto consumo de energia e de peças de desgaste (CHAVES, 1996 apud ÂNGULO 2005). Os equipamentos mais utilizados para realizar esta operação são os seguintes: britador de impactos e britador de mandíbulas.

O Britador de impactos fragmenta o resíduo em uma câmara de impacto por meio do choque tanto com martelos maciços fixos a um rotor quanto com placas de

impacto fixas (LIMA, 1999). Podendo ser utilizado tanto na britagem primária quanto na secundária (ÂNGULO, 2005), o britador de impactos, em muitos casos, é o único britador da usina de reciclagem. Este equipamento proporciona uma alta redução das dimensões do material processado, gerando um material bem graduado, com grãos de tamanho e formas semelhantes, e boa quantidade de finos, dispensando em muitos casos a britagem secundária ou moagem, visto que esta gera uma grande quantidade de finos (LIMA, 1999).

É o equipamento mais adequado para a produção de agregado reciclado para utilizar em obras de pavimentação (HANSEN, 1992 apud LEITE, 2001). Porém apresenta a desvantagem de possuir um elevado custo de manutenção devido a trocas periódicas de martelos e placas de impactos (LIMA, 1999).

Figura 02: Britador de impactos



Fonte: Máquinas Furlan, 2011

O Britador de mandíbulas fragmenta o material por meio da força de compressão (esmagamento) aplicada entre uma superfície fixa, e outra móvel (mandíbulas). É muito utilizado na britagem primária (TENÓRIO, 2007). Os britadores de mandíbulas são os melhores produtores de agregados reciclados para concretos, no que tange à distribuição granulométrica (HANSEN, 1992 apud LIMA, 1999), contudo, para se alcançar a granulometria ideal, há necessidade de se realizar uma segunda britagem (ou várias), o que pode tornar o processo desvantajoso economicamente (LIMA, 1999).



Figura 03: Britador de mandíbulas



Fonte: Máquinas Furlan, 2011

## B) Peneiramento

Essa operação separa as partículas pelo seu tamanho empregando peneiras ou classificadores pneumáticos ou hidráulicos. O peneiramento pode ser feito a seco ou a úmido. O primeiro é o mais utilizado nas usinas recicladoras, mas resulta sempre numa fração fina aderida à fração graúda. Já no peneiramento a úmido, a água pode auxiliar na separação destas frações. A peneira mais utilizada nas usinas de reciclagem de RCC brasileiras é a peneira vibratória (ÂNGULO, 2005).

Figura 04: Peneira vibratória



Fonte: Máquinas Furlan, 2011

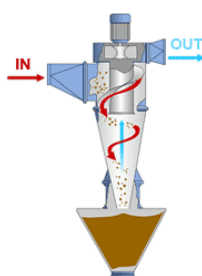
## C) Classificação

É mais utilizada como uma etapa de remoção de impurezas do agregado graúdo reciclado do que uma etapa de separação de tamanhos. Esta operação também remove parte da fração fina dos agregados, incluindo a parcela aderida aos grãos graúdos (TENÓRIO, 2007). Esta operação pode ser realizada tanto após a fragmentação como após o peneiramento que sucede à fragmentação.

Como no peneiramento, a classificação pode ser realizada, a seco ou a úmido através de classificador de ar e ciclone de ar (a seco) e classificador espiral (a úmido) (TENÓRIO, 2007).

- Classificador de ar – faz uso de uma corrente de ar horizontal ou vertical ascendente para separar o material mais leve (madeira, papel, espuma, papelão e outros) do mais pesado (agregados) (TENÓRIO, 2007).
- Ciclone de ar – Também é utilizado nas usinas de reciclagem para remover materiais mais leves da fração mineral reciclável (TENÓRIO, 2007).

Figura 05: Ciclone de ar



Fonte: [www.dustcollectoexperts.com,2011](http://www.dustcollectoexperts.com,2011)

- Classificador espiral – é utilizado para remover as frações mais finas presentes no agregado de RCC reciclado ( $D < 0,15$  mm) fazendo uso de água (HANISH, 1998 apud ÂNGULO, 2005). O material mais fino transborda pela parte inferior da calha enquanto que o material mais grosso é transportado pelas hélices e depositado na parte superior (TENÓRIO, 2007).

Figura 06: Classificador Espiral



Fonte: [www.nawaengineers.com, 2011](http://www.nawaengineers.com, 2011)

#### D) Concentração

É um conjunto de operações empregadas quando existem várias espécies minerais existentes (como no RCC) com o intuito de remover outros minerais (subprodutos) ou contaminantes, aumentando o teor de mineral útil (ÂNGULO, 2005).

A realização desta operação é baseada nas propriedades físicas de alguns minerais, tais como: densidade, cor, forma, propriedades elétricas e magnéticas, entre outras (CHAVES, 1996).

Podem ser empregadas como operação de concentração as seguintes atividades: classificação, catação, separação magnética, concentração gravítica, separação em meio denso, e outras (ÂNGULO, 2005; TENÓRIO, 2007)

- Classificação

Algumas usinas de reciclagem de RCC no Brasil separam visualmente o resíduo, em dois tipos: cinza e vermelho. O RCC é cinza quando há predominância de componentes de construção de natureza cimentícia, e vermelho quando predomina elementos de construção de natureza cerâmica (neste caso, cerâmica vermelha) (ÂNGULO, 2005).

- Catação

A catação tem a função de separar manualmente o RCC nas suas diferentes fases, escolhidas através das diferenças de cor, forma ou textura das partículas (CHAVES, 1996; HENDRIKS, 2000 apud ÂNGULO, 2005). Esta operação pode ser realizada, antes e/ou depois da fragmentação do resíduo, e tem como objetivo, retirar a fração não mineral grosseira remanescente no RCC mineral.

#### E) Separação Magnética

É realizada com o intuito de remover os contaminantes de natureza metálica, por meio de um separador magnético, podendo ser realizada antes ou após a fragmentação. Os separadores magnéticos ficam normalmente localizados acima do transportador de correia, após a passagem do RCC pelo britador (MIRANDA, 2005). Eles são

importantes quando RCC não passa por uma triagem prévia, e principalmente quando são utilizados moinhos de martelos (MIRANDA, 2005). Os tipos mais comuns são os separadores magnéticos suspensos, de magnetismo permanente (sem o uso de energia elétrica), de limpeza automática ou manual a depender do grau de contaminação do resíduo (MIRANDA, 2005).

#### F) Separação em meio denso

É um processo utilizado na separação de minerais em função das suas massas específicas por meio da utilização de líquidos orgânicos, soluções de sais inorgânicos, ou suspensão estável de densidade pré-determinada (CARRIJO, 2005). A densidade do meio deve ser intermediária entre os diferentes tipos de minerais que se deseja separar, de maneira que os materiais com densidade inferior flutuem e aqueles com densidade superior afundem (LUZ, 1998 apud CARRIJO, 2005).

Em laboratório, as soluções orgânicas normalmente empregadas são: tetracloreto de carbono-benzeno, bromofórmio- álcool etílico, tetrabrometano-benzeno, enquanto que as inorgânicas são: cloreto de zinco-água e sais de tungstênio-água (LST) (ÂNGULO, 2005).

Este tipo de separação pode ser também realizado com o auxílio de equipamentos denominados de jig e o sink and float.

A RILEM recomenda a utilização da separação por líquido denso com a finalidade de controlar e separar o teor de partículas mais porosas presentes nos agregados graúdos de RCC reciclados (ÂNGULO et al., 2004). Já a NBR 15116/2004, recomenda este método para a determinação de fragmentos não minerais presentes nos agregados miúdos de RCC reciclados (ABNT, 2004)

Esta técnica é mais rápida que a catação e pode ser empregada tanto em agregados graúdos quanto que em miúdos (ÂNGULO et al., 2004). Todavia, alguns líquidos densos podem tornar inviável a separação para grandes quantidades de agregados.

O cloreto de zinco ( $ZnCl$ ) não pode ser utilizado em densidades superiores a  $2,2 \text{ g/cm}^3$  e o cloreto influencia no tempo de pega do cimento. O Bromofórmio ( $CHBr_3$ ) possui vapor tóxico, o que torna necessário o uso de uma capela ou de um ambiente bem ventilado para o seu manuseio. Além disso, o custo do método é elevado para grandes quantidades de material (CARRIJO, 2005).

## 2.3. AGREGADOS RECICLADOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo a NBR 15116/2004, denomina-se agregado reciclado o material granular obtido por meio do beneficiamento de resíduos da construção civil, que apresenta características técnicas para a aplicação em obras de edificação e infraestrutura (ABNT, 2004). Os agregados reciclados apresentam grande variação em suas propriedades, a depender da composição do resíduo processado, dos equipamentos usados, do teor de impurezas, da granulometria e outras (LIMA, 1999).

As principais diferenças entre os agregados reciclados e os naturais são: maior absorção de água dos grãos, heterogeneidade na composição, menor resistência mecânica dos grãos (Lima, 1999).

Segundo Mehta e Monteiro (1994), é fundamental conhecer determinadas características dos agregados para a dosagem dos concretos, tais como: massa específica e unitária, absorção de água, granulometria, forma e textura, resistência à compressão, módulo de elasticidade e as substâncias deletérias presentes nos matérias.

### 2.3.1 Variabilidade da Composição

O Resíduo da Construção Civil é composto por materiais de diversas naturezas usados na construção civil, em proporções variadas, conforme exposto no item 2.1.3, o que influencia na composição e nas propriedades dos agregados reciclados. A variabilidade do AR é diferente da do RCC, visto que a composição do resíduo se altera depois do beneficiamento; a heterogeneidade do RCC ocorre principalmente em função da sua origem e do período de coleta, enquanto que a do AR depende dos equipamentos utilizados no beneficiamento do resíduo e na resistência que cada material constituinte do RCC possui (ÂNGULO, 2000).

Ângulo (2000) estudou a variabilidade da composição e das propriedades dos agregados graúdos de RCC reciclados obtidos em laboratório e de uma Usina de Reciclagem do município de Santo André (SP). Foram avaliadas as variabilidades da composição e das propriedades do agregado reciclado, tais como granulometria, materiais pulverulentos, índice de forma, massa específica e absorção de água. Os resultados da análise da composição demonstraram uma variação de 39% na quantidade de concreto, de 51% de Argamassas, e de 13% nos materiais cerâmicos; a distribuição granulométrica apresentou variações entre 4,5% a 41% para os percentuais acumulados

das peneiras, entre as amostras coletadas em diferentes dias; o teor de materiais pulverulentos variou de 0 a 7%; a absorção de água apresentou variações de 7% para as frações de concretos e argamassas, 24% para rochas e de 20% para o material cerâmico, enquanto a massa específica variou 0,3%; 0,2%; e 1% nas frações concretos e argamassas, rochas e cerâmicas, respectivamente; por fim o índice de forma variou de 1,87% a 2,16%.

Miranda (2005) estudou a variabilidade da areia reciclada produzida na Usina de reciclagem de Socorro (SP). Para isso foi avaliada a absorção de água, o teor de finos, a massa específica e o módulo de finura destas areias. Os resultados apontaram uma significativa variação para o teor de finos (5,8% - 11,5%) e taxa de absorção de água (5,8% - 22,8%).

Para reduzir a variabilidade, para o uso do agregado reciclado no concreto, pode-se realizar uma mistura de agregados reciclados com naturais. Limitando-se o percentual de substituição, a variabilidade das propriedades dos agregados pode ser reduzida atendendo aos limites impostos pela NBR 15.116/2004. Esta técnica, pode ser realizada industrialmente, por meio de um dosador de agregados ligados a uma correia transportadora com controlador de vazão (ÂNGULO et al., 2009).

Miranda (2005) usou classificadores espirais para remover a fração orgânica leve e os finos < 0,075 mm, junto com um processo de homogeneização, para controlar a variabilidade da areia reciclada, proveniente da Usina de Reciclagem Irmãos Preto da cidade de Socorro (SP). As técnicas de lavagem e de homogeneização reduziram a amplitude de variação do teor de finos de 17% para 1,8%; e da absorção de água de 6,5% para 2%. Segundo Ângulo et al. (2009), o custo de implantação de um processo de lavagem e homogeneização é menos que 5% do custo total de uma usina de reciclagem, porém, é necessário que a água utilizada na lavagem seja reutilizada.

Portanto, a variabilidade do RCC, das propriedades do agregado reciclado e dos materiais produzidos, é uma das principais dificuldades técnicas encontradas para a utilização deste material. No entanto, algumas estratégias podem ser empregadas para reduzir este problema, como a mistura de agregados reciclados e naturais com o uso de dosador, e a lavagem da areia reciclada com a utilização de classificadores espirais.

### 2.3.2 Granulometria

Fazer a análise granulométrica nos agregados é importante, pois se podem obter dados para uma dosagem adequada do concreto, entre os quais o módulo de finura (MEHTA e MONTEIRO, 1994). A distribuição granulométrica influencia na trabalhabilidade, na resistência mecânica, no consumo de aglomerantes, no custo, na absorção de água, na permeabilidade e em outras características dos concretos e argamassas. A Composição granulométrica do agregado reciclado varia de acordo com o tipo de resíduo processado, os equipamentos utilizados, a granulometria do resíduo antes do processamento, e outros. Para se obter curvas similares às da areia e brita natural pode-se realizar o peneiramento do material, para a utilização em concretos e argamassas, mas, este procedimento pode encarecer o processo de reciclagem, levar a dificuldades técnicas e a desperdício do material (LIMA, 1999).

As curva granulométricas dos agregados miúdos reciclados das três amostras de RCC misto utilizados por Lovato (2007), ficaram dentro da zona utilizável estabelecida pela NBR 7211/2005, exceto o AMR da coleta 02 que não se enquadrou nestes limites. A quantidade de material passante na peneira #0,15 mm foi de 4,8 a 15 vezes maior do que o respectivo agregado natural. Os módulos de finura dos AMR encontrados nas três coletas realizadas foram: 2,75; 3,24 e 2,82 e o módulo de finura do AMN foi 2,89. As curvas granulométricas de todas as amostras de agregados graúdos não se enquadraram nos limites estabelecidos pela norma, enquanto que os módulos de finura de duas amostras foram superiores ao dos agregados naturais.

Santiago (2008), estudando o RCC misto provenientes de uma obra de reforma no município de Feira de Santana (BA) e utilizando apenas o agregado graúdo reciclado, encontrou valores superiores para os módulos de finura do AGR (5,58) em comparação ao AGN (5,35).

As curvas granulométricas dos agregados miúdos reciclados utilizados por Leite (2009), em sua pesquisa, encaixaram – se dentro dos limites estabelecidos por norma (NBR 7211) da zona granulométrica utilizável, enquanto que os agregados graúdos, não se enquadraram nas faixas granulométricas estabelecidas pela mesma norma. O AMR apresentou também, granulometria continua e módulo de finura igual a 2,56, superior ao do AMN = 2,09. O AGR, por sua vez, apresentou módulo de finura = 6,08 maior que o do AGN. No que diz respeito ao teor de material pulverulento, o AMR apresentou um percentual 6 vezes superior ao respectivo agregado natural.

Os módulos de finura dos agregados reciclados de resíduos de argamassa obtidos por Figueiredo Filho (2011) em sua pesquisa foram inferiores aos dos agregados naturais, tanto para o agregado miúdo cujos valores foram iguais a 2,32 (AMN) e 2,17 (AMR), quanto para o agregado graúdo com valores iguais a 7,16 e 6,67 para o AGN e AGR, respectivamente.

Os agregados miúdos reciclados de resíduos de cerâmica vermelha e de concreto da pesquisa realizada por Cabral (2007) apresentaram curvas granulométricas fora dos limites estabelecidos pela NBR 7211/05 da ABNT, apresentando uma maior quantidade de grandes grãos. Para evitar que estes dados influenciassem nas outras características dos agregados reciclados e nas propriedades dos concretos, Cabral (2007), corrigiu a granulometria do agregado reciclado para se enquadrar dentro dos limites impostos pela referida norma.

Werle (2010) estudou agregados graúdos reciclados de resíduos de concretos produzidos em laboratório com três diferentes valores de resistência à compressão: 18 MPa, 37 MPa e 50 MPa. As curvas granulométricas situaram-se na zona entre 12,5 mm e 25 mm enquanto que os módulos de finura foram iguais a 4,36; 4,14 e 4,26 respectivamente.

Portanto, a composição granulométrica dos agregados reciclados é, na maioria dos casos, contínua e compatível com a distribuição granulométrica dos agregados naturais. Porém, esta propriedade, pode apresentar uma grande quantidade de finos e materiais pulverulentos e, além disso, os agregados miúdos reciclados apresentam módulos de finura maiores que os agregados naturais, isto pode tornar as misturas com agregados mais ásperas, implicando em aumento do consumo de cimento.

### 2.3.3 Teor de finos e de material pulverulento

Chama-se finos ou material pulverulento à partícula de granulometria inferior a 0,15 mm encontrados na composição granulométrica dos agregados. Estas pequenas partículas possuem elevada superfície específica e desta forma tendem a aumentar a necessidade de água das misturas de concreto, aumentando a relação água/cimento, e conseqüentemente, afetando a trabalhabilidade e diminuindo a resistência à compressão do concreto (PETRUCCI, 1998; MEHTA, 1994). Todavia, os finos podem se comportar como filler, contribuindo favoravelmente para o desempenho do concreto. Além disso, em pequenos teores, tem um efeito lubrificador a mistura aumentando sua



trabalhabilidade sem a necessidade do aumento da quantidade de água (LOPES, 2005; FIGUEIRÊDO FILHO, 2011)

Algumas pesquisas estão sendo realizadas com o objetivo de verificar os efeitos do uso de finos no desempenho de concretos e argamassas, entre as quais se pode destacar a de Lopes (2005) que avaliou algumas propriedades do concreto no estado fresco (massa específica, consistência, retração, exsudação) e no estado endurecido (módulo de deformação, resistência à compressão e a tração) com teores de finos de 0%, 3,45% e 5,85% presentes no agregado graúdo reciclado provenientes de uma usina de reciclagem do município de Campinas (SP). Concluiu-se que a presença de finos no agregado graúdo reciclado interferiu favoravelmente e desfavoravelmente no desempenho dos concretos produzidos com estes agregados.

Pedrozo et al (2008) que avaliou os efeitos da utilização de agregados miúdos reciclados de RCD em substituição ao agregado miúdo natural na produção de concretos e argamassas. Para atingir este objetivo foram produzidos concretos e argamassas com teores de substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos reciclados de 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, e avaliadas as propriedades dos concretos e argamassas no estado fresco e endurecido. Verificou-se um efeito negativo na trabalhabilidade dos concretos com o aumento do teor de substituição do agregado miúdo natural pelo reciclado.

Carneiro et al. (2009) estudaram a influência do uso de resíduos de cerâmica vermelha e finos de RCC em substituição ao cimento na produção de argamassas. Para isso, foram elaboradas cinco misturas, a primeira sem resíduo, e as outras quatro, com percentuais de substituição de 10% e 20% tanto pelos finos de RCC, quanto por resíduos de cerâmica vermelha. Foram avaliadas as seguintes propriedades: índice de consistência, resistência à compressão e absorção de água. Os resultados indicaram que a substituição de até 10% da massa de cimento portland por resíduo cerâmico na produção de argamassas proporcionou acréscimo na resistência à compressão e não trouxe prejuízos consideráveis à consistência e às propriedades físicas das argamassas. Já o uso dos finos de RCC, reduziu significativamente à resistência à compressão, elevou a absorção de água e o índice de vazios das argamassas estudadas.

Devido aos problemas causados pelos finos, a NBR 7211/2005 estabelece os limites de 3% de materiais pulverulentos nos concretos submetidos a desgaste superficial, e de 5% naqueles protegidos deste desgaste, para o agregado miúdo, enquanto que para o agregado graúdo, a norma é um pouco mais rigorosa,

recomendando um limite de 1% deste material em relação à massa do agregado (ABNT, 2005).

#### 2.3.4 Massa específica

A Determinação da massa específica é importante na dosagem dos concretos para o cálculo do volume ocupado pelos agregados (MEHTA e MONTEIRO,1994). A massa específica dos agregados reciclados é, geralmente, menor que a dos agregados naturais, devido em grande parte à alta porosidade do RCC (LIMA, 1999; CABRAL, 2007).

Lovato (2007) pesquisou o RCC de três cidades diferentes, obtendo, respectivamente, os seguintes valores para a massa específica dos agregados miúdos e grãos naturais: 2,62 kg/dm<sup>3</sup> e 2,85 kg/dm<sup>3</sup> enquanto que para os agregados miúdos reciclados os resultados foram 2,40 kg/dm<sup>3</sup>; 2,40 kg/dm<sup>3</sup> e 2,44 kg/dm<sup>3</sup> para as cidades de São Leopoldo, Porto Alegre e Novo Hamburgo, respectivamente. Já os agregados grãos apresentaram os valores de 2,40 kg/dm<sup>3</sup>; 2,45 kg/dm<sup>3</sup> e 2,58 kg/dm<sup>3</sup>, para as mesmas cidades.

Os valores encontrados por Leite (2009), em sua pesquisa, para as massas específicas dos agregados de Feira de Santana foram de 2,59 kg/dm<sup>3</sup> (AMN); 2,51 kg/dm<sup>3</sup> (AMR); 2,73 kg/dm<sup>3</sup> (AGN) 2,55 kg/dm<sup>3</sup> (AGR). Estes resultados foram cerca de 3% e 7% menor que o dos agregados naturais miúdos e grãos respectivamente.

Reis (2009) utilizou na sua pesquisa somente a fração miúda do agregado reciclado, encontrando os valores de 2,18 kg/dm<sup>3</sup>; 2,28 kg/dm<sup>3</sup> e 2,42 kg/dm<sup>3</sup> para a massa específica aparente, saturada superfície seca e seca, respectivamente. Os valores encontrados para as mesmas massas específicas dos agregados miúdos naturais foram respectivamente iguais a 2,61 kg/dm<sup>3</sup>; 2,62 kg/dm<sup>3</sup> e 2,62 kg/dm<sup>3</sup>.

Cabral (2007) determinou a massa específica do agregado reciclado de cada fração (concreto, argamassa, cerâmica vermelha) separadamente, obtendo os seguintes resultados para o agregado grão e miúdo respectivamente: 2,56 kg/dm<sup>3</sup> e 2,27 kg/dm<sup>3</sup> para o agregado reciclado de concreto; 2,60 kg/dm<sup>3</sup> e 2,01 kg/dm<sup>3</sup> para o reciclado de argamassa e 2,35 kg/dm<sup>3</sup> e 1,86 kg/dm<sup>3</sup> para cerâmica vermelha, enquanto que para os agregados naturais foram encontrados os valores de 2,65 kg/dm<sup>3</sup> para o AMN e de 2,87 para o AGN.

Etxeberria et al. (2007) utilizaram agregados graúdos de resíduos de concreto provenientes de uma área de reciclagem, encontrando o valor de  $2,43 \text{ kg/dm}^3$  para a massa específica Destes agregados e de  $2,67 \text{ kg/dm}^3$  para o agregado natural.

Corinaldesi (2010) pesquisou dois tipos de agregados graúdos reciclados oriundos de uma usina de reciclagem que processa resíduos de concretos estruturais, encontrando valores de massa específica iguais a  $2,40 \text{ kg/dm}^3$  e  $2,42 \text{ kg/dm}^3$  para uma brita mais fina (6-12 mm) e para a brita (11-22 mm), respectivamente, e de  $2,56 \text{ kg/dm}^3$  e  $2,57 \text{ kg/dm}^3$ , para os respectivos valores de agregados naturais.

Evangelista e Brito (2007) estudaram o agregado miúdo do resíduo de concreto obtido em laboratório, sendo que o valor da massa específica foi de  $2,16 \text{ kg/dm}^3$  e a massa específica do agregado miúdo natural foi igual a  $2,56 \text{ kg/dm}^3$ .

Zega e Di Maio (2011), estudando também agregado miúdo de RC, porém provenientes da britagem de concretos de diferentes qualidades, encontraram valores de massas específicas iguais a  $2,56 \text{ kg/dm}^3$  para o AMR e  $2,63$  para o AMN.

Werle (2010) usou na sua pesquisa, agregados graúdos provenientes de resíduos de concretos, de três resistências à compressão distintas (18, 37 e 50 MPa) e encontrou massas específicas iguais a  $2,50 \text{ g/cm}^3$ ;  $2,47 \text{ g/cm}^3$  e  $2,49 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente, enquanto que o valor para esta propriedade para o agregado graúdo natural foi de  $2,75 \text{ g/cm}^3$ .

Carrijo (2005) determinou as massas específicas dos agregados graúdos de sua pesquisa, separados em diferentes faixas de densidade, encontrando os seguintes resultados:  $1,78 \text{ g/cm}^3$  ( $d < 1,9 \text{ g/cm}^3$ );  $2,11 \text{ g/cm}^3$  ( $1,9 \text{ g/cm}^3 < d < 2,2 \text{ g/cm}^3$ );  $2,53 \text{ g/cm}^3$  ( $2,2 \text{ g/cm}^3 < d < 2,5 \text{ g/cm}^3$ ) e  $2,62 \text{ g/cm}^3$  ( $d > 2,5 \text{ g/cm}^3$ ) e  $2,68 \text{ g/cm}^3$  para o agregado natural. PIETRA (2005) utilizou o mesmo tipo de separação e os resultados obtidos foram:  $2,07 \text{ g/cm}^3$  (1,9-2,2);  $2,50 \text{ g/cm}^3$  (2,2-2,5) e  $2,63 \text{ g/cm}^3$  (natural).

De acordo com as pesquisas descritas nos parágrafos anteriores, pode-se concluir que o valor das massas específica, dos agregados reciclados são variáveis e, menores que as massas específicas dos agregados naturais. Os valores das massas específicas dos agregados de resíduos de concretos parecem ser mais próximos aos respectivos valores dos agregados naturais. Na tentativa de se obter resultados mais homogêneos para esta propriedade, algumas pesquisas estão estudando as propriedades do agregado reciclado separados por fase (concreto, argamassa, cerâmica) (CABRAL, 2007) ou utilizando líquidos densos na separação (CARRIJO, 2005). Para a dosagem dos concretos com agregados reciclados, alguns pesquisadores (LEITE, 2009; LOVATO, 2007) efetuaram

a compensação do volume do material reciclado, utilizando-se a equação 01 no cálculo da massa destes agregados.

$$M_{ar} = M_{an} \times \gamma_{ar} / \gamma_{an} \quad (\text{Equação 01})$$

Onde:

$M_{ar}$  = massa do agregado reciclado;

$M_{an}$  = massa do agregado natural;

$\gamma_{ar}$  = massa específica do agregado reciclado;

$\gamma_{an}$  = massa específica do agregado natural.

### 2.3.5 Absorção de Água

A taxa de absorção de água nos agregados naturais não exerce influência nas misturas dos concretos visto que os mesmos apresentam baixa porosidade (LEITE, 2001). Os agregados miúdos convencionais normalmente utilizados apresentam valores de taxa de absorção entre 1 e 2,5%, sendo que o efeito desta absorção não é considerado, visto que o processo ocorre de forma lenta (LOVATO, 2007).

Entretanto, os agregados reciclados apresentam elevadas taxas de absorção de água, que implicam em aumento da demanda de água nas misturas de concreto e redução da trabalhabilidade dos concretos produzidos (LEITE, 2009). Logo, é fundamental conhecer os valores desta propriedade.

Conforme a tabela 04, as taxas de absorção de água dos agregados reciclados são variáveis e bastante elevadas em comparação a dos agregados naturais. Os valores de absorção de água dos resíduos de concreto parecem ser menores e mais homogêneos em relação à absorção do RCC misto.

Tabela 04: Absorção de água dos agregados naturais e reciclados de algumas pesquisas realizadas no Brasil e no exterior.

ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)					
AUTOR (ANO)	AMR	AMN	AGR	AGN	RESÍDUO
LOVATO (2007)	6,0 a 11,7		4,3 a 10,0		RCC
SANTIAGO (2008)			12,1	0,5	RCC
LEITE (2009)	21	0,2	10,3	0,1	RCC
REIS (2009)	18,8				RCC
CABRAL (2007)	7,55	0,42	5,65	1,22	RC
	4,13		9,52		RA
	10,69		15,62		RCV
FIGUEIRÊDO FILHO (2011)	5,5	0,8	5,6	0,4	ARG
ETXEBERRIA (2007)			4,44	0,88	RC
EVANGELISTA e BRITO (2007)	13,1	0,8			RC
CORINALDESI (2010)			6,8	3,0	RC
ZEGA e DI MAIO (2011)	8,5	0,9			RC

Alguns pesquisadores observaram o percentual de absorção de água por faixa de densidade. Os resultados encontrados por Carrijo (2005) para os agregados graúdos separados em quatro faixas de densidades foram os seguintes: 15,32% ( $d < 1,9 \text{ g/cm}^3$ ); 9,01% ( $1,9 \text{ g/cm}^3 < d < 2,2 \text{ g/cm}^3$ ); 2,84% ( $2,2 \text{ g/cm}^3 < d < 2,5 \text{ g/cm}^3$ ) e 1,51% ( $d > 2,5 \text{ g/cm}^3$ ). Já Pietra (2005), realizou ensaios de absorção de água de agregados graúdos reciclados separados em duas faixas de massas específicas, encontrado os seguintes resultados: 6,75% ( $1,9 - 2,2 \text{ g/cm}^3$ ) e 2,16% ( $2,2 - 2,5 \text{ g/cm}^3$ ).

Devido à alta taxa de absorção de água dos agregados reciclados, vários pesquisadores, compensaram a taxa de absorção de água na produção dos concretos utilizados em suas pesquisas, entretanto, esta compensação deve ser parcial, isto é, de 50% a 80% do valor da taxa de absorção total do agregado reciclado e por um intervalo de tempo de aproximadamente 10 minutos (LEITE, 2001; VIERA, 2003; ÂNGULO, 2005; PIETRA, 2005; CABRAL, 2007; TENÓRIO, 2007; LEITE, 2009). Além disso, a NBR 15116/2004 recomenda a pré-molhagem do agregado miúdo e graúdo reciclado para a preparação de concreto sem função estrutural em valores em torno de 80% do teor de absorção de água do agregado reciclado em uso (ABNT, 2004).

## 2.4 MARCO LEGAL

Nos últimos anos tem-se procurado solucionar os problemas ocasionados pelos resíduos da construção civil. Sendo assim, o poder público tem elaborado resoluções, decretos, leis e normas que visam à melhora do gerenciamento deste resíduo:

### 2.4.1 Decreto nº. 12.133 de 08 de Outubro de 1998

Este Decreto do Município de Salvador dispõe sobre o manejo, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destino final dos resíduos sólidos resultantes das obras de construção civil e dos empreendimentos com movimento de terra.

Ele estabelece a obrigação para o proprietário (pessoa física ou jurídica) ou ao responsável legal ou técnico por uma obra de construção civil ou movimento de terra, a obrigação de providenciar às suas expensas, o transporte de entulho até os locais autorizados para a sua recepção, bem como a aquisição dos recipientes adequados para acondicionamento no local da obra.

Determina a obrigatoriedade de cadastro, para as pessoas físicas ou jurídicas que realizar o transporte de entulho junto ao órgão de limpeza urbana do Município, e, além disso, deverão cumprir normas de segurança e levar o material para os locais autorizados.

O decreto prevê locais para a recepção de resíduos dos pequenos geradores, os Postos de descarga de Entulho (PDE) e para os grandes geradores, as Bases de Descarga de Entulho (BDE).

### 2.4.2 Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002 do CONAMA

Entrou em vigor, em janeiro de 2003, a Resolução nº. 307/02, de 05 de Julho de 2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Esta resolução define gerenciamento de resíduos como o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das

etapas previstas em programas e planos. Portanto, deve-se em primeiro lugar, tentar reduzir a geração de resíduos, para depois reutilizar ou reciclar.

#### 2.4.3 Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010

Esta lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Os resíduos sólidos são classificados quanto à origem e quanto à periculosidade. O RCC está incluído no primeiro grupo, separado dos resíduos sólidos urbanos.

#### 2.4.4 Normas técnicas

As normas técnicas, integradas às políticas públicas, representam importante instrumento para a viabilização do exercício da responsabilidade para os agentes públicos e os geradores de resíduos. Para viabilizar o manejo correto dos resíduos em áreas específicas, foram preparadas as seguintes normas técnicas:

NBR 15112/2004: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Tais áreas possibilitam o recebimento dos resíduos para posterior triagem e valorização. Tem importante papel na logística da destinação dos resíduos e poderão, se licenciadas para esta finalidade, processar resíduos para valorização e aproveitamento.

NBR 15113/2004: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projetos, implantação e operação. Solução adequada para disposição dos resíduos classe A, de acordo com a Resolução nº. 307 (CONAMA, 2002), considerando critérios de armazenamento dos materiais para uso futuro ou disposição adequada ao aproveitamento posterior da área.

NBR 15114/2004: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto implantação e operação. Diante da possibilidade da triagem e valorização dos resíduos, a especificação técnica faz-se necessária para garantir a

viabilidade do uso de agregados reciclados pela atividade da construção. As normas técnicas que estabelecem as condições para o uso destes agregados são as seguintes:

NBR 15115/2004: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Essa norma estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, base e sub-base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil denominado “agregado reciclado”, em obras de pavimentação.

NBR 15116/2004: Essa norma estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil em obras de pavimentação viária no preparo de concreto sem função estrutural (material destinado a usos como enchimentos, contra pisos, calçadas, e fabricação de artefatos não estruturais, como blocos de vedação, meio-fio (guias), sarjeta, canaletas, mourões e placas de muro). Estas utilizações em geral, implicam o uso de concretos de classes de resistência C10 e C15 da ABNT NBR 8953 (ABNT, 2004).

A NBR 15116/2004 classifica os agregados reciclados em função dos resíduos que o originou:

- Agregado Reciclado de Concreto (ARC) é aquele proveniente do beneficiamento de fragmentos com o percentual de concretos e rochas de no mínimo 90%;
- Agregado de Resíduo Misto (ARM) é o agregado obtido por meio do beneficiamento de fragmentos com teor de concretos e rochas menor que 90%.

Na Espanha, segundo Alaejos et al (2004), na revisão das regulamentações normativas para a utilização de agregados reciclados em concretos com fins estruturais, deverão ser incluídas algumas limitações para a utilização de agregados reciclados em concretos estruturais, entre as quais destaca – se:

- A. A utilização de agregados reciclados será permitida apenas para os concretos massa e armado, sendo vedado o emprego destes agregados para o concreto protendido;
- B. Apenas será permitida a utilização de agregados reciclados provenientes de resíduos de concreto;
- C. Somente o agregado graúdo reciclado poderá ser utilizado para a produção de concretos estruturais, para níveis de substituição, em massa, de até 20%;



D. O concreto com agregado reciclado somente poderá ser produzido em usinas de concreto pré – misturado.

Aqui no Brasil, segundo Oliveira et al (2004), está em fase de elaboração uma norma para a aplicação de agregados reciclados de resíduos de concreto na produção de concretos estruturais. Os requisitos técnicos propostos para o agregado reciclado estão apresentados na tabela 05:

Tabela 05: Requisitos para obtenção de agregados reciclados para concretos estruturais

% Máxima de agregados reciclados	20 %
Resistência à compressão média limite aos 28 dias	40 MPa
Absorção máxima do agregado graúdo reciclado	7%
Absorção máxima do agregado miúdo reciclado	12%
Massa Específica Mínima	2300 kg/m <sup>3</sup>
Proporção máxima de materiais carbonáceos	1%
Proporção máxima de Cloretos	0,35%
Proporção máxima de sulfatos	1%
Proporção máxima de Betuminosos	1%
Proporção máxima Materiais não minerais	0,5 %
Solo e plantas	0%
O somatório dos contaminantes não deve ser maior que	2%

Fonte: (Oliveira et al., 2004)

Conforme exposto nesta seção, o poder público tem se esforçado para elaborar regras para disciplinar a gestão e a reciclagem do RCC. A resolução 307/2002 do CONAMA estabelece diretrizes e procedimentos para a gestão do RCC nos municípios, visando à minimização dos impactos ambientais e econômicos causados pela alta geração destes resíduos. A série de normas da ABNT é uma complementação da resolução do CONAMA, estabelecendo diretrizes para a triagem, destinação adequada (aterros de inertes e usinas de reciclagem) e aplicação do agregado reciclado em concretos sem fins estruturais e pavimentação. A publicação do texto base normativo para aplicações em concretos estruturais, pode incentivar os usuários de agregados naturais a utilizarem os agregados reciclados para este fim.

#### 2.4.5 Especificações internacionais para o uso do RCC em concretos estruturais

Como vimos na seção anterior, aqui no Brasil, ainda não existe norma que permita o uso do RCC em concretos estruturais. A tabela 06 apresenta diversas normas internacionais com os requisitos para esta aplicação, no qual foram adotadas as seguintes nomenclaturas:

Tabela 06: Normas internacionais para o uso do RCC no concreto estrutural

Norma	Natureza Agregado	Tipo de Agregado	Teor de Substituição	Aplicação	Resistência/Classe
DasStb Alemanha	ARC	Graúdo	20 a 35%	Concreto Estrutural	C30/37 (20%)
		Miúdo	0%		
	ARA	Miúdo/graúdo	n.d	Concreto ã estrutural	n.d
	ARM	Miúdo/graúdo			
WBTC N° 12/2002 Hong Kong	ARC	Só graúdo	20%	Concreto Estrutural	35 MPa
			100%	Concreto ã estrutural	20 MPa
B.C.S.J Japão	ARM	Graúdo	100%	Fundações e soluções pouco exigentes	18 MPa
		Miúdo	Até 100%		
RILEM	ARC	Graúdo	100%	Ambiente seco, úmido e marítimo.	C50/60
		Miúdo (Se atender as especificações para o AN <sup>a</sup> )	n.d		
	ARA	Idem	Idem	Ambiente seco e úmido s/ ação do gelo	C16/20
BS 8500-2: 2002 Reino Unido	ARC	Só graúdo	20%	Concreto Estrutural	C40/50
			100%	Concreto ã estrutural	n.d
	ARA		n.d	Concreto ã estrutural	n.d
DCA:1990 Dinamarca	ARC	Graúdo	100%	Ambientes ã agressivos	40 MPa
		Miúdo	20%		
	ARM	Idem	Idem		20 MPa

Tabela 06: Normas internacionais para o uso do RCC no concreto estrutural (continuação)

C.U.R Holanda	ARC	Graúdo	100%	Concreto simples, armado e protendido.	C40/50
		Miúdo	Apenas se utilizados com AGN <sup>a</sup>		
	ARA	Idem	Idem	Idem	C20/25
E 471: 2006 Portugal	ARC 01	Graúdo	25%	Concreto estrutural armado	C40/50
	ARC 02		20%		C35/45
	ARM		n.d	Concreto ã estrutural	n.d
Ot 70085- Suíça	ARC	Graúdo	100%	Concreto estrutural armado	C30/37
		Miúdo	20%		
	ARM	Graúdo	100%	Concreto simples	n.d
		Miúdo	100%		

Fonte: adaptado de Gonçalves (2007)

<sup>a</sup> agregado graúdo natural

- ARA: Agregado Reciclado de Alvenaria ;
- ARM: Agregado Reciclado Misto.
- ARC: Agregado Reciclado de Concreto;

Conforme se observa na Tabela 06, as normas internacionais, na maioria dos casos, limitam o uso do RCC em concretos estruturais ao agregado graúdo proveniente de resíduo de concreto, para teores de substituição que variam de 20% a 100% a depender da resistência à compressão. O uso de agregados oriundos de resíduos mistos e de alvenaria é permitido em concretos não estruturais e de baixa resistência, enquanto que a fração miúda é geralmente descartada.

## 2.5 POSSÍVEIS APLICAÇÕES PARA O RCC RECICLADO

Várias pesquisas já foram ou estão sendo realizadas para verificar a viabilidade técnica do aproveitamento do agregado de RCC reciclado para serem aplicados em concretos (LOVATO, 2007; CABRAL 2007; ETXEBERRIA et al., 2007; EVANGELISTA e BRITO, 2007; LEITE, 2009; ZEGA e DIMARIO, 2011), argamassas de assentamento e de revestimento (MIRNADA,2005; CORINALDESI e MORICONI, 2008; SALES e CABRAL, 2009), fabricação de pré-moldados (BUTLER,

2007; POON et al., 2009; TAVEIRA et al., 2009). Nesta seção, serão apresentados os resultados destas pesquisas:

### 2.5.1 Utilização do agregado reciclado em concretos

Dentre as aplicações para o agregado de RCC reciclado, a utilização em concretos é sem dúvida a mais pesquisada, muito provavelmente, com intuito de se ampliar o campo de utilizações para este material, na indústria da construção civil, além de se buscar o emprego de materiais reciclados em aplicações de maior valor agregado. Neste item, serão apresentadas algumas destas pesquisas, com o foco na influencia do teor de substituição dos agregados naturais por reciclados na resistência à compressão dos concretos.

Leite (2001) estudou concretos com 0, 11,5%, 50%, 88,5% e 100% de substituição tanto do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo reciclado (AMR), como do agregado graúdo natural pelo agregado graúdo reciclado (AGR). Quando se utilizou apenas o AMR em substituição ao natural houve aumento da resistência, enquanto que quando se utilizou apenas AGR em substituição aos agregados graúdos naturais houve redução na resistência. Quando utilizou concomitantemente AGR e AMR houve ganho de resistência, mas apenas para relações  $a/c$  acima de 0,50. O traço com 0% de AMR e 100% de AGR e relação  $a/c = 0,40$  apresentou a maior taxa de redução (25%), entre o concreto com agregado reciclado e o concreto de referência, enquanto que o traço com 100% de AMR e 100% de AGR e relação  $a/c = 0,80$  apresentou um aumento de aproximadamente 36% de  $f_c$ , em relação ao concreto com agregados convencional.

Lovato (2007) utilizou três níveis de substituição (0, 50%, e 100%) do agregado natural pelo reciclado para a confecção dos concretos de sua pesquisa. A autora concluiu que todos os traços com agregados reciclados apresentaram resistência à compressão menores que às do concreto de referência. A maior redução foi para o concreto com 100% de substituição de ambas as frações de agregados e relação  $a/c = 0,50$ , que sofreu uma diminuição de 42% na sua resistência. Em contrapartida, os traços com 0% de AMR e 50% de AGR e relação  $a/c = 0,70$ ; 50% de AMR e 0% de AGR e  $a/c = 0,50$ ; e, 50% de AMR e 0% de AGR e relação  $a/c = 0,60$ , apresentaram reduções de apenas 8%, 9% e 9%, respectivamente.

LEITE (2009) avaliou a influência do teor de substituição do agregado miúdo e gráudo reciclado de Resíduos da Construção Civil (RCC) sobre a resistência à compressão dos concretos. Para isso, ela utilizou misturas com 0, 50 e 100% de substituição do agregado miúdo e/ou gráudo natural pelo reciclado e duas relações a/c: 0,45 e 0,80. Os resultados demonstraram que a resistência à compressão dos concretos, em geral, diminui com o emprego de agregados miúdos e/ou gráudos reciclados de RCC em substituição parcial ou total aos agregados gráudos ou miúdos naturais. Além disso, observou-se que os resultados variaram com o tipo e teor de agregado e com o consumo de cimento. A única mistura que apresentou aumento na resistência à compressão foi a com 50% de AMR e relação a/c = 0,80, com um ganho de cerca de 6% de resistência, em relação ao concreto de referência. Já as misturas com 100% de AGR apresentaram a maior diminuição da resistência à compressão (aproximadamente 39%), em relação ao concreto de referência, para as duas relações a/c (0,45 e 0,80). As misturas com agregado miúdo reciclado, também fizeram diminuir a resistência à compressão em cerca de 16 e 35% para os percentuais de substituição de 50 e 100%, respectivamente.

Khatib (2005) realizou estudos em concretos com 0, 25%, 50%, 75% e 100% de substituição do agregado miúdo natural por agregados miúdos reciclados de resíduo de concreto (RC) e de cerâmica vermelha (RCV) e relação a/c = 0,5. Os resultados mostraram, de maneira geral, uma redução na resistência à compressão tanto dos concretos contendo RC quanto dos concretos contendo RCV. Os concretos contendo agregado reciclado de concreto apresentaram maiores reduções na resistência à compressão, nos quais, foram encontrados reduções de 30% e 15%, para teores de substituição de 100% e 25%, respectivamente. Já os concretos contendo agregado reciclado de cerâmica vermelha, apresentaram menores reduções. Com até 50% de substituição, as resistências foram similares à do concreto de referência enquanto que com 100% de substituição apresentou uma diminuição na resistência de apenas 10%.

Cabral (2007) estudou a confecção de concretos com teores de 0, 50% e 100% de substituição de agregados gráudos e miúdos naturais por reciclados de cerâmica vermelha, argamassa e concretos, separadamente e relações a/c iguais a 0,46; 0,60; 0,74 e 0,80. Os resultados desta pesquisa demonstraram que tanto o agregado miúdo reciclado de argamassa quanto o de concreto apresentaram baixa redução na resistência à compressão, sendo de 8% e 3%, respectivamente, para 50% de substituição, e de 15% e 7%, respectivamente, para 100% de substituição dos agregados naturais pelos respectivos reciclados. Este autor observou um aumento na resistência à compressão

quando se substituiu o agregado miúdo natural pelo miúdo reciclado de cerâmica vermelha, chegando a 7%, para 50% de substituição, e 14% para 100% de substituição.

Contudo, a substituição do agregado graúdo natural pelo reciclado de cerâmica vermelha apresentou o pior resultado. Acarretando, uma redução na resistência de 19% para o teor de 50% de substituição e de 38% para 100% de substituição. Ainda segundo Cabral (2007), o concreto com agregado graúdo reciclado que obteve o melhor desempenho quanto à resistência à compressão foi o concreto com agregado reciclado de concreto que obteve reduções na resistência de 14% e 28% para teores de substituição de 50% e 100%, respectivamente.

Levy (2001) pesquisou a durabilidade dos concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. Para a produção dos concretos ensaiados utilizou-se três diferentes teores de substituição de cada agregado (20%; 50%; 100%) em relação aos agregados naturais. Os resultados analisados confirmaram que o incremento de resíduos de concreto e alvenaria até o teor de 20%, não afeta o comportamento do concreto em relação ao de referência, demonstrando que poderão ser utilizados sem qualquer restrição quanto à resistência e à durabilidade.

Na pesquisa de Etxeberria, Mari e Vasquez (2007) foi investigada a possibilidade do uso do agregado reciclado de resíduo de concreto (RC) para aplicações em estruturas de concreto. Para este propósito, foram estudados o comportamento ao cisalhamento de 12 amostras de vigas com a mesma resistência à compressão utilizando quatro diferentes percentagens de agregados graúdos reciclados (0%, 25%, 50% e 100%) e testadas três diferentes armaduras transversais. Os resultados indicaram que uma substituição de menos que 25% de agregado graúdo reciclado, dificilmente afeta a capacidade de cisalhamento com RC, desde que todas as medidas relacionadas aos aspectos de dosagem e durabilidades, sejam adotadas.

Etxeberria et al. (2007), examinaram a dificuldade de obtenção da mesma resistência à compressão em concretos com elevado teor de substituição de agregados naturais por reciclados, em relação ao concreto convencional. Para isso, estes pesquisadores, utilizaram quatro diferentes dosagens, na produção de quatro misturas. A primeira mistura foi a do concreto de referência (CF), contendo apenas agregados naturais. A segunda, terceira e quarta misturas foram feitas com 25% (RC 25), 50% (RC 50), e 100% (RC 100) de substituição de agregados naturais por agregados graúdos reciclados de resíduos de concreto, respectivamente. A utilização de areia reciclada foi evitada, devido a sua alta taxa de absorção de água, o que produziria retração por

secagem no concreto endurecido. Após análise dos resultados, estes autores, tiraram as seguintes conclusões: Os concretos com 100% de substituição de agregados graúdos naturais por reciclados têm redução entre 20% e 25 % na resistência compressão em relação ao concreto convencional aos 28 dias, para uma mesma relação a/c efetiva ( $a/c = 0,50$ ) e quantidade de cimento ( $325 \text{ Kg/m}^3$ ). Os concretos confeccionados com 25% de agregados graúdos reciclados e resistência à compressão entre 30 MPa a 45 MPa, atingiram as mesmas propriedades mecânicas dos concretos convencionais, utilizando a mesma quantidade de cimento, e a mesma relação a/c efetiva. Os concretos RC 50 ou RC 100 necessitam ter uma relação a/c de 4% a 10% mais baixa, e consumo de cimento de 5% a 10% acima do concreto convencional, para alcançar a mesma resistência mecânica aos 28 dias, o que aumentaria os custos de produção destes concretos, tornando – as uma solução economicamente menos atrativa.

Nos estudos desenvolvidos por Evangelista e Brito (2007), foram realizadas substituições de 0%, 10%, 20%, 30%, 50% e 100% do agregado miúdo natural (AMN) pelo agregado miúdo reciclado de resíduo de concreto (AMRC), obtidos em laboratório, na produção de concreto estrutural. Para atingir os objetivos da pesquisa foram avaliadas as propriedades mecânicas do concreto, tais como: resistência à compressão, à tração, e abrasão, além do módulo de elasticidade. Os resultados demonstraram que é viável se produzir concretos com AMRC, considerando que a resistência à compressão não parece ser afetada para teores de substituição de até 30% e níveis de resistência considerados neste trabalho.

Zega e Dimario (2011) avaliaram o comportamento da durabilidade do concreto estrutural produzido com diferentes percentagens (0%, 20%, 100%) de agregados miúdos reciclados de resíduos de concreto. Para alcançar este objetivo foram avaliadas várias propriedades relacionadas com a durabilidade do concreto, tais como: absorção de água por imersão, penetração da água sob pressão, além da profundidade por carbonatação, expostas a atmosferas urbano-industriais. Complementarmente, também foi determinada a resistência à compressão, módulo de elasticidade e retração por secagem. Os resultados indicaram que os concretos produzidos com até 30% de agregado miúdo de resíduo de concreto, apresentam comportamento adequado no que concerne à resistência à compressão e a durabilidade, visto que os mesmos estão em conformidade com os padrões das normas técnicas argentinas.

A partir dos resultados das pesquisas apresentadas nesta seção pode-se concluir que a resistência à compressão dos concretos com agregados reciclados diminuem com

o incremento do teor de substituição dos agregados reciclados pelo agregado natural, em relação aos concretos convencionais, porém, estes resultados também indicam que a substituição até o limite de 20% de agregados miúdos e graúdos reciclados de resíduos de concreto, não afetam significativamente a resistência à compressão dos concretos reciclados, podendo ser utilizados para fins estruturais, desde que sejam respeitados os requisitos de qualidade do agregado reciclado, estabelecidos pelas normas europeias.

### 2.5.2 Utilização do RCC em argamassas

Miranda (2005) desenvolveu uma metodologia de produção de argamassas para revestimentos de paredes e tetos com areia reciclada em usinas de reciclagem. Para isso, foi criado um programa experimental com cinco fases que avaliaram a variabilidade da areia reciclada e das argamassas produzidas na usina de reciclagem de RCC do município de Socorro (SP) e testada algumas variáveis. As proporções de mistura das argamassas foram definidas a partir da dissertação de mestrado desse autor e de parâmetros de dosagem propostos pela sua orientadora. A tese é finalizada com uma proposta completa de produção de argamassas em usinas de reciclagem, incluindo o processo de reciclagem, o procedimento de formação de lotes para o controle de qualidade da areia reciclada lavada e das argamassas.

Nos estudos desenvolvidos por Corinaldesi e Moriconi (2009), foi avaliada a possibilidade de reutilização do RCC como agregado na produção de argamassas de assentamento. Para este fim, foram avaliados os comportamentos mecânico e reológico destas argamassas, utilizando três tipos diferentes de agregados reciclados, alternadamente: o primeiro foi obtido a partir de resíduos de concreto, provenientes da rejeição da produção de concretos pré-moldados (ARC); o segundo, originado de resíduos de tijolos (ART), e o terceiro, composto de resíduo misto, vindo de uma usina de reciclagem de RCC, na qual estes resíduos são adequadamente tratados. Além disso, foi estudada, a interação entre a argamassa e a alvenaria em termos da resistência da união, desenvolvida na interface da argamassa e o tijolo. Os autores concluíram que o uso de materiais provenientes de RCC em substituição a areia natural para a produção de argamassas de assentamento comprovou ser eficaz, não apenas pelos benefícios ambientais, como também em termos de melhoria na interface entre a argamassa e o tijolo.



Sales e Cabral (2009) avaliaram a resistência à compressão e de aderência de argamassas de revestimento interno e de contra piso com substituições parciais e totais do agregado natural pelo reciclado obtido por meio do beneficiamento do RCC classe A de uma construção de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos. Os resultados demonstraram um acréscimo de 30% na resistência à compressão nas argamassas de revestimento com 75% de agregado reciclado; e um aumento de 28% na resistência à compressão das argamassas de contra piso. Os valores obtidos para os índices de resistência de aderência das argamassas de revestimento com areia reciclada foram, superiores aos da argamassa com agregado natural, porém abaixo dos limites estabelecidos por norma, de 0,20 MPa. Portanto, os autores concluíram ser viável tecnicamente a substituição do agregado natural pelo reciclado em argamassas de revestimento e contra piso, no que diz respeito às propriedades estudadas.

Conforme exposto nos estudos descritos neste item, a utilização de agregados reciclados de RCC em argamassas é viável tecnicamente, em substituição parcial ou total ao agregado natural.

### 2.5.3 Utilização do RCC em artefatos pré- moldados de concreto

Os resíduos da construção civil depois de beneficiado podem ser utilizados na fabricação de vários elementos pré-moldados de concreto, tais como blocos de concreto de vedação e estrutural e pavimentos intertravados. A seguir serão apresentados os resultados de algumas pesquisas, sobre esta aplicação.

Farias et al. (2005) avaliaram o desempenho estrutural e de conforto higrotérmico da construção de uma casa protótipo de habitação popular utilizando blocos de concretos e argamassas de assentamento produzidos com agregados reciclados de resíduos da construção civil. Para realizar a avaliação estrutural foram levantadas todas as cargas atuantes na estrutura do protótipo (peso próprio e da cobertura, sobrecargas, ação do vento). A avaliação do desempenho térmico foi realizada com o monitoramento das condições internas de temperatura do ar e umidade relativa do ar durante dois dias consecutivos de céu claro, com o auxílio de aparelhos registradores automáticos. A resistência de prisma dos blocos de concretos com agregados reciclados foram superiores aos esforços solicitantes da estrutura do protótipo.

Butler (2007) avaliou a incorporação de agregados reciclados de resíduos de concretos provenientes de uma fábrica de pré – moldados, em blocos estruturais de concretos para três classes de resistência (4,5 MPa, 8,0 MPa e 12,0 MPa). Os resultados demonstraram a viabilidade técnica para os agregados graúdos reciclados, porém a utilização da fração miúda reciclada deve ser evitada, principalmente para as dosagens com baixo consumo de cimento ( $< 150 \text{ kg/m}^3$ ), uma vez que há redução na coesão das unidades, possibilidades de aparecimento de fissuras e prejuízo da textura.

Aragão (2007) avaliou o desempenho estrutural à flexão de lajes pré-moldadas confeccionadas com concreto com teores de substituição de 50% e 100% tanto do agregado graúdo quanto do miúdo natural pelo reciclado, além de um  $f_{ck}$  menor que 25 MPa. O desempenho das lajes pré-moldadas com agregado reciclado foi semelhante ao das lajes com agregado natural, sendo, portanto, viável tecnicamente o emprego deste material para aplicação em concretos estruturais de média resistência.

Poon et al (2009) estudaram a viabilidade da utilização dos resíduos de construção misto, provenientes de instalações publicas de triagem do RCC, em Hong Kong, na produção de blocos pré – moldados de concreto de vedação. Para isso, foram realizados ensaios de densidade, resistência à compressão, resistência e retração por secagem. Dois tipos de agregados foram utilizados: O primeiro proveniente do RCC de dimensões entre 50 – 100 mm, que depois de britagem e peneiramento resultaram no agregado graúdo reciclado (AGR I) e no agregado miúdo reciclado (AMR I). O segundo, proveniente de RCC menor que 50 mm, que após britagem e peneiramento, originou os agregados reciclados graúdos e miúdos AGR II e AMR II, respectivamente.

Três séries de misturas de blocos de concreto foram preparadas e denominadas de A, B, e C. Na série A, os blocos foram fabricados, utilizando o AGR I como agregado graúdo, e percentagens de 0%, 25%, 50% e 100% de substituição do agregado miúdo natural, pelo AMR I. Nas séries B, foram empregados 100% de AGR II e 100% de AMR II, em substituição aos agregados convencionais. E, nas séries C, utilizaram-se, dois tipos de misturas de blocos de concreto: A primeira, com 100% de AMR I e 50% de AGR I, e a segunda, usou 100% de AMR I e 100% de AGR I como agregados. As três séries utilizaram traços diferentes. Os resultados demonstraram decréscimos na densidade e na resistência à compressão; e aumento na retração por secagem com o incremento do conteúdo do agregado miúdo reciclado. POON et al. (2009), também concluíram que os agregados reciclados utilizados nesta pesquisa, tem potencial para

serem utilizados como agregados na produção de blocos de concretos pré-moldados sem função estrutural.

Hood (2006) estudou a possibilidade de substituição do agregado miúdo natural por agregado reciclado de Resíduos da Construção Civil coletados de um aterro de inertes localizado na cidade de Porto Alegre (RS) para percentuais de substituição de 0%, 25%, 50% e 100%. Foram avaliadas as propriedades de trabalhabilidade, resistência à compressão, resistência à abrasão, e absorção de água. No que diz respeito à resistência à compressão, os pavimentos executados com o teor de 25% de substituição tiveram resistência dentro do limite de 25 MPa estipulado nesta pesquisa, enquanto que os pavimentos com teores de 50%, 75%, e 100% de agregado reciclado, apresentaram redução na resistência à compressão em relação ao concreto de referência.

Simieli et al. (2007) pesquisaram a utilização de agregados reciclados de resíduos de concreto na fabricação de pavimentos e intertravados, com percentuais de substituição de 0, 20%, 40% e 80%. Estes autores consideraram os resultados satisfatórios em termos de resistência mecânica de módulo de elasticidade para concretos produzidos com até 40% de agregados reciclados, sempre com valores de resistência à compressão simples superiores aos 35 MPa recomendados pela normalização brasileira.

Taveira et al. (2009) analisaram a Resistência à Compressão e a absorção de água de pavimentos intertravados com teores de substituição de 25% e 50% do agregado miúdo natural pelo agregado miúdo reciclado de resíduos de concreto. Os resultados demonstraram acréscimo na Resistência e decréscimo na absorção de água nos “Pavers” com percentual de substituição da areia de 25%.

Portanto, segundo os resultados das pesquisas apresentados nesta seção, a utilização do agregado reciclado proveniente do RCC, em pisos intertravados e blocos de concreto para fins estruturais, são viáveis tecnicamente para baixos teores de substituição (até 25%).

## 2.6 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Segundo Casarotto Filho; Kopittke (2000), somente um estudo econômico pode confirmar a viabilidade de projetos tecnicamente corretos. Esta seção aborda os principais métodos de Análise de Investimentos, assim como relata algumas pesquisas encontradas na literatura sobre a viabilidade econômico-financeira da implantação de usinas de reciclagem de RCC.

### 2.6.1. Métodos de análise de investimento

Os métodos de análise de investimento podem ser classificados dois grupos: métodos exatos e não exatos. Os três métodos exatos são: Método do Valor Anual e Uniforme Equivalente, Método do Valor Presente Líquido (VPL) e Método da Taxa Interna de Retorno (TIR). O principal método não exato é o do Tempo de Recuperação do Capital Investido “Pay-Back Time

#### A) Método do Valor Presente Líquido

Chama-se Valor Presente Líquido ou Valor Atual Líquido de uma determinada alternativa de investimento a somatória algébrica de todos os valores presentes das receitas e dos desembolsos do fluxo de caixa desta alternativa, descontados á uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (HIRSCHFELD, 2000; CASAROTTO FILHO; KOPTIKE, 2000)

$$VPL = - I + \sum FC_t \times (1 + TMA)^{-t} \quad (\text{Equação 02})$$

- I é o investimento de capital na data zero, registrado com sinal negativo por ser um desembolso;
- $FC_t$  representa os valores do fluxo de caixa.
- n é o prazo de análise do projeto;
- TMA é a taxa mínima de atratividade

O projeto será considerado viável financeiramente, em um determinado período, caso o  $VPL > 0$ . Se o  $VPL \leq 0$ , o projeto não é considerado viável, do ponto de vista financeiro (HIRSCHFELD, 2000).

#### B) Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno de um projeto é a taxa de juros para qual o valor presente das receitas torna-se igual aos desembolsos, isto significa dizer, que a TIR é aquela que torna nulo o Valor Presente Líquido. O critério do método da TIR, aplicado num investimento com fluxo de caixa do tipo simples, estabelece que enquanto o valor da TIR for maior que a taxa mínima de atratividade (TMA), o investimento deverá ser aceito (CASAROTTO FILHO, 2000).

$TIR > TMA$  deve-se aceitar o projeto

$TIR \leq TMA$  não aceitar o projeto.

Para este trabalho, será utilizado o método do valor presente líquido, por ser o mais frequentemente utilizado em estudos de viabilidade econômico-financeira.

#### C) Método Payback (PB)

O “Pay Back Time”, também chamado de Tempo de Recuperação do Capital Investido, é o método que mede o tempo necessário para recuperar o investimento realizado. Quando o custo do capital da empresa não é levado em consideração, temos o payback simples (PBS). Por outro lado, quando consideramos este custo, temos o payback descontado (PBD). Se o PB do projeto for menor do que o PB máximo, então se deve aceitar o projeto. A principal dificuldade para a aplicação deste método, é o fato de não ser considerado o valor do dinheiro no tempo (PBS) (CASAROTTO FILHO, 2000).

## 2.6.2. Estudos sobre a viabilidade econômico-financeira de usinas de reciclagem de RCC

Nunes (2004) realizou estudos de viabilidade financeira em centrais de reciclagem de RCC de 20 t/h e de 100t/h para iniciativa privada. Os resultados demonstraram que somente contando com receitas provenientes da venda de agregado reciclado, as centrais de reciclagem nas atuais condições de mercado não são viáveis financeiramente. Para que as centrais se tornem viáveis devem ser introduzidas receitas de recepção, redução de impostos e financiamentos a juros mais baixos que os praticados no mercado. Esta pesquisadora coletou dados nas 14 centrais de reciclagem existentes no País até então, verificando-se que cinco estavam com suas capacidades paralisadas, uma em construção e apenas duas opera com capacidade próxima à sua capacidade de instalação o que prejudica a viabilidade econômica destas instalações.

Além disso, Nunes (2004) propôs um modelo conceitual para estudos de viabilidade financeira de centrais de reciclagem de RCC, e o aplicou no Município do Rio de Janeiro. Este modelo é composto, pelas seguintes etapas sucessivas:

- a) Estudo do mercado e da concorrência;
- b) Estimativa da oferta e da demanda;
- c) Estimativas das receitas e dos custos;
- d) Análise de investimentos, e
- e) Determinação do Ponto de Equilíbrio.

### a) Estudo do mercado e da concorrência;

Neste tópico, Nunes (2004), apresentou aspectos econômicos dos agregados da construção civil, tais como: O consumo e a oferta de agregados a nível nacional, o consumo de agregados na Região Metropolitana do Município do Rio de Janeiro e pelo poder público. A análise da concorrência foi feita com base na venda dos agregados naturais e na recepção de entulho por aterros sanitários do Rio de Janeiro.

### b) Estimativa da oferta e da demanda

Nesta etapa da pesquisa, Nunes (2004) estimou a quantidade de RCC gerada na cidade do Rio de Janeiro, a demanda por moradias e infraestrutura na cidade e o potencial de substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados.

c) Estimativas das receitas e dos custos

Neste item, foi estimado, baseado em cotações no mercado, os custos com máquinas e equipamentos, mão de obra, e outros custos fixos e variáveis de centrais de reciclagem, de 20 t/h e de 100 t/h. Além disso, foram calculadas receitas de recepção dos RCC nas recicladoras e as receitas com a venda de agregados reciclados para serem aplicados em base e sub base de pavimentação.

d) Análise de investimentos,

A análise financeira empregou a técnica de cenários que, alternando hipóteses, forneceu resultados através do Método do Valor Presente Líquido, que indicaram em que condições as instalações estudadas seriam viáveis.

e) Determinação do ponto de equilíbrio.

A análise econômico-financeira contou também com o cálculo do Ponto de Equilíbrio.

Os resultados desses estudos comprovaram que as centrais de reciclagem de 20t/h e de 100t/h que não contam com receitas de recepção, não são viáveis financeiramente.

Rosa (2005) verificou a viabilidade econômico-financeira e os benefícios ambientais da implantação de uma usina de reciclagem dos resíduos de construção civil produzidos no município de Florianópolis.

A análise da viabilidade econômico-financeira foi conduzida com base no modelo desenvolvido pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial – UNIDO, envolveu o delineamento do fluxo de caixa do empreendimento, seguido do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Tempo de Recuperação do Capital Descontado. Os resultados da aplicação destes métodos demonstraram que o investimento é viável sob o ponto de vista financeiro.

Jadovski (2005) determinou a viabilidade econômica de usinas de reciclagem de RCC por meio de um aplicativo computacional (planilha eletrônica) que tinha como dados de entrada a quantidade de geração de RCC e a finalidade de uso de agregado gerado. Para isso, este pesquisador realizou visitas técnicas nas usinas de reciclagem das cidades de Belo Horizonte (MG), São Paulo (SP), Campinas (SP), Vinhedo (SP), Socorro (SP), Piracicaba (SP), e Ribeirão Preto (SP). Estas visitas possibilitaram ao autor identificar os equipamentos necessários para a implantação de uma usina de

reciclagem, as características destes equipamentos, a capacidade de processamento de entulho, a mão de obra necessária ao funcionamento, os custos de implantação, operação e manutenção destas usinas e os custos de produção dos agregados reciclados.

De posse destes dados, Jadovski (2005) desenvolveu uma planilha eletrônica que calcula a viabilidade econômico-financeira da instalação de usinas de reciclagem de RCC, utilizando como dados de entrada a quantidade de resíduo gerado, a finalidade do agregado produzido, a taxa mínima de atratividade (TMA) e outros. Após análise dos resultados, verificou-se viabilidade econômica em usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição com capacidades a partir de 30 t/h para empresa pública e de 40 t/h para empresa privada, devendo-se buscar a adoção de políticas públicas de incentivo para implementação destas usinas.

Manfrinato, Esguício e Martins, (2008) verificaram a possibilidade de instalação de uma usina de reciclagem de RCC para o município de Lençóis Paulista (SP). Para atingir este objetivo, os autores realizaram o levantamento estatístico da geração de RCC no município e analisaram a viabilidade econômica de uma recicladora de 25 t/h de capacidade de processamento, composta por Alimentador Vibratório, Britador de Impactos, Transportadores de Correia Fixo e Móvel, quatro unidades de Bicas de Transferência e Peneira Vibratória. Utilizando os Métodos do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Payback e Payback Descontado a uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 12%, estes pesquisadores chegaram aos resultados demonstrados na Tabela 07.

Tabela 07: Resultados da Análise Econômica

<i>INDICADOR</i>	<i>TIR</i>	<i>VPL (R\$)</i>	<i>PAYBACK</i>	<i>PAYBACK DESCONTADO</i>
Economia com a compra de agregados	-9,6%	-369.564,00	-	-
Economia em aquisição de área para aterro	14,9%	78.602,62	6 anos e 3 meses	12 anos e 4 meses
Venda de agregado reciclado	44,5%	964.413,80	2 anos e 4 meses	2 anos e 9 meses

Fonte: MANFRINATO; ESGUICIO; MARTINS (2008)



Os resultados da Tabela 07 demonstram que contando apenas com a receita da economia com a compra de agregados para as obras da própria prefeitura, a central de reciclagem em estudo não foi viável financeiramente, pois se obteve valores de TIR e VPL negativos, e tempo de recuperação do capital inicial nulo. Quando utilizadas as receitas com a economia em aquisição de área para aterro, o VPL e a TIR foram positivos, sendo o capital inicial investido recuperado após seis anos, viabilizando, portanto, financeiramente o projeto. A venda de agregados reciclados ampliou a atratividade (TIR = 44%) e diminuiu o payback da usina de reciclagem proposta, para dois anos.

As pesquisas apresentadas neste item comprovam que o Método do Valor Presente Líquido é o mais utilizado, entre os métodos de análise de investimentos, dos estudos de análise de Viabilidade Econômica de Usinas de Reciclagem de RCC.

Para este trabalho será utilizado o modelo conceitual para estudos de viabilidade financeira de centrais de reciclagem de RCC, adaptado de Nunes (2004), visto que, esta metodologia se adéqua aos objetivos desta pesquisa.

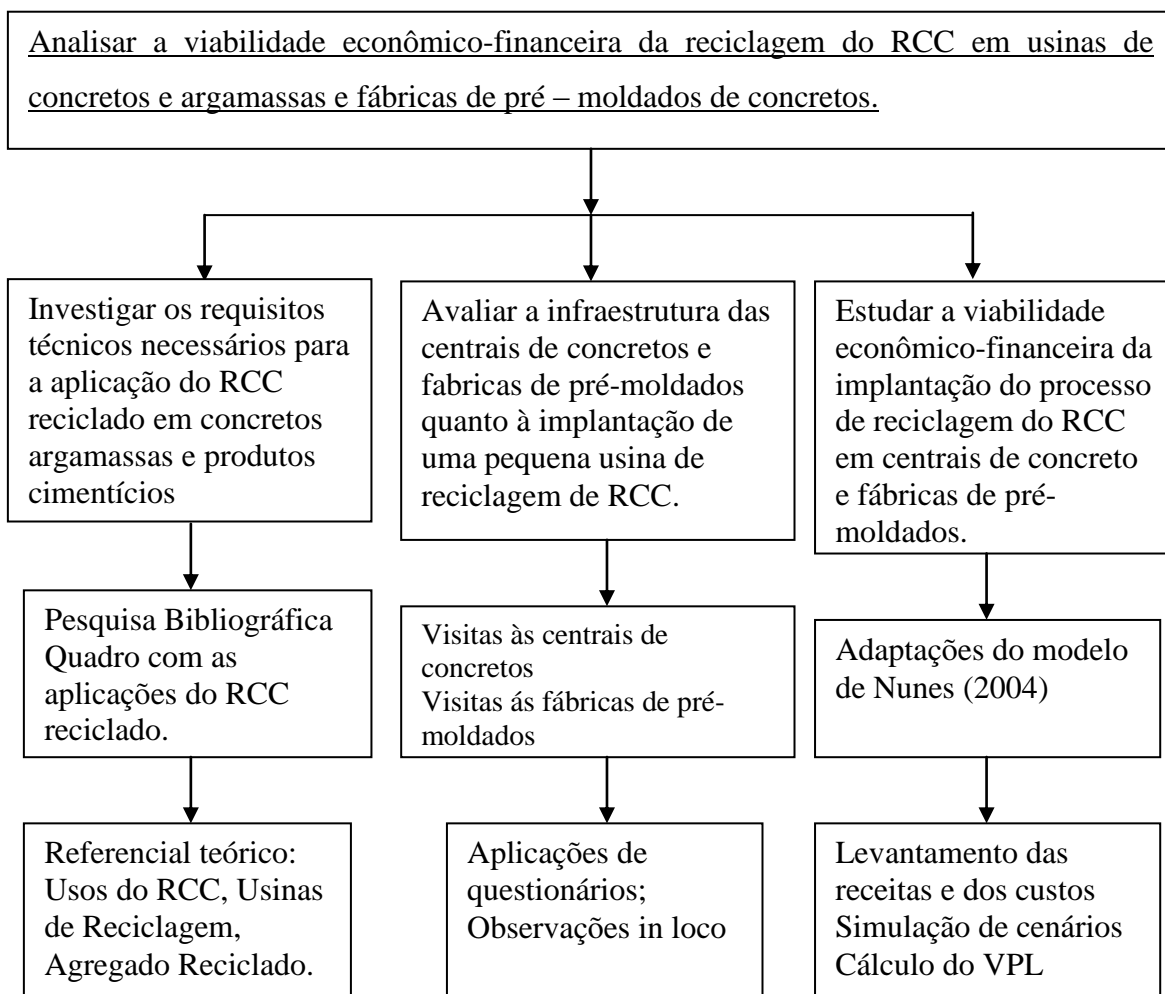
### **3. METODOLOGIA**

Neste capítulo, é descrita de forma detalhada, os métodos utilizados para a realização desta pesquisa, que foi dividida em três etapas: Na primeira fase, foi realizada pesquisa bibliográfica com o objetivo de preparar a base teórica necessária para a pesquisa de campo e para a avaliação econômico-financeira.

Na segunda parte, foi realizada a pesquisa de campo por meio de visitas às centrais de concreto e fábricas de pré – moldados com o intuito de conhecer estas empresas, de verificar a existência de laboratórios para o controle de qualidade dos agregados reciclados, observar áreas ociosas para implantação e operação de uma pequena recicladora de RCC, conhecer quais os produtos que comercializados podem utilizar o agregado reciclado, obter a produção anual dos concretos e argamassas, pré – fabricados, dentre outras coisas.

Na terceira fase, foram feitas as estimativas das receitas e dos custos e realizada análise econômico – financeira, por meio da simulação de cenários e da utilização do método do Valor Presente Líquido. As etapas de desenvolvimento deste trabalho estão sintetizadas no fluxograma da figura 07:

Figura 07: Etapas da pesquisa



### 3.1 PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo consistiu na realização de visitas às centrais de concreto e às fábricas de pré – moldados, com entrevistas feitas com profissionais e observações in loco.

#### 3.1.1 Centrais de concreto pré – misturado

Para a realização das visitas às centrais de concreto, foram elaborados planos de visitas a estas empresas, que foi composto por duas etapas: A primeira etapa foi composta de perguntas sobre os produtos comercializados, a sua produção mensal e a proporção entre estes produtos em relação ao volume total produzido; a segunda etapa foi composta dos itens que deveriam ser observados in loco e registrada por meio de

fotografias, tais como existência de áreas ociosas, estrutura dos laboratórios, processo produtivo e geração de resíduos (VER APÊNDICE A). As perguntas foram baseadas na pesquisa bibliográfica, em questões levantadas durante a elaboração e defesa do projeto de pesquisa, e das informações do fornecedor de equipamentos de reciclagem de RCC. Primeiramente, foi elaborado um questionário de teste, que foi aplicado em uma central de concreto, em seguida, este questionário foi aprimorado e ampliado, e aplicado nas demais empresas.

Para a aplicação dos questionários, inicialmente, foi elaborada uma relação das centrais de concretos existentes na cidade de Salvador, com os respectivos endereços e telefones, por meio de consultas nas páginas amarelas dos catálogos telefônicos, e de listas telefônicas on line, sendo assim, foram identificadas oito centrais de concreto na cidade de Salvador, mas, se conseguiu realizar a visita de seis centrais. Depois deste levantamento, foram efetuadas ligações telefônicas, com o intuito de obter a autorização e o agendamento da visita, identificar os profissionais mais capacitados para responder ao questionário e mostrar a empresa. As visitas foram realizadas no período de 28.07.11 a 08.08.11, com duração entre duas a três horas. Primeiro, eram realizadas entrevistas com os engenheiros e/ou técnicos de laboratórios, com anotações nos questionários, em seguida, era feito o reconhecimento da empresa, devidamente registrado por meio de fotografias.

Por último, de posse dos questionários devidamente preenchidos, realizava-se a leitura das respostas, e escrevia-se um breve relatório de cada visita, além disso, selecionavam-se as fotografias que iriam ser empregadas no texto dissertação.

### 3.1.2 Fábricas de artefatos pré – moldados de concreto

De maneira semelhante às centrais de concreto, foram realizadas também, visitas nas fábricas de pré-moldados. Inicialmente, foi elaborada uma lista com todas as fábricas existentes na cidade de Salvador e Simões Filho. A cidade de Simões Filho foi incluída na amostragem, devido à proximidade com a cidade de Salvador, e também por ser o lugar onde estão localizadas as principais fábricas da região. Ao todo foram identificadas, 21 (vinte e uma) fábricas, nas duas cidades, sendo duas grandes, quatro médias, e 15 pequenas. A classificação em pequena, média e grande baseou – se no nº de empregados declarados no Guia Industrial do Estado da Bahia. Foram consideradas de pequeno porte, as fábricas com até 50 funcionários; médio porte de 51 até 100

funcionários; e grande porte, acima de 100 funcionários. Depois foi feito um plano de visita a estas empresas com aplicação de questionários e realização de registros fotográficos em 06 (seis) fábricas de pré-moldados.

### 3.2 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICO – FINANCEIRA

Para realizar a análise econômico-financeira da implantação de uma central de reciclagem de pequeno porte em centrais de concretos e fábricas de pré-moldados foi adaptado o Modelo Conceitual para Análise da Viabilidade Financeira de Centrais de Reciclagem de RCC desenvolvido por NUNES (2004), conforme descrita no item 2.6 deste trabalho. Este modelo foi escolhido devido a sua proximidade com os objetivos desta pesquisa, podendo ser subdividido nos seguintes tópicos:

#### 3.2.1 Estudo do mercado e análise da concorrência

O mercado para agregados reciclados será dimensionado, por meio da estimativa do potencial de substituição de agregados naturais por agregados reciclados no concreto estrutural, sem função estrutural, argamassas e artefatos pré-moldados de concreto, comparando o resultado com o volume de RCC gerado na cidade de Salvador, pelos grandes geradores.

Partindo do valor do volume anual de concretos e argamassas declarados pelos técnicos das centrais de concretos e fábricas de pré – moldados, obteve – se a massa de agregados naturais possível de ser substituída por agregados reciclados em argamassas, concretos e artefatos pré – moldados de concreto.

O volume de RCC gerado pelos grandes geradores na cidade de Salvador foi obtido a partir da dissertação de MELO (2011).

#### *Análise da Concorrência*

O artigo 10 da Resolução 307 / 2002 do CONAMA estabelece que os resíduos da construção civil Classe A, deverão ser utilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterros de RCC, sendo dispostos de modo a permitir a sua reciclagem futura. A cidade de Salvador possui o aterro de RCC Revita, que pode ser considerado um concorrente para as usinas de reciclagem estudadas nesta pesquisa.

### 3.2.2 Estimativa da oferta e da demanda

Estimar a quantidade de RCC gerada na cidade de Salvador por meio das estimativas utilizadas por Melo (2011). Levantar os possíveis usos para o agregado de RCC reciclado por meio de pesquisa bibliográfica, já descrita no item 3.1.

### 3.2.3 Estimativas das receitas

As receitas utilizadas para o modelo de reciclagem proposto neste trabalho são: receitas de recepção, e com a redução nos custos com a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado para serem aplicados em concretos, argamassas e artefatos pré-moldados de concreto.

#### I. Receita de recepção

A receita de recepção foi estimada pelo produto da taxa de recepção pela quantidade de RCC processada na usina de reciclagem. Com o intuito de atrair os transportadores de RCC para as empresas em estudo, foi adotado o valor de R\$ 10,00 por tonelada recebida, mesmo valor cobrado no aterro de inertes da cidade de Salvador.

#### II. Redução dos custos com a substituição de 100% do agregado natural por agregado reciclado, na produção de concreto não estrutural, conforme a NBR 15 116 / 2004

Para a realização desta estimativa, primeiramente foi estimado o custo do metro cúbico ( $m^3$ ) do concreto não estrutural com agregados naturais, e o custo do  $m^3$  do concreto não estrutural com agregados reciclados. Depois, calculou-se a diferença entre estes custos, e efetuando-se o produto do valor desta diferença, pela produção anual de concretos sem fins estruturais nas centrais de concretos, e fábricas de pré – moldados, obteve-se o valor desta receita.

### III. Redução dos custos com a substituição de 20% do agregado natural pelo agregado reciclado no concreto estrutural

Neste caso, foi realizada a composição do custo do metro cúbico do concreto estrutural com agregados convencionais, e a composição do custo do metro cúbico do concreto estrutural com 20% de substituição dos agregados naturais por reciclados. Do produto da diferença destes custos, pela produção anual de concretos estruturais nas indústrias pesquisadas, obteve-se o valor desta receita.

#### 3.2.4 Estimativa dos custos

Para a realização da estimativa dos custos foi realizada uma pesquisa de mercado com fornecedores de equipamentos de reciclagem e associações de classe. Os custos com equipamentos de reciclagem foram obtidos, por meio de contatos com a BARAM EQUIPAMENTOS, que possui uma linha de máquinas VERBAM, para a reciclagem de resíduos da construção civil. Esta empresa foi escolhida, por que trabalha com equipamentos de pequena capacidade, e que ocupa pequenas áreas. Além dos equipamentos de reciclagem, foi realizado cotação de preços com o fornecedor de mini-carregadeira, bob cat na cidade de Salvador. Estes custos compuseram o Investimento de Capital Fixo, na análise financeira. Devido à semelhança existente entre as usinas de reciclagem de RCC, e as pedreiras, os custos com a mão – de – obra, foram obtidos por meio de consultas com ao Sindicato dos Trabalhadores na Indústria de Extração de Mármore, Calcários, Granitos e Pedreiras do Estado da Bahia (SINDIPEDRA – BA).

Os demais custos fixos e variáveis, e despesas administrativas foram obtidos dos mesmos fornecedores de equipamentos, ou foram estimados por meio de fórmulas matemáticas encontradas na literatura, ou ainda reajustados da tese de Nunes (2004) pelo Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), da Fundação Getúlio Vargas.

#### 3.2.5 Análise de investimentos

A análise financeira nas centrais de concreto empregou a técnica de cenários que, alternando três hipóteses, forneceu resultados através do Método do Valor Presente Líquido (VPL), aplicadas a oito cenários distintos que indicaram em que situações, as

instalações estudadas são viáveis economicamente. Estas hipóteses estão detalhadas no item 5.5, desta dissertação. Nas fábricas de pré-moldados, foi utilizada a mesma técnica, porém com duas hipóteses, aplicadas em quatro cenários.

Para o cálculo do VPL foram elaborados fluxos de caixas em planilhas eletrônicas, contendo todas as possibilidades de receitas e de custos para cada cenário empregado nesta pesquisa. Estas planilhas estão apresentadas nos Apêndices C e D.



## **4. PESQUISA DE CAMPO**

Neste capítulo serão apresentados os resultados das visitas às centrais de concreto e argamassas pré-misturados, e das fabricas de artefatos pré-moldados de concreto.

### **4.1. DIAGNÓSTICO DAS CENTRAIS DE CONCRETO E ARGAMASSAS PRÉ-MISTURADOS**

Com o objetivo de conhecer à infraestrutura, como são produzidos os concretos, os laboratórios, a existência de áreas livres, os tipos de concretos produzidos e outras informações, foram realizadas visitas em seis centrais de concreto localizadas no Município de Salvador. Os resultados destas visitas estão subdivididos em cinco subitens: Descrição do processo de produção dos concretos, materiais comercialmente produzidos nas centrais de concreto, estrutura dos laboratórios e equipamentos, geração de resíduo de concreto e disponibilidade de espaços, como pode ser observado a seguir.

#### **4.1.1 Processo de produção dos concretos**

Nas Centrais de Concretos 01 e 02 os agregados chegam em caçambas, passam por uma inspeção visual, são pesados e em seguida, são despejados nas baias de agregados. O cimento por sua vez, chega em caminhões próprios e são bombeados em silos específicos para o armazenamento deste material.



Figura 08: Caminhão descarregando o agregado na baía



Figura 09: Caminhão de Cimento

Em seguida, os agregados são transportados por meio de pás carregadeiras para o silo de agregados, onde são dosados de acordo com o traço, e levados por correia transportadora, até o caminhão betoneira, que fica estacionado no ponto de carga, localizado logo abaixo do silo de cimento, areia, brita, cimento, água e aditivos são misturados, e são produzindo os concretos.



Figura 10: Silos de Agregados



Figura 11: Ponto de Carga

Nas centrais 03, 04 e 06, o fluxo dos agregados, é um pouco diferente, eles são depositados pelas pás carregadeiras nas tremonhas, e em seguida são levados por correia transportadora para o silo de agregados. Enquanto que na central 05 a areia e a brita são depositados diretamente nos silos de agregados pelas caçambas dos fornecedores destes materiais que desce por gravidade em quantidades predeterminadas pelos traços para correias transportadoras, que leva os agregados para os caminhões betoneiras, onde são misturados ao cimento, água e aditivos, produzindo o concreto.



Figura 12: Pá carregadeira transportando agregados até a tremonha



Figura 13: Transporte dos agregados via correia transportadora até os silos de agregados – Central 04



Figura 14: Transporte dos agregados via correia transportadora até os silos de agregados – Central 06



Figura 15: Silo de Agregados

Sendo assim, para introduzir os agregados reciclados na produção de concretos seria necessário, reservar um silo de agregado natural para o agregado reciclado, ou adquirir mais um silo, outra solução seria, efetuar a mistura dos agregados naturais com os agregados reciclados antes de levá-los aos silos.

#### 4.1.2 Materiais comercialmente produzidos nas centrais de concretos

As centrais de concreto oferecem uma variedade de concretos, entre os quais se destacam: Concreto Rolado, Bombeável, Resfriado, Colorido, Projetado, de Alta Resistência Inicial, Fluido, Pesado, Leve, Leve Estrutural, Pavimentos Rígidos, Alto Desempenho (CAD), Convencional, Submerso, Com fibras e aço, plásticas ou de polipropileno e o Grout. Porém, os mais utilizados na construção civil e consequentemente, mais produzidos nas centrais de concreto são os chamados concretos normais:

- Concreto Convencional – são os concretos de uso corrente na construção civil, especificados por fck até (30 MPa).
- Bombeável – são utilizados em obras de difícil acesso, com necessidade de vencer alturas elevadas e longas distâncias.

Nas visitas às centrais de concreto, questionou-se sobre o volume anual de concretos e argamassas produzidos em cada central, com o objetivo de se obter a quantidade de agregados reciclados possível de se substituir nos concretos, e com isso, o quanto economizariam com esta substituição. Os valores da produção anual dos concretos estão demonstrados na Tabela 08:

Tabela 08: Produção anual de concretos nas centrais dosadoras de Salvador – BA.

Central de Concreto	Volume de Concreto (m <sup>3</sup> /ano)
Central 01	80.000
Central 02	108.000
Central 03	72.000
Central 04	60.000
Central 05	36.000
Central 06	65.000
Total	421.000
Média	70.166,67

Logo, a produção média de concretos e argamassas nas centrais pesquisadas é de 70.166,67 m<sup>3</sup> ano. No que diz respeito à proporção dos produtos comercializados nestas indústrias, pode-se concluir que o percentual de concretos estruturais varia de 80% a

95%, não estruturais de 5% a 10%, e para argamassas, de 0% a 10 %, conforme a Tabela 09:

Tabela 09: Proporção dos produtos nas centrais de concretos

Central	Produtos Comercializados		
	Concreto Estrutural	Concreto não estrutural	Argamassas
01	90%	8%	2%
02	90%	8%	2%
03	95%	5%	Não produz
04	95%	5%	Não produz
05	80%	10%	10%
06	85%	5%	10%

Logo teríamos em média aproximadamente, 89% de concretos estruturais, 7% de não estruturais e 4% de argamassas, o que nos daria o volume de cada produto, como verificado na Tabela 10:

Tabela 10: Distribuição média do volume dos produtos comercializados nas centrais

Produtos	Percentual	Produção Anual	
		Total (m <sup>3</sup> )	Específica (m <sup>3</sup> )
Concreto Estrutural	89%	70.166,67	62.448,33
Concreto não Estrutural	7%	70.166,67	4.911,67
Argamassas	4%	70.166,67	2.806,67

Com relação à resistência à compressão, o fck mais empregado é o de 30 MPa, e os principais clientes das centrais de concreto são as construtoras em geral, e pessoas físicas.



#### 4.1.3 Estrutura dos laboratórios e equipamentos

A produção de agregados e concretos reciclados exige um maior controle de qualidade destes materiais, por isso foi verificada a existência de laboratórios nestas empresas.

As centrais de concretos visitadas possuem laboratórios próprios com equipamentos básicos, para a determinação das propriedades físicas dos agregados e concretos, tais como: prensa, tronco de cone, tanque de cura, peneiras, balanças e, estufa. Com estes equipamentos espera – se que sejam realizadas periodicamente o controle da granulometria, massa específica e absorção de água no agregado reciclado, resistência à compressão e trabalhabilidade no concreto. As figuras 16 a 21 mostram a existência destes equipamentos nas centrais de concretos.



Figura 16: Prensa



Fig. 17: Tronco de cone e moldes de corpos de prova de prova



Figura 18: Tanque de Cura



Fig. 19: Peneiras para realizar ensaios de granulometria dos agregados



Figura 20: Balança digital



Figura 21: Balança analógica

Além disso, elas possuem baias para o armazenamento dos agregados, reservatório de decantação da água residual da lavagem dos caminhões betoneiras, e realiza transporte interno dos agregados por meio de pás carregadeiras, conforme as figuras 22 a 27:



Figura 22: Baias de agregados cobertas nas centrais de concreto



Figura 23: Baias de agregados descobertas nas centrais de concreto



Figuras 24 e 25: Tanque de decantação de águas provenientes da lavagem dos caminhões betoneira nas centrais de concreto



Figura 26: Pá carregadeira transportando agregados para as baias nas centrais



Figura 27: Pá carregadeira estacionada nas centrais

#### 4.1.4 Geração de resíduos nas centrais de concretos

Com o intuito de aproveitar a existência de uma recicladora dentro da central de concreto, para reciclagem dos seus próprios resíduos, foi verificada a geração de resíduos de concreto dentro da própria central. Quando questionados sobre o volume de resíduos de concreto gerado por mês, os técnicos entrevistados dizem ser mínima, algo em torno de 1% da produção, ou menos, resultante da lavagem dos caminhões betoneiras e dos corpos-de-prova utilizados nos ensaios de resistência à compressão dos concretos.





Figuras 28 e 29: Resíduos de corpos – de – prova nas centrais de concretos



Figuras 30 e 31: Resíduos de concreto fresco

Porém, algumas estimativas fornecidas pela ABESC - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem, citadas por Butler (2007), na região metropolitana de São Paulo, apontam para um volume de  $3,5 \times 10^3 \text{ m}^3$  a  $7,0 \times 10^3 \text{ m}^3$  de resíduos de concreto gerados mensalmente nas centrais dosadoras. Butler (2007) estima um índice médio de perdas de 4% de concreto nas centrais dosadoras. Além disso, algumas usinas de concretos brasileiras estão investindo em equipamentos e tecnologias para reciclar os seus próprios resíduos, como acontece na matriz da central de concreto 01 e como apontam Costa e outros (2004) apud BUTTLER (2007).

#### 4.1.5 Disponibilidade de espaços para a realização da reciclagem do RCC

Como a proposta deste trabalho é avaliar a implantação de uma recicladora dentro de uma central de concreto pré – misturado ou fábricas de pré - moldados, e para isso, é necessário que se tenha áreas para a instalação dos equipamentos, armazenamento do resíduo, e do agregado reciclado, buscou-se nas centrais visitadas a existência de espaço para este fim.

Segundo VERBAM (2011), a área mínima para a instalação de uma usina de reciclagem de 15 t/h é de aproximadamente 800 m<sup>2</sup> incluindo equipamentos, área para triagem do RCC e armazenamento do agregado reciclado. Além disso, os equipamentos individualmente totalizam 21 (vinte e um) metros de comprimento. A recicladora indicada pela VERBAM e utilizada nesta pesquisa pode ser observada na figura 32.

Figura 32: Usina de Reciclagem de RCC



Fonte: VERBAM (2011)

Na Central de Concreto 01, foram observadas algumas áreas onde estão armazenados equipamentos fora de uso, que poderiam ser aproveitadas, para a instalação dos equipamentos de reciclagem (fig.33). Além disso, poderiam ser realizadas algumas adaptações, com a utilização de baias que armazenam o resíduo de concreto na central para armazenar RCC (fig.34), e, a utilização das baias de agregados naturais para armazenar também agregado reciclado, visto que com a produção de agregados reciclados nas centrais, diminuirá a necessidade de estocar agregados naturais, sobrando espaço para os agregados reciclados.





Figura 33: Área ociosa na Central 01 na qual está sendo armazenado equipamento fora de uso.



Fig. 34: Baía com resíduo de concreto na Central 01

Na Central de Concreto 02, também foi encontrada algumas áreas ociosas aonde são armazenados equipamentos fora de uso, que poderiam ser aproveitadas para a instalação dos equipamentos de reciclagem (fig. 35). Além disso, esta empresa possui um terreno ao lado com área de aproximadamente 3.500 m<sup>2</sup>, que é mais do que suficiente para a instalação de uma recicladora de pequeno porte, que é o objeto desta pesquisa (fig. 36).



Figuras 35: Área ociosa na qual são guardados equipamentos fora de uso na central 02



Figura 36: Terreno desocupado pertencente à central 02 aonde são lançados resíduos de concreto.

A Central de Concreto 03 é uma central de pequeno porte, na qual não foram encontradas áreas ociosas para a instalação dos equipamentos de reciclagem, porém podem ser adotadas as mesmas adaptações sugeridas para a Central 01 (utilização de baias de armazenamento de resíduo de concreto para armazenar RCC, e utilização de baía de agregados naturais para armazenar agregado reciclado, figuras 37 e 38), para reciclar o RCC.



Figuras 37: Baia para armazenar resíduo de concreto na central 03



Figura: 38 Baia para armazenar agregados na central 04

Na Central 04, foi encontrada dentro da mesma, uma área ociosa estimada em 1.000 m<sup>2</sup> e locais nos quais se guardam equipamentos fora de uso, como pode ser observado nas figuras 39 e 40, além disso, existem terrenos desocupados no fundo da empresa e nas suas laterais, que poderiam ser utilizados na implantação da recicladora, porém, estes terrenos não são de propriedade desta empresa.



Fig. 39: Áreas nas quais são armazenados equipamentos fora de uso na central 04



Fig. 40: Área Ociosa dentro da central 04





Figura 41: Terreno desocupado no fundo da central 04



Figura 42: Terreno desocupado na lateral da central 04

Na Central de Concreto 05, também foi encontrada, internamente, uma área ociosa, estimada em 1.000 m<sup>2</sup>. Já na Central 06 existe algumas áreas ociosas, na quais, poderia ser adotada, as adaptações propostas nesta pesquisa.



Figura 43: Área ociosa na central 05



Figura 44: Área ociosa na central 06



Figura 45: Baía ociosa na central 06



Figura 46: Área para armazenamento de resíduo de concreto na central 06

Portanto, das seis usinas de concretos visitadas, três possuem áreas ociosas acima de 800 m<sup>2</sup> (quadro 05), que segundo as informações da VERBAM (2011), é o suficiente para a implantação e operação da usina de reciclagem proposta nesta pesquisa. As demais centrais de concretos, necessitariam de realizar adaptações, tais como: armazenar o RCC nas baias de resíduo de concreto da própria central, reservar duas baias de agregados naturais para armazenar o agregado reciclado, reorganizar o espaço físico para a instalação dos equipamentos de reciclagem.

Quadro 04: Disponibilidade de espaços nas centrais de concreto

Central de Concreto	Área Disponível (800 m <sup>2</sup> )
01	Menor
02	Maior
03	Menor
04	Maior
05	Maior
06	Menor

#### 4.2 DIAGNÓSTICO DAS FÁBRICAS DE ARTEFATOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO

Nesta seção, de forma semelhante ao realizado nas centrais de concreto, será descrito o fluxo dos agregados nas fábricas de pré-moldados, os materiais comercialmente fabricados, a estrutura dos laboratórios para controle de qualidade dos agregados e dos produtos fabricados, da geração de resíduos, e disponibilidade de espaços para a implantação da recicladora proposta neste trabalho.



#### 4.2.1 Processo de produção dos artefatos pré - moldados de concreto

Na fábrica de pré-moldados 01 (FPM 01) os agregados são transportados das baias e o cimento dos silos, por correia transportadora até a central de concreto onde são dosados, e misturados à água e aditivos. Depois, o concreto é levado em um recipiente, até a linha de produção do artefato que se pretende fabricar.



Figura 47: Transporte da areia por correia transportadora – FPM 01



Figura 48: Transporte do cimento via correia transportadora coberta – FPM 01



Figura 49: Mesa para dosagem dos agregados - FPM 01



Figura 50: Misturador de Concreto - FPM 01



Figura 51: Transporte do concreto para a fabricação dos produtos - FPM 01



Figuras 52: Transporte do concreto para as linhas de produção - FPM 01

Nas fábricas de pré-moldados 02 (FPM 02) e 05 (FPM 05) os agregados são transportados dos silos para o misturador de concreto por meio de um equipamento chamado arrastador radial (pré-moldados 02) ou pá mecânica (pré-moldados 05).



Figura 53: Transporte interno dos agregados na FPM 02



Figura 54: Transporte interno dos agregados na FPM 05

Na fábrica de pré-moldados 04 (FPM 04), os agregados chegam a fábrica por meio de caçambas e são depositados nas baias (figuras 55 e 56); enquanto que o cimento chega em caminhões específicos e são depositados nos silos de cimento (fig. 57). Depois, estes materiais são transportados por uma pá carregadeira até uma tremonha interligada a uma correia transportadora (fig. 58) que leva o material até os silos de agregados (fig. 59), onde são dosados, e depois movidos para a central de concreto (fig. 60), na qual se misturam com o cimento, água e aditivos, e produzem os concretos; que são transportados via correias transportadoras até a vibro prensa (fig. 62) aonde são fabricados os blocos ou pisos intertravados.



Figura 55: Baias de Agregados – FPM 04



Figura 56: Baias de Agregados – FPM 04





Figura 57: Silo de cimento- FPM 04



Figura 58: Pá carregadeira descarregando areia na tremonha – FPM 04



Figura 59: Silo de agregados acoplado com balança – FPM 04



Figura 60: Misturador de Concreto – FPM 04



Figura 61: Vibro prensa – FPM 04

Já na pré-moldados 03 (FPM 03) e 06 (FPM 06), os agregados são depositados em montes cobertos em lona ou não, depois são transportados por meio de carrinhos de mão, para o local aonde são misturados manualmente.



Figuras 62: Montes de agregados na FPM 03



Figura 63: Montes de agregados na FPM 06



Figura 64: Transporte de agregados para preparo do concreto na FPM 03



Figura 65: Transporte de agregados para produção de concretos FPM 06

#### 4.2.2 Produtos comercializados nas fabricas de pré-moldados

Diferentemente das centrais de concreto, onde são comercializados praticamente os mesmos produtos (concretos e argamassas), em todas as centrais, as fábricas de pré-moldados, produzem uma variedade de produtos, conforme o porte da fábrica. A fábrica de pré-moldados 01 é especializada em estruturas de concreto armado e protendido, tais como vigas, lajes, pilares e sapatas, como se observa nas figuras 66 e 67.



Figura 66: Viga



Figura 67: Arquibancada para Arena fonte nova

A fábrica de pré-moldados 02 é especializada na produção de pavimentos intertravados.



Figura 68: Pisos Intertravados – FPM 02



Figura69: Blocos de Concreto – FPM 03

Já a fábrica de pré-moldados 03, produz principalmente, pisos intertravados e blocos de concreto de vedação e estrutural; enquanto que a fábrica de pré-moldados 04 fabrica além de elementos estruturais de concreto armado e protendido, blocos de concreto de vedação e estrutural, e pisos intertravados; sendo que a fábrica de pré-moldados 05 faz postes e galpões principalmente.





Figura 70: Blocos de concreto – FPM 04



Figura 71: Postes de concreto – FPM 05

Por fim, a fábrica de pré-moldados 06, é mais genérica, e produz elementos pré fabricados de concreto não estrutural, tais como: blocos de concreto de vedação, meios-fios (guias), manilhas, caixas para ar condicionado, mourões, e outros.



Figura 72 : Combogós na FPM 06



Figura 73: Meio – fio na FPM 06

No que diz respeito à produção anual de concretos nas fábricas de pré-moldados foram encontrados valores também variados, de acordo com tamanho da fábrica, como pode ser observado na Tabela 11:

Tabela 11: Produção de concretos nas fábricas de pré- moldados

FÁBRICA	VOLUME DE CONCRETOS (m <sup>3</sup> /ano)
Pré-moldados 01	18.000
Pré-moldados 02	15.000
Pré-moldados 03	3.792
Pré-moldados 04	30.000
Pré-moldados 05	6.000
Pré-moldados 06	2.400

A proporção de cada produto fabricado em relação ao volume total de concretos é dada pela Tabela 12.

Tabela 12: Proporção dos produtos comercializados nas fábricas de pré-moldados

PRODUTOS	FPM 01	FPM 02	FPM03	FPM 04	FPM 05	FPM 06
Pisos intertravados		100%	20%	20%		
Bloco estrutural			50%	70%		
Bloco de vedação			25%	10%		
Postes					80%	
Galpões					20%	
Elementos estruturais variados	100%					
Peças variadas de concreto não estrutural						100%
Outros			5%			

#### 4.2.3 Estrutura dos laboratórios

Tendo em vista, que os artefatos pré – moldados de concretos com agregados reciclados, necessitam de um maior controle tecnológico para serem utilizados, observou-se as estruturas dos laboratórios das fábricas de pré-moldados, cuja existência ou não de equipamentos estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Equipamentos encontrados nos laboratórios nas fábricas de pré-moldados

EQUIPAMENTOS	FPM 01	FPM 02	FPM 03	FPM 04	FPM 05	FPM 06
Prensa digital	Não	Não	Não	Sim	Não	Não
Prensa analógica	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Balança digital	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não
Bal. analógica	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Estufa	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não
Peneiras	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Tanque de cura	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não
Tronco de cone	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não
Moldes	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não

As fábricas de pré-moldados 01, 04 e 05 possuem laboratórios com equipamentos e funcionários próprios, enquanto que a FPM 02, possui uma estrutura de laboratório mista com os equipamentos pertencentes à empresa, e os funcionários terceirizados. Já os ensaios nas peças pré-moldadas das fábricas de pré-moldados 03 e 06 são terceirizados.



Figura 74: Prensa digital – FPM 04



Figura 75: Prensa analógica – FPM 05



Figura 76: Peneiras – FPM 04



Figura 77: Peneiras e estufa - FPM 05



Figura 78: Estufa – FPM 04



Figura 79: Tanque de cura – FPM 04





Figura 80: Balança digital– FPM 04



Figura 81: Balança analógica – FPM 05



Figura 82: Moldes para corpo de prova – FPM 04.



Figura 83: Tronco de cone e moldes de corpos de prova – FPM 05

De acordo com o que foi observado, percebe-se que as fábricas que trabalham com elementos estruturais, possuem laboratórios mais equipados e conservados, enquanto aquelas que trabalham com elementos não estruturais ou de baixa responsabilidade estrutural, os equipamentos de laboratórios estão em mau estado de conservação.

#### 4.2.4 Geração de resíduos de concreto nas fábricas

Segundo os técnicos das fábricas 01, 02 e 04, a geração de resíduo de concreto nestas indústrias é muito pequena, algo em torno de 1% da produção, e que geralmente resulta do transporte do equipamento de produção do concreto às linhas de produção do artefato. Já o Engenheiro da Pré-moldados 03 admitiu um índice de perdas um pouco maior, entre 1,5% a 3%, resultante da quebra de algumas peças. A pré-moldados 06 disse não se preocupar com a quantidade de resíduo gerada na sua fábrica e que reaproveita este material. Porém, a Pré-moldados 05 admitiu uma perda entre 15% e 20% da produção por mês, devido à deficiência no transporte dos produtos do

misturador até as formas, além disso, há um interesse das pré - moldados 03 e 04 em investir numa recicladora de para beneficiar seus próprios resíduos. Para finalizar, estas empresas realizam ensaios de resistência à compressão em corpos de prova, o que é uma fonte de geração de resíduos.



Figura 84: Resíduos de Concreto FPM 04



Figura 85: Resíduos de Concreto – FPM 05



Figura 86: Resíduos de Concreto – FPM 03



Figura 87: Resíduos de Concreto FPM 06

#### 4.2.5 Disponibilidade de espaços nas fábricas

Em todas as fábricas de pré-moldados foram encontradas áreas ociosas para a implantação de um processo de reciclagem dos RCC, geralmente são espaços destinados a peças pré-moldadas inservíveis, rejeitadas do controle de qualidade, ou que foi encomendada, mas o cliente não foi pegar. Nas fábricas de pré-moldados 03 e 04, já existe interesse dos seus Engenheiros, da implantação de uma recicladora para a reciclagem dos seus próprios resíduos, sendo que na pré-moldados 04, já se reservou uma área para este fim e já foi contatado fornecedores de equipamentos de reciclagem.



Na fábrica de pré-moldados 01(fig.88) há uma grande área ociosa na qual são armazenados peças sem uso, enquanto que na pré-moldados 02 (fig. 89) existe uma área livre localizada no fundo da baía de agregados.



Figura 88: Área ociosa na fábrica de pré – moldados 01



Figura 89: Área ociosa na fábrica de pré – moldados 02

Na fábrica de pré-moldados 03, existe área livres aonde são armazenados peças quebradas e inservíveis, como pode ser visto na figura 90.



Figura 90: Área ociosa na fábrica de pré – moldados 03



Figura 91: Área ociosa na fábrica de pré – moldados 04

Já na fábrica de pré-moldados 04 há áreas ociosas nas quais são guardados paletes vazios e peças recusadas do controle de qualidade, conforme figura 91. Segundo o Engenheiro de produção desta indústria, há interesse desta empresa em implantar uma pequena usina de reciclagem nesta área.

Nas fábricas de pré-moldados 05 e 06 existem áreas livres decorrentes, do armazenamento de elementos pré-moldados quebrados ou rejeitados do controle de qualidade, como pode ser observado nas figuras 92 e 93, respectivamente.



Figura 92: Área ociosa na fábrica de pré – moldados 05



Figura 93: Área ociosa na fábrica de pré – moldados 06

Portanto, as seis fábricas de pré – moldados visitadas, possuem áreas ociosas para a implantação de uma usina de reciclagem, de pequeno porte (Tabela 14).

Tabela 14: Disponibilidade de Espaços nas Fábricas de Pré-moldados

Fábrica	Área Disponível (800 m <sup>2</sup> )
01	Maior
02	Maior
03	Maior
04	Maior
05	Maior
06	Maior

## **5. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONOMICO FINANCEIRA DA RECICLAGEM DOS RCC NAS USINAS DE CONCRETO E FÁBRICAS DE PRÉ-MOLDADOS**

A análise econômico – financeira foi realizada por meio do Modelo Conceitual para Análise da Viabilidade Financeira de Centrais de Reciclagem de RCC desenvolvido por NUNES (2004), com algumas adaptações conforme os objetivos desta pesquisa. O modelo conceitual é composto dos seguintes tópicos:

- I. Estudo de mercado e de concorrência;
- II. Estimativa da oferta e da demanda;
- III. Estimativa das receitas e dos custos;
- IV. Análise de investimentos;

### **5.1 ESTUDO DE MERCADO E ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA**

Nesta seção serão abordados aspectos econômicos sobre os agregados da construção civil, em especial, o consumo da areia e da brita em nível internacional, nacional e de Salvador.

A produção de areia nos Estados Unidos para o ano de 2009 foi de  $800 \times 10^6$  t, enquanto que a produção de pedra britada foi de  $1.110 \times 10^6$  t, o que representou uma queda de 23 % e 22,91%, respectivamente, em relação ao ano de 2008, devido a uma crise no mercado imobiliário norte americano. Já no Brasil, a produção foi de  $255,8 \times 10^6$  t para areia e de  $216,3 \times 10^6$  t para a brita o que representou uma queda bem menor do que a apontada para os EUA, 1% e 0,23%, para a areia e brita respectivamente, no ano de 2008. Os estados brasileiros maiores consumidores de agregados convencionais são: São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Bahia cujos consumos estão demonstrados na Tabela 15 (LA SERNA, 2010).

Tabela 15: Maiores consumidores de agregados naturais no Brasil

Nº	UNIDADE DA FEDERAÇÃO	CONSUMO DE AGREGADOS (10 <sup>6</sup> t)
1	São Paulo	129,1
2	Minas Gerais	56,6
3	Rio de Janeiro	37,1
4	Paraná	26,6
5	Santa Catarina	25,7
6	Bahia	23,6

Fonte: La Serna, 2010

No que concerne ao Município de Salvador, Melo (2011), realizou uma estimativa do volume de agregados pétreos (areia e brita), para esta cidade, por meio de dados relativos ao consumo de cimento, fornecidos pela Secretaria da Fazenda do Estado da Bahia (SEFAZ – BA), chegando aos valores de 1.488.443,070 m<sup>3</sup> (2.352.573.579 t) entre gabiões, matacão, britas de várias granulometrias e areia industrial; e de 3.413.233,41 t para a areia.

Gonçalves et al (2008) estimaram uma produção mensal de 180 mil toneladas de pedra britada, refletindo um baixo consumo per capita por ano de cerca de 0,7 t. Adotando-se uma população de 2.998.056 habitantes para o Município de Salvador estimada pelo IBGE teríamos um consumo anual para este agregado de 2.098.639,20 toneladas.

## 5.2 OFERTA E DEMANDA

Antes de ser realizada uma análise econômica de uma central de reciclagem de RCC é necessário estimar o volume de RCC gerado no município que deve ser baseada em dados municipais.

MELO (2011), Estimou o volume da quantidade de Resíduos da Construção Civil gerados na cidade de Salvador, entre os anos de 2009 a 2010, com base em várias fontes de dados:

- A. Quantidade de RCC coletada pela Empresa de Limpeza Urbana de Salvador – LIMPURB nos pontos de depósitos clandestinos da cidade: 1.737,83 t/dia;

- B. Volume de RCC declarado à LIMPURB nos Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) pelos grandes geradores (empresas construtoras) para o licenciamento de suas obras: 2.051,66 t/dia
- C. Quantidade de RCC recebida no aterro de inertes REVITA: 218,10 t/dia
- D. Quantidade de RCC coleta pelos Veículos poliguindastes das empresas coletoras cadastradas na LIMPURB: 2.280,39 t/dia;
- E. Quantidade de RCC estimada a partir da área total construída e declarada nos PGRCC: 2.280,39 t/dia;
- F. Estimativas de RCC geradas per capita em cidades entre 1 a 3 milhões de habitantes realizadas pelo Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS): 637,50 t/dia.

Somando - se os valores  $A + B + E$ ; e  $A + B + C + E$ , chegou - se a 4.663,74 t/dia e a 4.881,84 t/dia, respectivamente. A partir da média aritmética destes dois valores, encontrou - se o valor de 4.772,79 t/dia correspondente à estimativa da geração de RCC na cidade do Salvador.

### 5.3 CUSTOS

Neste item, serão apresentadas as estimativas dos custos com equipamentos, mão de obra, despesas gerais e administrativas, entre outros custos fixos e variáveis.

#### 5.3.1 Investimento de capital fixo

O investimento de capital fixo foi composto principalmente pelos custos com aquisição de equipamentos de reciclagem e da pá carregadeira. Considerando que a recicladora funcionará dentro das centrais de concreto e fábricas de pré - moldados, não foram considerados os custos com obras civis.

Para identificar as características dos equipamentos e o valor para a sua aquisição foi contatada a empresa VERBAM. A Verbam é uma linha de máquinas da Baram Equipamentos, fabricados exclusivamente, para a reciclagem do RCC, com capacidade de processar de 1 a 60 toneladas por hora. Questionada sobre quais seriam as máquinas mais recomendadas para a reciclagem dos RCC para serem utilizados como agregados para a produção de concreto estrutural; concretos não estrutural; argamassas e artefatos

pré-moldados de concreto, a empresa apontou os seguintes equipamentos com os respectivos valores conforme a Tabela 16.

Apesar de ter encontrado pás carregadeiras nas centrais de concretos e nas fabricas de pré-moldados de grande porte, considerou-se a necessidade de se adquirir uma mini-carregadeira, para isso, foi realizada uma cotação de preços com a representante da bob cat em Salvador (Novafrota), para uma mini-carregadeira modelo S70, que é a menor do mercado. Além disso, foi cotado também, um separador magnético (junto ao mercado) e um sistema de abatimento de pó (adaptado de Nunes, 2004). A Tabela 17 mostra a lista final das máquinas e equipamentos e seus respectivos valores que irão compor o investimento de capital fixo para a central 15 t/h.

Tabela 16: Características e Preços dos Equipamentos de Reciclagem

Item	Características Técnicas	Valor (R\$)
“Conjunto de britagem constituído por: Alimentador vibratório com capacidade de 1500 Kg, Esteira transportadora entrada 16” x 5000 mm, Britador de impacto standard, Painel elétrico.	Capacidade de produção de até 15 t/h; granulometria de entrada: até 200 mm; granulometria de saída: conforme regulagem; Materiais britáveis: entulhos de concreto armado, mesmo com ferro interno; Potência mecânica: 19 cv; Potência elétrica: 14 kWh	184.696,00
Peneira		32.0000,00
Esteira adicional		2.800,00/m

Fonte: VERBAM, 2011

Tabela 17: Investimento de capital fixo da Recicladora de 15 t/h – Equipamentos Novos

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	QUANT	PREÇO UNIT (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
1	Equipamentos			
1.1	Minicarregadeira	1	51.000,00	51.000,00
1.2	Conjunto de britagem	1	184.696,00	184.696,00
1.3	Peneira vibratória	1	32.000,00	32.000,00
1.4	Correia transportadora	2	28.000,00	56.000,00
1.5	Separador magnético	1	8.900,00	8.900,00
1.6	Sistema aspersor			48.210,00
	Total			380.806,00

Fonte: VERBAM; NOVAFROTA, 2011

### 5.3.2 Custos operacionais

Os custos operacionais empregados neste trabalho estão subdivididos em custos fixos e variáveis. Os custos fixos são os custos com mão de obra, energia, manutenção, despesas administrativas e outros. Enquanto que os custos variáveis são com peças de reposição, elementos de desgaste, combustível e outros.

#### a) Custos de mão de obra

Em consulta feita a VERBAM sobre a quantidade de funcionários necessária para a operacionalização de recicladora, foi informado que dois operários seriam suficientes para a execução do trabalho. Além disso, observou-se a necessidade de se contratar um operador de escavadeira, e um conferente para o recebimento do resíduo. Para obter os salários destes trabalhadores, foi realizada uma consulta ao SINDIPEDRA – BA, Sindicato dos Trabalhadores na Indústria de Extração de Mármore, Calcários, Granitos e Pedreiras do Estado da Bahia, que informou os valores médios destes salários com impostos, praticados nas pedreiras de Salvador, apresentados no Quadro 13. Além disso, foram acrescentados 60% no total do salário, referente a encargos sociais (Previdência, Fundo de Garantia, 13º salário e outros encargos) (CASAROTTO FILHO e KOPITTKE, 2000).

Os demais funcionários, como vigias, auxiliar de escritório, mecânico, apontado por Nunes (2004), para trabalhar na recicladora, serão alocados das próprias centrais de concreto e fábricas de pré – moldados, conforme se observa na tabela 18

Tabela 18: Custos de mão de obra para a usina de capacidade de 15 t/h

Mão – de – Obra	Nº	Salários	Salários com Encargos	Total Anual
Aux. de produção	1	R\$ 750,00	R\$ 1.200,00	R\$ 14.400,00
Oper. de britagem	1	R\$ 1.025,00	R\$ 1.640,00	R\$ 19.680,00
Op. de escavadeira	1	R\$ 1.300,00	R\$ 2.080,00	R\$ 24.960,00
Conferente de recebimento	1	R\$ 1.025,00	R\$ 1.640,00	R\$ 19.680,00
Total anual				R\$ 78.720,00

Fonte: SINDIPEDRA, 2011

#### b) Custo com energia elétrica

O consumo de energia elétrica foi calculado em função da potência dos equipamentos instalados. Os equipamentos movidos à energia elétrica são: alimentador vibratório, britador de impacto, correias transportadoras e peneira vibratória. As potências dos equipamentos adotadas nesta pesquisa estão baseadas nas potências elétricas fornecidos pela VERBAM complementados pelo levantamento realizado por Jadovski (2005), que totalizaram 51 kWh. O custo do kWh foi de R\$ 0,46 (tarifa cobrada pela COELBA – Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia, para instalações industriais em Setembro/2011). Estima-se que a recicladora funcionará 264 dias por ano. Segundo a Maqbrit (2010), a potência instalada é igual a 50% da potencia nominal, logo o Custo com Energia Elétrica = R\$ 24.773,76 / ano. Os resultados destas estimativas podem ser observados na tabela 19.

Tabela 19: Potência elétrica dos equipamentos de reciclagem

Equipamento	Potência (KW)
Alimentador Vibratório	22,07
Britador de Impacto	14
Correias Transportadoras	11,03
Peneira Vibratória	3,68
Total	50,78

Fonte: VERBAM, 2011; JADOVSKI, 2005



## c) Custo de manutenção (Cman)

Para as despesas com manutenção dos equipamentos foi adotada uma taxa anual de 5% sobre o valor do equipamento (MAQBRIT, 2010). O custo total dos equipamentos de britagem e da mini-carregadeira foi estimado em R\$ 323.696,00 (quadro 12); logo temos:

Cman = 5% a.a s/ valor do Equipamento

Cman = R\$ 16.184,80.

## 5.3.3 Despesas gerais e administrativas

## a) Fretes

As despesas com fretes foram estimadas por meio de cotação junto a ARI Transportes de Máquinas, levando-se em consideração a distância da cidade de Esteio (RS) (sede da BARAM EQUIPAMENTOS) a Salvador, além dos comprimentos e massas dos equipamentos.

## b) Depreciação

A depreciação dos equipamentos de britagem foi calculada de forma linear em função do valor de aquisição do equipamento e utilizada uma vida útil de 30 anos, para os equipamentos de britagem; 10 anos para a minicarregadeira; e Valor Residual de 10% do valor de aquisição do produto (VERBAM; NOVAFROTA, 2011)

A depreciação horária é o custo de aquisição da máquina, deduzido do seu valor residual, e dividido pelo número de horas da vida útil, conforme a Equação 03 (MATTOS, 2006):

$$D_h = \frac{V_o - V_r}{VU} \quad \text{Equação 03}$$

Onde:

V<sub>o</sub> = Valor de aquisição

V<sub>r</sub> = Valor residual

VU = Vida útil

Depreciação Anual dos Equipamentos de Britagem (Deb)

$V_o = R\$ 272.696$

$V_r = R\$ 27.269,60$

VU = 30 anos

Deb = R\$ 8.180,88

Depreciação Anual da Minicarregadeira (Dm)

$V_o = R\$ 51.000$

$V_r = R\$ 5.100$

VU = 10 anos

Dm = R\$ 4.590

Somando – se as duas parcelas, encontra-se a depreciação total no valor de R\$12.770,88

c) Custo Anual com Seguros (Cs)

Os custos com seguros foram estimados aplicando a taxa de 1% sobre o valor total dos equipamentos (CASAROTTO FILHO, 2000).

$Cs = 1\% \text{ de } 323.696 = \underline{R\$3.236,96}$

d) Outras despesas administrativas

Os custos com telefones, suporte ao produto, pró-labore, serviços terceiros, acessórias, foram calculados com base nos valores encontrados por Nunes (2004) atualizados para o ano de 2011 por meio do IGP – DI (Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas para um período de novembro de 2003 a agosto de 2011, como pode ser visto na tabela 20

Tabela 20: Custos fixos (Central de 15 t/h)

Itens	Usina de Nunes (2004) R\$/ano	Recicladora de RCC de 15 t/h
Telefones	24.000	38.027,74
Suporte ao produto	60.000	95.069,34
Pró-labore	60.000	95.069,34
Serviços Terceiros	6.000	9.506,93
Consultorias	12.000	19.013,87
Despesas Diversas	24.000	38.027,74
Elementos de Desgaste	12.0000	19.013,87

#### 5.3.4 Custos variáveis

Os custos variáveis são compostos por despesas com peças de reposição, elementos de desgaste, combustível e outras despesas diversas.

##### a) Peças de reposição

Segundo a VERBAM (2011), a peça que tem maior desgaste são os martelos cujo o kit custa R\$ 2.000,00. Porém, existem equipamentos com mais de um ano que não foi necessário à substituição das peças de desgaste.

##### b) Combustível (diesel)

A única máquina que funciona a óleo diesel é a mini carregadeira. Segundo informações do fabricante, a mini carregadeira (bob cat), modelo S70, tem consumo médio de combustível de 3,5 litros/h, e a potência deste equipamento é de 23,5 HP. De acordo com a ANP (2011), a média dos preços para o óleo diesel, praticados nos postos de combustível na cidade de Salvador, em Setembro de 2011, é de R\$ 1,976. Efetuando os cálculos encontra-se um valor de R\$ 14.606,59 por ano de despesas com combustível. Os custos com elementos de desgaste, e despesas diversas, foram obtidos por meio da atualização dos custos obtidos por Nunes (2004) para uma usina de reciclagem de 20 t/h. Logo, os custos variáveis, estão relacionados na Tabela 21.

Tabela 21: Custos variáveis

Itens	Recicladora de 15t/h
Peças de reposição	2.000,00
Despesas diversas	38.027,74
Elementos de desgaste	19.013,87
Diesel	14.606,59
Total	73.648,20

#### 5.4 FINANCIAMENTO DA USINA DE RECICLAGEM

Segundo as propostas enviadas pelos fornecedores, o pagamento dos equipamentos pode ser realizado por meio de financiamento junto ao BNDES FINAME. (VERBAM; NOVAFROTA, 2011). Esta modalidade de financiamento é feita, por intermédio de instituições financeiras credenciadas para a produção e aquisição de máquinas e equipamentos novos, de fabricação nacional, credenciadas no BNDES. Em Salvador, uma das instituições financeiras credenciadas é a DESENBAHIA (BNDES, 2012). O nível de participação do financiamento pode chegar até 90% dos investimentos financiáveis, para ampliação, modernização e realocação da Empresa. Os encargos financeiros são a TJLP – Taxa de Juros de Longo Prazo acrescidos de um percentual de 4,9% a.a, a depender do porte da Empresa. A TJLP, para o primeiro trimestre de 2012 foi de 6% a.a, portanto teríamos, aproximadamente, um total de encargos para este período de 11% a.a. Para este trabalho, acrescentou-se um percentual de 1% a estes encargos, referentes aos 10% restantes de participação que as centrais de concretos e fábricas de pré-moldados devem tomar emprestado de um outro fundo de financiamento para completar o custo total com máquinas e equipamentos da usina reciclagem, logo, será utilizada, uma taxa de juros de 12% a.a. O prazo de carência foi de 1 ano e o período para amortização da dívida pode se entender até 96 meses (8 anos) (DESENBAHIA, 2012).

O valor das prestações anuais foi estimado, utilizando o Sistema Francês de Amortização (Tabela Price), com base na Equação 04:

$$p = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \text{(Equação 04)}$$

Onde:

- $p$  = valor das prestações;
- $P$  = valor do financiamento;
- $i$  = taxa de juros;
- $n$  = número de períodos em que a dívida será amortizada.

Na tabela 22 estão resumidos os dados utilizados para o cálculo das prestações do financiamento:

Tabela 22: Dados para o cálculo das prestações

Dados	Valores
P	R\$ 380.806,00
i	12% aa
n	8 anos

Utilizando-se a equação 04, os dados da tabela 22 e adotando um prazo de carência de 1 ano, o valor das prestações será igual a **R\$ 76.657,52/ano.**

### 5.5 CUSTO DE PRODUÇÃO DO AGREGADO RECICLADO ( $C_{AR}$ )

O custo de produção do agregado reciclado compreende os custos com aquisição de máquinas e equipamentos (que corresponde à parcela do financiamento), os custos de operação, e de manutenção, conforme a tabela 23. Os encargos sociais já estão incluídos nos custos de mão de obra e os impostos incidiram após a fabricação do produto (vide apêndices C e D).

Tabela 23: Custo de produção do agregado reciclado

Nº	ÍTEM	CUSTO (R\$)
1	Parcela do financiamento	76.657,52
2	Custo de operação	
2.1	Mão de obra	78.720,00
2.2	Energia	24.773,76
2.3	Manutenção	14.434,80
2.4	Diesel	14.606,59
	Subtotal 01	132.535,15
3	Custo de manutenção	
3.1	Elementos de desgaste	19.013,87
3.2	Peças de reposição	2.000,00
3.3	Depreciação	12.980,88
	Subtotal 02	33.994,75
	Total	243.187,42

Para o cálculo do  $C_{AR}$ , considerou-se: a produção do agregado reciclado estimada em 25.344 ton/ano; o peso específico do RCC igual a 1,345 t/m<sup>3</sup> (SALVADOR, 2006); a usina de reciclagem utilizará apenas 80% de sua capacidade nominal, funcionará 8h/dia e 1 ano = 264 dias. Não foram considerados os custos com terrenos e com obras civis por que a usina de reciclagem funcionará dentro das centrais de concretos e fabricas de pré-moldados, portanto, temos:

Custo de Produção do AR = R\$ 243.187,42 (A)

Produção do AR = 25.344 ton/ano = 18.843,12 m<sup>3</sup>/ano (B).

Fazendo –se A/B, encontramos o custo do agregado reciclado, para as centrais de concretos e fábricas de pré-moldados igual a R\$ 13,00/m<sup>3</sup>. Este custo será menor depois de 8 anos, com o pagamento do financiamento dos equipamentos de reciclagem, porém este valor será adotado, para que as empresas não tenham prejuízo neste período.

## 5.6 ESTIMATIVAS DAS RECEITAS E REDUÇÕES DE CUSTOS

As receitas e economias previstas para as usinas de reciclagem em estudo, são: Receita pela recepção do resíduo, e as economias anuais a serem obtidas pelas centrais de concretos e fábricas de pré-moldados, com a substituição da areia e brita naturais, pelo agregado reciclado.

### 5.6.1 Receita de recepção

A taxa de recepção tomada como referência é a cobrada pelo aterro de inertes da cidade de Salvador, cujo o valor é R\$ 10,00 por tonelada recebida. Para este trabalho, será adotada este valor.

5.6.2 Substituição de 20% dos agregados naturais pelos agregados reciclados no concreto estrutural.

Considerando o traço em volume do concreto estrutural utilizado por Levy (2006) e os preços do cimento e agregados naturais utilizados nas centrais de concreto e fábricas de pré – moldados de Salvador, encontra-se o custo de R\$ 181,68 para o m<sup>3</sup> do concreto estrutural com agregados naturais, conforme apresentado na Tabela 24.

Tabela 24: Custo do m<sup>3</sup> do concreto estrutural com agregado natural

MATERIAIS	QUANTIDADES	PREÇO (R\$)	SUB TOTAL (R\$)
Cimento	300 kg	0,32	96,00
Areia	0,62 m <sup>3</sup>	39,00	24,18
Brita	0,82 m <sup>3</sup>	75,00	61,50
Total			181,68

A maioria das pesquisas realizadas para o aproveitamento do agregado reciclado de RCC no concreto estrutural, só autorizam a substituição do agregado graúdo natural pelo reciclado. Porém, já existem pesquisas que também permitem a utilização do agregado miúdo reciclado no concreto estrutural, como foi demonstrado no referencial teórico. Portanto, para este trabalho, foi estimada a receita com a substituição de ambos

agregados naturais por reciclado no concreto estrutural, visto que esta hipótese representa um maior ganho econômico. O custo do agregado reciclado utilizado foi de R\$ 13,00/m<sup>3</sup> (vide item 5.5), como pode ser observado na tabela 25:

Tabela 25: Custo do m<sup>3</sup> do concreto estrutural com agregados reciclados

MATERIAIS	QUANTIDADES	PREÇO R(\$)	SUB TOTAL
Cimento	300 kg	0,32	96,00
Areia	0,496 m <sup>3</sup>	39,00	19,34
Areia reciclada	0,124 m <sup>3</sup>	13,00	1,612
Brita	0,656 m <sup>3</sup>	75,00	49,20
Brita reciclada	0,164 m <sup>3</sup>	13,00	2,13
Total			168,28

Calculando a diferença entre o custo do concreto com agregado natural e o custo do concreto com agregados reciclados, teríamos uma redução de custo de R\$ 13,40/m<sup>3</sup> de concreto com a substituição de 20% dos agregados naturais por reciclados em concretos estruturais.

### 5.6.3 Substituição de 100% dos agregados naturais pelo agregado reciclado em concretos não estruturais

A Norma Brasileira NBR 15116 / 2004 da ABNT, permite o emprego do agregado reciclado classe A, em substituição parcial ou total aos agregados convencionais. Sendo assim, estimou –se a possível redução nos custos para as centrais de concreto para 100% de substituição do AN pelo AR.

Admitindo –se o traço para concretos sem fins estruturais utilizado por Levy (2006), e os preços dos agregados convencionais e cimento utilizados nas centrais de concreto, chegaríamos ao custo do concreto não estrutural , conforme a Tabela 26.



Tabela 26: Custo do m<sup>3</sup> do concreto não estrutural com agregado natural

MATERIAIS	QUANTIDADES	PREÇO (R\$)	SUB TOTAL (R\$)
Cimento	200 kg	0,32	64,00
Areia	0,65 m <sup>3</sup>	39,00	25,35
Brita	0,90 m <sup>3</sup>	75,00	67,50
Total			156,85

Substituindo-se totalmente os agregados convencionais, por reciclados e adotando o custo dos agregados reciclados estimado no item 5.5, chegaríamos ao custo do concreto não estrutural com agregado reciclado de R\$ 84,15/m<sup>3</sup>, conforme Tabela 27.

Tabela 27: Custo do m<sup>3</sup> do concreto não estrutural com agregado reciclado

MATERIAIS	QUANTIDADES	PREÇO (R\$)	SUB TOTAL (R\$)
Cimento	200 kg	0,32	64,00
Areia reciclada	0,65 m <sup>3</sup>	13,00	8,45
Brita reciclada	0,90 m <sup>3</sup>	13,00	11,70
Total			84,15

Efetuando – se a diferença entre os resultados, teríamos uma redução no custo com a substituição do agregado natural pelo reciclado em concretos não estruturais no valor de: R\$ 72,70/m<sup>3</sup> de concreto.

#### 5.6.4 Substituição total da areia natural por areia reciclada em argamassas

Para realizar a estimativa do ganho econômico com a substituição da areia natural por areia reciclada na produção de argamassas nas centrais de concretos, primeiramente estimou-se o custo do m<sup>3</sup> da argamassa com agregado natural, conforme demonstrado na Tabela 28:

. Tabela 28: Custo do m<sup>3</sup> da argamassa com agregado natural

MATERIAIS	QUANTIDADES	PREÇO (R\$)	SUB TOTAL (R\$)
Cimento	200 kg	0,32	64,00
Areia	1,1 m <sup>3</sup>	39,00	42,9
Total			106,9

Em segundo lugar, foi estimado o custo do m<sup>3</sup> da argamassa com areia reciclada, conforme a Tabela 29:

Tabela 29: Custo do m<sup>3</sup> da argamassa com agregado reciclado

MATERIAIS	QUANTIDADES	PREÇO (R\$)	SUB TOTAL (R\$)
Cimento	200 kg	0,32	64,00
Areia reciclada	1,1 m <sup>3</sup>	13,0	14,30
Total			78,30

Efetuando-se a diferença entre os resultados encontrados nas Tabelas 28 e 29 encontramos o valor da economia com a utilização da argamassa reciclada nas centrais de concreto de: R\$ 28,60

#### 5.6.5 Substituição de 25% dos agregados naturais por agregados reciclados em pavimentos intertravados

Um dos elementos mais encontrados nas indústrias de pré-moldados de Salvador foi o piso intertravado. Portanto, será calculado a receita com a economia da substituição de 25% dos agregados naturais por reciclado, para este material. Primeiro, foi estimado o custo do m<sup>3</sup> do piso intertravado com agregado natural, conforme a Tabela 30.

Tabela 30: Custo do m<sup>3</sup> do piso intertravado com agregados naturais

MATERIAIS	QUANTIDADES	PREÇO (R\$)	SUB TOTAL (R\$)
Cimento	400 kg	0,32	128,00
Areia	1,61 m <sup>3</sup>	39,00	62,79
Brita	1,25 m <sup>3</sup>	75,00	93,75
Total			284,54

Em seguida, foi estimado o custo do m<sup>3</sup> do piso intertravado com agregados reciclados, como apresentado na Tabela 31.

Tabela 31: Custo do m<sup>3</sup> do piso intertravado com agregados reciclados

MATERIAIS	QUANTIDADES	PREÇO R(\$)	SUB TOTAL
Cimento	400 kg	0,32	128,00
Areia	1,2075 m <sup>3</sup>	39,00	47,09
Areia reciclada	0,4025 m <sup>3</sup>	13,00	5,23
Brita	0,9375 m <sup>3</sup>	75,00	70,31
Brita reciclada	0,3125 m <sup>3</sup>	13,00	4,06
Total			254,69

Efetuando-se a diferença entre os valores encontrados nas tabelas 28 e 29, encontra-se o valor do ganho econômico com a substituição do agregado natural por reciclado, no piso intertravado igual a R\$ 29,85

#### 5.6.6 Substituição de 20% dos agregados naturais por agregados reciclados em blocos de concretos estruturais

O bloco de concreto estrutural é um elemento bastante comercializado nas fábricas de pré-moldados de Salvador. Por isso, estimou-se a possível economia com a substituição do agregado natural pelo reciclado para esta aplicação. Utilizando-se a mesma metodologia das aplicações anteriores, e o traço do bloco de concreto estrutural de 12 MPa utilizado por Butler (2007), estimou-se inicialmente o custo do m<sup>3</sup> do bloco de concreto estrutural com agregados naturais, como pode ser observado na tabela 32:

Tabela 32: Custo do m<sup>3</sup> do bloco de concreto estrutural com agregados naturais

MATERIAIS	QUANTIDADES	PREÇO (R\$)	SUB TOTAL (R\$)
Cimento	221 kg	0,32	70,72
Areia	0,96 m <sup>3</sup>	39,00	37,44
Brita	0,46 m <sup>3</sup>	75,00	34,50
Total			142,66

Em segundo lugar, foi estimado o custo do m<sup>3</sup> do bloco estrutural de concreto com agregados reciclados, conforme a Tabela 33.

Tabela 33: Custo do m<sup>3</sup> do bloco estrutural de concreto com agregados reciclados

MATERIAIS	QUANTIDADES	PREÇO R(\$)	SUB TOTAL
Cimento	221 kg	0,32	70,72
Areia	0,768 m <sup>3</sup>	39,00	29,95
Areia reciclada	0,192 m <sup>3</sup>	13,00	2,50
Brita	0,368 m <sup>3</sup>	75,00	27,6
Brita reciclada	0,092m <sup>3</sup>	13,00	1,20
Total			131,97

Estabelecendo-se a diferença entre os custos totais das Tabelas 30 e 31, encontra-se o valor de R\$ 10,69 / m<sup>3</sup> referente à receita com a economia da substituição do agregado natural pelo reciclado em blocos de concreto estrutural.

Os valores unitários e com as possíveis receitas com a substituição dos agregados naturais por reciclados na produção de concretos, argamassas e pré-moldados, nas centrais de concretos e fábricas de pré-moldados estão sintetizadas na Tabela 34.

Tabela 34: Possíveis receitas unitárias para as usinas de reciclagem

PRODUTOS	RECEITA UNITÁRIA (R\$/m <sup>3</sup> )
Concreto não estrutural	72,70
Argamassas	28,60
Concreto estrutural	13,40
Piso intertravado	29,85
Bloco de concreto estrutural	10,69

Os valores totais das receitas com a substituição do agregado natural pelo reciclado em argamassas, concretos não estruturais e estruturais nas centrais de concreto, estão descritas na Tabela 35:

Tabela 35: Possíveis receitas para as usinas de reciclagem nas centrais de concretos

PRODUTOS	RECEITA UNITÁRIA	VOLUME	RECEITA TOTAL
Argamassas	R\$ 28,60/m <sup>3</sup>	2.806,67 m <sup>3</sup> /ano	R\$ 80.270,00
Concreto estrutural	R\$ 13,40/m <sup>3</sup>	21.512,44 m <sup>3</sup> /ano	R\$ 288.267,00
Concreto não estrutural	R\$ 72,70/m <sup>3</sup>	4.911,67 m <sup>3</sup> /ano	R\$ 357.078,00

## 5.7 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS NAS CENTRAIS DE CONCRETOS

A análise financeira foi realizada por meio da técnica de cenários que, alternando três hipóteses forneceu resultados através do Método do Valor Presente Líquido (VPL), aplicadas em oito cenários distintos para um período de 20 anos (vida útil dos equipamentos), que indicaram em que situações as centrais foram economicamente viáveis. Para o cálculo do volume de produção do agregado reciclado, foi levada em consideração a capacidade de processamento efetiva dos equipamentos que é de 80% da sua capacidade nominal, que é um procedimento normal em projetos industriais (NUNES, 2004). Além disso, a usina de reciclagem funcionará 264 dias por ano, para uma carga horária de 8h/dia. As três hipóteses serão discutidas abaixo:

### 5.7.1 Equipamentos novos ou usados

Como existe no mercado a possibilidade de aquisição tanto de equipamentos novos quanto usados serão trabalhadas estas duas possibilidades. Nos cenários com equipamentos usados, será adotado 50% dos custos dos equipamentos novos e uma vida útil de 10 anos. Portanto, no fluxo de caixa, para o caçulo do VPL o valor dos equipamentos deve ser descontados novamente, depois de dez anos da compra (APÊNDICE C).

### 5.7.2. Conta com receita de recepção de RCC?

Segundo Nunes (2004), somente as receitas provenientes da venda de agregados, não são suficientes para viabilizarem economicamente as usinas de reciclagem, estudadas na sua pesquisa, sendo necessária a cobrança de taxa de recepção. Porém, deve-se considerar também, que o negócio deve ser atrativo para os transportadores de RCC. Portanto, neste cenário, serão analisadas duas possibilidades de cobrança de taxa de recepção de RCC. A primeira, com a cobrança de R\$ 10,00 (taxa cobrada pelo aterro de inertes de Salvador) pela recepção dos RCC, e a segunda sem efetuar a cobrança desta taxa.

### 5.7.3. Com substituição dos agregados reciclados no concreto estrutural ou somente no concreto não estrutural.

Apesar das pesquisas comprovarem que a substituição de 20% dos agregados naturais por reciclados não alteram significativamente as propriedades físicas do concreto estrutural, foi analisado a possibilidade de ser realizada esta substituição, ou, apenas a substituição total do agregado natural pelo reciclado no concreto sem fins estruturais. O quadro 05 apresenta os oitos cenários, a serem considerados na análise financeira da usina de reciclagem de RCC utilizada nesta pesquisa.

Quadro 05: Cenários usados nas centrais de concretos

CENÁRIOS	EQUIPAMENTOS	RECEITA DE RECEPÇÃO	CONCRETO ESTRUTURAL
01	Novos	Sim	Não
02	Novos	Sim	Sim
03	Novos	Não	Não
04	Novos	Não	Sim
05	Usados	Sim	Não
06	Usados	Sim	Sim
07	Usados	Não	Não
08	Usados	Não	Sim

#### 5.7.4 Os resultados da análise nas centrais de concreto

Adotando-se uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 12%, que é o valor usado no Sistema Especial de Liquidação e Custódia - SELIC do ano de 2011 utilizada pelo mercado financeiro como referência para a cobrança de taxas de juros; uma capacidade de processamento efetiva de 80% da capacidade nominal; que a recicladora funcionará 264 dias por ano; por 8 horas diárias, foram encontrados os VPL dos cenários apresentados no Quadro 07. Os VPL foram calculados tomando-se como base o saldo do fluxo de caixa, utilizando-se a função VPL do EXCEL (APÊNDICE C). Os resultados destes cálculos estão sintetizados na Tabela 36.

Tabela 36: Os Cenários e os Resultados do VPL nas Centrais de Concretos

CENÁRIOS	EQUIPAMENTOS	RECEITA DE RECEPÇÃO	CONCRETO ESTRUTURAL	VPL (R\$)
01	Novos	Sim	Não	1.817.480
02	Novos	Sim	Sim	3.647.685
03	Novos	Não	Não	-113.447
04	Novos	Não	Sim	1.716.768
05	Usados	Sim	Não	1.763.936
06	Usados	Sim	Sim	3.594.149
07	Usados	Não	Não	-166.983
08	Usados	Não	Sim	1.663.232

De acordo com o observado na Tabela 36, pode – se verificar que os Valores Presentes Líquidos são positivos em seis, dos oito cenários, o que demonstra a Viabilidade Econômico – Financeira da Reciclagem dos RCC, para estes cenários, de acordo com o Método do Valor Presente Líquido.

Os resultados negativos para os VPL's nos cenários 03 e 07 apontam que sem a cobrança de receita de recepção, a reciclagem do RCC nas usinas de concreto e argamassas não é viável economicamente, nos cenários em que não há a substituição do agregado natural pelo reciclado em concretos estruturais.

Os cenários com a receita de substituição do agregado natural pelo reciclado em concretos estruturais aumentam o valor do VPL, o que indica uma melhor lucratividade do projeto, podendo ser um indicativo também, da cobrança de menores taxas de recepção, porém deve ser respeitado o limite de 20% de substituição proposto pelas normas europeias e nas pesquisas internacionais.

Os cenários com equipamentos usados, não exercem influencia significativa no valor do VPL, comparando-se com os mesmos cenários com equipamentos novos, portanto, outros critérios como disponibilidade dos equipamentos e os custos de manutenção devem ser avaliados para decidir pela compra ente um ou outro.

## 5.8 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICO – FINANCEIRA DA RECICLAGEM DOS RCC NAS FÁBRICAS DE ARTEFATOS PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETOS.

A análise da viabilidade econômico-financeira nas fábricas de pré-moldados foi realizada de forma semelhante às centrais de concretos. Porém, diferentemente, das usinas de concretos e argamassas, as fábricas de pré-moldados trabalham com produtos variados e diferentes entre si, o que impossibilitou uma avaliação conjunta para estas indústrias, tendo que ser realizada uma avaliação individual, por fábrica. Além disso, foram estudadas apenas duas hipóteses de cenários (Equipamentos novos ou usados? Com ou sem receita de recepção?), por que a maioria das fábricas ou produzem apenas peças estruturais, ou somente peças não estruturais, o que impediu a utilização do terceira hipótese (Com receita de concreto estrutural?). As demais informações já foram detalhadas no item 5.5. O Quadro 06 mostra a nova distribuição dos cenários com alternância das duas hipóteses descritas anteriormente:



Quadro 06: Cenários nas fábricas de pré-moldados

CENÁRIOS	EQUIPAMENTOS	RECEITA DE RECEPÇÃO
01	Novos	Sim
02	Novos	Não
03	Usados	Sim
04	Usados	Não

#### 5.8.1. Avaliação econômico – financeira na fábrica de pré-moldados 01

A fábrica de pré-moldados 01 trabalha com peças estruturais de concreto armado e protendido, e na literatura não foi encontrada nenhuma pesquisa que autorizasse o emprego do RCC para estas aplicações. Logo, não foi realizada a análise econômico-financeira para esta fábrica. Porém, esta empresa possui os outros requisitos (disponibilidade de espaços, laboratórios, e outros) para a realização da reciclagem, como demonstrado no item 4.2, o que justificou a realização da visita, e a sua inclusão nesta pesquisa.

#### 5.8.2. Avaliação econômica – financeira na fábrica de pré - moldados 02

A fábrica de pré - moldados 02 trabalha quase que exclusivamente com a fabricação de pisos intertravados. Por isso, considerou-se para a análise financeira, apenas a receita com a economia da substituição dos agregados naturais por reciclados em pavimentos intertravados, além da receita de recepção, nos respectivos cenários. A tabela 37 mostra o valor anual do ganho econômico que esta fábrica teria com o uso do agregado reciclado considerando o limite de substituição de 25%. A receita unitária foi estimada no item 5.4.5 e o volume de concreto pode ser observado na tabela 11.

Tabela 37: Receitas com o uso de agregados reciclados nos pisos intertravados na FPM 02

Produto	Receita Unitária (R\$/m <sup>3</sup> )	Volume de Concreto (m <sup>3</sup> /ano)	Receita Total (R\$/ano)
Piso	29,85	15.000	447.750

Na Tabela 38, são mostrados os cenários com os resultados dos VPL's para a fábrica de pré-moldados 02

Tabela 38: Cenários e Valores para o VPL – FPM 02

Cenários	Equipamentos	Receita de Recepção	VPL (R\$)
01	Novos	Sim	1.883.513
02	Novos	Não	-47.404
03	Usados	Sim	1.829.969
04	Usados	Não	-100.948

De acordo com o que foi apresentado na Tabela 36, pode-se concluir que para os cenários 01 e 03, há viabilidade econômico-financeira, visto que os VPL's são positivos. Porém os cenários que não contaram com receita de recepção (02 e 04), os VPL's deram negativos, o que indica que não há viabilidade econômico-financeira para estes cenários.

### 5.8.3. Avaliação econômico – financeira na fábrica de pré - moldados 03

Os produtos comercializados na fábrica de pré-moldados 03 são, principalmente, pisos intertravados e blocos de concreto estrutural e não estrutural, portanto para a análise financeira, serão consideradas as economias com a substituição de agregados naturais por reciclados, nestes produtos. A receita unitária utilizada no cálculo da receita total do bloco de concreto estrutural foi estimada no item 5.4.6, enquanto que a de blocos de concreto não estrutural foi estimada no item 5.4.6 para concretos não estruturais, conforme a NBR 15116/2004. Os volumes de concretos utilizados nesta estimativa estão expostos na Tabela 11. Os resultados com a receita que a fábrica de pré-moldados 03 teria com o uso de agregados reciclados podem ser observados na Tabela 39.

Tabela 39: Receitas com a utilização de agregados reciclados nos produtos comercializados na FPM 03

PRODUTOS	RECEITA UNITÁRIA	VOLUME DE CONCRETOS	RECEITA TOTAL
Pisos	R\$ 29,85/m <sup>3</sup>	758,4 m <sup>3</sup> /ano	R\$ 22.638,24/ano
Bloco Estrutural	R\$ 10,69/m <sup>3</sup>	1.896 m <sup>3</sup> /ano	R\$ 20.268,24/ano
Bloco de Vedação	R\$ 72,70/m <sup>3</sup>	948 m <sup>3</sup> /ano	R\$ 68.919,60/ano

De posse destes dados, foi possível calcular os VPL's dos cenários em estudo na fábrica de pré-moldados 03, conforme a Tabela 40:

Tabela 40: Cenários e valores do VPL na FPM 03

CENÁRIOS	EQUIPAMENTOS	RECEITA DE RECEPÇÃO	VPL (R\$)
01	Novos	Sim	-249.277
02	Novos	Não	-2.180.194
03	Usados	Sim	- 302.281
04	Usados	Não	-2.233.738

Como pode ser observado os VPL's de todos os cenários são negativos, portanto, a reciclagem do RCC na fábrica de pré-moldados 03 não é viável financeiramente, para os cenários estudados. Isto se deve principalmente, a baixa produção de concretos nesta fábrica, devendo-se ser estudadas alternativas de receita, como a venda de agregados naturais.

#### 5.8.4. Avaliação econômico – financeira na fábrica de pré - moldados 04

Para efetuar a avaliação financeira da fábrica de pré-moldados 04, foram consideradas as receitas com a utilização de agregados reciclados em blocos de concreto estrutural e não estrutural e pisos intertravados (produtos comercializados nesta empresa que podem usar agregados reciclados), como pode ser observado na tabela 41:

Tabela 41: Receitas com a utilização de agregados reciclados nos produtos comercializados na FPM 04

Produtos	Receita Unitária	Volume de Concretos	Receita Total
Pisos	R\$ 29,85/m <sup>3</sup>	6.000 m <sup>3</sup> /ano	R\$ 179.100/ano
Bloco Estrutural	R\$ 10,69/m <sup>3</sup>	21.000 m <sup>3</sup> /ano	R\$ 224.490/ano
Bloco de Vedação	R\$ 72,70/m <sup>3</sup>	3.000 m <sup>3</sup> /ano	R\$ 218.100/ano

De posse destes valores, e dos custos estimados no item 5.3, foi calculado os VPL's, para os cenários apresentados na Tabela 42, encontrando-se os seguintes valores:

Tabela 42: Cenários e valores do VPL na FPM 04

Cenários	Equipamentos	Receita de Recepção	VPL (R\$)
01	Novos	Sim	2.987.863
02	Novos	Não	1.056.946
03	Usados	Sim	2.934.319
04	Usados	Não	1.003.402

De acordo com o observado na Tabela 42, pode-se concluir que a reciclagem do RCC na fábrica de pré-moldados 04 é viável financeiramente em todos os cenários propostos.

A cobrança pela recepção do RCC amplia sensivelmente o valor do VPL, reiterando a importância desta taxa.

O uso de equipamentos usados não contribui significativamente para a viabilidade financeira deste modelo de reciclagem, devendo a decisão pela sua utilização ser analisada a cada caso.

#### 5.8.5 Avaliação econômico – financeira na fábrica de pré - moldados 05

A fábrica de pré-moldados 05 é especializada na produção de postes e galpões de concreto. Segundo a Engenheira que respondeu ao questionário, o concreto utilizado na fabricação destes produtos, possui um fck entre 25 a 30 MPa. Portanto, foi considerada para esta fábrica, a receita devido à economia com a substituição de 20% dos agregados naturais por agregados reciclados no concreto estrutural, conforme a tabela 43:

Tabela 43: Receitas com a utilização de agregados reciclados nos produtos comercializados na FPM 05

Produto	Receita Unitária	Volume de Concretos	Receita Total
Postes	R\$ 13,40/m <sup>3</sup>	6.000,00	80.400

Os resultados dos VPL para os cenários propostos, na análise financeira da fábrica de pré-moldados 05, podem ser observados na Tabela 44.

Tabela 44: Cenários e Valores para o VPL na Pré-moldados 05

CENÁRIOS	EQUIPAMENTOS	RECEITA DE RECEPÇÃO	VPL (R\$)
01	Novos	Sim	-448.802
02	Novos	Não	-2.379.719
03	Usados	Sim	- 502.346
04	Usados	Não	-2.433.263

Os resultados apontam que a reciclagem do RCC na fábrica de pré – moldados 05 não é viável financeiramente, nos quatro cenários propostos, mesmo contando com a receitas de recepção e com a economia resultante da substituição do agregado natural pelo reciclado, nos produtos comercialmente fabricados nesta empresa. Isto pode ser atribuído ao baixo volume de concreto produzido nesta fábrica. É necessário portanto, que outras fontes de receitas sejam avaliadas, como a venda da produção de agregados excedentes.

#### 5.8.6 Avaliação econômico – financeira na fábrica de pré - moldados 06

A fábrica de pré – moldados 06 produz artefatos pré-moldados de concretos não estruturais, como blocos de vedação, meio-fio (guias), sarjeta, canaleta e outros. Portanto, foi utilizada a receita devido à economia com a substituição de 100% dos agregados naturais pelo agregado reciclado em concretos não estruturais para a realização da análise financeira, conforme a tabela 45

Tabela 45: Receitas com a utilização de agregados reciclados nos produtos comercializados na FPM 06

PRODUTOS	RECEITA UNITÁRIA	VOLUME DE CONCRETOS	RECEITA TOTAL
Artefatos de concretos não estruturais	R\$ 72,70/m <sup>3</sup>	2.400 m <sup>3</sup> /ano	R\$ 174.480/ano

Na tabela 46 estão os resultados dos VPL nos quatro cenários propostos na fábrica de pré-moldados 06.

Tabela 46: Cenários e Valores para o VPL na FPM 06

CENÁRIOS	EQUIPAMENTOS	RECEITA DE RECEPÇÃO	VPL (R\$)
01	Novos	Sim	148.514
02	Novos	Não	-1.782.403
03	Usados	Sim	94.971
04	Usados	Não	-1.835.946

De acordo com os resultados apresentados na tabela 43, à reciclagem do RCC na fábrica de pré – moldados 06 é viável financeiramente, nos cenários que contam com a receita de recepção, alternativas 01 e 03, mesmo tendo uma baixa produção de concretos em comparação às fábricas de pré-moldados 02 e 04 e das centrais de concretos. Isto pode ser atribuído ao maior percentual de substituição do agregado natural pelo reciclado em artefatos pré-moldados de concreto não estrutural que são comercializados nesta fábrica.

### 5.9. DIMENSÃO DO MERCADO PARA AGREGADOS RECICLADOS

Nesta seção, será realizada a estimativa do potencial de substituição da massa de agregados naturais por agregados reciclados na produção do concreto estrutural, não estrutural, argamassas e pré-fabricados. Também serão dimensionados os impactos no processamento do RCC e na demanda por agregados naturais, do uso do RCC nas centrais de concretos e fábricas de pré-moldados viáveis economicamente na cidade de Salvador.

#### Massa de agregados naturais que poderia ser substituída em concreto não estrutural ( $M_1$ )

Para estimar  $M_1$ , necessita-se das seguintes informações:

- Produção anual de concretos sem fins estruturais nas centrais de concretos ( $V_1$ ) = 4.911,67 m<sup>3</sup>, conforme estimado no item 4.1.2, página 67.
- Massa Unitária dos agregados naturais (MU) = 1,5 t/m<sup>3</sup>, valor médio das massas unitárias, segundo Levy (2006).

- Consumo médio de agregados naturais por m<sup>3</sup> de concreto (CA<sub>1</sub>) = 1,55 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, de acordo com Levy (2006).

Efetuando-se o produto, temos:

$$M_1 = V_1 \times MU \times CA_1 \quad \text{Equação 05}$$

$$M_1 = 11.419,63 \text{ t}$$

Portanto, a massa de agregados naturais que pode ser substituída por reciclados no concreto não estrutural nas centrais de concretos de Salvador é igual a 11.419,63 t, visto que os mesmos podem ser substituídos integralmente, para esta aplicação, segundo a NBR 15116/2004.

#### Massa de agregados naturais que pode ser substituída por agregados reciclados em argamassas (M<sub>2</sub>)

Para estimar M<sub>2</sub>, necessita-se dos seguintes dados:

- Produção anual de argamassas nas centrais de concretos (V<sub>2</sub>) = 2.806,67 m<sup>3</sup>, conforme estimado no item 4.1.2, página 67
- Massa Unitária dos agregados naturais (MU) = 1,5 t/m<sup>3</sup>
- Consumo de agregados naturais por m<sup>3</sup> de argamassa (CA<sub>2</sub>) = 1,1 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, segundo Levy (2006)

Efetuando-se o produto, dos três fatores temos:

$$M_2 = V_2 \times MU \times CA_2 \quad \text{Equação 06}$$

$$M_2 = V_2 \times MU \times CA_2$$

$$M_2 = 4.631 \text{ t}$$

Portanto, temos uma massa de 4.631 t de agregados naturais que podem ser substituídos por reciclados, nas centrais de concretos, na produção de argamassas.

Massa de agregados naturais que poderia ser substituída em concreto estrutural ( $M_3$ )

Para estimar o valor de  $M_3$  necessita-se dos seguintes dados:

- Produção anual de concretos estruturais nas centrais de concretos ( $V_3$ ) = 62.448,33 m<sup>3</sup>
- Massa Unitária dos agregados naturais (MU) = 1,5 t/m<sup>3</sup>
- Consumo de agregados naturais por m<sup>3</sup> de concreto ( $CA_3$ ) = 1,44 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

Aplicando-se a equação 04, temos:

$$M_3 = V_3 \times MU \times CA_3 \quad \text{Equação 07}$$

$M_3 = 134.888,39$  t, porém apenas 20% desta massa pode ser aplicada em concreto estrutural por agregado reciclado, logo:

$$M_3 = 26.977,67 \text{ t.}$$

Portanto, a massa de agregados naturais que pode ser substituída por reciclados no concreto estrutural é igual a 26.977,68 t./ano

Mas, a recicladora utilizada nesta pesquisa, tem capacidade de processamento de 15 t/h, podendo produzir apenas 25.334 t/ano de agregados reciclados, o que impossibilita que todo potencial de substituição de agregado natural por agregado reciclado possa ser aproveitado no concreto estrutural produzido anualmente pelas centrais de concretos. Logo, necessita-se fazer a diferença entre massa de agregados produzida pela recicladora (25.344 t/ano) e a soma das massas  $M_1 + M_2$  (16.050,65 t), que é igual a 9.293,37 t.

Portanto, a massa de agregados reciclados que pode ser aproveitada nos concretos estruturais, é de 9.293,37 t ( $M_4$ ), o que é equivalente a um volume de 21.512,43 m<sup>3</sup> de concreto.



Efetuada-se agora a soma das três parcelas, encontramos a massa total de agregados naturais que pode ser substituída por reciclados nas centrais de concretos ( $M_c$ ).

$$M_c = M_1 + M_2 + M_4 \quad \text{Equação 08}$$

$$\underline{M_c = 25.344 \text{ t}}$$

Massa de agregados naturais que poderia ser substituída em pisos intertravados na FPM 02 ( $M_p$ )

Para estimar o valor de  $M_p$  foram feitas as seguintes considerações:

- Produção anual de concretos para pisos na FPM 02  $V_5 = 15.000 \text{ m}^3/\text{ano}$
- Massa Unitária dos agregados naturais ( $MU$ ) =  $1,5 \text{ t/m}^3$
- Consumo de agregados naturais por  $\text{m}^3$  de concreto ( $CA_3$ ) =  $1,44 \text{ m}^3/\text{m}^3$ .

Efetuada-se o produto, das três parcelas e considerando-se o teor de substituição de 25% do agregado natural por agregado reciclado em pisos intertravados, temos:

$$M_p = 15.000 \times 1,5 \times 1,44 \times 0,25 = \underline{8.100 \text{ t/ano}}$$

Massa de agregados naturais que poderia ser substituída nos produtos comercializados na FPM 04

A fábrica de pré-moldados 04 comercializa três produtos que podem usar agregados reciclados: pisos intertravados, blocos de concreto estrutural e de vedação. Portanto, deve-se efetuar três cálculos, para encontrar a massa de naturais que pode ser substituída por reciclados nesta fabrica, logo temos:

$$M_p = 6.000 \times 1,5 \times 1,44 \times 0,25 = 3.240 \text{ t/ano}$$

$$M_{BE} = 21.000 \times 1,5 \times 1,44 \times 0,20 = 9.072 \text{ t/ano}$$

$$M_{BV} = 3.000 \times 1,5 \times 1,55 = 6.975 \text{ t/ano}$$

Somando-se as três parcelas, temos um total de 19.287 t/ano de agregados naturais que podem ser substituídos por reciclados nesta fábrica.

#### Massa de agregados naturais que podem ser substituída por reciclados nos produtos comercializados na FPM 06

A fábrica de pré-moldados 06 comercializa artefatos de concreto sem função estrutural, portanto, para calcular a massa de agregados naturais que podem ser substituída por reciclado, foram feitas as seguintes considerações:

- Produção anual de concretos na FPM 06 ( $V_1$ ) = 2.400 m<sup>3</sup>, conforme Tabela 11.
- Massa Unitária dos agregados naturais (MU) = 1,5 t/m<sup>3</sup>, valor médio das massas unitárias, segundo Levy (2006).
- Consumo médio de agregados naturais por m<sup>3</sup> de concreto ( $CA_1$ ) = 1,55 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, de acordo com Levy (2006).

Efetuada-se o produto, dos três fatores temos:

$$M_{FPM06} = 2.400 \times 1,5 \times 1,55 = \underline{5.580 \text{ t/ano.}}$$

#### 5.9.1 Impactos no processamento do RCC de Salvador

De acordo com Melo (2011), a quantidade de RCC gerada em Salvador pelo grande gerador, foi de 2.269,76 t/dia. Considerando-se que 01 ano = 264 dias, e desconsiderando o problema de sazonalidade na geração do resíduo, temos 599.216,64 t/ano de RCC bruto. Admitindo-se que 60% deste montante, é de resíduo Classe A, conforme observado na seção 2.1.3, teríamos 359.530 t/ano de material com alto potencial para reciclagem para serem empregados nas recicladoras pesquisadas.

Caso as três as centrais de concretos e as três fábricas de pré – moldados (viáveis economicamente e com disponibilidade de espaço) venham utilizar esta proposta, teríamos uma redução de 130.800 t/ano de RCC nos aterros sanitários da cidade, o que representa mais de 36% do RCC Classe A, gerado pelos grandes geradores na cidade.

### 5.9.2 Impactos na demanda por agregados naturais

Melo (2011), estimou a quantidade de agregados pétreos produzidos no município de Salvador, para o ano de 2009, encontrando-se os valores de 2.352.573,58 t e 3.413.233,41 t, para os agregados graúdos e miúdos, respectivamente. Somando-se as duas parcelas, chega-se a um total de 5.765.807 t de agregados. Portanto, caso as três centrais de concretos e as três fábricas de pré-moldados implantem a recicladora utilizada neste trabalho, teríamos uma produção de 108.999 t/ano de agregados reciclados, o que representa uma redução de aproximadamente 2% no consumo de agregados naturais na cidade de Salvador.

## 6. CONCLUSÕES

Com base nas informações coletadas na literatura, nas visitas às centrais de concreto pré - misturado e fábricas de pré – moldados, nas estimativas das receitas e dos custos e na simulação e análise dos cenários econômicos, pode-se concluir que a Reciclagem dos Resíduos da Construção Civil nas centrais de concretos e fábricas de pré-moldados é viável economicamente, em vários cenários propostos de acordo com o método do Valor Presente Líquido.

Três centrais de concretos e todas as seis fábricas de pré-moldados possuem disponibilidade de espaços, para a instalação e operação da usina de reciclagem proposta neste trabalho.

As centrais de concreto e fábricas de pré-moldados de grande porte possuem laboratórios com os equipamentos necessários para o controle de qualidade do agregado e concreto reciclado. Além disso, foi observada a existência de pás carregadeiras que podem ser utilizadas no transporte do resíduo para o alimentador vibratório e dos agregados reciclados para os silos de agregados.

As fábricas de pré-moldados de pequeno porte não possuem laboratórios, porém, comercializam elementos pré-fabricados de concreto sem responsabilidade estrutural, portanto com menor exigência de controle de qualidade do produto.

Comparando-se os custos de implantação, operação, manutenção e de despesas administrativas das centrais de reciclagem pesquisadas por Nunes (2004), com os custos encontrados neste trabalho, percebe – se que estes são mais baixos, visto que nas empresas estudadas, não seriam necessários investimentos com obras civis, terrenos, parte da mão de obra (Engenheiros, Técnicos de Laboratórios, Vigias, e outros), o que diminui a necessidade de processar uma grande quantidade de RCC, e de termos uma usina de reciclagem de grande porte.

Dos oito cenários analisados nas centrais de concreto, seis deram resultados positivos, e dois deram negativos. Os seis resultados positivos apontam, para a viabilidade financeira da reciclagem do RCC nas usinas de concretos e argamassas. Os resultados negativos indicam que sem a cobrança de taxa de recepção, as centrais de reciclagem não são viáveis financeiramente, nos cenários que não possuem ganhos financeiros com a substituição do agregado natural pelo reciclado no concreto estrutural.

A utilização de receitas provenientes da redução de custos com a substituição de agregados naturais por reciclados nos concretos estruturais aumentam o valor do VPL, o

que incrementa a viabilidade financeira para estes cenários. Além disso, a substituição do agregado natural (AN), pelo agregado reciclado (AR) no concreto estrutural, permite que toda capacidade produtiva da usina de reciclagem utilizada nesta pesquisa seja aproveitada, isto é, a substituição do AN pelo AR somente em concretos não estruturais e argamassas nas centrais de concretos, é insuficiente para consumir todo o potencial de produção de agregado reciclado da recicladora proposta. O desafio que se apresenta é a modificação de normas técnicas que permitam, sob condições adequadas, a substituição parcial do agregado reciclado em concretos estruturais e a implantação de sistemas de gestão de resíduos em canteiros.

O emprego de equipamentos usados não contribui significativamente para a viabilidade financeira da reciclagem do RCC nas centrais de concretos e fábricas de pré-moldados, devendo a decisão para o seu uso ser considerados outros critérios de avaliação, tais como disponibilidade do equipamento e custos de manutenção.

No que diz respeito às fábricas de pré-moldados, pode-se concluir que das 05 fábricas analisadas, três tiveram resultados positivos para o VPL, o que aponta para a viabilidade financeira da reciclagem do RCC nestas indústrias.

Os resultados negativos nas outras duas fábricas indicam que a substituição de agregados reciclados nos produtos comercializados nestas indústrias é insuficiente para viabilizar financeiramente a reciclagem do RCC, mesmo com a cobrança pela recepção dos resíduos; isto se deve, principalmente, ao baixo volume de concreto produzido nestas fábricas. É necessário, portanto, que outras receitas sejam adotadas, como a venda do agregado reciclado excedente, não utilizado nos produtos comercializados nas fábricas, o que poderá ser verificado em pesquisas futuras.

Portanto, levando-se em consideração, a limitação de espaços observada em três centrais de concreto, e a baixa produção de concretos estimada para duas fábricas de pré-moldados, pode-se concluir que caso três centrais de concretos e três fábricas adotem o modelo de reciclagem proposto neste trabalho, teríamos um aproveitamento de mais de 40% do RCC classe A produzido pelo grande gerador em concretos, argamassas e pré-fabricados nas atuais condições encontradas na Região Metropolitana de Salvador. Além disso, teríamos uma redução em mais de 2% do consumo total de agregados naturais produzidos na cidade.

## 6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como em única pesquisa, dificilmente se consegue investigar todas as possibilidades de estudo de um determinado tema, neste item são feitas algumas sugestões de pesquisas identificadas ao longo deste trabalho:

- Realizar uma pesquisa experimental da utilização do agregado reciclado na produção dos concretos, argamassas e artefatos pré-moldados de concreto nas centrais de concretos e fábricas de pré-moldados.
- Estimar o consumo de agregados para construção civil pelo poder público Municipal, Estadual, e Federal na cidade de Salvador, para atuarem como indutores de consumo de agregados reciclados.
- Realizar mapeamento georreferenciado das centrais de concretos e fábricas de pré-moldados e levantar os possíveis impactos ambientais provocados pelo modelo de reciclagem proposto neste trabalho.
- Pesquisar o lay out ideal para que os equipamentos das usinas de concretos e argamassas trabalhem em conjunto com os equipamentos de reciclagem de RCC, e com isso mais centrais de concretos possam adotar o modelo de reciclagem proposto nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, Gerusa de. **Estudo de argamassas com agregados reciclados contaminados por gesso de construção**. 2004. 310 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ALAEJOS, P. et AL. **Draft of Spanish Regulations for the Use of Recycled Aggregate in the Production of Structural Concrete**. In: International Rilem Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures, 2004, Barcelona. Elsevier Publications, 2004.

ÂNGULO, Sérgio Cirelli. Variabilidade de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados. 2000.172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ÂNGULO, S.C (2005). **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. São Paulo, 236 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ÂNGULO, S.C. et al. **Processamento de Resíduos de Construção e Demolição em Usinas de Reciclagem Européias**. In: Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção, 2009, Feira de Santana. Anais...Feira de Santana: Antac, 2009. p. 609-616.

ARAGÃO, Hélio Guimarães. **Análise Estrutural de Lajes Pré-moldadas Produzidas com Concreto Reciclado de Construção e Demolição**. 2007. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. NBR 15112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – áreas de transbordo e triagem – diretrizes para projetos, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – aterro – diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil – áreas de reciclagem – diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – execução de camadas de pavimentação – procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Informações sobre financiamentos [mensagem pessoal]. Mensagem enviada automaticamente. faleconosco@bndes.gov.br em 14 fev. 2012.

BRASIL. CONAMA. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br). Acesso em: 15 Out. 2008.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Resolução n.307, de 5 de julho de 2002. Disponível em: [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br). Acesso em: 16 jul. 2008.

BUTLER, Alexandre Marques. **Uso de Agregado Reciclado de Concreto em Blocos de Alvenaria Estrutural**. 2007. 535 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

BITTENCOURT, R.M. et al. **Aproveitamento de Resíduos de Vidro em Concreto**. In: Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, 6., 2006, Goiânia. Anais...Goiânia: EPUSP, 2006. p. 458-473.



CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCC.** 2007. 254 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CARRIJO, Priscila Meireles. **Análise da influencia da massa específica de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto.** 2005. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CARNEIRO, Alex Pires; BRUM, Irineu Antônio Schadach de; CASSA, José Clodoaldo Silva (org.). **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção. Projeto Entulho Bom.** Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

CARNEIRO, Fabiana Padilha. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife.** 2005. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

CARNEIRO, Vanessa Lúcia; MOURA, Washington Almeida; LEITE, Mônica Batista. **Influencia do uso de cerâmica vermelha e finos de RCD como substituição parcial de cimento, para produção de argamassas.** In: Encontro Nacional sobre Resíduos na Construção. ENARC 2009. Feira de Santana: ANTAC, 2009. p. 274 – 286.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut. **Análise de Investimentos.** São Paulo: Atlas, 2000.

CORINALDESI, Valeria; MORICONI, Giacomo. **Behaviour of Cimentitious Mortars Containing Different Kinds of Recycled Aggregate.** Construction and Building Materials. v. 23. p. 289 – 294, 2009.

CORINALDESI, Valeria. **Mechanical and Elastic Behaviour of Concretes Made of Recycled –Concrete Coarse Aggregates.** *Construction and Building Materials.* v.24. p.1616 -1620, 2010.

COSTA e SILVA, A.J. et al. **Concreto Produzido com parte de Resíduo de Vidro na Ilha de Fernando de Noronha – PE.** In Congresso Brasileiro do Concreto, 53., 2011, Florianópolis. Anais...Florianópolis: IBRACON, 2011. p. 1 - 12.

CUNHA, Nelma Almeida. **Resíduos da Construção Civil: Análise de Usinas de Reciclagem.** 2007. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

DESENBAHIA – Agência de Fomento do Estado da Bahia. BNDES FINAME. Disponível em:[http://www.desenbahia.ba.gov.br/Credito\\_Financiamento2.aspx?id=234](http://www.desenbahia.ba.gov.br/Credito_Financiamento2.aspx?id=234). Acesso 15 fev. 2012.

ETXEBERRIA, M., MARI, A.R, VAZQUEZ, E. **Recycled Aggregate Concrete as Structural Material.** *Materials and Structures.* v. 40. p. 529-541, 2007.

ETXEBERRIA, M. ET AL. **Influence of Amount of Recycled Coarse Aggregates and Production Process on Properties of Recycled Aggregate Concrete.** *Cement and Concrete Research.* v. 37. p. 735-742. 2007.

EVANGELISTA L; BRITO, J. de. **Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates.** *Cement and Concrete Composites.* v. 29. p. 397-401, 2007.

EVANGELISTA, Patrícia Pereira de Abreu. **Alternativa Sustentável para Destinação de Resíduos Classe A: Diretrizes para Reciclagem em Canteiros de Obras.** 2009. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

FARIAS, R.S. et al. **Aplicação de Processo de Racionalização Utilizando Blocos de Concreto e Avaliação de Desempenho Térmico-Estrutural de Habitação de Interesse Social Construída em Maceió.** In: Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-moldado, 1.,2005, São Carlos. Anais...São Carlos: USP, 2005. p. 1 -12.

FGV – Fundação Getúlio Vargas. IGP. Disponível em: [http://www14.fgv.br/novo\\_fgvdados/Default.aspx](http://www14.fgv.br/novo_fgvdados/Default.aspx). Acesso em 19 set. 2011.

FIGUEIRÊDO FILHO, João Gualberto Leite. **Avaliação da trabalhabilidade de concretos contendo agregado reciclado de argamassa.** 2011. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2011.

GONÇALVES, José Carlos V.; MOREIRA, Marcos Donadello; BORGES, Vânia Passos. **Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador.** Salvador: CPRM, 2008.

GONÇALVES, Paulo César Magalhães. **Betão com Agregados Reciclados: Análise Comentada da Legislação Existente.** 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

HIRSCHFELD, Henrique. Engenharia Econômica e Análise de Custos. 7ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

HOOD, Rogério da Silva Scott. **Análise da Viabilidade Técnica da Utilização de Resíduos de Construção e Demolição como Agregado Reciclado na Confecção de Blocos de Concreto para Pavimentação.** 2006. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

JADOVSKI, Iuri. **Diretrizes Técnicas e Econômicas para Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição.** 2005.178f. Dissertação (Mestrado

Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113 p. Tese (Livre docência em engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

JOHN, Vanderley Moacyr.; AGOPYAN, Vahan. **Reciclagem de resíduos na construção**. In: SEMINÁRIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, São Paulo. Disponível em: [www.reciclagem.pcc.usp.br](http://www.reciclagem.pcc.usp.br). Acesso em: 03 out. 2008.

KHATIB, J.M. Properties of concrete incorporating fine recycled aggregate. **Cement and Concrete Research**, n.4, v.35, p 763-769, 2005.

KOLLER, D.R.P. et al. **Avaliação da Resistência à Compressão de Argamassas Produzidas com Vidro Moído**. Ciências Naturais e Tecnológicas, S.Maria. v.8, n.1, p. 17-23, 2007.

LA SERNA, H.A.de. et.al. **Agregados para a Construção Civil**. Sumário Mineral 2010. Disponível em: [https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra\\_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=5451](https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=5451). Acesso em Outubro de 2011.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre, 2001. 270 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LEITE, Mônica Batista. **Avaliação do comportamento tensão-deformação de concretos reciclados submetidos à compressão axial e tração direta**. 2009. 65 f. Monografia (Progressão na Carreira de Professor Adjunto para Professor Titular) – Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

LEVY, Salomon Mony. **Contribuição ao Estudo da Durabilidade de Concretos Produzidos com Resíduos de Concretos e Alvenaria**. 2001. 208 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LEVY, Salomon Mony. Desafios Enfrentados pelos Agregados Reciclados, da Produção à Comercialização. In: Ecovale, São Paulo, UNINOVE, 2006.

LÓPEZ, D.A.R.; AZEVEDO, C.A.P. BARBOSA NETO, E. **Avaliação das Propriedades Físicas Mecânicas de Concretos com Vidro Cominuído como Agregado Fino**. Revista Cerâmica, n. 51, p. 318-324, 2005.

LIMA, J.A.R (1999). **Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduos de construção reciclados e de suas aplicações em argamassas e concretos**. São Carlos, 246 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

LOPES, Luís Ricardo. **Avaliação da interferência dos finos no desempenho de concretos com resíduos de construção e demolição**. 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

LOVATO, Patrícia Silveira. **Verificação dos Parâmetros de Controle de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição para Utilização em Concreto**. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MANFRINATO, J.W.S.; ESGUÍCERO, F.J; MARTINS, B.L. Implementação de Usina para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC) como Ação para o Desenvolvimento Sustentável – Estudo de Caso. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 28., Rio de Janeiro, 2008.

MAQBRIE Comercio e Indústria de Máquinas LTDA. Informações sobre equipamentos (mensagem pessoal), mensagem enviada por Nilson Zuim Pinar. <maqbrit@maqbrit.com.br> em 13 Ago. 2010.

MÁQUINAS FURLAN LTDA. Disponível em <http://www.furlan.com.br/equipamentos>. Acesso em: 02 Ago 2011

MATTOS, Aldo Dórea. **Como Preparar Orçamento de Obras: Dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: Editora Pini, 2006. 281p.

MELO, Adriana Virgínia Santana. Diretrizes para a Produção de Agregado Reciclado em Usinas de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil. 2011. 233 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, UFBA, Salvador, 2011.

MIRANDA, Edson Leandro de Oliveira. **A Gestão Diferenciada dos Resíduos de Construção e Demolição como Promoção da Sustentabilidade em Obras da Construção Civil**. 2010. 66 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosemback. **Contribuição ao Desenvolvimento da Produção e Controle de Argamassas de Revestimento com Areia Reciclada Lavada de Resíduos Classe A da Construção Civil**. 2005. 439 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MIRANDA, L.F.R.; ÂNGULO; S.C.; CARELI, E.D. **A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição no Brasil: 1986 – 2008**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.9, n.1, p. 57-71, jan./mar. 2009.

NOVAFROTA EQUIPAMENTOS S.A. Informações sobre equipamentos [mensagem pessoal]. Mensagem enviada por José Air. <Jose.air@novafrota.com.br> em 15 set.2011.

NUNES, Kátia Regina Alves. **Avaliação de Investimentos e de Desempenho de Centrais de Reciclagem para Resíduos Sólidos de Construção e Demolição.** 2004. 275 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

OLIVEIRA, M. J.; ASSIS, C. S.; DE MATTOS, J. T. **Recycled Aggregate Standardization in Brazil.** In: International Rilem Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures, 2004, Barcelona. Elsevier publications, 2004.

PEDROZO, Ruben F.E.; ROCHA, Janaíde Cavalcante; CHERIAF, Malik. **Estudo da influência de agregados reciclados finos de RCD em substituição do agregado miúdo natural em propriedades de concretos e argamassas.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12, 2008, Fortaleza, Anais... Fortaleza: 2008.

PETRUCCI, Eládio G.R.. **Concreto de cimento portland.** 13.ed.. São Paulo: Globo, 1998.

PIETRA, Ivie. **Avaliação do concreto com agregados graúdos reciclados de resíduos de construção e demolição reforçado com fibras de aço.** 2005. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

POON, Chi – Sun. et al. **Properties of Concrete Blocks Prepared With Low Grade Recycled Aggregates.** Waste Management. v. 29. p. 2369 – 2377. 2009.

REIS, Carine Nunes da Silva. **Influência da Utilização do Agregado Miúdo do RCD na Aderência Aço-Concreto Reciclado.** 2009. 171f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

ROSA, Monique Petry da. **Viabilidade Econômico Financeira e Benefícios Ambientais da Implantação de uma Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil Produzidos em Florianópolis – SC.** 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SALES, Ângela Teresa Costa; CABRAL Manoel Fernando F.. **Argamassas com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção.** In: Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção, 2009, Feira de Santana. Anais do Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos. Feira de Santana: UEFS, 2009. p. 448-458.

SALVADOR. Decreto n. 12 133, de 08 de Outubro de 1998. Dispõe sobre o resíduo das obras de construção civil. Diário Oficial do Município, Salvador, 09 out. 1998.

SALVADOR,. **Gestão diferenciada de entulho na cidade do Salvador.** Prefeitura Municipal do Salvador, Assessoria de Planejamento. Salvador: Assessoria de Planejamento/LIMPURB, 2007. 19 p.

SALVADOR. SESP.LIMPURB. *Relatório anual de atividades:* documento interno. Salvador, 2006.

SANTANA, J.A. **Viabilidade do Uso de Resíduos de Britagem em Concretos de Estruturas Pré-Fabricadas em Salvador.** 2008. 153f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

SANTIAGO, E. Q. R. **Utilização de Agregados de EVA e RCD para Obtenção de Concretos Leves.** Feira de Santana, 2008. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual de Feira de Santana. 2008, 168p.

SIMIÉLI. Daniel. et AL. **Utilização de Agregados Reciclados em Pavimentos Intertravados.** Exacta, São Paulo, v.5, n.2, p. 231 -241, jul./dez. 2007.



Sindicato dos Trabalhadores na Indústria de Extração de Mármore, Calcários, Granitos e Pedreiras do Estado da Bahia (SINDIPEDRA-BA). Dados fornecidos pelo Sr Raimundo Gomes em 23 set. 2011. Informação Verbal.

TAVEIRA, Alberto. et al. Pavimentos Intertravados de Concreto Fabricados com Utilização de Resíduos de Construção e Demolição (RCD). In: Encontro Nacional Sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção. ENARC 2009. Feira de Santana: ANTAC, 2009. p. 424 – 434.

TENÓRIO, Jonathas Judá Lima. **Avaliação de propriedades de concreto produzido com agregados reciclados de resíduo de construção e demolição visando aplicações estruturais**. 2007. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

VERBAM – Máquinas a Serviço do Meio Ambiente. Informações sobre equipamentos (mensagem pessoal). Mensagem enviada por Nicolas Muccillo <vendas5@baram.com.br> em 21 jul. 2011.

WERLE, Ana Paula. **Determinação de Propriedades de Concretos com Agregados Reciclados de Concreto, com Ênfase na Carbonatação**. 2010. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2010.

XAVIER, Luciana Lopes. **Subsídios para tomada de decisão visando melhoria do gerenciamento do resíduo urbano em Florianópolis/SC: Enfoque no resíduo da construção civil**. 2001. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

ZEGA, Claudio Javier; DI MAIO, Ángel Antonio. Use of recycled fine aggregate in concretes with durable requirements. Waste Management. v. 31. p. 2336 – 2340, 2011.

**APENDICE A - PLANO DE VISITA ÀS CENTRAIS DE CONCRETO**

1. Quais são os concretos produzidos?

- A. Concreto não estrutural ( $f_{ck} \leq 15$  MPa) ( )
- B. Concreto estrutural ( $f_{ck}$  entre 15 e 40 MPa) ( )
- C. Concreto estrutural ( $f_{ck}$  acima de 40 MPa) ( )

1.1 Fabrica também argamassas?

- a. SIM ( )
- b. NÃO ( )

2. Qual a produção anual dos concretos e de argamassas?

a. Concreto estrutural:

- i. De 15 MPa a 40 MPa \_\_\_\_\_
- ii. Acima de 40 MPa \_\_\_\_\_

- b. Concreto Não Estrutural \_\_\_\_\_
- c. Argamassas \_\_\_\_\_

3. Qual o percentual de saída de cada produto fabricado?

a. Concreto Estrutural

- i. De 15 MPa a 40 MPa \_\_\_\_\_
- ii. Acima de 40 MPa \_\_\_\_\_
- b. Concreto Não Estrutural \_\_\_\_\_
- c. Argamassas \_\_\_\_\_

4. Quais são os clientes?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Quais são as aplicações?

a. Concreto Estrutural

- i. De 15 MPa a 40 MPa \_\_\_\_\_
- ii. Acima de 40 MPa \_\_\_\_\_
- b. Concreto Não Estrutural \_\_\_\_\_
- c. Argamassas \_\_\_\_\_

6. Qual as características técnicas dos concretos (fck, traços, outras)?

- a. Fck \_\_\_\_\_
- b. Slump \_\_\_\_\_
- c. Traço \_\_\_\_\_
- d. Outras \_\_\_\_\_

7. Quais os preços dos concretos (preço de produção e de venda)?

7.1. Custo de Produção

- a. Concreto Estrutural \_\_\_\_\_
- b. Concreto Não Estrutural \_\_\_\_\_
- c. Argamassas \_\_\_\_\_

7.2. Preço de Venda

- a. Concreto Estrutural \_\_\_\_\_
- b. Concreto Não Estrutural \_\_\_\_\_
- c. Argamassas \_\_\_\_\_

8. Qual o consumo anual de agregados naturais (areia, brita)?

- a. Areia \_\_\_\_\_
- b. Brita \_\_\_\_\_

9. Quais os preços dos agregados naturais e do cimento para as centrais de concretos?

- a. Areia \_\_\_\_\_
- b. Brita \_\_\_\_\_
- c. Cimento \_\_\_\_\_

10. Qual a geração diária de Resíduos de Concreto? Qual o volume? Fotografar.

- c. SIM ( )
- d. NÃO ( )

11. A empresa tem laboratório para fazer o controle tecnológico dos agregados e concretos?(Fotografar equipamentos).

- a. ( ) SIM
- b. (.....) NÃO

12. Terceirizado ou Próprio?

13. Quais são os equipamentos (fotografar)?

14. Quais os ensaios realizados?

14.1. No concreto

- a. Resistência à compressão ( )
- b. Abatimento ( )
- c. Outros ( )

14.2. Nos agregados

- a. Absorção de água ( )
- b. Massa Específica ( )
- c. Granulometria ( )

15. Como é feito o transporte interno da areia e da brita?

- a. ( ) Caminhão Basculante / Caminhão comum
- b. ( ) Retroescavadeira
- c. ( ) Pá Carregadeira
- d. ( ) \_\_\_\_\_

16. Qual/Quais destes funcionários a empresa possui?

- a. Gerente Administrativo ( )
- b. Auxilia de Produção ( )
- c. Operador de Britagem ( )
- d. Operador de Pá Carregadeira / Retroescavadeira ( )
- e. Motorista de Caminhão ( )
- f. Controlador de Pátio ( )
- g. Mecânico ( )
- h. Auxiliar de Escritório ( )
- i. Vigias ( )

17. Possui dispositivo para minimização de ruído?

- a. ( ) SIM
- b. ( ) NÃO

18. Possui dispositivo para minimização de poeira?

- a. ( ) SIM
- b. ( ) NÃO

19. Qual o período de operação da empresa (horas/dia)?

---

20. Quais as áreas da Empresa?

- a. Dimensões: \_\_\_\_\_
- b. Área Total: \_\_\_\_\_
- c. Área Ocupada: \_\_\_\_\_
- d. Área Livre: \_\_\_\_\_
- e. Coordenadas Geográficas \_\_\_\_\_

21. Possui áreas de armazenamento dos agregados?

- a. ( ) Silos
- b. ( ) Baias
- c. ( ) A céu aberto

22. Quais as dimensões das baias/silos

---

23. Possui alguma baia vazia?

- a. ( ) SIM
- b. ( ) NÃO

24. Faz estocagem de agregados?

- a. ( ) SIM
- b. ( ) NÃO

25. Existe terreno para expandir?

- a. ( ) SIM
- b. ( ) NÃO

26. Observar o funcionamento da Empresa na fabricação dos seus produtos (Fazer um lay out por meio de fotografias desde a chegada dos agregados à saída dos concretos) e verificar qual o local mais apropriado para a instalação da recicladora na central de concreto

---

---

27. Verificar a possibilidade de implantação da usina de reciclagem in loco por meio de um fluxograma

---

---

28. Ver o local mais apropriado para a instalação dos equipamentos da recicladora

---

---

29. Fazer um croqui com os equipamentos das centrais de concretos e com a recicladora.

NOME : \_\_\_\_\_  
FUNÇÃO: \_\_\_\_\_

**APÊNDICE B - PLANO DE VISITA ÀS FABRICAS DE PRÉ - MOLDADOS**

1. Quais são os produtos fabricados?

- A. Pavimentos Intertravados ( )
- B. Pisos Uni Stein ( )
- C. Pisos Linha Especial ( )
- D. Guias ( )
- E. Blocos Contec ( )

1.1 Possui Central de Concreto?

- a. SIM ( )
- b. NÃO ( )

2. Qual a produção mensal dos concretos?

---

---

3. Qual o percentual de saída de cada produto fabricado?

- A. Pavimentos Intertravados \_\_\_\_\_
- B. Pisos Uni Stein \_\_\_\_\_
- C. Pisos Linha Especial \_\_\_\_\_
- D. Guias \_\_\_\_\_
- E. Blocos Contec \_\_\_\_\_

4. Quais são os clientes?

---

---

5. Quais são as aplicações?

- A. Pavimentos Intertravados \_\_\_\_\_
- B. Pisos Uni Stein \_\_\_\_\_
- C. Pisos Linha Especial \_\_\_\_\_
- D. Guias \_\_\_\_\_
- E. Blocos Contec \_\_\_\_\_

6. Qual as características técnicas dos produtos?

- A. Pavimentos Intertravados \_\_\_\_\_
- B. Pisos Uni Stein \_\_\_\_\_
- C. Pisos Linha Especial \_\_\_\_\_
- D. Guias \_\_\_\_\_
- E. Blocos Contec \_\_\_\_\_

7. Quais os preços dos produtos (preço de produção e de venda)?

7.1. Custo de Produção

- A. Pavimentos Intertravados \_\_\_\_\_
- B. Pisos Uni Stein \_\_\_\_\_
- C. Pisos Linha Especial \_\_\_\_\_
- D. Guias \_\_\_\_\_
- E. Blocos Contec \_\_\_\_\_

7.2. Preço de Venda

- A. Pavimentos Intertravados \_\_\_\_\_
- B. Pisos Uni Stein \_\_\_\_\_
- C. Pisos Linha Especial \_\_\_\_\_
- D. Guias \_\_\_\_\_
- E. Blocos Contec \_\_\_\_\_

8. Qual o consumo anual de agregados naturais (areia, brita)?

a. Areia \_\_\_\_\_

b. Brita \_\_\_\_\_

9. Quais os preços dos agregados naturais e do cimento para as fábricas?

a. Areia \_\_\_\_\_

b. Brita \_\_\_\_\_

c. Cimento \_\_\_\_\_



10. Qual a geração diária de Resíduos de Concreto? Qual o volume? Fotografar

- c. SIM ( )
- d. NÃO ( )

11. A empresa tem laboratório para fazer o controle tecnológico dos agregados e concretos?(Fotografar equipamentos)

- a. ( ) SIM
- b. (.....) NÃO

12. Terceirizado ou Próprio?

13. Quais são os equipamentos (fotografar)?

14. Quais os ensaios realizados?

14.1 No Concreto

- a. Resistência à Compressão ( )
- b. Abatimento ( )
- c. Outros ( )

14.2. Nos Agregados

- a. Absorção de água ( )
- b Massa Específica ( )
- c. Granulometria ( )

15. Como é feito o transporte interno da areia e da brita?

- a. ( ) Caminhão Basculante / Caminhão Comum
- b. ( ) Retroescavadeira
- c. ( ) Pá Carregadeira
- d. ( ) \_\_\_\_\_

16. Qual/Quais destes funcionários a empresa possui?

- a. Gerente Administrativo ( )
- b. Auxilia de Produção ( )
- c. Operador de Britagem ( )
- d. Operador de Pá Carregadeira / Retroescavadeira ( )
- e. Motorista de Caminhão ( )
- f. Controlador de Pátio ( )
- g. Mecânico ( )
- h. Auxiliar de Escritório ( )
- i. Vigias ( )

17. Possui dispositivo para minimização de ruído?

- a. ( ) SIM
- b. ( ) NÃO

18. Possui dispositivo para minimização de poeira?

- a. ( ) SIM
- b. ( ) NÃO

19. Qual o período de operação da empresa (horas/dia)?

---

20. Quais as áreas da Empresa?

- a. Dimensões: \_\_\_\_\_
- b. Área Total: \_\_\_\_\_
- c. Área Ocupada: \_\_\_\_\_
- d. Área Livre: \_\_\_\_\_
- e. Coordenadas Geográficas \_\_\_\_\_

21. Possui áreas de armazenamento dos agregados?

- a. ( ) Silos
- b. ( ) Baias
- c. ( ) A céu aberto

22. Quais as dimensões das baias/silos

---

23. Possui alguma baia vazia?

- a. ( ) SIM
- b. ( ) NÃO

24. Faz estocagem de agregados?

- a. ( ) SIM
- b. ( ) NÃO

25. Existe terreno para expandir?

- a. ( ) SIM
- b. ( ) NÃO

26. Observar o funcionamento da Empresa na fabricação dos seus produtos (Fazer um lay out por meio de fotografias desde a chegada dos agregados à saída dos concretos) e verificar qual o local mais apropriado para a instalação da recicladora na central de concreto.

---

---

27. Verificar a possibilidade de implantação da usina de reciclagem in loco por meio de um fluxograma

---

---

28. Ver o local mais apropriado para a instalação dos equipamentos da recicladora

---

---

29. Fazer um croqui com os equipamentos das fábricas de pré-moldados e com a recicladora.

NOME : \_\_\_\_\_  
FUNÇÃO: \_\_\_\_\_

### APÊNDICE C – Cenários para a análise financeira nas centrais de concreto

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - CENTRAIS DE CONCRETOS			
Cenário 01: Equipamentos Novos; Com Receita de Recepção; Sem Receita do Concreto Estrutural.			
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00		
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00		
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80		
Receita de Recepção	304.128,00		
Receita Estrutural (R\$)	0,00		
Receita Não Estrutural (R\$)	357.078,41		
Receita Argamassas	80.270,76		
Receita Bruta	741.477,17		
<b>Custos de Operação</b>			
Mão-de-obra	78.720,00		
Energia	24.773,76		
Manutenção	14.434,80		
Diesel	14.606,59		
Sub total	132.535,15		
<b>Despesas gerais e administrativas</b>			
Seguros	2.676,96		
Telefones	38.027,74		
Suporte ao Produto	95.069,34		
Pro Labore	95.069,34		
Mão de obra externa	9.363,81		
Assessorias	19.013,87		
Elementos de Desgaste	19.013,87		
Peças de Reposição	2.000,00		
Despesas Diversas	38.027,74		
Sub total	318.262,67		
Total dos custos	450.797,82		
Depreciação	12.980,88		
Lucro antes do imposto de renda	277.698,47		
Imposto de renda 15%	41.654,77		
Lucro líquido	236.043,70		
<b>Entradas de Caixa</b>			
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00		
Lucro líquido	236.043,70		
Depreciação	12.980,88		
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60	
Total das entradas de caixa ( DATAS 01 A 19)	249.024,58		
Total das entradas de caixa ( DATA 20)	275.794,18		
<b>Saídas de Caixa</b>			
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84		
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00		

FLUXO DE CAIXA - CENÁRIO 01							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				236.044	12.981	76.657	172.368
2				236.044	12.981	76.657	172.368
3				236.044	12.981	76.657	172.368
4				236.044	12.981	76.657	172.368
5				236.044	12.981	76.657	172.368
6				236.044	12.981	76.657	172.368
7				236.044	12.981	76.657	172.368
8				236.044	12.981	76.657	172.368
9				236.044	12.981		249.025
10				236.044	12.981		249.025
11				236.044	12.981		249.025
12				236.044	12.981		249.025
13				236.044	12.981		249.025
14				236.044	12.981		249.025
15				236.044	12.981		249.025
16				236.044	12.981		249.025
17				236.044	12.981		249.025
18				236.044	12.981		249.025
19				236.044	12.981		249.025
20		26.770,00		236.044	12.981		275.795
VPL =	1.817.480						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO CENTAIS DE CONCRETOS		
Cenário 02: Equipamentos Novos; Com Receita de Recepção; Com Receita do Concreto Estrutural.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Estrutural (R\$)	288.267,00	
Receita Não Estrutural (R\$)	357.078,00	
Receita Argamassas	80.270,00	
Receita Bruta	1.029.743,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
<b>Total dos custos</b>	<b>450.797,82</b>	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	565.964,30	
Imposto de renda 15%	84.894,65	
Lucro líquido	481.069,66	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Lucro líquido	481.069,66	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
Total das entradas de caixa ( DATAS 01 A 19)	494.050,54	
Total das entradas de caixa ( DATA 20)	520.820,14	
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro	45.375,84	
Prestações do Financiamento	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - CENÁRIO 02							
ANOS	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	-45.376		380.807				335.431,00
1				481.070	12.981	76.657	417.394
2				481.070	12.981	76.657	417.394
3				481.070	12.981	76.657	417.394
4				481.070	12.981	76.657	417.394
5				481.070	12.981	76.657	417.394
6				481.070	12.981	76.657	417.394
7				481.070	12.981	76.657	417.394
8				481.070	12.981	76.657	417.394
9				481.070	12.981		494.051
10				481.070	12.981		494.051
11				481.070	12.981		494.051
12				481.070	12.981		494.051
13				481.070	12.981		494.051
14				481.070	12.981		494.051
15				481.070	12.981		494.051
16				481.070	12.981		494.051
17				481.070	12.981		494.051
18				481.070	12.981		494.051
19				481.070	12.981		494.051
20		26.770,00		481.070	12.981		520.820,66
VPL =	3.647.685						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - CENTRAIS DE CONCRETOS		
Cenário 03: Equipamentos Novos; Sem Receita de Recepção; Sem Receita do Concreto Estrutural.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Estrutural (R\$)	0,00	
Receita Não Estrutural (R\$)	357.078,00	
Receita Argamassas	80.270,00	
Receita Bruta	437.348,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-26.430,70	
Imposto de renda 15%	-3.964,60	
Lucro líquido	-22.466,10	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-22.466,10	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
Total das entradas de caixa ( DATAS 01 A 19)	-9.485,21	
Total das entradas de caixa ( DATA 20)	17.284,39	
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	



FLUXO DE CAIXA - CENÁRIO 03							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-22.466	12.981	76.657	-86.142
2				-22.466	12.981	76.657	-86.142
3				-22.466	12.981	76.657	-86.142
4				-22.466	12.981	76.657	-86.142
5				-22.466	12.981	76.657	-86.142
6				-22.466	12.981	76.657	-86.142
7				-22.466	12.981	76.657	-86.142
8				-22.466	12.981	76.657	-86.142
9				-22.466	12.981		-9.485
10				-22.466	12.981		-9.485
11				-22.466	12.981		-9.485
12				-22.466	12.981		-9.485
13				-22.466	12.981		-9.485
14				-22.466	12.981		-9.485
15				-22.466	12.981		-9.485
16				-22.466	12.981		-9.485
17				-22.466	12.981		-9.485
18				-22.466	12.981		-9.485
19				-22.466	12.981		-9.485
20		26.770,00		-22.466	12.981		17.285
VPL =	-113.447						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - CENTRAIS DE CONCRETOS		
Cenário 04: Equipamentos Novos; Sem Receita de Recepção; Com Receita do Concreto Estrutural.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Estrutural (R\$)	288.267,00	
Receita Não Estrutural (R\$)	357.078,00	
Receita Argamassas	80.270,00	
Receita Bruta	725.615,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
<b>Total dos custos</b>	<b>450.797,82</b>	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	261.836,30	
Imposto de renda 15%	39.275,45	
Lucro líquido	222.560,86	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Lucro líquido	222.560,86	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
Total das entradas de caixa ( DATAS 01 A 19)	235.541,74	
Total das entradas de caixa ( DATA 20)	262.311,34	
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro	45.375,84	
Prestações do Financiamento	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - CENÁRIO 04							
ANOS	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	-45.376		380.807				335.431,00
1				222.561	12.981	76.657	158.885
2				222.561	12.981	76.657	158.885
3				222.561	12.981	76.657	158.885
4				222.561	12.981	76.657	158.885
5				222.561	12.981	76.657	158.885
6				222.561	12.981	76.657	158.885
7				222.561	12.981	76.657	158.885
8				222.561	12.981	76.657	158.885
9				222.561	12.981		235.542
10				222.561	12.981		235.542
11				222.561	12.981		235.542
12				222.561	12.981		235.542
13				222.561	12.981		235.542
14				222.561	12.981		235.542
15				222.561	12.981		235.542
16				222.561	12.981		235.542
17				222.561	12.981		235.542
18				222.561	12.981		235.542
19				222.561	12.981		235.542
20		26.770,00		222.561	12.981		262.311,86
VPL =	1.716.768						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - CENTRAIS DE CONCRETOS		
Cenário 05: Equipamentos Usados; Com Receita de Recepção; Sem Receita do Concreto Estrutural.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Estrutural (R\$)	0,00	
Receita Não Estrutural (R\$)	357.078,41	
Receita Argamassas	80.270,76	
Receita Bruta	741.477,17	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	277.698,47	
Imposto de renda 15%	41.654,77	
Lucro líquido	236.043,70	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	236.043,70	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - CENÁRIO 05							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				236.044	12.981	76.657	172.368
2				236.044	12.981	76.657	172.368
3				236.044	12.981	76.657	172.368
4				236.044	12.981	76.657	172.368
5				236.044	12.981	76.657	172.368
6				236.044	12.981	76.657	172.368
7				236.044	12.981	76.657	172.368
8				236.044	12.981	76.657	172.368
9				236.044	12.981		249.025
10	-166.298			236.044	12.981		82.727
11				236.044	12.981		249.025
12				236.044	12.981		249.025
13				236.044	12.981		249.025
14				236.044	12.981		249.025
15				236.044	12.981		249.025
16				236.044	12.981		249.025
17				236.044	12.981		249.025
18				236.044	12.981		249.025
19				236.044	12.981		249.025
20		26.770,00		236.044	12.981		275.795
VPL =	1.763.936						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - CENTRAIS DE CONCRETOS		
Cenário 06: Equipamentos Usados; Com Receita de Recepção; Com Receita do Concreto Estrutural.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Estrutural (R\$)	288.267,00	
Receita Não Estrutural (R\$)	357.078,41	
Receita Argamassas	80.270,76	
Receita Bruta	1.029.744,17	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	565.965,47	
Imposto de renda 15%	84.894,82	
Lucro líquido	481.070,65	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	481.070,65	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - CENÁRIO 06							
ANOS	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	-45.376		380.807				335.431,00
1				481.071	12.981	76.657	417.395
2				481.071	12.981	76.657	417.395
3				481.071	12.981	76.657	417.395
4				481.071	12.981	76.657	417.395
5				481.071	12.981	76.657	417.395
6				481.071	12.981	76.657	417.395
7				481.071	12.981	76.657	417.395
8				481.071	12.981	76.657	417.395
9				481.071	12.981		494.052
10	-166.298			481.071	12.981		327.754
11				481.071	12.981		494.052
12				481.071	12.981		494.052
13				481.071	12.981		494.052
14				481.071	12.981		494.052
15				481.071	12.981		494.052
16				481.071	12.981		494.052
17				481.071	12.981		494.052
18				481.071	12.981		494.052
19				481.071	12.981		494.052
20		26.770,00		481.071	12.981		520.821,65
VPL =	3.594.149						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - CENTRAIS DE CONCRETOS		
Cenário 07: Equipamentos Usados; Sem Receita de Recepção; Sem Receita do Concreto Estrutural.		
Quantidade de RCC processada (t/ano)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t/ano)	30.412,80	
Receita de Recepção (R\$/ton)	0,00	
Receita Estrutural (R\$/ano)	0,00	
Receita Não Estrutural (R\$/ano)	357.078,41	
Receita Argamassas (R\$/ano)	80.270,76	
Receita Bruta (R\$/ano)	437.349,17	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-26.429,53	
Imposto de renda 15%	-3.964,43	
Lucro líquido	-22.465,10	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-22.465,10	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	



FLUXO DE CAIXA - CENÁRIO 07							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-22.465	12.981	76.657	-86.141
2				-22.465	12.981	76.657	-86.141
3				-22.465	12.981	76.657	-86.141
4				-22.465	12.981	76.657	-86.141
5				-22.465	12.981	76.657	-86.141
6				-22.465	12.981	76.657	-86.141
7				-22.465	12.981	76.657	-86.141
8				-22.465	12.981	76.657	-86.141
9				-22.465	12.981		-9.484
10	-166.298			-22.465	12.981		-175.782
11				-22.465	12.981		-9.484
12				-22.465	12.981		-9.484
13				-22.465	12.981		-9.484
14				-22.465	12.981		-9.484
15				-22.465	12.981		-9.484
16				-22.465	12.981		-9.484
17				-22.465	12.981		-9.484
18				-22.465	12.981		-9.484
19				-22.465	12.981		-9.484
20		26.770,00		-22.465	12.981		17.286
VPL =	-166.983						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - CENTRAIS DE CONCRETOS		
Cenário 08: Equipamentos Usados; Sem Receita de Recepção; Com Receita do Concreto Estrutural.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Estrutural (R\$)	288.267,00	
Receita Não Estrutural (R\$)	357.078,41	
Receita Argamassas	80.270,76	
Receita Bruta	725.616,17	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	261.837,47	
Imposto de renda 15%	39.275,62	
Lucro líquido	222.561,85	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	222.561,85	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - CENÁRIO 08							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				222.562	12.981	76.657	158.886
2				222.562	12.981	76.657	158.886
3				222.562	12.981	76.657	158.886
4				222.562	12.981	76.657	158.886
5				222.562	12.981	76.657	158.886
6				222.562	12.981	76.657	158.886
7				222.562	12.981	76.657	158.886
8				222.562	12.981	76.657	158.886
9				222.562	12.981		235.543
10	-166.298			222.562	12.981		69.245
11				222.562	12.981		235.543
12				222.562	12.981		235.543
13				222.562	12.981		235.543
14				222.562	12.981		235.543
15				222.562	12.981		235.543
16				222.562	12.981		235.543
17				222.562	12.981		235.543
18				222.562	12.981		235.543
19				222.562	12.981		235.543
20		26.770,00		222.562	12.981		262.313
VPL =	1.663.232						

## APÊNDICE D – Cenários para a análise financeira nas fábricas de pré moldados

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 02		
Cenário 01: Equipamentos Novos; Com Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Pisos Intertravados	447.750,00	
Receita Bruta	751.878,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	288.099,30	
Imposto de renda 15%	43.214,90	
Lucro líquido	244.884,41	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	244.884,41	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 02 (CENÁRIO 01)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				244.884	12.981	76.657	181.208
2				244.884	12.981	76.657	181.208
3				244.884	12.981	76.657	181.208
4				244.884	12.981	76.657	181.208
5				244.884	12.981	76.657	181.208
6				244.884	12.981	76.657	181.208
7				244.884	12.981	76.657	181.208
8				244.884	12.981	76.657	181.208
9				244.884	12.981		257.865
10				244.884	12.981		257.865
11				244.884	12.981		257.865
12				244.884	12.981		257.865
13				244.884	12.981		257.865
14				244.884	12.981		257.865
15				244.884	12.981		257.865
16				244.884	12.981		257.865
17				244.884	12.981		257.865
18				244.884	12.981		257.865
19				244.884	12.981		257.865
20		26.770,00		244.884	12.981		284.635
VPL =	1.883.513						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 02		
Cenário 02: Equipamentos Novos; Sem Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Pisos Intertravados	447.750,00	
Receita Bruta	447.750,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-16.028,70	
Imposto de renda 15%	-2.404,30	
Lucro líquido	-13.624,40	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-13.624,40	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 02 (CENÁRIO 02)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-13.624	12.981	76.657	-77.300
2				-13.624	12.981	76.657	-77.300
3				-13.624	12.981	76.657	-77.300
4				-13.624	12.981	76.657	-77.300
5				-13.624	12.981	76.657	-77.300
6				-13.624	12.981	76.657	-77.300
7				-13.624	12.981	76.657	-77.300
8				-13.624	12.981	76.657	-77.300
9				-13.624	12.981		-643
10				-13.624	12.981		-643
11				-13.624	12.981		-643
12				-13.624	12.981		-643
13				-13.624	12.981		-643
14				-13.624	12.981		-643
15				-13.624	12.981		-643
16				-13.624	12.981		-643
17				-13.624	12.981		-643
18				-13.624	12.981		-643
19				-13.624	12.981		-643
20		26.770,00		-13.624	12.981		26.127
VPL =	-47.404						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 02		
Cenário 03: Equipamentos Usados; Com Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Pisos Intertravados	447.750,00	
Receita Bruta	751.878,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	288.099,30	
Imposto de renda 15%	43.214,90	
Lucro líquido	244.884,41	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	244.884,41	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	



FLUXO DE CAIXA - FPM 02 (CENÁRIO 03)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				244.884	12.981	76.657	181.208
2				244.884	12.981	76.657	181.208
3				244.884	12.981	76.657	181.208
4				244.884	12.981	76.657	181.208
5				244.884	12.981	76.657	181.208
6				244.884	12.981	76.657	181.208
7				244.884	12.981	76.657	181.208
8				244.884	12.981	76.657	181.208
9				244.884	12.981		257.865
10	-166.298			244.884	12.981		91.567
11				244.884	12.981		257.865
12				244.884	12.981		257.865
13				244.884	12.981		257.865
14				244.884	12.981		257.865
15				244.884	12.981		257.865
16				244.884	12.981		257.865
17				244.884	12.981		257.865
18				244.884	12.981		257.865
19				244.884	12.981		257.865
20		26.770,00		244.884	12.981		284.635
VPL =	1.829.969						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 02		
Cenário 04: Equipamentos Usados; Sem Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Pisos Intertravados	447.750,00	
Receita Bruta	447.750,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-16.028,70	
Imposto de renda 15%	-2.404,30	
Lucro líquido	-13.624,40	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-13.624,40	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 02 (CENÁRIO 04)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-13.624	12.981	76.657	-77.300
2				-13.624	12.981	76.657	-77.300
3				-13.624	12.981	76.657	-77.300
4				-13.624	12.981	76.657	-77.300
5				-13.624	12.981	76.657	-77.300
6				-13.624	12.981	76.657	-77.300
7				-13.624	12.981	76.657	-77.300
8				-13.624	12.981	76.657	-77.300
9				-13.624	12.981		-643
10	-166.298			-13.624	12.981		-166.941
11				-13.624	12.981		-643
12				-13.624	12.981		-643
13				-13.624	12.981		-643
14				-13.624	12.981		-643
15				-13.624	12.981		-643
16				-13.624	12.981		-643
17				-13.624	12.981		-643
18				-13.624	12.981		-643
19				-13.624	12.981		-643
20		26.770,00		-13.624	12.981		26.127
VPL =	-100.948						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 03		
Cenário 01: Equipamentos Novos; Com Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Pisos Intertravados	22.638,24	
Receita Bloco Estrutural	20.268,24	
Receita Bloco não Estrutural	68.919,60	
Receita Bruta	415.954,08	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-47.824,62	
Imposto de renda 15%	-7.173,69	
Lucro líquido	-40.650,93	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-40.650,93	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 03 (CENÁRIO 01)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-40.651	12.981	76.657	-104.327
2				-40.651	12.981	76.657	-104.327
3				-40.651	12.981	76.657	-104.327
4				-40.651	12.981	76.657	-104.327
5				-40.651	12.981	76.657	-104.327
6				-40.651	12.981	76.657	-104.327
7				-40.651	12.981	76.657	-104.327
8				-40.651	12.981	76.657	-104.327
9				-40.651	12.981		-27.670
10				-40.651	12.981		-27.670
11				-40.651	12.981		-27.670
12				-40.651	12.981		-27.670
13				-40.651	12.981		-27.670
14				-40.651	12.981		-27.670
15				-40.651	12.981		-27.670
16				-40.651	12.981		-27.670
17				-40.651	12.981		-27.670
18				-40.651	12.981		-27.670
19				-40.651	12.981		-27.670
20		26.770,00		-40.651	12.981		-900
VPL =	-249.277						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 03		
Cenário 02: Equipamentos Novos; Sem Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Pisos Intertravados	22.638,24	
Receita Bloco Estrutural	20.268,24	
Receita Bloco não Estrutural	68.919,60	
Receita Bruta	111.826,08	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-351.952,62	
Imposto de renda 15%	-52.792,89	
Lucro líquido	-299.159,73	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-299.159,73	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 03 (CENÁRIO 02)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-299.160	12.981	76.657	-362.836
2				-299.160	12.981	76.657	-362.836
3				-299.160	12.981	76.657	-362.836
4				-299.160	12.981	76.657	-362.836
5				-299.160	12.981	76.657	-362.836
6				-299.160	12.981	76.657	-362.836
7				-299.160	12.981	76.657	-362.836
8				-299.160	12.981	76.657	-362.836
9				-299.160	12.981		-286.179
10				-299.160	12.981		-286.179
11				-299.160	12.981		-286.179
12				-299.160	12.981		-286.179
13				-299.160	12.981		-286.179
14				-299.160	12.981		-286.179
15				-299.160	12.981		-286.179
16				-299.160	12.981		-286.179
17				-299.160	12.981		-286.179
18				-299.160	12.981		-286.179
19				-299.160	12.981		-286.179
20		26.770,00		-299.160	12.981		-259.409
VPL =	-2.180.194						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 03		
Cenário 03: Equipamentos Usados; Com Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Pisos Intertravados	22.638,24	
Receita Bloco Estrutural	20.268,24	
Receita Bloco não Estrutural	68.919,60	
Receita Bruta	415.954,08	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-47.824,62	
Imposto de renda 15%	-7.173,69	
Lucro líquido	-40.650,93	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-40.650,93	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	



FLUXO DE CAIXA - FPM 03 (CENÁRIO 03)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-40.651	12.981	76.657	-104.327
2				-40.651	12.981	76.657	-104.327
3				-40.651	12.981	76.657	-104.327
4				-40.651	12.981	76.657	-104.327
5				-40.651	12.981	76.657	-104.327
6				-40.651	12.981	76.657	-104.327
7				-40.651	12.981	76.657	-104.327
8				-40.651	12.981	76.657	-104.327
9				-40.651	12.981		-27.670
10	-166.298			-40.651	12.981		-193.968
11				-40.651	12.981		-27.670
12				-40.651	12.981		-27.670
13				-40.651	12.981		-27.670
14				-40.651	12.981		-27.670
15				-40.651	12.981		-27.670
16				-40.651	12.981		-27.670
17				-40.651	12.981		-27.670
18				-40.651	12.981		-27.670
19				-40.651	12.981		-27.670
20		26.770,00		-40.651	12.981		-900
VPL =	-302.281						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 03		
Cenário 04: Equipamentos Usados; Sem Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Pisos Intertravados	22.638,24	
Receita Bloco Estrutural	20.268,24	
Receita Bloco não Estrutural	68.919,60	
Receita Bruta	111.826,08	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-351.952,62	
Imposto de renda 15%	-52.792,89	
Lucro líquido	-299.159,73	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-299.159,73	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 03 (CENÁRIO 04)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-299.160	12.981	76.657	-362.836
2				-299.160	12.981	76.657	-362.836
3				-299.160	12.981	76.657	-362.836
4				-299.160	12.981	76.657	-362.836
5				-299.160	12.981	76.657	-362.836
6				-299.160	12.981	76.657	-362.836
7				-299.160	12.981	76.657	-362.836
8				-299.160	12.981	76.657	-362.836
9				-299.160	12.981		-286.179
10	-166.298			-299.160	12.981		-452.477
11				-299.160	12.981		-286.179
12				-299.160	12.981		-286.179
13				-299.160	12.981		-286.179
14				-299.160	12.981		-286.179
15				-299.160	12.981		-286.179
16				-299.160	12.981		-286.179
17				-299.160	12.981		-286.179
18				-299.160	12.981		-286.179
19				-299.160	12.981		-286.179
20		26.770,00		-299.160	12.981		-259.409
VPL =	-2.233.738						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 04		
Cenário 01: Equipamentos Novos; Com Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Pisos Intertravados	179.100,00	
Receita Bloco Estrutural	224.490,00	
Receita Bloco não Estrutural	218.100,00	
Receita Bruta	925.818,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	462.039,30	
Imposto de renda 15%	69.305,90	
Lucro líquido	392.733,41	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	392.733,41	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 04 (CENÁRIO 01)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				392.733	12.981	76.657	329.057
2				392.733	12.981	76.657	329.057
3				392.733	12.981	76.657	329.057
4				392.733	12.981	76.657	329.057
5				392.733	12.981	76.657	329.057
6				392.733	12.981	76.657	329.057
7				392.733	12.981	76.657	329.057
8				392.733	12.981	76.657	329.057
9				392.733	12.981		405.714
10				392.733	12.981		405.714
11				392.733	12.981		405.714
12				392.733	12.981		405.714
13				392.733	12.981		405.714
14				392.733	12.981		405.714
15				392.733	12.981		405.714
16				392.733	12.981		405.714
17				392.733	12.981		405.714
18				392.733	12.981		405.714
19				392.733	12.981		405.714
20		26.770,00		392.733	12.981		432.484
VPL =	2.987.863						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 04		
Cenário 02: Equipamentos Novos; Sem Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Pisos Intertravados	179.100,00	
Receita Bloco Estrutural	224.490,00	
Receita Bloco não Estrutural	218.100,00	
Receita Bruta	621.690,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	157.911,30	
Imposto de renda 15%	23.686,70	
Lucro líquido	134.224,61	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	134.224,61	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 04 (CENÁRIO 02)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				134.225	12.981	76.657	70.549
2				134.225	12.981	76.657	70.549
3				134.225	12.981	76.657	70.549
4				134.225	12.981	76.657	70.549
5				134.225	12.981	76.657	70.549
6				134.225	12.981	76.657	70.549
7				134.225	12.981	76.657	70.549
8				134.225	12.981	76.657	70.549
9				134.225	12.981		147.206
10				134.225	12.981		147.206
11				134.225	12.981		147.206
12				134.225	12.981		147.206
13				134.225	12.981		147.206
14				134.225	12.981		147.206
15				134.225	12.981		147.206
16				134.225	12.981		147.206
17				134.225	12.981		147.206
18				134.225	12.981		147.206
19				134.225	12.981		147.206
20		26.770,00		134.225	12.981		173.976
VPL =	1.056.946						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 04		
Cenário 03: Equipamentos Usados; Com Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Pisos Intertravados	179.100,00	
Receita Bloco Estrutural	224.490,00	
Receita Bloco não Estrutural	218.100,00	
Receita Bruta	925.818,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	462.039,30	
Imposto de renda 15%	69.305,90	
Lucro líquido	392.733,41	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	392.733,41	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	



FLUXO DE CAIXA - FPM 04 (CENÁRIO 03)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				392.733	12.981	76.657	329.057
2				392.733	12.981	76.657	329.057
3				392.733	12.981	76.657	329.057
4				392.733	12.981	76.657	329.057
5				392.733	12.981	76.657	329.057
6				392.733	12.981	76.657	329.057
7				392.733	12.981	76.657	329.057
8				392.733	12.981	76.657	329.057
9				392.733	12.981		405.714
10	-166.298			392.733	12.981		239.416
11				392.733	12.981		405.714
12				392.733	12.981		405.714
13				392.733	12.981		405.714
14				392.733	12.981		405.714
15				392.733	12.981		405.714
16				392.733	12.981		405.714
17				392.733	12.981		405.714
18				392.733	12.981		405.714
19				392.733	12.981		405.714
20		26.770,00		392.733	12.981		432.484
VPL =	2.934.319						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 04		
Cenário 04: Equipamentos Usados; Sem Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Pisos Intertravados	179.100,00	
Receita Bloco Estrutural	224.490,00	
Receita Bloco não Estrutural	218.100,00	
Receita Bruta	621.690,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	157.911,30	
Imposto de renda 15%	23.686,70	
Lucro líquido	134.224,61	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	134.224,61	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 04 (CENÁRIO 04)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				134.225	12.981	76.657	70.549
2				134.225	12.981	76.657	70.549
3				134.225	12.981	76.657	70.549
4				134.225	12.981	76.657	70.549
5				134.225	12.981	76.657	70.549
6				134.225	12.981	76.657	70.549
7				134.225	12.981	76.657	70.549
8				134.225	12.981	76.657	70.549
9				134.225	12.981		147.206
10	-166.298			134.225	12.981		-19.092
11				134.225	12.981		147.206
12				134.225	12.981		147.206
13				134.225	12.981		147.206
14				134.225	12.981		147.206
15				134.225	12.981		147.206
16				134.225	12.981		147.206
17				134.225	12.981		147.206
18				134.225	12.981		147.206
19				134.225	12.981		147.206
20		26.770,00		134.225	12.981		173.976
VPL =	1.003.402						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 05		
Cenário 01: Equipamentos Novos; Com Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Postes	80.400,00	
Receita Bruta	384.528,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-79.250,70	
Imposto de renda 15%	-11.887,61	
Lucro líquido	-67.363,10	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-67.363,10	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 05 (CENÁRIO 01)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-67.363	12.981	76.657	-131.039
2				-67.363	12.981	76.657	-131.039
3				-67.363	12.981	76.657	-131.039
4				-67.363	12.981	76.657	-131.039
5				-67.363	12.981	76.657	-131.039
6				-67.363	12.981	76.657	-131.039
7				-67.363	12.981	76.657	-131.039
8				-67.363	12.981	76.657	-131.039
9				-67.363	12.981		-54.382
10				-67.363	12.981		-54.382
11				-67.363	12.981		-54.382
12				-67.363	12.981		-54.382
13				-67.363	12.981		-54.382
14				-67.363	12.981		-54.382
15				-67.363	12.981		-54.382
16				-67.363	12.981		-54.382
17				-67.363	12.981		-54.382
18				-67.363	12.981		-54.382
19				-67.363	12.981		-54.382
20		26.770,00		-67.363	12.981		-27.612
VPL =	-448.802						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 05		
Cenário 02: Equipamentos Novos; Sem Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Postes	80.400,00	
Receita Bruta	80.400,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-383.378,70	
Imposto de renda 15%	-57.506,81	
Lucro líquido	-325.871,90	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-325.871,90	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 05 (CENÁRIO 02)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-325.872	12.981	76.657	-389.548
2				-325.872	12.981	76.657	-389.548
3				-325.872	12.981	76.657	-389.548
4				-325.872	12.981	76.657	-389.548
5				-325.872	12.981	76.657	-389.548
6				-325.872	12.981	76.657	-389.548
7				-325.872	12.981	76.657	-389.548
8				-325.872	12.981	76.657	-389.548
9				-325.872	12.981		-312.891
10				-325.872	12.981		-312.891
11				-325.872	12.981		-312.891
12				-325.872	12.981		-312.891
13				-325.872	12.981		-312.891
14				-325.872	12.981		-312.891
15				-325.872	12.981		-312.891
16				-325.872	12.981		-312.891
17				-325.872	12.981		-312.891
18				-325.872	12.981		-312.891
19				-325.872	12.981		-312.891
20		26.770,00		-325.872	12.981		-286.121
VPL =	-2.379.719						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 05		
Cenário 03: Equipamentos Usados; Com Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Postes	80.400,00	
Receita Bruta	384.528,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-79.250,70	
Imposto de renda 15%	-11.887,61	
Lucro líquido	-67.363,10	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-67.363,10	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	



FLUXO DE CAIXA - FPM 05 (CENÁRIO 03)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-67.363	12.981	76.657	-131.039
2				-67.363	12.981	76.657	-131.039
3				-67.363	12.981	76.657	-131.039
4				-67.363	12.981	76.657	-131.039
5				-67.363	12.981	76.657	-131.039
6				-67.363	12.981	76.657	-131.039
7				-67.363	12.981	76.657	-131.039
8				-67.363	12.981	76.657	-131.039
9				-67.363	12.981		-54.382
10	-166.298			-67.363	12.981		-220.680
11				-67.363	12.981		-54.382
12				-67.363	12.981		-54.382
13				-67.363	12.981		-54.382
14				-67.363	12.981		-54.382
15				-67.363	12.981		-54.382
16				-67.363	12.981		-54.382
17				-67.363	12.981		-54.382
18				-67.363	12.981		-54.382
19				-67.363	12.981		-54.382
20		26.770,00		-67.363	12.981		-27.612
VPL =	-502.346						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 05		
Cenário 04: Equipamentos Usados; Sem Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Postes	80.400,00	
Receita Bruta	80.400,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-383.378,70	
Imposto de renda 15%	-57.506,81	
Lucro líquido	-325.871,90	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-325.871,90	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 05 (CENÁRIO 04)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-325.872	12.981	76.657	-389.548
2				-325.872	12.981	76.657	-389.548
3				-325.872	12.981	76.657	-389.548
4				-325.872	12.981	76.657	-389.548
5				-325.872	12.981	76.657	-389.548
6				-325.872	12.981	76.657	-389.548
7				-325.872	12.981	76.657	-389.548
8				-325.872	12.981	76.657	-389.548
9				-325.872	12.981		-312.891
10	-166.298			-325.872	12.981		-479.189
11				-325.872	12.981		-312.891
12				-325.872	12.981		-312.891
13				-325.872	12.981		-312.891
14				-325.872	12.981		-312.891
15				-325.872	12.981		-312.891
16				-325.872	12.981		-312.891
17				-325.872	12.981		-312.891
18				-325.872	12.981		-312.891
19				-325.872	12.981		-312.891
20		26.770,00		-325.872	12.981		-286.121
VPL =	-2.433.263						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 06		
Cenário 01: Equipamentos Novos; Com Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Artefatos de Concreto não Estrutural	174.480,00	
Receita Bruta	478.608,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	14.829,30	
Imposto de renda 15%	2.224,40	
Lucro líquido	12.604,91	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	12.604,91	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 06 (CENÁRIO 01)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				12.605	12.981	76.657	-51.071
2				12.605	12.981	76.657	-51.071
3				12.605	12.981	76.657	-51.071
4				12.605	12.981	76.657	-51.071
5				12.605	12.981	76.657	-51.071
6				12.605	12.981	76.657	-51.071
7				12.605	12.981	76.657	-51.071
8				12.605	12.981	76.657	-51.071
9				12.605	12.981		25.586
10				12.605	12.981		25.586
11				12.605	12.981		25.586
12				12.605	12.981		25.586
13				12.605	12.981		25.586
14				12.605	12.981		25.586
15				12.605	12.981		25.586
16				12.605	12.981		25.586
17				12.605	12.981		25.586
18				12.605	12.981		25.586
19				12.605	12.981		25.586
20		26.770,00		12.605	12.981		52.356
VPL =	148.514						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 06		
Cenário 02: Equipamentos Novos; Sem Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Artefatos de Concreto não Estrutural	174.480,00	
Receita Bruta	174.480,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-289.298,70	
Imposto de renda 15%	-43.394,81	
Lucro líquido	-245.903,90	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-245.903,90	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 06 (CENÁRIO 02)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-245.904	12.981	76.657	-309.580
2				-245.904	12.981	76.657	-309.580
3				-245.904	12.981	76.657	-309.580
4				-245.904	12.981	76.657	-309.580
5				-245.904	12.981	76.657	-309.580
6				-245.904	12.981	76.657	-309.580
7				-245.904	12.981	76.657	-309.580
8				-245.904	12.981	76.657	-309.580
9				-245.904	12.981		-232.923
10				-245.904	12.981		-232.923
11				-245.904	12.981		-232.923
12				-245.904	12.981		-232.923
13				-245.904	12.981		-232.923
14				-245.904	12.981		-232.923
15				-245.904	12.981		-232.923
16				-245.904	12.981		-232.923
17				-245.904	12.981		-232.923
18				-245.904	12.981		-232.923
19				-245.904	12.981		-232.923
20		26.770,00		-245.904	12.981		-206.153
VPL =	-1.782.403						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 06		
Cenário 03: Equipamentos Usados; Com Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	10,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	304.128,00	
Receita Artefatos de Concreto não Estrutural	174.480,00	
Receita Bruta	478.608,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	14.829,30	
Imposto de renda 15%	2.224,40	
Lucro líquido	12.604,91	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	12.604,91	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	



FLUXO DE CAIXA - FPM 05 (CENÁRIO 03)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				12.605	12.981	76.657	-51.071
2				12.605	12.981	76.657	-51.071
3				12.605	12.981	76.657	-51.071
4				12.605	12.981	76.657	-51.071
5				12.605	12.981	76.657	-51.071
6				12.605	12.981	76.657	-51.071
7				12.605	12.981	76.657	-51.071
8				12.605	12.981	76.657	-51.071
9				12.605	12.981		25.586
10	-166.298			12.605	12.981		-140.712
11				12.605	12.981		25.586
12				12.605	12.981		25.586
13				12.605	12.981		25.586
14				12.605	12.981		25.586
15				12.605	12.981		25.586
16				12.605	12.981		25.586
17				12.605	12.981		25.586
18				12.605	12.981		25.586
19				12.605	12.981		25.586
20		26.770,00		12.605	12.981		52.356
VPL =	94.971						

DEMONSTRATIVO DO RESULTADO DO EXERCÍCIO - PRÉ-MOLDADOS 06		
Cenário 04: Equipamentos Usados; Sem Receita de Recepção.		
Quantidade de RCC processada (t)	25.344,00	
Preço para a recepção do RCC na central (R\$)	0,00	
Quantidade de RCC que entra na central (t)	30.412,80	
Receita de Recepção	0,00	
Receita Artefatos de Concreto não Estrutural	174.480,00	
Receita Bruta	174.480,00	
<b>Custos de Operação</b>		
Mão-de-obra	78.720,00	
Energia	24.773,76	
Manutenção	14.434,80	
Diesel	14.606,59	
Sub total	132.535,15	
<b>Despesas gerais e administrativas</b>		
Seguros	2.676,96	
Telefones	38.027,74	
Suporte ao Produto	95.069,34	
Pro Labore	95.069,34	
Mão de obra externa	9.363,81	
Assessorias	19.013,87	
Elementos de Desgaste	19.013,87	
Peças de Reposição	2.000,00	
Despesas Diversas	38.027,74	
Sub total	318.262,67	
Total dos custos	450.797,82	
Depreciação	12.980,88	
Lucro antes do imposto de renda	-289.298,70	
Imposto de renda 15%	-43.394,81	
Lucro líquido	-245.903,90	
<b>Entradas de Caixa</b>		
Financiamento (DATA ZERO)	380.807,00	
Lucro líquido	-245.903,90	
Depreciação	12.980,88	
Valor Residual (DATA 20)		26.769,60
<b>Saídas de Caixa</b>		
Investimentos em Capital de Giro (Data Zero)	45.375,84	
Investimento em Capital Fixo (Data Dez)	166.298,00	
Prestações do Financiamento (Datas 01 a 08)	76.657,00	

FLUXO DE CAIXA - FPM 05 (CENÁRIO 04)							
Anos	Investimento	V. Residual	Financiamento	Lucro Líquido	Depreciação	Prestações	Saldo
0	45.376		380.807				335.431
1				-245.904	12.981	76.657	-309.580
2				-245.904	12.981	76.657	-309.580
3				-245.904	12.981	76.657	-309.580
4				-245.904	12.981	76.657	-309.580
5				-245.904	12.981	76.657	-309.580
6				-245.904	12.981	76.657	-309.580
7				-245.904	12.981	76.657	-309.580
8				-245.904	12.981	76.657	-309.580
9				-245.904	12.981		-232.923
10	-166.298			-245.904	12.981		-399.221
11				-245.904	12.981		-232.923
12				-245.904	12.981		-232.923
13				-245.904	12.981		-232.923
14				-245.904	12.981		-232.923
15				-245.904	12.981		-232.923
16				-245.904	12.981		-232.923
17				-245.904	12.981		-232.923
18				-245.904	12.981		-232.923
19				-245.904	12.981		-232.923
20		26.770,00		-245.904	12.981		-206.153
VPL =	-1.835.946						