



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL**



**Viabilidade Econômica de Usina de Reciclagem  
de Resíduos da Construção Civil:  
Estudo de Caso da USIBEN - João Pessoa/PB**

**Ricardo Franklin Cavalcanti Sobral**

João Pessoa - Paraíba  
– 2012 –

**RICARDO FRANKLIN CAVALCANTI SOBRAL**

**Viabilidade Econômica de Usina de Reciclagem  
de Resíduos da Construção Civil:  
Estudo de Caso da USIBEN - João Pessoa/PB**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental – PPGEUA da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Saneamento Ambiental

**ORIENTADOR**

**Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior**

João Pessoa - Paraíba  
2012

## **Ficha Catalográfica**

S677v Sobral, Ricardo Franklin Cavalcanti.

Viabilidade econômica de usina de reciclagem de resíduos da construção civil: estudo de caso da USIBEN – João Pessoa-PB/ Ricardo Franklin Cavalcanti Sobral.-- João Pessoa, 2012.

114f. : il.

Orientador: Gilson Barbosa Athayde Júnior  
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT

1. Engenharia Urbana e Ambiental. 2. Saneamento ambiental. 3. Construção civil – resíduos sólidos – viabilidade econômica. 4. Usinas de reciclagem – construção civil.

*UFPB/BC*

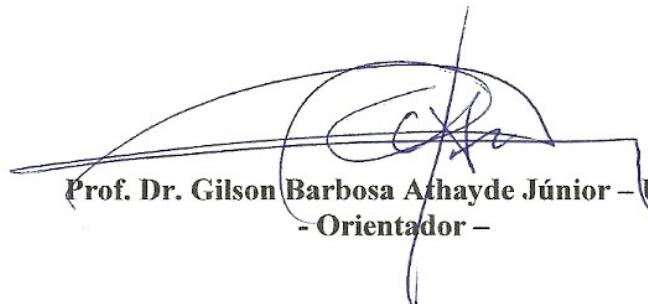
*CDU: 62:711(043)*

**Viabilidade Econômica de Usina de Reciclagem  
de Resíduos da Construção Civil:  
Estudo de Caso da USIBEN - João Pessoa/PB**

**Ricardo Franklin Cavalcanti Sobral**

Dissertação aprovada em 04 de dezembro de 2012.

Período Letivo: 2012.2



**Prof. Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior – UFPB**  
**- Orientador -**



**Prof. Dr. Joácio de Araújo Moraes Júnior – UFPB**  
**- Examinador Interno -**



**Profa. Dra. Luciana de Figueiredo Lopes Lucena – UFRN**  
**- Examinador Externo -**

**João Pessoa – Paraíba**

**– 2012 –**

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente a Deus, razão maior de nossa existência, sem o que nada disto poderia ter sido alcançado.

À minha esposa Marcélia, meus filhos Larissa e Rafael, sempre compreensivos quando das minhas ausências às atividades familiares, provocadas pela responsabilidade de cumprir as obrigações do Curso.

Ao Professor Gilson Barbosa Athayde Júnior, pela expressiva participação, efetiva colaboração e extrema dedicação, na qualidade de orientador deste trabalho.

Ao Professor Joácio de Araújo Morais Júnior e à Professora Luciana de Figueiredo Lopes Lucena, membros da Banca Examinadora, pelas valiosas sugestões oferecidas à melhoria deste trabalho.

Aos amigos e também Professores Ubiratan de Oliveira Pimentel e Enildo Tales Ferreira, pela colaboração nas diversas fases de elaboração deste estudo.

Ao amigo de todas as horas, colega de trabalho e de Curso, Professor Marcus Vinícius Varandas, pelo importante apoio durante toda a trajetória deste Mestrado.

A todos os que fazem à USIBEN e a EMLUR, especialmente ao Engenheiro Edmilson Fonseca, pela importante contribuição prestada, disponibilizando os dados e as informações necessárias à elaboração deste documento.

Por fim, a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

## **RESUMO**

A indústria da construção civil é o setor produtivo que mais gera resíduos sólidos. O reaproveitamento dos resíduos oriundos da construção e demolição pela própria indústria da construção civil provoca, direta e indiretamente, a redução do uso de recursos naturais não renováveis, da geração de novos resíduos sólidos, do desperdício de materiais construtivos, do próprio consumo de energia elétrica, além de contribuir para a redução considerável do impacto ambiental, comumente decorrente da deposição irregular destes materiais no solo urbano. Dentro destes princípios e em decorrência da Resolução N°. 307 do CONAMA, a Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP, capital do estado da Paraíba, instituiu o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Demolição e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, através da Lei Municipal No. 11.176/2007, possibilitando a implantação da Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil - USIBEN, no ano de 2007, com capacidade para processar até 20 toneladas/hora de resíduo. Todo agregado reciclado produzido pela USIBEN é utilizado pela própria Prefeitura Municipal, mantenedora da USIBEN. Neste trabalho foram desenvolvidos estudos mais detalhados do processo produtivo da Usina, buscando avaliar o empreendimento quanto a sua viabilidade financeira. Foram empregados vários métodos de análise econômica, utilizando, para tanto, dados obtidos diretamente junto à Usina e à EMLUR/PMJP. Foi possível encontrar o custo de produção do agregado reciclado, que ficou, no ano de 2008, em R\$ 17,39 (dezessete reais e trinta e nove centavos) por  $m^3$ , sendo este também denominado de ponto de lucro. O Valor Presente Líquido - VPL encontrado, considerando um horizonte de planejamento de 20 anos, foi de R\$ 1.292.424,77 (hum milhão duzentos e noventa e dois mil quatrocentos e vinte e quatro reais e setenta e sete centavos), sendo um método considerado eficiente no cálculo de viabilidade econômica de empreendimentos desta natureza. Nesta mesma situação, o Tempo de Retorno do Capital empregado ficou em 3,24 anos, considerando, no cálculo, o Valor Presente Líquido do período projetado. O Índice Benefício/Custo - IBC encontrado ficou em 2,61 enquanto que a Taxa Interna de Retorno - TIR foi calculada em 26,24 %, tudo isto considerando um cenário onde foi desprezada a contribuição, na receita bruta, dos custos referentes ao transporte do volume de resíduos recebidos pela Usina. Em um segundo cenário, foi levada em consideração a contribuição, à Receita Bruta, do valor estimado dos custos evitados de transporte de todo o volume recebido de RCC pela Usina, sendo, neste caso, os índices econômicos ainda mais animadores, comprovando a viabilidade econômica do empreendimento também nesta segunda simulação. Este estudo serve como elemento norteador ao Administrador Público nas tomadas de decisão em assuntos diretamente ligados à USIBEN e, por conseguinte, à própria gestão dos resíduos da construção na cidade de João Pessoa.

**Palavras Chave:** Viabilidade econômica de Usinas de Reciclagem de RCC, Resíduos da Construção Civil, Resíduos Sólidos.

## **ABSTRACT**

The civil construction industry is the productive sector which produces the largest amount of solid waste. The reuse of waste generated from construction and destruction by the civil construction industry provokes, both directly and indirectly, a reduction on the use of non-renewable resources, the generation of new solid waste, the waste of construction materials, the electric energy consumption itself, and also contributes for a considerable reduction on environmental impact, commonly a result of bad disposal of those materials on urban soil. Within these principles and because of the resolution #307 from CONAMA, João Pessoa's prefecture – also known as PMJP - located on the state of Paraíba, created the System for the Sustainable Management of Civil Construction and Demolition Waste and the Integrated Plan of Civil Construction Waste Management, through municipal law #11,176/2007, enabling the construction of the Civil Construction Waste Benefiting Plant, or USIBEN, in the year 2007. The plant is capable of processing up to 20 tons of waste per hour. All the aggregate produced by USIBEN is used by the prefecture itself, which is the one in charge of the plant. In this project, more detailed research on the productive process of the plant was developed, trying to assess the enterprise on its financial viability. Many methods of economic analysis were used, with the help of statistics given directly by the plant and by EMLUR/PMJP. It was possible to discover the cost of the recycled waste aggregate, which reached, in 2008, R\$17.39 (Seventeen reais and thirty nine centavos) per square meter, being also called profit point. The Net Present Value (NPV) found, considering a planning horizon of 20 years, was R\$1,292,424.77 (one million two hundred ninety two thousand four hundred twenty four reais and seventy seven centavos), which is considered to be an effective method using the financial viability calculation for enterprises from this nature. In the same situation, the time spent until the return of investment was 3.24 years, considering, in the calculations, the Net Present Value on the projected period. The Benefit-Cost Rate found resulted in 2.61, whereas the Internal Rate of Return (IRR) was 26.24%, considering a scenario where the contribution for transportation of waste volumes received by the plant was ignored. On a second Scenario, was taken into account the contribution, to the gross income, of the entire avoided estimated costs of transportation of all volume of CCW received by the plant, being, in this case, the economic rates even better, proving the financial viability of the enterprise in the second simulation as well. This study serves as a guiding element to be used by the public manager, helping him to take wise decisions on matters related to the USIBEN and, consequently, to the construction waste management itself, in the city of João Pessoa.

**Key words:** Economic Viability of CCW Recycling Plants, Civil Construction Waste, Solid Waste

# S U M Á R I O

	PAG.
RESUMO	
ABSTRACT	
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	
LISTA DE QUADROS	
LISTA DE TABELAS	
LISTAS DE EQUAÇÕES	
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1.OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
1.1.1.Objetivo Geral	16
1.1.2.Objetivos Específicos	16
<b>1.2.JUSTIFICATIVA</b>	<b>17</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>18</b>
<b>2.1.RESÍDUOS PRODUZIDOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	<b>20</b>
2.1.1. Definição de Resíduos da Construção Civil	23
2.1.2. Classificação e Geração de Resíduos da Construção Civil	27
2.1.3. Impacto dos Resíduos da Construção Civil ao Meio Ambiente	33
<b>2.2.USINA DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	<b>36</b>
2.2.1.Tipos de Planta de Usina de Beneficiamento dos Resíduos da Construção Civil	39
2.2.2.Modelos de Equipamentos Destinados à Usina de Beneficiamento dos Resíduos da Construção Civil	39
2.2.3.Classificação dos Processos de Beneficiamento dos Resíduos da Construção Civil	45
2.2.4.Descrição do Fluxo Produtivo de uma Usina de Beneficiamento dos Resíduos da Construção Civil	46
2.2.5.Localização de Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil	50
<b>2.3.MÉTODOS PARA ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS AMBIENTAIS</b>	<b>52</b>
2.3.1. Custos e Benefícios do Projeto	53
2.3.1.1. Custos de Investimentos e Implantação	53
2.3.1.2. Custos de Operacionalização	54
2.3.2. Métodos de Avaliação Econômica do Projeto	55
2.3.2.1. Método do Valor Presente Líquido	56
2.3.2.2. Método do Valor Anual Líquido	57
2.3.2.3. Método do Índice Benefício/Custo	58
2.3.2.4. Método da Taxa Interna de Retorno	58
2.3.2.5. Método do Tempo de Retorno do Capital	59
<b>2.4.ANALISE ECONÔMICA DE USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	<b>61</b>
2.4.1. Custos de Implantação	62

2.4.2. Custos de Operação	63
2.4.3. Custos de Manutenção	63
2.4.4. Relação Benefício/Custo	64
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>67</b>
<b>3.1.LOCALIZAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO OBJETO DE ESTUDO</b>	<b>67</b>
3.1.1.Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil da Cidade de João Pessoa - PB	71
3.1.1.1.Implantação, Tipo de Planta e Equipamentos	71
3.1.1.2.Processo Produtivo	74
3.1.1.3.Volume de Produção	80
3.1.1.4.Recursos Humanos	83
<b>3.2.METODOLOGIA DE ANÁLISE ECONÔMICA DO OBJETO DE ESTUDO</b>	<b>83</b>
3.2.1.Visitas Técnicas	84
3.2.2.Forma de Obtenção dos Dados	84
3.2.2.Método de Análise de Viabilidade Econômica	85
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>89</b>
<b>4.1.DESEMPENHO OPERACIONAL</b>	<b>89</b>
<b>4.2.VIABILIDADE ECONÔMICA</b>	<b>90</b>
4.2.1.Custo de Implantação	91
4.2.2.Custos de Operação	92
4.2.2.1.Custos com Pessoal	92
4.2.2.2.Custos de Operacionalização	93
4.2.3.Receita Bruta Anual	94
4.2.4.Receita Líquida Anual	96
4.2.5.Valor Presente Líquido - VPL	97
4.2.6.Tempo de Retorno do Capital - Payback	99
4.2.7.Relação Benefício/Custo	100
4.2.8.Taxa Interna de Retorno	101
4.2.9.Viabilidade Econômica de Usinas de RCC	102
4.2.10.Benefícios Diretos Para o Meio Ambiente	105
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>107</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO</b>	<b>113</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	PAG.
FIG-01: Origem dos Resíduos da Construção Civil por Tipo de Serviço	28
FIG-02: Alimentador Vibratório e Detalhe da Tremonha	40
FIG-03: Britador e Rebritador de Impacto - Detalhe Interno	41
FIG-04: Peneira - Vista Lateral e Detalhamento Interno	43
FIG-05: Transportadores de Correia - Vista Aérea e Detalhamento Interno	44
FIG-06: Rompedor Hidráulico e Pá Carregadeira	44
FIG-07: Caminhão Transportador, Coletor e Respectiva Tabela de Capacidade	45
FIG-08: Tubulões e Bloco de Concreto Produzidos Pela Usina de Reciclagem de RCC de São José do Rio Preto - SP	50
FIG-09: Localização do Município de João Pessoa - PB	68
FIG-10: Localização da USIBEN - Bairro José Américo - João Pessoa - PB	69
FIG-11: Planta Baixa da USIBEN - João Pessoa - PB	69
FIG-12: Detalhe do Mapa de Zoneamento Urbano (Destaque: USIBEN)	70
FIG-13: Recepção, Vista Aérea, Depósito Principal e Área de Material Inservível – USIBEN	71
FIG-14: Croquis da Planta, Cortes e Detalhes dos Equipamentos, Vista Aérea e Relação dos Equipamentos e Agregados Produzidos	72
FIG-15: Separação e Classificação de RCC na USIBEN – João Pessoa/PB	75
FIG-16: Preparação e Fragmentação de RCD – USIBEN – João Pessoa/PB	75
FIG-17: Transporte Interno e Alimentação da Tremonha – USIBEN – João Pessoa/PB	76
FIG-18: Fluxograma do Processo Produtivo – Material Cerâmico – USIBEN – João Pessoa/PB	77
FIG-19: Imagens das Operações de Peneiramento e Britagem – USIBEN – João Pessoa/PB	78
FIG-20: Fluxograma do Processo Produtivo – Concreto – USIBEN – João Pessoa/PB	79
FIG-21: Agregados Reciclados: Bica Corrida, Cascalhinho, Brita e Pedra Macadame – USIBEN – João Pessoa/PB	79
FIG-22: Gráfico da Entrada de RCC - USIBEN - João Pessoa - PB	81
FIG-23: Gráfico da Evolução do Valor Presente Líquido - VPL	99
FIG-24: Gráfico da Evolução do Índice Benefício/Custo - IBC	100

## **LISTA DE QUADROS**

	PAG.
Quadro 01: Equipamentos Adquiridos - Linha de Produção	73
Quadro 02: Volume de RCC recebidos pela USIBEN	80
Quadro 03: Volume de agregado reciclado produzido pela USIBEN	82
Quadro 04: Quantidade de Funcionários da USIBEN	83
Quadro 05: Resumo dos Custos de Operação	93
Quadro 06: Receita Bruta Anual	96
Quadro 07: Receita Líquida Anual	97
Quadro 08: Demonstrativo do Valor da Presente Líquido	98
Quadro 09: Demonstrativo do Fluxo de Caixa Acumulado - Payback	99
Quadro 10: Métodos de Análise Econômica (Cenário 1) - Resultados Obtidos	102
Quadro 11: Métodos de Análise Econômica (Cenário 2) - Resultados Obtidos	104
Quadro 12: Métodos de Análise Econômica (Cenário 2A) - Resultados Obtidos	105

## **LISTA DE TABELAS**

	PAG.
Tabela 01: Perdas de Materiais de Construção	23
Tabela 02: Componentes dos resíduos em função do tipo de obra	25
Tabela 03: Classificação dos resíduos da construção civil	27
Tabela 04: Geração de resíduos em países da União Européia	30
Tabela 05: Geração estimada de resíduos sólidos urbanos por município	31
Tabela 06: Geração de resíduos da construção civil por país	32
Tabela 07: Cotação de Preço de Materiais de Construção	94
Tabela 08: Cotação de Preço de Terrenos em João Pessoa - PB	104

## **LISTA DE EQUAÇÕES**

	PAG.
Equação 01: Cálculo da Eficiência (%)	48
Equação 02: Cálculo de Eficiência em Função do Tipo de Agregado Produzido	49
Equação 03: Cálculo do Valor Presente Líquido - VPL	56
Equação 04: Cálculo do Valor Presente Líquido Anualizado - VPLA	57
Equação 05: Cálculo do Índice Benefício/Custo - IBC	58
Equação 06: Cálculo da Taxa Interna de Retorno - TIR	59
Equação 07: Cálculo do Tempo de Retorno do Capital - TRC	60
Equação 08: Cálculo de Viabilidade Econômica de Usinas de RCC	65

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
FGV - Fundação Getúlio Vargas  
FVP - Fator do Valor Presente  
IBC - Índice Benefício/Custo  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INCC - Indústria Nacional da Construção Civil  
PMJP - Prefeitura Municipal de João Pessoa  
RCC - Resíduos da Construção Civil  
RCD - Resíduos da Construção e Demolição  
SNIC - Sindicato Nacional da Indústria de Cimento  
TIR - Taxa Interna de Retorno  
TMA - Taxa Mínima de Atratividade  
TRC - Tempo de Retorno do Capital  
USIBEN - Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil de João Pessoa/PB  
VAL - Valor Anual Líquido  
VAUE - Valor Anual Uniforme Equivalente  
VPL - Valor Presente Líquido

## 1. Introdução

Desde os primórdios do processo de industrialização que a demanda por energia e recursos naturais tem apresentado crescimento acelerado, contribuindo, como consequência, para a geração de resíduos que são quase sempre indesejáveis. Nos mais diversos processos produtivos, estes resíduos gerados nem sempre são adequadamente tratados, sendo lançados diretamente no solo, em corpos aquáticos ou na atmosfera, de maneira irregular, causando poluição desses meios.

Por outro lado, a exploração, indiscriminada e desmedida, dos recursos naturais destinados à alimentação dos diversos processos produtivos, tem levado ao esgotamento progressivo destes recursos, quase sempre não renováveis, visto que somente podem ser gerados por fenômenos naturais que fogem à capacidade humana de reproduzi-los.

A disponibilidade de matérias primas naturais dentro ou em torno dos grandes aglomerados urbanos vem declinando em virtude de planejamento inadequado, problemas ambientais, zoneamento restritivo e uso competitivo do solo, sendo a possibilidade de utilização destes materiais cada vez mais limitada.

A busca pelos recursos naturais em locais cada vez mais distantes dos centros produtivos vem tornando os processos industriais mais onerosos, podendo-se dizer que somente a adoção de políticas que incentivem o reaproveitamento dos bens minerais descartáveis poderá evitar a escassez destes recursos e propiciar ainda, pela reutilização e reciclagem dos resíduos gerados, uma redução no impacto ambiental.

O setor da construção civil está classificado, entre os diversos segmentos da economia, como aquele que consome o maior volume de recursos naturais, sendo também um dos maiores geradores de resíduos sólidos. No caso deste segmento produtivo, a situação tem-se agravado, provocada pelo crescimento acentuado na edificação de novas moradias e na construção de novos prédios comerciais e empresariais, resultante da expansão dos centros urbanos, decorrente de fatores como o aumento populacional, o déficit habitacional e o próprio crescimento da economia.

As fontes dos recursos naturais utilizadas na indústria da construção civil tornam-se cada vez mais escassas e mais distantes dos centros urbanos, provocando aumento do custo final da construção e dificuldades na utilização destes materiais. Por outro lado, os resíduos gerados pela construção civil, quando não tratados adequadamente, podem provocar sérios

prejuízos ao meio ambiente, principalmente quando depositados de maneira irregular, em áreas inadequadas, muitas vezes inseridas no próprio ambiente urbano.

Estas questões que envolvem a construção civil vêm sendo tratadas com mais responsabilidade, sensibilidade e com certo nível de conscientização, não só pelo Poder Público, mas também pela própria classe empresarial, que entendem ser imprescindível a existência de ações que busquem criar um ambiente sustentável, aplicando-se conceitos de reciclagem e reaproveitamento de resíduos da construção civil. Tais ações trazem como consequência imediata a redução do uso dos recursos naturais e do impacto ambiental, com decréscimo direto no custo final das edificações. Para o setor da construção civil é importante e indispensável que seja criada uma capacidade de reciclar os resíduos gerados pela sua própria atividade, cujo volume e maneira de deposição ainda vêm causando grandes consequências ambientais (JOHN, 2000).

Também cabe destacar que o reaproveitamento destes resíduos possibilita a disponibilização no mercado consumidor de materiais de construção, de baixo custo, facilitando, inclusive, o acesso às classes menos favorecidas, colaborando também para o incremento dos postos de trabalho na área de construção civil. Ainda não é comum encontrar, com facilidade, no mercado, esses materiais de construção alternativos, fruto de um processo de reaproveitamento de resíduos da construção. Porém, observa-se certa tendência à adoção de medidas que buscam uma construção sustentável, que visam, acima de tudo, a preservação do meio ambiente através da utilização maciça de materiais reaproveitados e reciclados.

A Resolução No. 307, editada em 05/07/2002 pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos a serem adotados com vista a implementar uma política de gestão de resíduos da construção civil - RCC nos centros urbanos, buscando reduzir o impacto ambiental provocado pela deposição irregular dos resíduos gerados.

Esta norma legal prevê a elaboração e implantação, por parte dos municípios brasileiros, dos Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, voltados, neste caso, aos pequenos geradores de resíduos. No caso dos grandes geradores de resíduos da construção civil, as construtoras e incorporadoras, por exemplo, a referida Resolução impôs a necessidade de inclusão de Projetos de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil nos projetos de grandes obras a serem submetidas à aprovação ou licenciamento por órgãos estatais, proibindo não só a deposição irregular dos resíduos gerados, mas também, transferindo ao gerador destes resíduos a obrigação de transportá-lo da obra até o ponto de coleta determinado pelo Poder Público.

Normas complementares também vieram melhor definir o assunto, regulamentando os processos de reaproveitamento destes resíduos, como no caso das Normas ABNT – NBR 10.004/2002, ABNT – NBR 12.980/2004, ABNT – NBR 15.112/2004, ABNT – NBR 15.113/2004 e ABNT – NBR 15.114/2004, esta última regulamentando o tratamento dos RCC em função da própria Resolução CONAMA No. 307/2002, tratando de mecanismos de controle e triagem de resíduos, área de armazenamento, controle de registro de operações, controle de transporte, localização dos aterros e a própria classificação dos resíduos.

Diante deste cenário, não bastava apenas à Edilidade disponibilizar uma área especial ou aterro sanitário para a deposição controlada dos RCC. Esta solução simplória apresenta sérias limitações em relação ao custo de manutenção e a possibilidade de ocorrências de riscos ambientais, levando-se em consideração que a crescente produção deste tipo de resíduo leva a uma rápida saturação da área destinada à deposição, com necessidade de criação de novos espaços, comprometendo, assim, a paisagem urbana e trazendo sérios riscos ao meio ambiente. A linha adotada pelos ambientalistas é a que fomenta a reciclagem e reutilização de resíduos, em contraposição com o sistema de descarte ou acomodação em áreas do solo, que apenas protela a solução do problema.

A solução mais adequada, portanto, é o reaproveitamento do entulho, através da usina de beneficiamento, que pode produzir um agregado, reutilizado pela própria construção civil. Este tipo de usina tem sido implantada no país nos últimos anos, objetivando otimizar o processo de reutilização dos resíduos da construção civil, reduzindo a necessidade de criação de novos aterros sanitários e, por conseguinte, reduzindo também o impacto ambiental (MIRANDA et al. 2009).

Dentro destes princípios, a Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP, capital do estado da Paraíba, instituiu o Sistemas de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Demolição e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, através da Lei Municipal No. 11.176/2007, criando também as condições legais para implantação da Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil do município.

Criada no ano de 2007, com inicio de operação em 2008, a Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção – USIBEN tem capacidade de processamento de 20 toneladas/hora de RCC, considerada uma usina de porte médio, tipo fixa, de primeira geração, localizada no bairro residencial de José Américo. Todo material reciclado (agregado) é utilizado pela própria Prefeitura Municipal, mantenedora da Usina, produzindo, entre outros, os seguintes produtos reciclados: bica corrida, pedrisco, brita e pedra rachão.

É importante esclarecer que, desde sua criação, não foi encontrado estudos mais apurados objetivando avaliar a viabilidade econômica deste empreendimento, o tempo de retorno do investimento aplicado e até a possibilidade de, melhorando a qualidade do agregado produzido, aumentar o valor final deste produto, com incremento das margens de um possível lucro.

O estudo aqui proposto já se justifica, inicialmente, pelo fato de que, no Brasil, algumas usinas, principalmente mantidas pelo Poder Público, estão sendo desativadas, por má administração, provocada por mudança de gestão e dificuldades na manutenção e operação da usina, isto por falta de pessoal tecnicamente preparado ou retardo na obtenção de verbas para a compra de peças de reposição (MIRANDA et al. 2009). Portanto, conhecendo-se a realidade econômico-financeira da USIBEN podem ser evidenciados esforços no sentido de torná-la cada vez mais produtiva e, por conseguinte, com funcionamento permanente, evitando que, pelo sucateamento dos seus equipamentos, chegue-se à desativação da Usina, com prejuízos inestimáveis ao meio ambiente.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. OBJETIVO GERAL

- Estudar o desempenho operacional e a viabilidade econômica da Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil – USIBEN, localizada na cidade de João Pessoa, estado da Paraíba.

### 1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar o volume médio produzido de RCC, destinado à USIBEN, em um determinado período, na cidade de João Pessoa, estado da Paraíba;
- Analisar o desempenho operacional da USIBEN, verificando seu dimensionamento às necessidades de uma cidade de porte médio;
- Levantar todos os custos de produção da USIBEN, encontrando o custo final de produção do agregado produzido;
- Determinar a viabilidade econômica do processo de reciclagem de RCC operacionalizado pela USIBEN.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

Não se pode defender a reciclagem apenas amparando-se em aspectos referentes à preservação ambiental, enaltecendo os ganhos ambientais e educacionais que proporciona. É preciso justificar a reciclagem como uma atividade produtiva, que gera emprego e renda, e que deve ser lucrativa economicamente. Sobre este último aspecto, a reciclagem tende a ser mais aceita e os projetos, cingindo-se nesta direção, tornam-se mais atrativos à classe empresarial.

Existem estudos nesta linha, mostrando a plena viabilidade econômica da reciclagem do lixo domiciliar (LUCENA, 2004; CALDERONI, 2003) e, havendo usinas, hoje já implantadas e em funcionamento em muitas cidades brasileira, que são empreendimentos plenamente lucrativos do ponto de vista econômico-financeiro. A mesma situação também deve acontecer com os RCC, onde a reciclagem é possível, como já acontece, desde que o resíduo seja processado e gere um produto final, fruto desta reciclagem, que deve ser competitivo, em preço e qualidade, com o seu concorrente natural, produzido a partir da extração do insumo.

Assim, a existência de uma Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil na capital do Estado deve também ter como justificativa o caráter economicamente lucrativo do empreendimento, aliado, evidentemente, aos benefícios ambientais decorrentes da sua existência.

Através deste estudo tornar-se-á possível determinar se o empreendimento é viável do ponto de vista econômico-financeiro. Destaca-se esta condição como quase fundamental para sua permanência, pois sendo o empreendimento viável financeiramente, seus custos de operação e, principalmente, manutenção, podem ser cobertos com recursos financeiros gerados pela comercialização, de alguma forma, do agregado produzido. Ainda que todo seu agregado produzido seja consumido pela própria Edilidade, a determinação da viabilidade financeira do empreendimento se justifica pela economia de recursos públicos advindo da substituição dos insumos naturais, normalmente adquiridos no mercado interno, pelo agregado produzido pela própria Usina.

## 2. Revisão da Literatura

Desde os primórdios da civilização o homem, vivendo em pequenos aglomerados, já gerava lixo. Neste caso, os resíduos sólidos produzidos não agrediam o meio ambiente, pois eram produzidos em pequenas quantidades e tratava-se de material de origem orgânica biodegradável, proveniente principalmente de restos de alimentação e de dejetos humanos.

Com o passar do tempo, surgiu a formação de pequenos núcleos urbanos, provocando a elevação da quantidade de resíduos sólidos, constituindo-se já em uma preocupação a forma de destinação destes resíduos, normalmente transportados para locais afastados dos povoados, sem qualquer tratamento. Iniciava-se, ainda de maneira desordenada e incipiente, um processo de gestão do lixo urbano, naturalmente sem qualquer preocupação com o meio ambiente. O procedimento de coleta do lixo urbano se constituía unicamente na deposição destes resíduos da atividade humana em depósitos a céu aberto chamados de lixões, forma esta que persiste, ainda em muitos lugares, até os dias de hoje.

Assim, inexistindo legislação específica sobre o assunto até antes da promulgação da Lei nº. 12.305 de 2 de agosto de 2010, os lixões passaram a ser depósitos de lixo urbano, sem qualquer separação prévia dos materiais recolhidos e sem qualquer tratamento devido, constituindo-se em foco de proliferação de vetores transmissores de doenças e fonte de poluição ambiental.

A Lei anteriormente referenciada previu a desativação dos lixões em todos os municípios brasileiros no prazo máximo de quatro anos, condicionando a existência de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, sem o qual a Edilidade não tem acesso a qualquer tipo de financiamento público.

Nos tempos atuais, o aumento populacional aliado à mudança de hábito da população e ao surgimento de novos materiais no mercado levaram a uma alteração significativa na quantidade e composição dos resíduos sólidos urbanos. Ocorre que esta variação vem, crescentemente, substituindo a participação orgânica na composição destes resíduos por materiais não biodegradáveis, que causam grande impacto ao meio ambiente.

Os resíduos sólidos urbanos tem grande variação na sua composição em função da sua fonte produtora, sendo classificado em relação a sua origem ou natureza, entre outras, como: domiciliar, comercial, industrial, área de saúde, agrícola, limpeza pública, matadouros de animais, estábulos e construção civil.

No Brasil, a classificação dos resíduos sólidos foi elaborada em 1987, revisada em 2004, sendo a revisão baseada no Regulamento Técnico Federal dos Estados Unidos da América, denominado Code of Federal Regulation, atualizando a Norma Brasileira que tratava do assunto. Assim, a NBR 10.004/2004 definiu Resíduos Sólidos como sendo aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Incluiu, também, nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível.

Ainda a NBR 10.004/2004 caracterizou e classificou os resíduos sólidos em classes, em função do nível de risco que podem oferecer ao ser humano e à natureza (GADELHA, 2010):

- **Classe I (Perigosos):** levando-se em consideração suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar riscos à saúde pública e ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada;
- **Classe II (Não Inertes):** são resíduos não classificados como perigosos ou inertes, incluindo-se nesta classificação os resíduos orgânicos em geral, como restos de alimentos;
- **Classe III (Inertes):** são aqueles resíduos que não apresentam periculosidade ao homem e ao meio ambiente, inserindo-se neste grupo, os minerais e minérios como, areia, pedra e ferro, entre outros.

A mesma Norma ainda apresenta, em forma de listas, relação dos resíduos sólidos perigosos e das substâncias que podem conferir periculosidade a estes resíduos, estando relacionadas e classificadas em Anexos que são partes integrantes da NBR 10.004/2004.

O crescimento demográfico, a carência de habitação e a urbanização dos grandes centros urbanos têm modificado a composição dos resíduos sólidos urbanos, trazendo uma participação cada vez maior do RCC na composição geral destes resíduos.

A participação do entulho da construção e demolição no resíduo sólido urbano depende de uma série de fatores, destacando-se o nível de desenvolvimento da indústria da construção civil e o volume de obras em andamento. Em alguns países, estes índices têm certa variação, destacando-se a Holanda (26%), a Austrália (30%), os Estados Unidos (29%) e a Alemanha (19%), que possuem índices relativamente baixos quando comparados

com algumas capitais brasileiras, onde este percentual chega a ser superior a 50% (PINTO, 1999).

Diante deste cenário, muitos países, tomado consciência da necessidade de mudança no tratamento dos resíduos sólidos gerados principalmente pela população urbana, resolveram mudar sua legislação determinando responsabilidades à própria sociedade quanto à forma de manuseio e tratamento do lixo gerado, transferindo responsabilidades ao produtor dos resíduos sólidos, principalmente em se tratando de resíduos sólidos oriundo da construção civil.

O Brasil também procurou se adequar à nova realidade, tendo como marco a edição da Resolução CONAMA Nº. 307/02, de 05 de julho de 2002, a qual estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. A partir da edição desta norma, os municípios brasileiros tiveram que adequar seus procedimentos quanto à gestão dos resíduos sólidos urbanos, objetivando reduzir o impacto sobre a natureza.

Assim, pode-se afirmar que os resíduos sólidos constituem um campo de ação do saneamento ambiental com interfaces com a saúde, o meio ambiente e demais componentes do saneamento. Tudo isto deve ser compreendido como uma rede de interações que envolve aspectos sociais, técnicos, administrativos, operacionais, jurídicos, econômicos e financeiros. Para o êxito destas atividades é extremamente importante o entendimento da co-responsabilidade na cadeia de resíduos (ZANTA et. al., 2008).

Poder Público, iniciativa privada, população esclarecida, geradores de resíduos urbanos, principalmente da construção civil devem ser partícipes de ações que objetivem minimizar o desperdício, fomentar a reciclagem e incentivar o reaproveitamento de resíduos, reduzindo, por conseguinte, o impacto ambiental.

## **2.1. RESÍDUOS PRODUZIDOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Em geral, os processos produtivos geram perdas, que podem englobar ocorrências consideradas estáveis e instáveis. Também, durante um processo, podem ocorrer desperdícios, que, conceitualmente, diferem de perdas por ter existido em função de causas ou fatores plenamente evitáveis. Os desperdícios podem ser eliminados; as perdas podem ser apenas minimizadas, pois fazem parte integrante do processo produtivo.

Quando as perdas são geradas por materiais que acabam permanecendo no produto acabado diz-se que estas são de natureza oculta. Porém, quando as perdas se caracterizam

pela geração de resíduos, como é o caso da construção civil, diz-se que estas têm natureza aparente (SOILBELMAN, 1993 *apud* JADOVSKI, 2005).

Na indústria da construção civil ocorre uma elevada perda de material, de natureza aparente, chamada de Resíduos da Construção Civil – RCC, Resíduos da Construção e Demolição – RCD ou mais comumente de Entulho. A geração deste material está relacionada a diversas fases do processo produtivo, ou seja, na concepção, na execução e na própria utilização. Durante a etapa de execução da edificação as perdas tornam-se mais evidentes, pelo fato de que o planejado ganha dimensões físicas, implicando em ações que resultam em construções e, não raramente, demolições, sendo a fase que mais gera entulhos durante a obra (JOHN, 2000).

Conforme KARPINSKY (2009), de acordo com a natureza, perdas e desperdícios, na indústria da construção civil, podem ocorrer pelos seguintes fatores:

- Superprodução: decorrentes da produção de quantidades superiores às necessárias à execução do serviço, como, por exemplo, produção excessiva de argamassa, superior à necessária para um dia de trabalho e excesso de espessura dos rebocos das paredes;
- Espera: relacionadas com a má sincronização do fluxo de materiais e as atividades dos trabalhadores, tendo como exemplo, constantes interrupções dos serviços provocadas pela falta de material ou equipamentos disponíveis naquele momento, necessários à execução do serviço;
- Transporte: provocadas pelo manuseio inadequado dos materiais e dificuldade de deslocamento destes da origem ao local da obra, como por exemplo, tempo excessivo despendido no transporte em virtude de grandes distâncias entre os estoques a obra, além da quebra de materiais pelo manuseio inadequado;
- Processamento: inerentes às atividades do processo ou da sua execução inadequada, normalmente decorrentes da falta de utilização de procedimentos padronizados e adequados, métodos de trabalho e carência de mão de obra especializada;
- Estoques: associadas à existência de estoques excessivos, em virtude da programação inadequada na entrega e condicionamento dos materiais, gerando situações de falta de espaços adequados para a deposição, como também, são provocadas pela falta de cuidados no próprio armazenamento dos materiais, resultando em custo financeiro elevado e deterioração de produtos, muitas vezes com prazo de validade reduzidos;

- Movimentação: decorrem da realização de movimentações excessivas e desnecessárias, por parte dos trabalhadores, durante a execução das atividades laborativas, sendo normalmente causadas por frentes de trabalho afastadas e de difícil acesso e falta de estudo mais adequado do *layout* do canteiro de obras e dos postos de trabalho;
- Produtos defeituosos: provocadas pela fabricação de produtos, a serem utilizados na obra, que não atendem aos requisitos de qualidade especificados ou originalmente produzidos com defeito, provocando retrabalho e redução da qualidade final da obra, tendo como exemplos, falhas de impermeabilização e pinturas e descolamento de azulejos e cerâmicas.

Entre os fatores relacionados anteriormente, estoque, processamento transporte e produtos defeituosos contribuem para a geração de resíduos de construção civil. A forma de condução da obra pode influenciar na quantidade de entulho gerado. LLATAS (2011) destaca que, entre os fatores de geração de RCC em uma obra, a qualidade do projeto é o que tem maior influência na quantidade de entulho gerada. Nesta mesma linha de pensamento, LIMA et al. (2009) esclarece que os problemas de projetos estão relacionados com a falta de definições e de detalhamentos satisfatórios, falta de precisão nos memoriais descritivos, baixa qualidade dos materiais adotados, baixa qualificação da mão de obra, manejo, transporte e armazenamento inadequados dos materiais, falta ou ineficiência dos mecanismos de controle durante a execução da obra, escolha inadequada da técnica de demolição, além da falta de processos de reutilização e reciclagem no canteiro da obra.

A Tabela 01, a seguir, mostra as perdas medianas de alguns materiais utilizados na construção civil, relatados por diversos pesquisadores.

Tabela 01: Perdas de Materiais de Construção

MATERIAS DE CONSTRUÇÃO	PERDAS DE MATERIAIS CONSTRUTIVOS (%)				
	AGOPYAN <sup>(1)</sup>	ESPINELLI <sup>(2)</sup>	PINTO <sup>(3)</sup>	SOILBELMAN <sup>(4)</sup>	SOUZA <sup>(5)</sup>
Aço	11	11	26	19	11
Areia	--	--	39	44	44
Argamassa Interna	102	--	--	--	--
Argamassa Externa	53	--	--	--	--
Blocos e Tijolos	13	13	13	32	13
Cal	--	--	102	--	36
Cimento	--	--	33	83	56
Condutores	--	27	--	--	--
Concreto	9	9	1	13	9
Eletrodutos	--	15	--	--	--
Gesso	--	30	--	--	--
Placas Cerâmicas	--	14	--	--	--
Revestimento Têxtil	--	14	--	--	--
Tintas	--	17	--	--	--
Tubos Prediais	--	15	--	--	--

(1) – AGOPYAN, 2003. (2) – ESPINELLI, 2005. (3) – PINTO, 1989. (4) – SOILBELMAN, 1993 *apud* PINTO, 1999.

(5) – SOUZA, 1998 *apud* PINTO, 1999.

A gestão moderna de obra de construção civil tem buscado reduzir estes índices de perdas, como forma de contribuir para a redução do custo final do empreendimento e, como decorrência, reduzir também o impacto ambiental. Este desiderato somente é conseguido através da melhoria da qualidade das construções associada à elaboração de projetos flexíveis que permitem adequações no decorrer do processo sem causar maiores perdas ou desperdícios.

### 2.1.1.DEFINIÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos da construção são materiais oriundos de obras de construção civil. Neste contexto, incluem-se os entulhos produzidos pelas novas edificações, demolições e reformas de prédios existentes, além dos materiais provenientes de serviços de terraplenagem e escavações de terrenos.

A Resolução CONAMA Nº. 307/02, editada em 05/07/2002, definiu resíduos da construção civil como sendo aqueles 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 etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002).

Trata-se de um dispositivo legal que definiu de maneira bastante completa os RCC, sendo, portanto, esta definição a adotada neste trabalho. Alguns autores também costumam utilizar, como sinônimos, Resíduos da Construção e Demolição – RCD e, menos comumente, Entulho.

Os RCC tem sua composição extremamente heterogênea, dependente da fonte que os originou. Aqueles originários de reforma ou ampliação, em geral têm uma predominância de fração mineral, pela elevada presença de blocos de concreto frutos do processo de demolição (PINTO, 1999).

A heterogeneidade característica deste tipo de resíduo leva a uma composição de um material normalmente com excelente potencial de reciclagem e reaproveitamento. São encontrados, dentre outros, os seguintes materiais construtivos compondo os resíduos da construção civil (CARNEIRO et al., 2001):

- concreto, argamassa e rochas - apresentam elevado potencial de reciclagem;
- blocos, tijolos e cerâmicas - possuem potencial de utilização, sem necessitar de processo sofisticado de tratamento;
- areia e argila - podem ser separados dos demais materiais através de um processo de peneiramento;
- asfalto - material com elevado potencial de reutilização em obras viárias;
- metais ferrosos – possibilidade de reciclagem pelo setor de metalurgia;
- madeira - material parcialmente reciclável;
- plástico, borracha, papel, papelão, gesso e outros materiais semelhantes – quando separados, podem ser encaminhados a processos de reciclagem e reaproveitamento, dependendo, naturalmente, do seu estado.

Os resíduos da construção civil apresentam-se compostos por muitos fragmentos de materiais diferentes e com certa diversidade de tamanho, sendo considerados pela NBR 10.004/2002 como resíduos inertes, próprio para reciclagem. Porém, dependendo da origem, este tipo de entulho pode ser classificado diferentemente, desde que seja constatada, por exemplo, na amostra, a presença de materiais perigosos ou de alta toxicidade.

A quantidade e composição dos resíduos da construção civil é afetada por fatores os mais diversos, tais como (CARNEIRO et al. 2001):

- nível de desenvolvimento da indústria de construção, que, através do uso de técnicas mais adequadas de construção e demolição, da adoção de programas de

qualidade e de processos de reciclagem e reutilização de materiais construtivos na própria obra, consegue reduzir consideravelmente o entulho gerado;

- utilização de materiais predominantes disponíveis na região;
- realização de obras especiais de engenharia, que provocam a geração de resíduos com características diferentes do comumente existentes na região.

Pelo exposto, pode-se concluir que os resíduos oriundos da indústria da construção civil apresentam-se com características muito especiais e peculiares, existindo certa diversidade de matérias-primas, técnicas e metodologias, comumente empregadas na construção civil, que influem, de maneira bastante significativa, as características dos resíduos gerados, notadamente no tocante à composição e à quantidade gerada.

Estes resíduos, normalmente oriundos de construções de novas edificações e demolições de prédios existentes, também podem ser gerados por lamentáveis desastres naturais, como terremotos, furacões, enchentes, por falhas tecnológicas indesejáveis, como incêndios prediais, ou ainda, por falhas estruturais inconcebíveis, como no caso de fissuras de estrutura de concreto com consequente queda da edificação.

Além dos diversos fatores abordados anteriormente, responsáveis pelas diferenças na composição dos RCC em uma determinada região, o tipo de obra tem grande influência em sua composição, como pode ser observado nos dados mostrados na Tabela 02 (LEVY, 2001).

Tabela 02: Componentes dos resíduos em função do tipo de obra (%)

COMPONENTES PRESENTES (*)	TIPO DE OBRA GERADORA DOS RESÍDUOS				
	TRABALHOS RODOVIÁRIOS	ESCAVAÇÕES	DEMOLIÇÕES	OBRAS DIVERSAS	SOBRAS DE LIMPEZA
Asfalto	23,47	0,00	1,61	0,00	0,13
Concreto Simples	46,38	3,16	20,00	8,03	9,26
Concreto Armado	1,61	2,96	33,10	8,31	8,25
Poeira, Solo e Lama	16,75	48,91	11,91	16,09	30,54
Pedra Britada	7,07	31,10	6,82	7,76	9,73
Cascalho	0,00	1,43	4,60	15,25	14,13
Madeira	0,10	1,07	7,14	18,22	10,53
Bambu	0,00	0,03	0,30	0,05	0,29
Blocos de Concreto	0,00	0,00	1,16	1,12	0,90
Tijolos Maciços	0,00	0,31	6,33	11,94	5,00
Vidros	0,00	0,00	0,20	0,35	0,56
Tubos Plásticos	0,00	0,00	0,60	0,35	1,13
Areia	4,62	9,58	1,43	3,24	1,69
Árvores	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12
Condutores	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03
Retalhos de Tecidos	0,00	0,00	0,07	0,13	0,23
Metais	0,00	0,47	3,40	6,08	4,36

(Fonte: Hong Kong Polytechnic, 1993 *apud* LEVY, 2001)

Além do tipo de obra, a localização tem fundamental importância na composição dos resíduos gerados, em função dos materiais usados nas construções prediais situadas nas regiões geradoras. Dentro deste aspecto, a madeira é um elemento bastante presente nas edificações americanas e japonesas, enquanto que no Brasil este material construtivo não é frequentemente utilizado (PINTO, 1999). Na Holanda, a participação de restos de alvenaria e concreto na composição dos resíduos da construção civil chega a quase 90%, sendo o restante composto por materiais heterogêneos como madeira, plástico e metais comuns (HENDRICKS et al. 2001).

Os RCC no Brasil apresentam uma composição heterogênea, composta predominantemente de argamassa, concreto armado, alvenaria, cerâmica, aço e plásticos, tendo crescido a presença do gesso nesta composição. Os entulhos gerados nos Estados Unidos e em parte da Europa têm semelhança com o brasileiro, tendo sido constatado também o acréscimo considerável da presença do gesso (PINTO, 1999).

A análise da composição dos resíduos sólidos oriundos da construção civil no Brasil, em Hong Kong e na Bélgica resulta na constatação da presença elevada de materiais de origem mineral, como argamassa, concreto e cerâmica (PINTO, 1999), levando-se à conclusão que tais entulhos são adequados a serem reciclados ou reaproveitados, através da produção de agregados que podem ser utilizados na própria indústria da construção civil.

A indústria de materiais de construção, como fábricas de cimento, olarias, fábricas de cerâmicas e porcelanatos, por exemplo, também gera desperdícios, fruto da manipulação inadequada do produto final. Este tipo de material inservível à comercialização, como pedaços de cerâmica e de tijolos além de cimento provenientes de sacos rasgados na área de estocagem, não são considerados como entulhos ou resíduos da construção civil, mas sim, como resíduos industriais.

Assim, são considerados resíduos da construção civil apenas entulhos gerados na edificação de obras e serviços de engenharia e na demolição de edificações existentes, gerando entulhos sempre constituídos de materiais similares, porém, diversificados, no tipo e no tamanho, constituindo-se, majoritariamente, por parcelas ou frações plenamente recicláveis.

## 2.1.2.CLASSIFICAÇÃO E GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A composição dos RCC apresenta uma dependência direta das características e peculiaridades de cada localidade ou região. Esta variação na composição ocorre em função da geologia, morfologia, disponibilidade dos materiais de construção e do desenvolvimento tecnológico, além de outros elementos de influência na composição destes resíduos. Esta grande heterogeneidade na composição dos resíduos fez com que o CONAMA editasse a Resolução nº. 307/2002, que, entre outras determinações, estabeleceu uma classificação específica para este tipo de resíduo urbano. Posteriormente, a Resoluções CONAMA nº. 348/2004 e 431/2011 alteraram algumas definições utilizadas na Resolução CONAMA nº. 307/2002.

Basicamente, os RCC estão, assim, classificados em quatro classes (A – D), onde a última ficou reservada aos materiais que oferecem risco à saúde humana e são mais agressivos ao meio ambiente. A Tabela 03, a seguir, contem as definições utilizadas nas citadas Resoluções, além de apresentar exemplos de materiais para cada Classe definida.

Tabela 03: Classificação dos resíduos da construção civil (\*)

CLASSE	DEFINIÇÃO	EXEMPLOS	DESTINAÇÕES
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	- Resíduos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; - Resíduos de componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc), argamassa e concreto; - Resíduos oriundos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc) produzidos nos canteiros de obras.	Reutilização ou reciclagem na forma de agregados, ou encaminhada às áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo disposto de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações	- Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.	Reutilização/reciclagem ou encaminhamento às áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos a permitir sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	Resíduos sem tecnologias desenvolvidas ou aplicações economicamente viáveis que permitam a reciclagem ou recuperação	- Produtos sem tecnologia disponível para reciclagem ou recuperação	Armazenamento, transporte e destinação final conforme normas técnicas específicas.
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção	- 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..	Armazenamento, transporte, reutilização e destinação final conforme normas técnicas específicas.

(\*) – Resoluções CONAMA nº. 307/2002, 348/2004 e 431/2011.

Como já mencionado, são muitos os fatores, classificados como perdas e desperdícios, responsáveis pela geração dos resíduos da construção, que oneram o custo final da obra. A quantidade gerada destes resíduos varia em função do tipo de obra em execução, diferenciando quando se trata de reformas, novas residências e novos prédios.

A FIG-01, mostrada a seguir, foi utilizada por PINTO (2004) para ilustrar a participação de cada tipo de obra na geração de resíduos sólidos oriundos da construção e da demolição de edificações prediais, tendo tomado como base para estudos três municípios do estado de São Paulo.

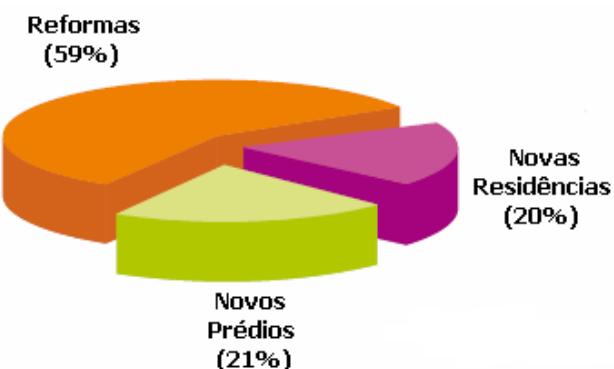


FIG-01: Origem dos Resíduos da Construção Civil Por Tipo de Serviço

O percentual de maior destaque apresentado na FIG-01 confirma que as reformas em edificações existentes constituem-se no maior gerador de RCC, estando tal fato diretamente associado à necessidade de execução de demolições neste tipo de serviço. Neste contexto em que a demolição rápida e a remoção dos escombros são os principais objetivos, gera-se uma quantidade elevada de entulho composto por diversos materiais misturados, uma vez que fatores como tempo e as técnicas rudimentares utilizadas no processo não permitem a separação adequada do material gerado (CARNEIRO et. al. 2001).

Considerando todos os tipos de obras da área de construção civil, em algumas cidades brasileiras atividades de canteiro de obras são responsáveis pela geração de 50% dos resíduos da construção, enquanto que as atividades de demolição e manutenção são responsáveis pela outra metade da fatia de entulhos gerados (PINTO, 1999).

Em países da Europa Ocidental, cerca de dois terços dos resíduos da construção civil gerados são oriundos das atividades de manutenção e demolição dos edifícios (PERA, 1996 *apud* JADOVSKI, 2005), atribuindo-se este fato à idade média elevada das edificações comuns nos países europeus.

Nos Estados Unidos, 48% dos resíduos são oriundos das atividades de demolição, 44% são provenientes de reforma e manutenção, sendo apenas 8% provenientes de novas edificações, sendo que, de todo o montante de resíduo gerado, 33% são provenientes de demolições e reformas de prédios não residenciais (US-EPA, 1998).

Estes números refletem a predominância dos resíduos oriundos de demolições e reformas sobre a totalidade de entulhos gerados, com diferenças de percentual em função principalmente do tipo de material utilizado nas construções e a idade média dos prédios existentes.

Somente com a adoção de medidas que alterem os tradicionais e, de certa forma, arcaicos métodos utilizados na reforma de edificações, como por exemplo, utilizando-se a demolição seletiva, tornar-se-á possível a separação e a seleção, ainda no canteiro de obras, dos entulhos gerados, reaproveitando parte do que foi produzido na própria obra, reduzindo-se, assim, o volume de RCC total gerado.

Segundo PERA (1996) apud JADOVSKI(2005), igualmente como a composição dos resíduos está diretamente relacionada com a localização da obra, também o volume de entulhos gerados sofre influência direta do local onde está situada a fonte geradora. Nos países localizados na Europa Ocidental, a geração de resíduos da construção civil correspondia, em 1996, a uma quantidade que variava entre 0,7 a 1,0 tonelada por habitante/ano, equivalente a aproximadamente duas vezes a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados na região.

Sidney, Melbourne e Camberra, na Austrália, possuíam uma estimativa de geração de resíduos da construção civil, no ano de 1997, da ordem de 1,56 milhões de toneladas, correspondendo a aproximadamente 6.000 toneladas diárias. Sem considerar os entulhos gerados pela construção e demolição de pontes e pavimentação, os Estados Unidos produziram, em 1996, 136 milhões de toneladas de resíduos, correspondendo a aproximadamente 1,27 kg de material gerado por habitante/dia (US-EPA, 1998).

A Tabela 04 mostra a geração de resíduos em países da União Européia, apresentando também a quantidade *per capita*, por ano. No caso da França, Itália, Espanha, Portugal e Grécia, os volumes de resíduos apresentados na referida Tabela não levaram em consideração gerações de entulhos oriundas de obras de pavimentação, escavação, tubulação de água, gás e drenagem.

Mesmo assim, é possível constatar que países como Alemanha, Bélgica, Áustria e Dinamarca apresentam uma quantidade anual *per capita* de resíduos consideravelmente elevada quando comparada com outros países, a exemplo da Suécia, Irlanda e França.

Tabela 04: Geração de resíduos em países da União Européia

PAIS	POPULAÇÃO APROXIMADA (x 10 <sup>3</sup> Habitantes)	GERAÇÃO DOS RESÍDUOS (x 10 <sup>3</sup> ton/dia)	GERAÇÃO DOS RESÍDUOS (Per Capita-Kg/Ano)
Alemanha	82.012	961,5	3.658
Bélgica	10.170	111,1	3.408
Áustria	8.060	84,6	3.272
Dinamarca	5.275	34,3	2.030
Finlândia	5.132	30,3	1.841
Holanda	15.567	64,4	1.291
Reino Unido	58.902	214,7	1.137
Suécia	8.844	18,9	666
Irlanda	3.652	6,1	518
França	58.492	75,6	403
Itália	57.461	64,1	348
Espanha	39.299	41,7	331
Portugal	9.934	9,6	302
Grécia	10.487	6,4	191

[Fonte: EC. 1999 apud SANTOS, 2007]

Muitos pesquisadores tem-se debruçado no estudo da quantificação dos resíduos sólidos urbanos gerados nas grandes cidades brasileiras, buscando também quantificar a participação dos resíduos da construção civil no total de resíduos produzidos.

Nesta linha de pesquisa, LEITE (2001) conseguiu reunir informações compiladas de diversos pesquisadores, no intuito de determinar a quantidade estimada de resíduos da construção civil gerados por habitante durante um ano, estimando, também a faixa de variação deste índice nas principais cidades brasileiras.

Aproveitando este estudo, a Tabela 05 apresenta uma atualização dos dados compilados por LEITE (2001) para o ano de 2010, inserindo-se informações complementares quanto à participação dos resíduos da construção civil no montante de resíduos sólidos urbanos gerados em cada município estudado, tendo sido considerados duzentos e quarentas dias úteis por ano, para efeito dos cálculos apresentados.

Tabela 05: Geração estimada de resíduos sólidos urbanos por município

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO APROXIMADA <sup>(*)</sup> (Habitantes)	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL		
		QUANTIDADE GERADA (ton/dia)	QUANTIDADE PER CAPITA (kg/hab/ano)	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (%)
São Paulo <sup>(1)</sup>	11.316.149	13.202	280	55
Salvador	2.676.606	3.234	290	41
Belo Horizonte <sup>(3)</sup>	2.375.444	445	450	51
Porto Alegre	1.409.939	1.639	281	----
Santo André	673.914	1.013	361	54
São José dos Campos	629.921	733	281	67
Ribeirão Preto <sup>(1)</sup>	612.339	1.812	710	70
Florianópolis <sup>(4)</sup>	421.203	1.325	755	----
São José do Rio Preto <sup>(1)</sup>	412.075	1.133	660	58
Jundiaí <sup>(2)</sup>	370.251	760	760	62
Vitória da Conquista <sup>(2)</sup>	310.129	517	400	61

(\*) – IBGE, Brasil. 2010.

1-Baseado em PINTO (2005)

3-Baseado em SINDUSCON-MG (2005)

2-Baseado em BRITO (1999)

4-Baseado em BERNADES (2006).

(Fonte: Adaptação de LEITE, 2001).

A geração anual de resíduos da construção civil nos municípios pesquisados por outros autores, mostrada na Tabela 05, também muito se aproximou dos valores encontrados por PINTO (1999), que variavam entre 230 a 760 kg/hab/ano, ficando a média da Tabela igual a aproximadamente 475 kg/hab/ano.

O fato do município de São Paulo apresentar a menor quantidade de resíduos per capita, da ordem de 280 kg/hab/ano, deve-se ao fato de que a metodologia utilizada nesta pesquisa levou em consideração apenas os resíduos da construção que efetivamente são gerenciados pelo Poder Público, correspondendo a menos de 40% do montante total gerado (BRITO, 2004 *apud* KARPINSKI 2009).

A geração de resíduos da construção também varia de município para município, dependendo do volume de obras existentes e de outros fatores, como o desenvolvimento econômico e social do próprio município, sua localização e a renda *per capita* dos habitantes. Alguns autores (SCHNEIDER, 2003 e PINTO, 1999) tendem a estimar a geração média de resíduos da construção civil por habitante em torno de 500 kg/hab/ano, o que muito também se aproxima da mediana encontrada na Tabela 05, com dados mais atualizados. Municípios com maior grau de desenvolvimento e concentração de habitantes, incluindo as capitais dos estados, podem apresentar uma quantidade de resíduos gerados *per capita* um pouco superior à média encontrada.

Outro aspecto a considerar é que os dados apresentados na Tabela 05 mostram uma elevada participação da geração de RCC no montante total de resíduos sólidos urbanos,

incluindo lixo domiciliar e industrial. Esta constatação somente confirma a estimativa apresentada por JOHN (2000) que considera a participação do entulho da construção civil como sendo da ordem de 70% do montante total de resíduos sólidos urbano. Tal situação, portanto, contribui ainda mais para o aumento dos impactos ambientais causados por este tipo de resíduo sólido, muitas vezes deixado em locais inadequados, dentro da área urbana, em deposição irregular, com prejuízo ao meio ambiente.

As estimativas internacionais apresentadas por diversos autores mostram uma geração de resíduos da construção civil variando entre 130 a 2.010 kg/hab/ano. A Tabela 06 apresenta a estimativa de geração de resíduos da construção civil em alguns países, destacando que estes quantitativos são frutos de diferentes metodologias adotadas, tornando o resultado algumas vezes objeto de questionamentos quanto a sua representatividade. Mesmo assim, este conjunto de informações serve com parâmetro de comparação com os dados, também estimados, existentes sobre a realidade brasileira. A introdução da coluna designada como Estimativa Média objetivou facilitar a comparação entre a geração de cada país, tomando-se a média da quantidade *per capita* anual.

Tabela 06: Geração de resíduos da construção civil por país

PAÍS	QUANTIDADE PER CAPITA ANUAL		
	ESTIMATIVA MÍNIMA (kg/Hab/Ano)	ESTIMATIVA MÁXIMA (kg/Hab/Ano)	ESTIMATIVA MÉDIA (kg/Hab/Ano)
Alemanha	963	3.658	2.311
Bélgica	735	3.359	2.047
Brasil	280	760	520
Dinamarca	440	2.010	1.225
Estados Unidos	463	584	524
Holanda	820	1.300	1.060
Itália	600	690	645
Japão	785	----	785
Portugal	325	----	325
Reino Unido	880	1.120	1.000
Suécia	130	680	405

(Fonte: Adaptação de JOHN, 2000).

Considerando que a geração média estimada de resíduos da construção civil para o Brasil é de aproximadamente 0,5 toneladas por habitante por ano (JOHN, 2000), pode-se também estimar que a quantidade gerada deste tipo de resíduos sólido deve estar próxima de 90 milhões de toneladas por ano. Mais da metade deste entulho é disposta irregularmente, na grande maioria das cidades brasileiras, sendo estimado um gasto

superior a dois milhões de reais por mês para remover parte deste entulho disposto clandestinamente (BLUMENSCHINE, 2007 *apud* EVANGELISTA et al., 2010 ).

Portanto, por ser um problema de âmbito nacional, urge a adoção de medidas mais efetivas, oriundas do Poder Público, com vistas promover uma melhor gestão dos resíduos sólidos urbanos, principalmente nas grandes e médias cidades, buscando a redução dos impactos causados ao meio ambiente e dos custos sociais, direta e indiretamente, envolvidos neste processo.

### **2.1.3.IMPACTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL AO MEIO AMBIENTE**

O impacto ambiental pode ser definido como sendo qualquer alteração no meio ambiente ou em qualquer dos seus componentes, causada por uma atividade ou ação, normalmente produzida pelo homem. As alterações causadas ao meio ambiente devem ser quantificadas, pois podem apresentar aspectos diferentes: positivas ou negativas, grandes ou pequenas, entre outros. Podem atingir a segurança e a saúde dos habitantes de uma região, interferir nas atividades sociais e econômicas de uma população, alterar as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente.

A Resolução CONAMA nº. 01, de 23.01.1986, considera impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem (BRASIL, 1986):

- I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II – as atividades sociais e econômicas;
- III – a biota;
- IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V – a qualidade dos recursos ambientais.

Como impactos ambientais também são consideradas as alterações benéficas ou maléficas ao ambiente, resultantes de ações das atividades, dos produtos ou serviços de uma determinada organização. Impacto ambiental, pois, é o resultado de uma ação sobre o ambiente, tendo como característica principal um choque na operação do sistema e que, em função do tempo de duração, da intensidade e da abrangência com que afeta os elementos, pode por em risco a própria vida do sistema (ABNT-ISO 14001, 1996).

A construção civil contribui com uma parcela elevada no processo de agressão ao meio ambiente. É uma das poucas atividades que está presente em todas as regiões do planeta ocupadas pelo homem, seja nos centros urbanos, no campo ou até mesmo, rudimentarmente, nos povos que habitam as florestas, sendo seu impacto ambiental diretamente proporcional a sua tarefa social (JOHN, 2000).

O impacto ambiental oriundo da indústria da construção civil advém do consumo de energia para a produção de materiais construtivos, da matéria-prima utilizada e, por fim, da própria geração de resíduos da construção.

A produção de materiais consome elevada quantidade de energia, devendo-se levar em consideração alguns aspectos como volume de produção, distância do pólo gerador ao pólo consumidor e o meio de transporte. Em muitos países, como na Inglaterra, o transporte e a produção de materiais destinados à indústria da construção civil consomem aproximadamente 10% do toda a energia disponível no país. Estima-se que toda a cadeia produtiva da indústria da construção civil chegue a consumir de 20 a 50% de todos os recursos naturais disponíveis, renováveis ou não renováveis (JOHN, 2000).

A extração da matéria-prima para uso direto ou processado na construção civil causa sério impacto ao meio ambiente. A produção anual mundial de cimento já ultrapassou a marca de 1,5 bilhões de toneladas enquanto que, no Brasil, o consumo de agregado para a construção civil já ultrapassou, em 2010, a marca de 350 milhões de metros cúbicos (SNIC, 2011). A extração de minérios e o respectivo processamento deste material natural, na produção de agregados para a construção civil, constituem-se em elementos de destaque na deterioração do meio ambiente, resultando em desmatamento, erosão do solo e a poluição do ar e da água.

A quantidade de entulho gerado em uma obra, fruto do desperdício e das perdas, está muito diretamente ligada à forma como as edificações são administradas, havendo obras que geram mais entulhos e outras que geram bem menos. Estima-se que, em média, 10% de todo o material adquirido para uma obra transforme-se em resíduo da construção (ZANTA et al. 2008). Este volume torna-se mais significativo em serviços de reformas, onde a demolição gera quantidade expressiva de resíduos.

O incremento do processo de urbanização tem contribuído para o aumento na produção de resíduos da construção civil nos centros urbanos, deixando-os à mostra, normalmente em áreas abertas, sem qualquer controle, provocando uma deposição irregular destes resíduos. Tais depósitos a céu aberto, em terrenos baldios, proliferam-se na maioria das cidades brasileiras, ocasionados principalmente pela deposição de entulhos

oriundos de pequenos geradores, fruto de reformas e pequenas construções, muitas vezes informais.

Os depósitos irregulares tem início com a deposição de resíduos da construção aparentemente inertes, sem qualquer odor, em pequeno volume, até com aquiescência, na maioria das vezes, da vizinhança, que logo vêm a área transformar-se não só em um grande sorvedouro de resíduos da construção civil, mas também, passa a atrair a captação de outros tipos de resíduos urbanos (PINTO, 2001).

A partir do surgimento destes depósitos irregulares, a população circunvizinha aciona o órgão público responsável pela limpeza urbana, reivindicando a retirada dos materiais depositados indevidamente na área. Como a população volta a utilizar o mesmo espaço como depósito de resíduos, acaba transformando o local em um depósito de resíduos urbanos extra-oficial, causando incalculáveis danos ao meio ambiente. Cria-se, a partir desta situação, o que PINTO (2001) denominou de gestão corretiva, que, sem qualquer planejamento adequado, provoca a proliferação destes espaços no ambiente urbano, sendo comum em muitos municípios brasileiros, predominando em bairros habitados por população de mais baixa renda.

São muitos os problemas relevantes, ambientais e sociais, causados pela deposição irregular destes resíduos da construção, destacando-se a contaminação de rios, lagos e riachos, inclusive lençóis freáticos, entupimento de galerias pluviais, favorecimento à proliferação de vetores e de doenças, prejuízo ao tráfego de veículos e pedestres, incentivo à ação indisciplinada de coletores de resíduos urbanos, mudança da paisagem urbana e gastos públicos com remoção dos detritos e limpeza das áreas afetadas (CASSA, 2001).

Para pequenos geradores, tem-se como mais adequada a disponibilização, pelo Poder Público, de área de deposição temporária, chamadas de ecopontos, localizadas estrategicamente nos bairros. No caso dos grandes geradores, a solução passa pela instalação de usina de reciclagem de resíduos da construção, que, além de receber os resíduos trazidos por estes grandes geradores, também processa os entulhos depositados nos ecopontos, transportados para a usina pelo Poder Público, resolvendo, assim, o problema da deposição irregular, tão indesejada.

As ações que buscam o desenvolvimento sustentável tem como ponto principal a redução do consumo de matérias-primas não renováveis, conseguida através da geração de novos produtos a partir do processamento de resíduos oriundos dos diversos setores produtivos. No caso da construção civil, as usinas de beneficiamento dos RCC constituem-se no elemento fundamental e indispensável para o fechamento do ciclo produtivo, gerando novos produtos, que devem ter uso economicamente interessante à própria indústria da

construção, provocando, com sua utilização, não somente uma redução no custo total da edificação, mas, principalmente, reduzindo a agressão ao meio ambiente provocada pela deposição irregular de entulhos na área urbana das cidades brasileiras.

## 2.2.USINA DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A existência de uma maior conscientização de boa parte da população mundial, principalmente dos formadores de opinião e governantes, no sentido de que as ações de preservação do meio ambiente devam ser mais eficazes levou a edição de normas e leis que regulamentam a vida urbana, preservando áreas verdes e determinando procedimentos de preservação ambiental a serem adotados por entidades públicas e pela própria iniciativa privada. Foram definidas responsabilidades, estabeleceram-se padrões a serem adotados e determinaram-se metas a serem alcançadas, tudo com objetivo de reduzir o impacto ambiental provocado pelo crescimento dos aglomerados urbanos.

Nesta linha de ação, a legislação atinente ao tratamento dos resíduos sólidos oriundos da construção civil é recente, pelo menos no Brasil. Historicamente, a partir Resolução CONAMA Nº. 307, editada em 5 de julho de 2002, aparece explicitamente a constatação da viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de RCC. Passa a existir a obrigatoriedade, por parte dos Municípios e do Distrito Federal, de elaborar um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, obrigando-os, também, em um prazo determinado, envidar todos os esforços no sentido de cessar a deposição de resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de “bota fora” (Art. 13).

Diante desta nova perspectiva, a preocupação da Indústria da Construção Civil concentrou-se não apenas na necessidade de contratar um simples caçambeiro para remoção de um entulho, mas sim, preocupou-se com todo o desenvolvimento de uma logística na geração, gestão e transporte desses resíduos, desde o local da sua geração, que são os canteiros de obras, até seu destino final, que certamente deverá ser uma usina de reciclagem de resíduos da construção.

Algumas outras normas complementares também contribuíram para melhor definir conceitos relacionados com resíduos da construção civil, além de definir padrões a serem adotados na elaboração de projeto, instalação e utilização de aterros, áreas de transbordos e

triagem, destacando-se as Normas NBR 15.112/2004 e NBR 15.113/2004, ambas da ABNT.

A edição da Norma ABNT NBR 15.114, em 2004, constitui-se em um marco histórico, por ser a primeira norma técnica, em todo o hemisfério sul, a tratar das diretrizes, implantação e operacionalização de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil. Anteriormente à edição desta norma técnica, existiam no Brasil algumas poucas usinas de reciclagem de RCC, destacando-se a primeira delas, localizada no município de São Paulo, construída no ano de 1991. Seu funcionamento precário, pela distância dos pontos geradores de RCC, levaria ao encerramento das suas atividades em muito pouco tempo, sendo, depois reinstalada em outra área, mais próxima do centro produtivo deste tipo de resíduo. Posteriormente a esta pioneira iniciativa de São Paulo, outras duas usinas foram implantadas, em Londrina - PR, no ano de 1993 e em Belo Horizonte - MG, em 1994 (MIRANDA et. al. 2009).

O primeiro Programa de Correção Ambiental e Reciclagem de RCC, implantado com sucesso no Brasil, ocorreu em Belo Horizonte, no final de 1995, com a instalação da usina de reciclagem de resíduos da construção civil da capital mineira. Esta usina merece destaque por ser um elemento componente do Programa referenciado anteriormente e já existir previamente planejada, para seu melhor funcionamento, uma sistemática descentralizada que ligava a iniciativa de reciclagem à captação ordenada de resíduos, garantindo, assim, a viabilidade do empreendimento (CUNHA, 2007).

O Brasil contava, até 2002, com apenas 16 usinas de reciclagem de RCC instaladas e em funcionamento, com uma taxa de crescimento de 3 usinas inauguradas por ano. No final de 2008, já existiam 47 usinas, sendo 24 públicas (51%) e 23 privadas (49%), havendo projetos de implantação aprovados de mais 36 novos empreendimentos (MIRANDA et al., 2009). Muitas outras usinas foram, ao longo dos anos, sendo instaladas no Brasil, principalmente nos maiores centros urbanos que também são os maiores produtores de RCC.

Nesta mesma linha de procedimento, a cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, também buscou adequar sua legislação municipal, com vistas a promover a adequação das ações do município, relacionadas com RCC, promulgando, no ano de 2007, a Lei Municipal Nº. 11.176/07, que teve, entre outros, os seguintes objetivos:

- Instituir o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Demolição e o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil;

- Criar a necessidade da existência de um Projeto de Gerenciamento de RCD para grandes produtores, condição indispensável para a liberação do alvará de construção (Art. 9º);
- Estabelecer critérios de transporte dos resíduos da construção civil até os pontos de coleta e até a Usina de Reciclagem;
- Estabelecer a destinação de cada tipo de resíduo da construção civil em função da classificação contida na Resolução CONAMA Nº. 307/02;
- Instituir valores de multa para as possíveis infrações cometidas pelos geradores e transportadores de resíduos da construção civil;
- Criar condições legais para implantação da Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição da cidade de João Pessoa - PB.

Assim, a lei anteriormente citada na prática possibilitou a elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil para o município, viabilizando, por conseguinte, também a instalação de uma Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil, objetivando receber o entulho da construção civil gerado, transformando em elemento reciclado, servindo, inicialmente, de insumo para uso nas obras da própria Edilidade.

Além dos benefícios ao meio ambiente advindos da reciclagem, muitos outros aspectos devem ser considerados durante a fase de elaboração do projeto de instalação de uma usina desta natureza, destacando-se o volume de RCC gerado no município, distância entre a usina e o centro produtivo de RCC, além do valor do investimento inicial referente à aquisição dos equipamentos e da área física. Com todos os dados levantados, busca-se verificar a viabilidade operacional e econômica do empreendimento, evitando que, após seu funcionamento, condições adversas, plenamente previsíveis na fase de planejamento, provoquem a inviabilidade do funcionamento da usina, com o consequente agravamento da poluição ambiental provocada pela deposição de resíduos da construção civil em lugares não apropriados.

Assim, uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil é o instrumento adequado para a transformação do RCC gerado em agregado reciclado, comumente utilizado novamente na própria construção civil.

## **2.2.1.TIPOS DE PLANTA DE USINA DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Basicamente existem três tipos de plantas para usinas de beneficiamento de RCC, com diferentes características quanto à forma de instalação: Plantas Móveis, Plantas Semi-Móveis e Plantas Fixas.

As usinas com Plantas Móveis são muito utilizadas quando o empreendimento requer mobilização constante, como é o caso da construção de estradas. Como não necessitam obras civis, este tipo de planta possibilita a remoção da usina com muita facilidade, relocando-a em outro ponto de maneira rápida e eficiente. Em geral, tais usinas já são montadas sobre bases móveis (pneus) que permitem o transporte através de reboque especial. O material produzido, fruto da reciclagem, tem, em geral, uma qualidade inferior aquele produzido pelas usinas com Plantas Fixas, apresentando também pouca diversidade de agregados.

As usinas com Plantas Semi-Móveis possuem facilidade de instalação, rapidez e economia na montagem, sendo recomendadas em caso de empreendimentos de curto ou médio prazo, onde já previamente tem-se previsão do tempo máximo de permanência. São comuns quando da construção de grandes hidroelétricas e nas pedreiras para construção de estradas. Normalmente são construídas sobre bases metálicas, objetivando facilitar a remoção.

As usinas de Plantas Fixas são comumente utilizadas em empreendimentos de localização definitiva. Neste caso, é possível obter-se produtos reciclados bem mais diversificados e de melhor qualidade, decorrente da possibilidade de utilização de equipamentos maiores e mais especializados, permitindo a realização da britagem, da retirada de impurezas e do próprio peneiramento de maneira mais rápida e precisa, imprimindo um caráter mais produtivo e industrial ao processo de reciclagem. A desvantagem deste tipo de planta está no valor elevado do investimento inicial, necessitando de melhores equipamentos e de uma área para instalação com dimensões mais vantajadas.

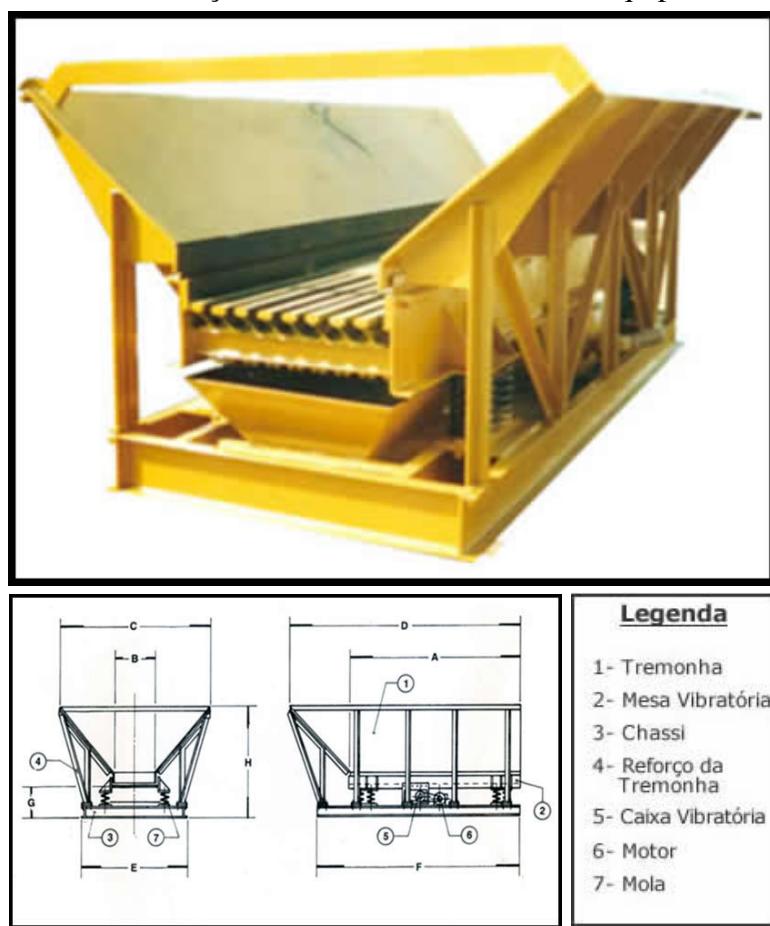
## **2.2.2.MODELOS DE EQUIPAMENTOS DESTINADOS À USINA DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Alguns equipamentos são essenciais no processo produtivo, destacando-se o alimentador vibratório, o britador de impacto, a peneira vibratória, o imã permanente e os transportadores de correia. Estes componentes constituem a parte fixa da Usina.

O alimentador vibratório, em geral, tem capacidade de alimentação de 15 a 250 m<sup>3</sup>/h, com uma potência instalada que varia de 5 a 30 CV. Sua finalidade é alimentar os britadores primários e os transportadores de correia. Basicamente é constituído por uma mesa vibratória e grelhas de trilhos com abertura regulável na parte final da mesa para que possa ocorrer a separação prévia dos fragmentos menores.

Como vantagem do alimentador vibratório pode-se destacar a estabilidade e constância de funcionamento, robustez, promovendo a separação prévia de agregados menores, além de apresentar um manuseio fácil e uma manutenção relativamente barata.

O alimentador vibratório possui, além dos componentes já descritos, uma tremonha de carga que facilita a deposição do material a ser trabalhado. O acionamento é feito por dois motores elétricos e correia em “V”, com *cardan* montado sob medida. A FIG-02, a seguir, mostra um modelo de alimentador vibratório dotado de uma tremonha de carga, apresentando, na mesma ilustração, os detalhes internos deste equipamento.



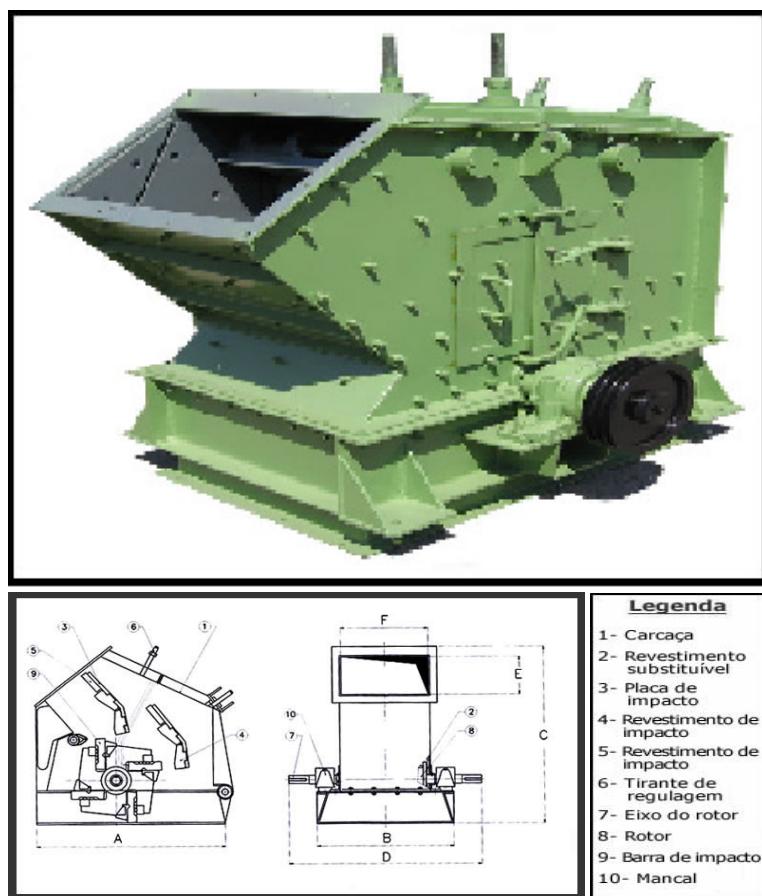
(Fonte: MAQBRIT - 2010)

**FIG-02: Alimentador Vibratório e Detalhe da Tremonha**

O britador de impacto é o equipamento mais importante da usina, sendo responsável pela fase de cominuição dos resíduos. É este equipamento responsável, de certa forma, pela qualidade do agregado produzido, sendo, normalmente, concentrado no mesmo equipamento o britador e o rebritador.

Os britadores podem ser do tipo mandíbulas ou giratórios, de cones ou de rolos. Os britadores de mandíbulas reduzem o tamanho do material pelo processo de esmagamento. Neste modelo, a câmara de britagem provoca o mastigamento do material através das mandíbulas. O britador de mandíbula somente é recomendado quando o material a ser trabalhado é de natureza cerâmica, pela baixa dureza que possui.

A associação de britadores de mandíbula e martelo em um único equipamento, apesar de apresentar maiores custo de operação, de manutenção e consumo de energia, constitui-se na melhor alternativa para a produção de agregados quando o material a ser trabalhado é à base de concreto (MAQUIBRIT, 2010). Os britadores e rebritadores de impacto, embora possam ser usados na trituração de minério duro, são especialmente construídos para obtenção de alta produção, com menor consumo de energia, na britagem/rebritagem de material de média abrasividade, tais como calcário, carvão e entulho da construção civil. Aceitam grandes tamanhos na alimentação e, dentre os vários tipos de trituradores primários e secundários, são estes os que geram produto de melhor cubicidade e maior quantidade de finos (MAQBRIT, 2010). A FIG-03 mostra um britador e rebritador de impacto, contendo, ao lado, detalhes construtivos deste equipamento.



(Fonte: MAQBRIT - 2010)

**FIG-03: Britador e Rebritador de Impacto – Detalhe Interno**

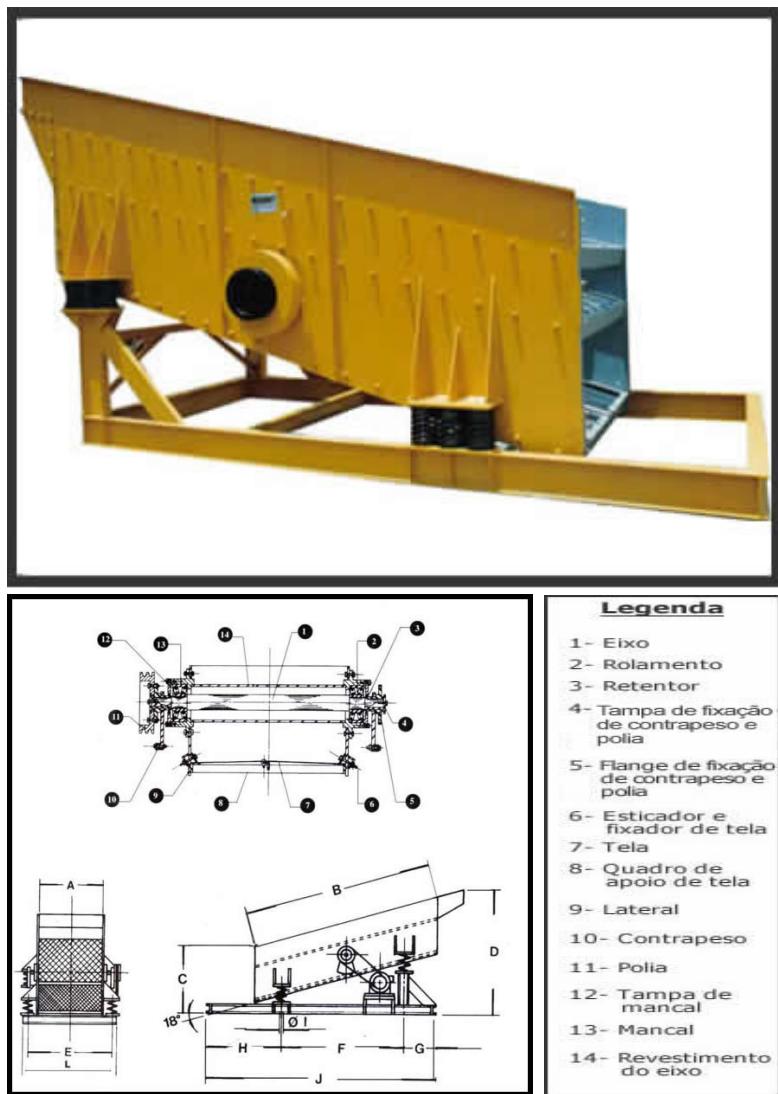
Os britadores giratórios podem ser primários ou secundários. Os britadores primários normalmente são utilizados em serviços extremamente pesados, relacionados com britagem primária de materiais rígidos. Por seu turno, os britadores giratórios secundários são usados após a britagem primária. Por outro lado, os rebritadores hidráulicos são apresentados em dois tipos: hydrocone e hydrofine. Os rebritadores hidráulicos hydrocones são empregados em fases secundárias e terciárias do processo de britagem, tendo custo operacional relativamente baixo, sendo comumente utilizados na produção de areia artificial.

Os britadores de cone utilizam somente material previamente britado. Ao chegar à câmara de britagem, o material é esmagado contra as paredes de um cone. Este tipo de rebritador não é muito indicado para a reciclagem de RCC, pois são mais sensíveis a materiais metálicos e necessitam de maiores cuidados com lubrificação e controle (MAQBRIT, 2010). A exemplo dos rebritadores hidráulicos hydrocones, os britadores de rolos são também destinados à produção de finos, como areia artificial. Este tipo de britador consegue britar finos e úmidos, de pequenas proporções, que normalmente seriam difíceis de serem trabalhados com outros tipos de britadores. A alimentação é realizada utilizando-se material previamente peneirado, com tamanho limitado, podendo produzir, com seus rolos, entre 1,5 a 5,0 m<sup>3</sup>/h de agregado fino.

Outro equipamento importante no processo produtivo de uma usina de RCC são as peneiras. As peneiras vibratórias são máquinas que possibilitam alta eficiência na classificação de vários tipos de materiais de média ou grande granulometria, em minerações e outras instalações industriais, como no caso das usinas de reciclagem de RCC. São fáceis de operar, pois possuem regulagem de amplitude de vibração, somada ao tamanho e número de telas, permite trabalhar com uma ampla faixa de classificação (MAQBRIT, 2010).

O movimento vibratório acaba causando certa desejada estratificação na camada do material, fazendo com que as partículas menores sejam levadas para a parte inferior da camada enquanto que as partículas maiores tendem a se deslocar na parte superior da camada. Um peneiramento pode ser considerado comercialmente interessante quando o processo de peneiramento apresenta eficiência de 90 a 95%.

As peneiras vibratórias são indicadas para classificação final, processos de lavagem e classificação intermediária de materiais. A FIG-04, a seguir, mostra a vista lateral e o detalhamento interno de uma peneira.

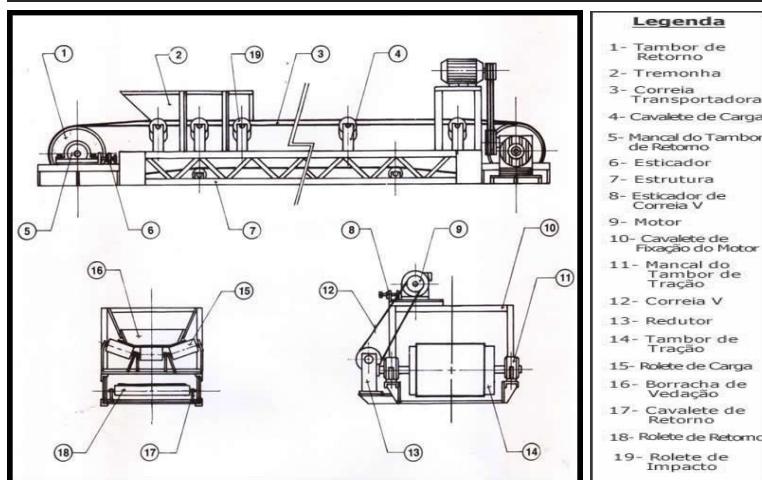


(Fonte: MAQBRIT - 2010)

**FIG-04: Peneira – vista lateral e detalhamento interno**

Os transportadores de correia constituem-se na solução ideal para a movimentação de materiais em minerações, pedreiras, siderúrgicas e instalações portuárias e industriais e em usinas de reciclagem de RCC. A robustez de seus componentes garante eficientes desempenhos e durabilidades nas mais adversas condições de trabalho. Os transportadores de correia são compostos por roletes, tambores, acionadores, esticadores, além de estrutura metálica adequada ao seu pleno funcionamento. Pode ser acoplada a diversos assessorios, como por exemplo, uma tremonha de carga, um contra-recuo, guias laterais, bica de descarga, cascata, detectores de metais e balança.

A FIG-05, a seguir, mostra uma vista área de uma usina, destacando os transportadores de correia, como também o detalhamento interno deste tipo de equipamento.



(Fonte: MAQBRIT-2010)

**FIG-05: Transportadores de Correia – vista área e detalhamento interno**

Há outros equipamentos utilizados nas usinas de reciclagem de RCC de importância no fluxo produtivo, como os rompedores hidráulicos, normalmente acoplados à pá carregadeira, utilizados na redução das dimensões dos blocos de concretos.

A FIG-06 mostra um rompedor hidráulico acoplado a uma pá carregadeira.



**FIG-06: Rompedor Hidráulico e Pá Carregadeira**

(Fonte: Acervo Pessoal - 2010)

Também merece destaque os aspersores de água, que umedecem os resíduos a serem processados, objetivando provocar uma redução no nível de poeira típica deste tipo de processo, facilitando o próprio manuseio do material.

Outro equipamento muito utilizado são as tesouras trituradoras, cujo objetivo do seu uso reside na necessidade de cortar, em elementos menores, materiais que não podem ser reduzidos de tamanho pelo uso de marretas ou rompedores hidráulicos, além de servir para cortar e excluir do processo materiais ferrosos, como vergalhões e arames, que geralmente compõem as estruturas de concreto armado, neste caso, sempre fruto de demolições.

Não se pode deixar também de destacar a participação de alguns equipamentos que, de certa forma, estão integrados ao processo produtivo sem, contudo, pertencerem à própria usina. Trata-se do container ou coletor de RCC, transportado até a usina em caminhão próprio, responsável por fornecer a matéria prima de todo o processo produtivo: o RCC. Os coletores tem capacidade variando de 3,5 a 10 m<sup>3</sup>. A FIG-07 mostra o coletor padrão de RCC e o caminhão de transporte mais comumente utilizado.



FIG-07: Caminhão Transportador, Coletor e Respectiva Tabela de Capacidade (Fonte: Diskentulho/Go-2010)

### 2.2.3.CLASSIFICAÇÃO DOS PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O processo de beneficiamento de RCC pode ser classificado como sendo de primeira, segunda ou terceira geração. O primeiro tipo é o mais simples, pois a remoção dos contaminantes é sempre realizada de maneira manual e os materiais ferrosos removidos através de eletroímãs especiais (HANSEN, 1992 *apud* JADOVSKI, 2005). Neste caso, o sistema de britagem pode funcionar de maneira aberta ou fechada. O chamado sistema fechado caracteriza-se pelo fato do material não passante na peneira de maior granulometria retornar novamente para a britagem. No sistema aberto, todo material

é armazenado, logo após o processo de peneiramento, observando-se apenas a granulometria.

O processo de beneficiamento de segunda geração possui procedimentos de limpeza e triagem dos resíduos mais sofisticados, sendo as impurezas de maior dimensão retiradas manualmente ou, algumas vezes, mecanicamente, antes do processo de britagem.

Logo após a britagem, os resíduos são limpos e classificados, ocorrendo o descarte de agregados menores que 10 (dez) milímetros. Isto evita que impurezas menores possam contaminar o produto final.

Uma segunda britagem, chamada de secundária, é realizada e novamente ocorre um processo de peneiramento (HANSEN, 1992 *apud* JADOVSKI, 2005). O processo de umidificação dos resíduos objetivando facilitar a separação apresenta maiores benefícios que o processo tradicional ou seco, isto devido a menor quantidade de pó gerada, produzindo um agregado praticamente livre de impurezas orgânicas.

As plantas que utilizam o processo de terceira geração praticam a remoção integral de todo o material considerado contaminante. A eliminação dos contaminantes ou impurezas ocorre pela utilização de processo a seco ou úmido e, algumas vezes, até a combinação destes dois processos. É possível a utilização de equipamentos especiais para separação e classificação, como imãs magnéticos, destinados a remover materiais ferrosos, tanques de depuração, para separar materiais por densidade, além de utilizar jatos de ar para separar partículas leves. Estes procedimentos, comuns em plantas de segunda e terceira gerações, tornam oneroso o processo produtivo, podendo, em algumas circunstâncias, tornar inviável financeiramente a reciclagem (HANSEN, 1992 *apud* JADOVSKI, 2005).

#### **2.2.4. DESCRIÇÃO DO FLUXO PRODUTIVO DE UMA USINA DE BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

O fluxo produtivo de uma usina de beneficiamento de RCC tem início com a deposição dos mesmos, na área de coleta e recebimento, realizada pelos caminhões transportadores. O descarregamento dos caminhões transportadores somente ocorre após inspeção visual do conteúdo dos containeres e a respectiva pesagem, encerrando, neste ponto, a responsabilidade do transportador. Esta etapa do processo é denominada de Recepção do RCC.

Uma vez concluída a recepção do entulho, tem início a próxima etapa do processo, denominada de Separação e Classificação do RCC. Com o uso de equipamentos adequados, como trator e pá carregadeira, é feito o espalhamento do entulho, com objetivo de, manualmente, ocorrer a retirada ou catação daqueles materiais não considerados RCC, denominados também de contaminantes, tais como: plásticos, madeira, aço e papel. Estes materiais são devidamente separados, removidos da área de trabalho e posteriormente podendo ser transportados para outras usinas de reciclagem específicas. A partir do processo seletivo ocorrido nesta fase, os resíduos da construção civil são separados em dois tipos de materiais, em função da sua composição, sendo classificados como materiais cerâmicos ou concretos.

Estocados basicamente em duas áreas diferentes, os dois tipos de materiais passam, em seguida, por uma nova etapa. Com a utilização de equipamentos especiais, como martelo hidráulico, marretas, pá de bico, ganchos e tesouras manuais, é executada uma tarefa de fragmentação do material graúdo, reduzindo-o em pequenos pedaços, normalmente não superiores a 600 (seiscentos) milímetros, dimensão comumente aceitável pelos equipamentos de processamento mecânico deste tipo de usina. Esta etapa, destinada à redução do tamanho dos blocos, é chamada de Preparação e Fragmentação do RCC.

Utilizando-se pá carregadeira, o material já fracionado é transferido para um local onde será executada a primeira fase de um processo denominado de Trituração do RCC. Consiste inicialmente na alimentação de uma tremonha, que, possuindo internamente uma mesa vibratória especial, realiza uma primeira seleção do material. Neste ponto do processo, os materiais com dimensões maiores são disponibilizados para um britador de impacto especial. Esta fase é composta por duas etapas: Transporte Interno e Alimentação da Tremonha. Concluída a etapa anterior, tem início o Peneiramento e a Britagem, que se constituem em vibração, peneiramento e cominuição do RCC. O pó, oriundo desta fase do processo de vibração, executada pelo alimentador vibratório, é depositado em uma esteira transportadora de correia, sendo transferido e amontoado em uma área especial, recebendo este primeiro produto o nome de bica corrida reciclada.

Através de um britador de impacto é realizada a Britagem e Rebritagem do resíduo, transformando os rebolos maiores em brita de tamanhos variados. Os vários tipos de britadores existentes no mercado produzem grãos de forma e dimensões diferentes. Os britadores de martelo são mais robustos, acentuando a forma lamelar dos agregados. Os britadores de mandíbula são mais eficientes, garantindo uma maior uniformidade das partículas produzidas. Os britadores giratórios impõem forma mais arredondada ou cúbica

ao agregado, possibilitando um uso mais adequado na preparação de concretos e argamassas.

Concluída a etapa de britagem, os resíduos, já triturados, são transportados através de uma esteira, alcançando um conjunto de peneiras de telas de aço-carbono, onde ocorre a Separação por Faixa Granulométrica, resultando em um material chamado de agregado misto. Em geral são obtidos quatro produtos finais denominados de areia média reciclada, pedrisco reciclado, brita reciclada e rachão reciclado.

Objetivando garantir a produção de um material mais homogêneo, resultando em desempenho mecânico mais confiável para uso estrutural, algumas usinas optam por não misturar materiais concretos com materiais cerâmicos, produzindo, assim, agregados com características diferentes em função do tipo de resíduo da construção civil utilizado.

Dentro desta linha de produção, o material concreto produz um agregado muito homogêneo, com elevada resistência, ideal para utilização em qualquer tipo de argamassa e principalmente em concretos estruturais, sendo, pois, um produto final com utilização mais nobre na construção civil.

O material cerâmico, por sua vez, quando segregado no processo produtivo, resulta em areias e pedriscos de granulometria reduzida, ideal para uso na composição de asfalto para leito de ruas, reboco de paredes, sempre com uso não estrutural.

Assim, objetivando garantir um funcionamento mais eficiente de uma usina, a separação e classificação do material recebido é uma tarefa essencial no processo. A retirada dos materiais que não são considerados RCC Classe A evita qualquer mistura indesejada de materiais não recomendados, garantindo, assim, uma melhor qualidade do agregado produzido. Isto faz com que boa parte do material recebido seja rejeitada ainda na etapa de Separação e Classificação do RCC.

Uma maneira de medir a eficiência de uma usina de reciclagem é comparar a quantidade de resíduos recebidos com a quantidade de material reciclado produzido, o que pode ser calculado através da seguinte relação (MORALES et al., 2011):

$$E_F = \frac{V_P \times 100}{V_R}$$

Equação 01: Cálculo da Eficiência (%)

Onde:

$E_F$ : eficiência em percentagem;

$V_P$ : volume de material reciclado produzido;

$V_R$ : volume de resíduos recebido.

Como a granulometria do material recebido é diminuída no processo de reciclagem, são reduzidos, por conseguinte, os volumes de vazios existentes entre as partículas do agregado reciclado, com consequente redução do volume total. Assim, a eficiência total definida na Equação 01 nunca poderia ser de 100%, mesmo que não ocorressem perdas durante o processo produtivo.

Outro aspecto a avaliar é a eficiência em função dos tipos de agregados produzidos, ou seja, agregados graúdos e miúdos. Neste caso, a avaliação desta eficiência pode ser obtida pela seguinte relação (MORALES et al., 2011):

$$E_F = \frac{(100 \times ((V_{AG} \times 5) + (V_{AM} \times 4)))}{V_R \times 5}$$

Equação 02: Cálculo de Eficiência em Função do Tipo de Agregado Produzido

Onde:

$E_F$ ...: eficiência em percentagem;

$V_{AG}$ : volume de agregados graúdos produzidos (brita);

$V_{AM}$ : volume de agregados miúdos produzidos (areia);

$V_R$ ...: volume de resíduos recebido.

Algumas usinas não quantificam sua produção segmentadamente, ou seja, planilhando cada tipo de agregado produzido, mas sim, apenas anotando o volume total produzido. Nestes casos, a Equação 02 anteriormente referenciada não pode ser utilizada por falta de elementos, restando, apenas a possibilidade de uso da Equação 01.

Muitas usinas já conseguem aproveitar ainda melhor o agregado produzido, utilizando-o na confecção de meios-fios, blocos pré-moldados vazados e de piso, tubulões para esgotos, como é o caso da Usina de Reciclagem de São José do Rio Preto - SP, cuja amostra da produção aparece na FIG-08. Nestes casos, o produto final da reciclagem agrupa maior valor de comercialização, tendo também um espectro maior de utilização na própria indústria da construção civil. Tais iniciativas valorizam cada vez mais o produto reciclado, obtendo lugar no mercado consumidor, promovendo não somente redução nos custos de construção, mas, principalmente, contribuindo para a melhor preservação do meio ambiente, seguindo, assim, uma política recomendada de sustentabilidade.



Fonte: Maqbrit (2012)

**FIG-08: Tubulões e Bloco de Concreto Produzidos Pela Usina de Reciclagem de RCC de São José do Rio Preto - SP**

## 2.2.5.LOCALIZAÇÃO DE UMA USINA DE BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Não é relevante para o propósito deste trabalho, discutir se a instalação de uma usina de reciclagem de RCC uma área urbana inadequada, por exemplo, área residencial, estaria ferindo o Código Urbanístico do município, levando-se em conta tratar-se de uma indústria de beneficiamento de lixo urbano, que provoca certo nível de poluição atmosférica e sonora e desconforto aos moradores circunvizinhos. A questão que pode ser levantada é se a localização inadequada, dentro do espaço intra-urbano, de uma usina de reciclagem de RCC pode influenciar diretamente no próprio desempenho operacional do equipamento e na sua viabilidade econômica, aspectos estes objetos de estudo deste trabalho.

Na avaliação da capacidade operacional de uma usina de reciclagem, alguns aspectos são considerados importantes e não podem ser desprezados na fase de elaboração do projeto de implantação, destacando-se, entre outros, o local de instalação. Este deve ser o mais próximo possível das fontes geradoras e dos locais de uso e o mais distante de áreas residenciais e centrais, para não sobrecarregar o tráfego circunvizinho, além de que os custos de transporte entre o local de geração e a usina devem incentivar a remoção do entulho à Usina, em detrimento da deposição irregular dos resíduos.

Nem sempre é possível instalar este tipo de equipamento próximo das áreas urbanas mais geradoras de RCC, porém, deve-se buscar alternativas de localização que garanta plena acessibilidade e mobilidade. Tudo isto objetivando facilitar o translado de entulhos da fonte produtora (canteiro de obras) para o ponto de coleta (usina), de maneira a tornar este percurso menos oneroso e o mais rápido possível. Tal condição de localização da usina busca evitar que o transportador encontre “justificativas” para realizar a deposição em espaços vazios irregulares, próximos das fontes geradoras, distantes da usina, sendo a deposição nestas áreas ecológica e economicamente desinteressante para a Edilidade, porém extremamente mais compensadora para o transportador, comumente pouco comprometido com os princípios de preservação ambiental.

Observa-se, entretanto, que o Poder Público tem dificuldades em planejar e executar ações desta natureza sem que, na decisão a ser tomada, incidam outras influências que não exclusivamente razões técnicas, condição típica do Serviço Público.

Ações estruturais, lamentavelmente, são difíceis de serem efetivadas, pois a estrutura intra-urbana representa, historicamente, em sua configuração, as correlações de forças que constroem o ambiente urbano, sua lógica evolutiva e práticas estabelecidas na cidade. Resulta, muitas vezes, de ações e projetos desintegrados, de disputas, do jogo de interesses dos atores sociais e das forças que produzem e se apropriam do espaço intraurbano. As alternativas pensadas para as cidades geralmente não visualizam adequadamente a realidade, física e social, da *urbe*, sua estrutura, restrições, vocações e potencialidades, nem tampouco definem suficientemente como, onde e quando as ações desenhadas serão desenvolvidas, no espaço e no tempo. Assim, desperdiçam-se oportunidades de identificar proposições integradas, estruturantes e sustentáveis, de curto, médio e longo prazos. Considerável parcela dos problemas urbanos advém do fato de serem os empreendimentos públicos predominantemente construídos através de decisões individualistas ou oligopolistas, sem qualquer planejamento que embasasse as decisões tomadas (SILVEIRA, et. al. 2006).

Localização, acessibilidade e mobilidade são aspectos que devem ser, obrigatoriamente, analisados durante a fase de projeto de instalação de um equipamento desta natureza e deste porte.

Uma usina de reciclagem de RCC é uma indústria poluente, cujo funcionamento também provoca um aumento considerável do tráfego de caminhões nas ruas de acesso ao bairro e próximas ao empreendimento, resultando, de certa forma, em muitos transtornos aos moradores circunvizinhos e ao bairro como um todo. A determinação da sua localização necessita ser prévia e tecnicamente bem analisada, objetivando minimizar estes

efeitos desagradáveis à circunvizinhança e oferecer uma infraestrutura viária compatível com o volume elevado de veículos pesados advindo do funcionamento.

A acessibilidade, que se caracteriza pela facilidade de acesso a um determinado ponto localizado dentro ou fora do espaço urbano, também merece uma atenção especial na fase de projeto, pois dela dependerá identificar a existência e disponibilidade de sistemas adequados à circulação, sempre buscando atingir o ponto desejado, fluxo origem-destino, de maneira mais eficiente. A mobilidade, sempre intimamente ligada com a localização, caracterizada pelo volume quantitativo de deslocamentos que podem ocorrer no espaço urbano, também não pode ser esquecida na fase de projeto de instalação de um equipamento urbano deste porte.

Pelo exposto, não se pode conceber a implantação de uma usina de reciclagem de RCC sem que se tenha analisado, na fase de projeto, fatores como localização, acessibilidade e mobilidade, pois são variáveis que devem ser consideradas na análise da viabilidade técnica e econômica de qualquer equipamento produtivo, industrial ou comercial, a ser implantado em um determinado espaço do meio urbano.

Evidentemente que má localização de uma usina, neste caso, é um fator que pode contribuir para que esta venha a trabalhar com uma quantidade de entulho abaixo do volume realmente produzido na cidade e da capacidade de processamento da própria usina, levando a uma produção de agregado reciclado menor do que a capacidade de produção, afetando, quando de uma análise financeira, como decorrência, a relação benefício/custo final do empreendimento.

Apesar de tudo isto, a importância da usina enquanto elemento indispensável no processo de reciclagem dos resíduos da construção civil é absolutamente inquestionável. Não se pode deixar de destacar que somente através de um equipamento deste tipo é que torna-se possível eleger um ponto, determinado pelo Poder Público, para a deposição dos resíduos da construção civil, reduzindo-se, de certa forma, a utilização de terrenos vazios para deposição irregular de entulhos, prática está considerada extremamente agressiva ao meio ambiente e à paisagem urbana.

### **2.3. MÉTODOS PARA ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS**

O objetivo deste item é abordar, de maneira sucinta, os métodos mais comumente utilizados no estudo da viabilidade econômica de projetos, com foco especial em usinas de

reciclagem de RCC, objeto central deste trabalho. Alguns conceitos são aqui revistos, elencando-se os principais métodos de avaliação econômica de projetos, com destaque para a relação benefício/custo, valor presente líquido e valor anual líquido, além do tempo de retorno do capital empregado.

### **2.3.1.CUSTOS E BENEFÍCIOS DO PROJETO**

A análise econômica de um projeto na área de engenharia passa, necessariamente, pela identificação dos custos e benefícios, definindo, de início, a vida útil e o alcance do projeto. O alcance corresponde ao período de utilização de toda a estrutura física, considerando, neste caso, a vida útil dos equipamentos e das instalações físicas (GOMES, 2005).

Alguns métodos de avaliação de investimentos tomam como base a comparação do nível de grandeza do investimento com os ganhos líquidos esperados ao longo de um determinado tempo estimado, que alguns economistas denominam de horizonte de planejamento. O horizonte de planejamento será tanto mais curto quanto menor for a vida útil das instalações e equipamentos, estando também relacionado diretamente com a capacidade financeira (SOUZA, 2008).

Basicamente, os custos envolvidos nos projetos de engenharia podem ser classificados em duas categorias distintas: custos de investimentos e implantação e custos de operacionalização.

#### **2.3.1.1.CUSTOS DE INVESTIMENTOS E IMPLANTAÇÃO**

Estes custos iniciais estão relacionados com os gastos necessários à implantação do projeto, compreendendo, entre outras despesas, a aquisição dos equipamentos e da própria área física para instalação, além de outras despesas adicionais.

O conjunto inicial de gastos destinados à implantação do projeto pode ser classificado em custos diretos e custos indiretos. Os custos diretos referem-se às despesas iniciais com aquisição de equipamentos e com a realização das obras de engenharia. Estes custos fixos de investimento normalmente ocorrem no início do projeto, estendendo-se, em alguns casos, ao longo do alcance, quando o projeto for planejado para implantação em etapas e com cronograma definido (GOMES, 2005).

É o projeto de engenharia que especifica os custos com material e mão de obra destinados a edificação da infraestrutura física necessária à instalação dos equipamentos, estes últimos também orçados conjuntamente com as obras de edificações.

Os custos indiretos existentes na fase de implantação do projeto estão relacionados com gastos com a elaboração dos projetos de engenharia (hidráulico, elétrico e estrutural, dentre outros), com a fiscalização e controle das obras em execução, com despesas de pequena monta não previstas no projeto e com os possíveis encargos da dívida (juros) pagos já durante o período de implantação (GOMES, 2005).

Muitas vezes, os recursos destinados à implantação do projeto foram obtidos mediante financiamento bancário, implicando em pagamento do principal, acrescido dos encargos financeiros, ao longo de determinado período de tempo ou mesmo da própria vida útil do projeto. Nestes casos, o investimento inicial deve ser amortizado ou diluído em parcelas, sejam estas mensais ou anuais, constituindo-se, assim, em custos mensais ou anuais do referido projeto. No fluxo de caixa da análise econômica de projetos com financiamento desta natureza nunca poderão ser considerados, cumulativamente, os custos de investimentos e o de amortização da dívida (GOMES, 2005).

Um outro aspecto a considerar é o desgaste dos equipamentos e das instalações físicas decorrente do uso continuado, provocando, muitas vezes, perda de eficiência e elevação dos custos de operacionalização do empreendimento. Com este desgaste e com o passar do tempo, os valores dos equipamentos sofrem considerada redução a qual denomina-se de depreciação.

A apropriação dos custos da depreciação é efetivada, no fluxo de caixa, em parcelas proporcionais à redução dos valores dos bens. Constitui-se em uma reserva financeira, sendo este valor estimado de tal forma que o montante destes recursos reservados seja sempre suficiente à aquisição dos mesmos bens, quando estes estiverem sem condições técnicas de funcionamento (GOMES, 2005).

### **2.3.1.2.CUSTOS DE OPERACIONALIZAÇÃO**

Estes custos são correspondentes às despesas com a operação acrescidas às despesas de manutenção do empreendimento. Os custos de manutenção estão relacionados com gastos inerentes à conservação dos equipamentos instalados enquanto que os custos de operação estão diretamente associados às despesas ligadas diretamente com o funcionamento operacional do empreendimento, tais como despesas com pessoal e

encargos trabalhistas, impostos e taxas, água, energia elétrica, telefone, combustível, equipamentos de proteção individual, aquisição de ferramentas, serviços de terceiros, entre outros.

Os custos de operação podem ser classificados em fixos ou variáveis. Os custos variáveis correspondem às despesas com mão de obra destinada à operação das máquinas e equipamentos, diretamente ligados ao processo produtivo. Os custos fixos são relacionados com mão de obra técnica e administrativa, custos administrativos, propaganda, venda, seguro e licenças. Desta forma, resumidamente, os custos de operação de uma usina de reciclagem de RCC são compostos por despesas relacionadas com mão de obra própria para operação, aluguel de máquinas e equipamentos, combustível para veículos e máquinas, água, energia elétrica, telefone, material de expediente, vigilância terceirizada, aluguel de terreno ou área similar, impostos e taxas diversas (JADORVSKI, 2005).

Os custos de manutenção, neste tipo de empreendimento, estão relacionados com as despesas com troca de peças desgastadas pelo uso ou fruto de prevenção das máquinas, equipamentos e veículos que compõem o patrimônio da usina, além dos custos de depreciação dos equipamentos instalados e da própria manutenção das obras de construção civil existentes, compondo a planta e a área administrativa (JADORVSKI, 2005).

Neste trabalho, o conceito de custo de operacionalização abrange os custos de operação e os custos de manutenção, conjuntamente, objetivando facilitar a análise financeira do empreendimento.

### **2.3.2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS**

Há vários métodos de análise da viabilidade econômica de projetos, destacando-se, neste trabalho, alguns daqueles embasados na determinação dos principais custos e benefícios envolvidos, nos fluxos de caixa e nas estimativas de indicadores econômicos, tais como: taxa efetiva de juros, taxa de aumento dos custos e receitas e duração da análise do projeto.

Os métodos ou indicadores mais comumente usados na análise da viabilidade econômica de projetos são: Valor Presente Líquido - VPL, Valor Uniforme Líquido - VUL, Relação Benefício/Custo - B/C, Taxa Interna de Retorno - TIR e Tempo de Retorno do Capital - TRC (GOMES, 2005).

### 2.3.2.1.MÉTODO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Constituí-se em uma técnica na qual considera todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data inicial ou zero, utilizando como taxa de desconto a Taxa Mínima de Atratividade - TMA do empreendimento, que é, resumidamente, a rentabilidade mínima exigida dos investimentos aplicados no empreendimento, atribuída, neste caso, pelo analista financeiro.

Neste método, todos os benefícios e custos do projeto, ao longo do tempo, são transformados em valores presente ou instante inicial. Dentro do critério de maximização dos benefícios, a alternativa que oferecer o maior VPL, representado pela diferença entre benefícios menos custos envolvidos, será considerada a mais atrativa. Quando as alternativas de projeto possuem os mesmos benefícios, aquela que proporcionar o menor VPL dos custos envolvidos será considerada a mais atrativa. A expressão simplificada para determinação do Valor Presente Líquido para um período de tempo considerado está mostrada na Equação 03, a seguir.

$$VPL = -Vo + \sum_{1}^n \left( \frac{Fc}{(1+i)^n} \right)$$

Equação 03: Cálculo do Valor Presente Líquido - VPL

Onde:

Fc: Fluxo de caixa;

Vo: Investimento inicial;

i.....: taxa de juros = TMA;

n.....: índice do período (meses ou anos).

Trata-se de um método de avaliação puramente financeira, o qual considera o investimento atrativo para valores de VPL positivos e não atrativo, quando encontra valores negativos; quando igual a zero, a análise considera o investimento como indiferente.

COSTA (2006) entende que o Valor Presente Líquido - VLP é o mais interessante de todos os métodos, por privilegiar todo o prazo e distribuição efetiva (cronológica) definido no projeto, além de apresentar também um valor atual calculado a partir do desconto sobre cada parcela do fluxo de caixa (valor líquido) a uma taxa periódica praticada pelo mercado.

O Valor Presente Líquido - VPL é um dos modelos mais utilizados e recomendados pelos principais organismos de fomento mundiais, por ser considerado mais rigoroso e isento de falhas técnicas que os demais (LUCENA, 2004).

Na análise de um projeto, há elementos que não podem ser quantificados financeiramente, porém possuem benefícios indiretos intangíveis e justificáveis, ainda que o VPL encontrado seja igual ou inferior a zero. Nestes casos, o projeto pode ser considerado atrativo e plenamente justificável, levando-se em consideração estes fatores diferenciadores, de caráter muitas vezes sócio-ambiental e ecológico.

### 2.3.2.2.MÉTODO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO ANUALIZADO

Este método ou técnica é conhecido também como Método do Valor Anual Uniforme Equivalente - VAUE, sendo uma variação do Método VPL descrito anteriormente, apresentando o fluxo de caixa representativo do projeto transformado em uma série uniforme.

A exemplo do Método VPL, também o Método do Valor Presente Líquido Anualizado é recomendado na comparação de projetos mutuamente excludentes, sendo que todos os benefícios e custos envolvidos no projeto, ao longo do período, são distribuídos em valores uniformes anuais. Assim, dentro do critério de maximização dos benefícios, a alternativa que oferecer o maior valor (benefícios - custos envolvidos) será considerada a mais atrativa (GOMES, 2005).

O Método do VPLA é bem menos utilizado que o Método VPL, podendo ser, resumidamente definido pela Equação 04 mostrada a seguir (SOUZA;CLEMENTE, 1997 *apud* JADOVSKI 2005).

$$VPLA = VPL \times \frac{i \times (1-i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Equação 04: Cálculo do Valor Presente Líquido Anualizado - VPLA

Onde:

VPL: valor presente líquido;

i.....: taxa de juros;

n.....: número de períodos.

### **2.3.2.3.MÉTODO DO ÍNDICE BENEFÍCIO/CUSTO**

Trata-se de um método extremamente utilizado no meio acadêmico, pela simplicidade e eficiência dos resultados. Também chamado de Índice de Benefício/Custo - IBC ou Relação Benefício/Custo - RBC, leva em consideração todos os benefícios e custos envolvidos em um determinado projeto, previamente selecionado, contabilizados em uma mesma referência de tempo (GOMES, 2005). A avaliação da relação Benefício(B) x Custos(C) é exclusivamente financeira, sendo considerado atrativo o empreendimento com valor maior que um.

A expressão seguinte, utilizada por JADOVSKI (2005) resume o método.

$$IBC = \frac{\sum \left( \frac{CF_j}{(1-i)^j} \right)}{CF_0}$$

Equação 05: Índice Benefício/Custo - IBC

Onde:

IBC: índice benefício/custo;

CF<sub>j</sub>: custos e receitas ao longo do projeto;

CF<sub>0</sub>: investimento inicial;

i.....: taxa de juros;

j.....: índice do período.

Um projeto cuja Relação Benefício/Custo - RBC seja menor que 1 (um) pode, mesmo assim, ser considerado viável economicamente, desde que os benefícios indiretos contribuam, de forma significativa, para sua atratividade (GOMES, 2005), principalmente quando são considerados aspectos sócio-econômicos, ecológicos e, algumas vezes, filantrópicos.

### **2.3.2.4.MÉTODO DA TAXA INTERNA DE RETORNO**

A Taxa Interna de Retorno - TIR é a taxa de juros que zera o Valor Presente Líquido - VPL ou o Valor Anual Líquido - VAL do empreendimento. É a taxa de desconto

que iguala o valor presente das receitas (benefícios) aos valores presentes dos custos de investimentos e operação (despesas) do projeto. Uma maneira de encontrar esta taxa consiste em calcular o VPL para taxas crescentes de juros ( $i$ ) e verificar qual o valor desta taxa que zera o VPL do projeto. É um método amplamente recomendável para analisar a viabilidade econômica de um projeto isolado, sem comparação com outras alternativas excludentes (GOMES, 2005).

A Taxa Interna de Retorno - TIR, juntamente ao VPL, é um dos métodos mais utilizados, sendo, inclusive, recomendado pelo Banco Mundial (LUCENA, 2004).

É uma avaliação exclusivamente financeira, tornando o projeto atrativo quando  $TIR > i$  (taxa de juros) e não atrativo quando  $TIR < i$  (taxa de juros).

A Taxa Mínima de Atratividade - TMA é definida como uma expectativa mínima de lucratividade esperada de um empreendimento, referenciada com as taxas de juros praticadas no mercado financeiro. Pode-se comparar a TIR com a TMA, sem que se cometa erros de avaliação (GOMES, 2005). A Equação 06 mostra o cálculo da TIR, que é a mesma Equação do Cálculo do Valor Presente Líquido igualado a zero.

$$VPL = -Vo + \sum_{1}^n \left( \frac{Fc}{(1 + TIR)^n} \right) = 0$$

Equação 06: Cálculo da Taxa Interna de Retorno - TIR

Onde:

VPL: Valor Presente Líquido;

Fc ...: Fluxo de caixa;

Vo...: Investimento inicial;

TIR ..: Taxa Interna de Retorno;

n.....: índice do período (meses ou anos).

Da mesma forma que nos demais métodos explanados anteriormente, um projeto que tem uma relação desfavorável, quando da comparação da TIR com a TMA, pode ser extremamente viável, quando considerados determinados aspectos inerentes aos benefícios não financeiros advindos de sua implementação.

### 2.3.2.5.MÉTODO DO TEMPO DE RETORNO DO CAPITAL

Existem dois indicadores do Tempo de Retorno do Capital - TRC que podem ser empregado na análise de um projeto: o Tempo de Retorno Não Descontado e Tempo de Retorno Descontado. No primeiro caso, considera-se o tempo de retorno do investimento inicial, sem levar em consideração as taxas de juros e de aumento das grandezas monetárias durante a análise do projeto, sendo, portanto, o Tempo de Retorno do Capital - TRC o tempo necessário para que os benefícios se igualem ao custo do investimento. É uma equação fácil de resolver, sendo a razão entre o custo de implantação (I) do empreendimento em relação ao benefício líquido periódico esperado (BL), conforme mostrado na expressão a seguir (GOMES, 2005).

$$TRC = \frac{I}{BL}$$

Equação 07: Tempo de Retorno do Capital - TRC

Onde:

I....: custos de implantação;

BL: benefício líquido esperado.

Na Equação, o benefício líquido esperado (BL) representa a diferença entre a receita bruta e a despesa. O Tempo de Retorno Descontado é o número de períodos (dias, meses, anos etc.) que zera o Valor Presente Líquido - VPL ou Valor Anual Líquido - VAL, levando-se em conta a taxa de juros e de aumento das parcelas incidentes no fluxo de caixa (GOMES, 2005).

Convém destacar que o Tempo de Retorno do Capital - TRC guarda relação direta com a estimativa de vida útil do projeto em estudo, sendo considerado um empreendimento não atrativo quando o TRC é superior à vida útil do empreendimento.

Os métodos apresentados diferem entre si pela forma como os indicadores de viabilidade são interpretados. Entretanto, se um determinado projeto é considerado viável através de um determinado método, também será igualmente viável perante todos os demais. Dentre os métodos, a Taxa Interna de Retorno é o mais apreciado pelos analistas financeiros, vez que com este valor é possível ter uma ideia precisa, de forma direta, da rentabilidade do projeto comparando-a com a Taxa Mínima de Atratividade - TMA do mercado financeiro. O valor do Índice Benefício/Custo - IBC, entretanto, proporciona uma análise bem melhor do nível de rentabilidade do investimento, uma vez que fornece uma

idéia direta do quanto os benefícios são ou não maiores que os custos envolvidos (GOMES, 2005).

GOMES (2005) recomenda como conveniente avaliar a viabilidade econômica de um empreendimento utilizando-se simultaneamente o método do Valor Presente Líquido - VLP com a Taxa de Retorno do Capital - TRC (Payback) e, se possível, a Relação Benefício/Custo, esclarecendo o autor que os métodos diferem entre si apenas pela forma como os indicadores de viabilidade são interpretados, porém, se um determinado projeto ou empreendimento é viável através de um determinado método, haverá forte possibilidade de também o ser perante os demais.

É plenamente aceitável que os valores ou indicadores que responderão pela viabilidade de um projeto estejam sujeitos a margens de erro, em função de estimativas de taxas baseadas na situação presente que não necessariamente corresponderão a uma realidade futura, mas que, tais fatores alheios à engenharia, não inviabilizam ou diminuem a qualidade do trabalho realizado. A credibilidade da análise de viabilidade econômica de um projeto depende, substancialmente, da precisão dos dados a serem estimados de todos os custos e benefícios envolvidos (GOMES, 2005). Há ainda que se considerar os outros diversos benefícios decorrentes do empreendimento, notadamente os de natureza ambiental, [...] que, por sua vez estão relacionados a outros benefícios financeiros não considerados na análise do projeto em questão (ATHAYDE et.al. 2004).

## **2.4. ANÁLISE ECONÔMICA DE USINAS DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

A viabilidade econômica é um ponto fundamental e de destaque na definição do processo de dimensionamento e configuração de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil. Por ser um investimento de longo prazo, um estudo de viabilidade econômica, neste caso, deve prever um tempo de vida útil do empreendimento estimado de acordo com subsídios técnicos fornecidos pela empresa fabricante dos equipamentos da usina, os quais estabelecem a vida útil dos equipamentos. Em uma usina já implantada, na determinação da viabilidade econômica não devem ser considerados os resultados obtidos na fase inicial de operação, pois é comum, no período de adaptação, ocorrer baixa produtividade, não representando o verdadeiro desempenho esperado quando do ritmo normal de funcionamento.

No caso de análise de usinas de reciclagem mantidas pelo setor público, a amortização do investimento inicial pode ocorrer em um período bem mais curto quando comparado com usinas privadas, pois, neste tipo de empreendimento público deve ser considerada a eliminação dos custos de limpeza urbana dos resíduos e dos custos de aquisição de agregados naturais, que devem ser computados como ganhos do processo (PINTO, 1999).

A viabilidade financeira do produto final da usina de reciclagem de resíduos da construção deve levar em consideração o valor de mercado do produto similar não reciclado, o custo do processo de reciclagem e o custo de disposição do resíduo da construção em aterros (JOHN, 1998).

No cálculo da viabilidade econômica de uma usina de reciclagem de resíduos da construção alguns custos são importantes de serem considerados, e podem ser classificados basicamente em três tipos: custos de implantação, custos de operação e custos de manutenção.

#### **2.4.1.CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO**

Como qualquer indústria, uma usina de reciclagem de resíduos da construção inicia sua implantação pela escolha da área onde será edificada a planta. A área ou terreno é o primeiro elemento da infraestrutura necessária ao funcionamento da usina, podendo ser adquirido ou mesmo alugado. Quando da opção de compra, a despesa de aquisição será um componente dos custos de implantação, enquanto que, na segunda hipótese, ou seja, na locação, esta despesa mensal passa a ser parte integrante dos custos de operação.

Compondo os custos de implantação, além da despesa de aquisição do terreno, estão também os custos com as obras de engenharia destinadas à preparação da área para fixação dos equipamentos, construção de bloco administrativo e de guarita de segurança, além das instalações elétricas, hidrossanitárias, ar comprimido e gás.

As despesas com aquisição e instalação de equipamentos fazem parte dos custos de implantação. Em geral, as usinas de reciclagem necessitam, para seu funcionamento, de equipamentos como: alimentador vibratório, britador de impacto, correias transportadoras, grelhas vibratórias e peneiras.

Também são necessários equipamentos auxiliares, destacando-se as tesouras trituradoras, usadas para cortar e separar materiais ferrosos não participantes do processo, os aspersores de água, utilizados na umidificação do material destinado à linha de

produção e os rompedores hidráulicos, normalmente acoplados à pá carregadeira, utilizados na redução das dimensões dos blocos de concretos.

#### **2.4.2.CUSTOS DE OPERAÇÃO**

Os custos de operação são classificados como custos variáveis, estando computadas nesta parcela as despesas com todo pessoal (mão de obra) ligado ao quadro funcional da usina, custos administrativos, depreciação de máquinas e equipamentos, taxas públicas, seguro e impostos.

Nas despesas de mão de obra incidem, além dos salários, os encargos sociais e trabalhistas, benefícios diretos e indiretos, como planos de saúde e vale transporte e equipamentos de proteção individual.

Também compõem os custos de operação as despesas necessárias ao funcionamento das máquinas, dos veículos e dos equipamentos, tais como, combustível, óleo lubrificante, pneus, peças de reposição, e até mesmo, quando for o caso, as despesas com pagamento da prestação de serviço de motoristas e operadores de máquinas, quando estes não fizerem parte do quadro funcional da usina.

Os custos dos insumos de produção também compõem os custos de operação, destacando, entre outros, as despesas com pagamento de água e energia elétrica. São igualmente computadas as despesas com telefone e internet, itens fundamentais para apoio à atividade administrativa.

No caso de usinas administradas pelo Poder Público, pela própria natureza jurídica e fiscal do empreendimento, alguns custos não são contabilmente considerados, como depreciação de equipamentos e taxas e impostos sobre a atividade industrial, também não sendo levados em consideração na análise de viabilidade financeira.

#### **2.4.3.CUSTOS DE MANUTENÇÃO**

Pela própria característica do processo produtivo de reciclagem de resíduos da construção, os equipamentos que compõem a planta, apesar de sua robustez, necessitam de constante manutenção, objetivando manter o nível esperado de produtividade e qualidade do agregado produzido.

A manutenção, corretiva ou preventiva, caracteriza-se pela troca de peças desgastadas pelo uso, procedimento indispensável para a garantia do bom funcionamento dos equipamentos instalados. Na mesma linha de ação, também incluem-se as despesas referentes à manutenção dos veículos automotivos, se houver, e das máquinas como trator e pá carregadeira.

Dentro dos custos de manutenção também estão despesas com conservação das obras civis de apoio aos equipamentos da planta e das edificações dos setores administrativos.

#### **2.4.4.RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO**

Para a determinação da viabilidade econômica do empreendimento é necessário inicialmente determinar os valores dos ganhos ou entrada financeira decorrente da comercialização ou aproveitamento do produto final da usina. No caso em que o agregado reciclado é comercializado, operação comum em usinas privadas, o preço da venda representa o valor bruto arrecadado. Porém, no caso de usinas exploradas pelo setor público, o agregado, em geral, é utilizado pelo próprio órgão, prefeitura ou estado, devendo, neste caso, ser estabelecido como valor arrecadado a economia resultante do uso do material reciclado, tomando-se como referência o corresponde valor de mercado do agregado natural.

Determinada a forma de cálculo do valor unitário do agregado reciclado, a receita operacional bruta é obtida pelo produto do total produzido pelo valor unitário de venda. Desta receita operacional bruta devem ser deduzidos os impostos sobre a receita, somente no caso de usinas privadas, determinando-se, assim, a receita operacional líquida.

Pode-se agregar à receita operacional líquida, no caso de usinas administradas pelo setor público, a economia advinda do recolhimento e transporte dos resíduos da construção civil até a usina, cálculo este em geral desprezado neste tipo de análise por ser um valor determinado a partir de estimativas de custos nem sempre muito precisas, sendo uma parcela do valor não diretamente associada ao processo produtivo.

Os custos de produção compreendem aos custos relacionados com a produção, englobando os custos de operação e de manutenção. Nos custos de manutenção devem ser incluídos os custos relacionados com a depreciação das máquinas e equipamentos, quando se tratar de empresa privada. Os custos de depreciação dos equipamentos de britagem podem ser calculados de forma linear para um período de 10 anos, considerando um valor

residual de 10% dos custos de aquisição (GRECO et al., 1998 *apud* JADOVSKI, 2005). No caso das obras de apoio à planta e edificações dos setores administrativos pode-se arbitrar um custo de manutenção anual de 1% do valor da implantação (NORTEC 2004 *apud* JADOVSKI, 2005).

De posse da receita operacional líquida e dos custos de produção (manutenção e operação) pode ser obtido o resultado bruto, pela diferença de ambos. Este resultado, no caso de usinas administradas pelo setor público, representa também o resultado líquido. Nas usinas privadas, deve-se levar em consideração ainda os possíveis juros de financiamento de máquinas e equipamentos, como também, subtrair ainda, do resultado bruto, os impostos e taxas, inclusive imposto de renda. O resultado líquido, portanto, representa a parcela final a ser considerada para análise financeira.

Dentro desta mesma linha de análise, PEREIRA et. al. (2004) utilizou um modelo simplificado de cálculo para garantir a viabilidade operacional de uma usina, representado pela expressão a seguir mostrada.

$$(GE + GV) > (DC + DF) + ML$$

Equação 08: Cálculo de Viabilidade Econômica de Usinas de RCC

Onde:

GE: totalidade dos ganhos devido à entrada de RCC na usina;

GV: totalidade dos ganhos proveniente da venda dos agregados reciclados;

DC: totalidade das despesas fixas e de capital: despesas iniciais e empréstimos;

DF: totalidade das despesas decorrentes dos custos de operação (manutenções diversas, mão de obra, taxas, impostos etc);

ML: margem de lucro, estabelecida pelo analista financeiro.

Desta forma, o autor estabelece que a parcela referente à receita (GE + GV) deve ser maior que a parcela referente à despesa (DC + DF) acrescido ainda de uma margem de lucro, determinando, assim, uma relação benefício/custo favorável ao empreendimento. O que torna esta expressão diferenciada em relação às anteriormente apresentadas é a especificidade de seu uso para análise da viabilidade econômica de usinas de reciclagem de RCC. Utiliza um componente importante que é a totalidade dos ganhos devido à entrada de RCC na Usina, ou seja, o quanto a Edilidade economizou por não ter sido necessário realizar a limpeza de áreas urbanas usadas ilegalmente para deposição de entulhos pela população e seu translado até a Usina.

ATHAYDE et.al. (2004), analisando o desempenho operacional e financeiro de uma usina administrada pelo setor público, utilizou, para estimar a receita anual, o valor de comercialização local do agregado natural correspondente à bica corrida, multiplicando este valor unitário pelo total da produção anual da usina. O cálculo da receita anual líquida foi obtido subtraindo-se, ano a ano, da receita bruta, encontrada na forma descrita anteriormente, o valor correspondente às despesas anuais. O Valor Presente Líquido - VPL das receitas foi calculado, ano a ano, considerando a Equação 03, anteriormente explicitada. No estudo citado, foi considerado o valor final do entulho reciclado, comercializado a R\$ 7,00 (sete reais), valor este praticado no mercado de Governador Valadares - MG, no ano de 2003, para material conhecido como bica corrida. Nestas condições, o período de retorno do investimento encontrado foi de 4,65 anos, apresentando uma razão Benefício/Custo de 3,24 para um horizonte de 20 anos. De posse da soma dos valores presentes líquidos de todos os anos, relativos ao ano 1, como também, conhecendo o custo de implantação da usina, considerados como ocorrido no primeiro ano de funcionamento, é possível calcular a Relação Benefício/Custo - RBC do empreendimento.

Com os dados encontrados, também torna-se possível calcular o Tempo de Retorno do Capital - TRC empregado, desde que a Relação Benefício/Custo seja positiva para o empreendimento em estudo.

Resumidamente, uma usina de reciclagem de resíduos da construção pode ser economicamente viável, ou seja, apresentar uma Relação Benefício/Custo - RBC maior que 1, se tiver uma boa localização, predominantemente urbana. A sua rentabilidade depende da entrada de consideráveis fluxos de RCC. A qualidade dos materiais produzidos pela usina depende do processo de separação e britagem da matéria prima (entulho), estando o sucesso do empreendimento dependente da qualidade do agregado produzido e de sua aceitação no mercado (PEREIRA et al. 2004).

### **3. Metodologia**

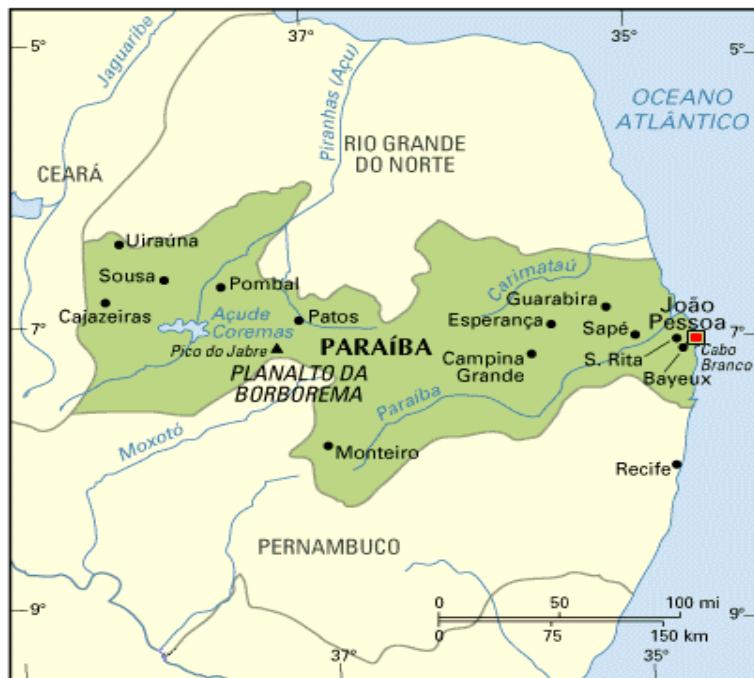
A metodologia de estudo da viabilidade econômica de uma usina de beneficiamento de resíduos da construção civil está apoiada, neste caso, em dois pontos basilares: a identificação e caracterização detalhada do objeto específico de estudo e a definição do método escolhido para análise econômico-financeira deste objeto de estudo desejado. Estas duas linhas de ação permitem conhecer detalhadamente a usina em questão, definindo, naturalmente, a forma de obtenção dos dados e sugerindo os métodos julgados mais adequados para análise da viabilidade econômico-financeira do empreendimento.

#### **3.1.LOCALIZAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO OBJETO DE ESTUDO**

O objeto de estudo escolhido neste trabalho é uma usina de beneficiamento de resíduos da construção civil instalada, no ano de 2007, na cidade de João Pessoa, estado da Paraíba. Uma das razões para a escolha desta usina de reciclagem deveu-se ao fato de que, sendo uma usina sob administração do Poder Público, há poucos estudos conhecidos especificamente sobre esta unidade produtiva, como também, aparentemente não existem estudos mais aprofundados sobre a eficiência, o desempenho e, principalmente, a viabilidade econômica, que tenham sido realizados antes ou depois de sua instalação.

A viabilidade econômica de um determinado projeto pode ser avaliada, como visto anteriormente, com uso de vários métodos e técnicas, que objetivam nortear, através de números financeiros, as decisões de implantação e investimentos futuros. Entretanto, quando o projeto já está implantado, como é o caso em tela, esta análise serve de base para decisões administrativas, em função da situação diagnosticada.

A capital do estado da Paraíba, onde está instalada a Usina objeto do presente estudo, está localizada no extremo oriental das Américas, entre 7°6'54" de latitude sul e 34°51'47" de longitude oeste, limitando-se com os municípios de Cabedelo, Bayeux e Santa Rita, que compõem a chamada região metropolitana da capital, ocupando uma área de 210,45 km<sup>2</sup>. A FIG. 09 mostra a localização da cidade de João Pessoa no estado da Paraíba.



Fonte: GuiaNet (2012)

FIG-09: Localização do Município de João Pessoa - PB

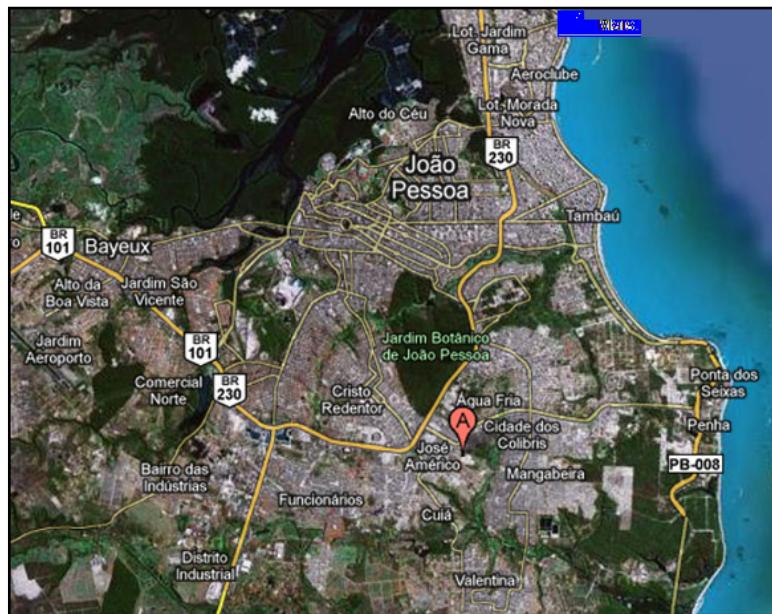
A capital do estado da Paraíba possuía, no censo de 2010, uma população de 723.510 habitantes, segundo o IBGE. No período de 2000 a 2010, foi registrada uma taxa anual de crescimento populacional de 1,17%, com praticamente 93% da população localizada em área urbana (IBGE, 2010). Composta por 64 bairros, o comércio, a indústria e o turismo são atividades com maior participação na economia do município.

A indústria da construção civil em João Pessoa vem crescendo em ritmo bastante acelerado, já há alguns anos. Este crescimento é provocado pela expansão do número de novos empreendimentos imobiliários decorrentes de fatores como aumento populacional, déficit habitacional e o próprio crescimento da economia. Este tipo de indústria é considerado, entre os muitos segmentos da economia, como aquele que consome maior volume de recursos naturais, sendo também um dos maiores geradores de resíduos sólidos.

Assim, devido ao crescente processo de urbanização, João Pessoa apresenta um elevado índice de geração de resíduos da construção civil, necessitando de medidas de controle, tanto de gerenciamento quanto de soluções, adequadas e em caráter permanente (FONSECA et al. 2010).

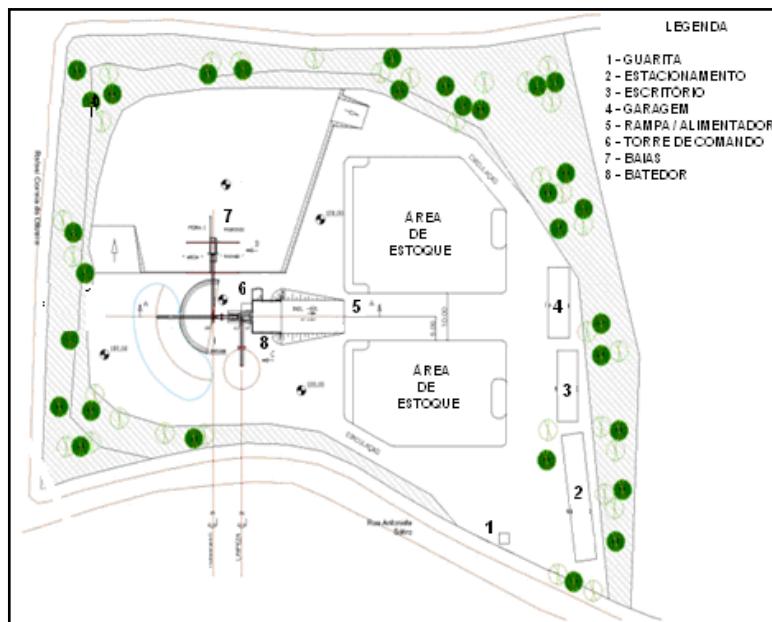
Segundo dados fornecidos pela Prefeitura Municipal de João Pessoa (JOÃO PESSOA, 2012) no ano de 2009 houve uma geração média de 2.235 toneladas/dia de RCC. Não se pode considerar, neste valor, apenas a contribuição da cidade de João Pessoa, mas sim, de toda a região metropolitana, cuja população já ultrapassa um milhão de habitantes.

Atendendo aos requisitos do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, instituído pela Lei Municipal Nº. 11.176/07, foi instalada a Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição da cidade de João Pessoa - USIBEN, localizada na Rua Antonieta Sátiro, S/N no bairro residencial denominado José Américo. A FIG-10 mostra a localização da USIBEN no bairro de José Américo no mapa da cidade de João Pessoa - PB e a FIG-11 mostra a planta baixa da Usina.



Fonte: Google (2012)

FIG-10: Localização da USIBEN - bairro de José Américo - João Pessoa/PB



(Fonte: JOÃO PESSOA/PMJP 2007)

FIG-11: Planta Baixa da USIBEN - João Pessoa/PB

A Usina está instalada em uma área de terreno de 17.741 m<sup>2</sup>, estando os equipamentos ocupando 11.600 m<sup>2</sup>, existindo, ainda, uma área livre de 6.141 m<sup>2</sup>, destinada

ao plantio de árvores e circulação de pedestre, conforme mostrado na planta baixa (FIG-11).

A USIBEN está situada no Lote 93, Setor 41 da ZR-2 (Zona Residencial nº 2) dentro da Planta de Zoneamento e Uso do Solo da Área Urbana e de Expansão Urbana do Município de João Pessoa, elaborada pela própria Prefeitura Municipal da capital, regulamentada pelo Código Urbanístico em vigor. A FIG-12 mostra parte do mapa de zoneamento urbano da cidade de João Pessoa - PB, destacando a localização da USIBEN.

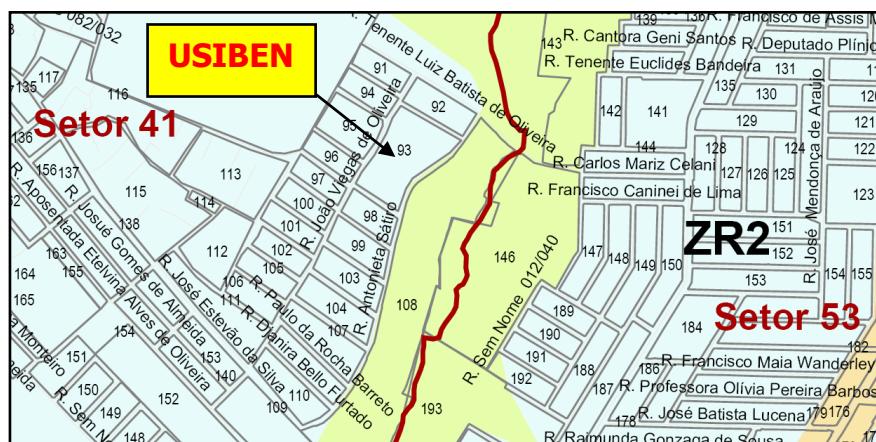


FIG-12: Detalhe do Mapa de Zoneamento Urbano (Destaque: USIBEN)

O Código de Urbanismo traz algumas restrições quanto à instalação deste tipo de empreendimento em zonas residenciais (Art. 176), embora transfira ao Órgão Público Municipal a responsabilidade, em última instância administrativa, de decidir sobre a viabilidade técnica da instalação (parágrafo 2º. – Art. 176).

A decisão de instalação da USIBEN nesta área determinada deveu-se, basicamente, ao fato da Prefeitura Municipal de João Pessoa já possuir o terreno sem qualquer edificação nele encravada, embora seja circunvizinhado por residências unifamiliares, estando localizado, como mostrado, em um bairro predominantemente residencial.

Neste caso, a decisão do Administrador Público estribou-se exclusivamente no menor custo de implantação, pelo aproveitamento de uma área já existente e de propriedade da própria Edilidade. A escolha da área, ao que parece, não levou em consideração estudos técnicos mais aprofundados, que poderiam ter sido realizados, e que, com rigor científico, buscariam apontar as melhores localizações para implantação da Usina dentro do espaço urbano.

FERNANDES et AL (2010) alertava que apesar do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, instituído pela Lei Municipal Nº. 11.176/07, abordar o planejamento minucioso dos ecopontos na cidade de João Pessoa,

com proposta de layout, localização, interação e conscientização das populações circunvizinhas, nenhum dos necessários e obrigatórios pontos estruturados para recebimento e triagem dos resíduos a serem implantados nos bairros geradores foram implementados, permanecendo esta situação até os dias atuais, restando, tão somente, o encaminhamento para a USIBEN.

### 3.1.1.USINA DE BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DA CIDADE DE JOÃO PESSOA - PB

A Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção e Demolição de João Pessoa - USIBEN foi planejada para um processamento de 20 toneladas de RCC por hora, iniciando, efetivamente sua produção de agregado reciclado somente no ano de 2008, sendo considerada uma usina de porte médio, para os padrões brasileiros. A FIG-13 mostra quatro detalhes da USIBEN: Portaria Principal/Recepção, Vista Aérea da Planta, Depósito Principal de RCC e o Depósito de Materiais Inservíveis.



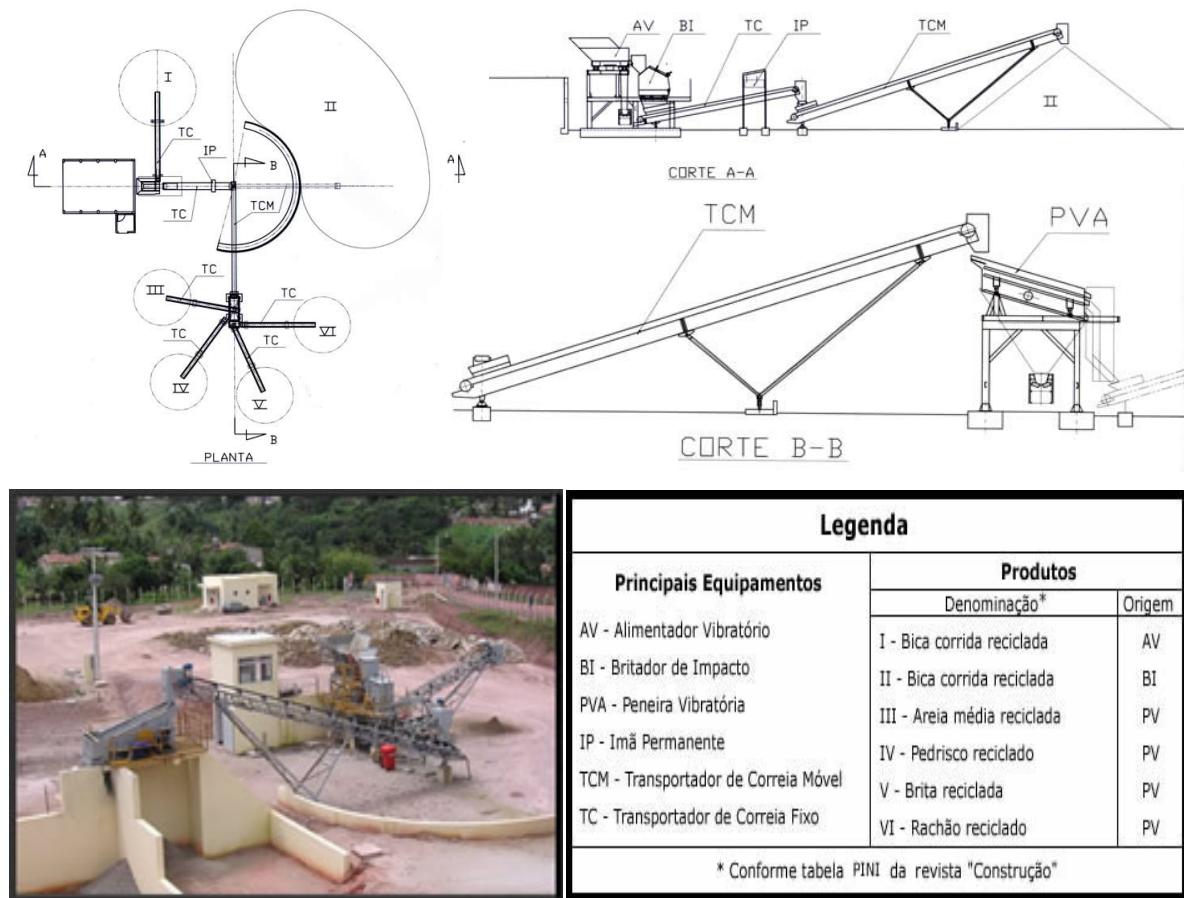
(Fonte: Acervo Pessoal - 2010)

FIG-13: Recepção, Vista Aérea, Depósito Principal e Área de Material Inservível -USIBEN

#### 3.1.1.1.IMPLANTAÇÃO, TIPO DE PLANTA E EQUIPAMENTOS

A USIBEN é uma usina de planta fixa, montada em suporte de alvenaria, dotada de equipamentos de média e grande produção, possuindo processo de beneficiamento de primeira geração, ajustado ao tipo de instalação e planta escolhidas, ocorrendo, pelas suas características, a remoção de contaminantes de maneira manual e materiais ferrosos através de eletroímãs especiais.

A FIG-14 mostra os croquis de instalação, detalhes de montagem dos equipamentos, foto da USIBEN quando da sua instalação, em 2007, e uma tabela contendo os principais equipamentos instalados e referenciados nos desenhos, além de elencar os respectivos agregados produzidos.



**FIG-14: Croquis da Planta, Cortes e Detalhes dos Equipamentos, Vista Aérea, Relação dos Equipamentos e Agregados Produzidos**

(Fonte: MAQBRIT – 2010)

Os equipamentos que compõem diretamente à planta foram adquiridos pela Prefeitura Municipal de João Pessoa, através de processo licitatório.

O QUADRO 01, mostrado a seguir, contem a relação de todos os equipamentos da linha de produção, com suas respectivas especificações técnicas, conforme constante em documentos da própria empresa fornecedora.

Quadro 01: Equipamentos Adquiridos - Linha de Produção

TIPO DO EQUIPAMENTO	DETALHAMENTO TÉCNICO
ALIMENTADOR VIBRATÓRIO	Alimentador com motor elétrico blindado trifásico, polias e correias em V, mesa vibratória com grelha pré-classificadora apoiada em molas espirais, caixa vibratória, tremonha de carga. Qte.: 01.
TRANSPORTADOR DE CORREIA FIXO	Largura de 16", comprimento de 11 m, com motor elétrico blindado trifásico, redutor de velocidade, polias e correias em V resistentes à abrasão, tambor de tração e retorno, roletes de carga com rolamentos blindados, esticador, limpador auto-regulável, estrutura de apoio em V e tremonha de carga com vedação de borracha. Qte.: 02.
TRANSPORTADOR DE CORREIA MÓVEL	Largura de 16", comprimento de 15,5 metros, completo com giro de 180°, para leira de 5 metros, motor elétrico blindado trifásico, redutor de velocidade, polias e correias em V, roletes de carga com rolamentos blindados, esticador, limpador auto-regulável, estrutura de apoio em V e tremonha de carga com vedação de borracha. Qte.: 01.
BRITADOR DE IMPACTO	Com boca de alimentação de 700 x 400 mm, motor elétrico blindado trifásico, polias em V, cárter de proteção do movimento, carcaça sobre chassis metálico, rotor horizontal apoiado em mancais com rolamentos autocompensadores, revestimento interno substituível, sistema de acesso para troca de elementos e manutenção interna, regulagem de granulometria por molas e sistema de segurança. Qte.: 01.
CALHA METÁLICA	Em chapa de aço, enrijecida por cantoneiras com sistema de acesso para limpeza e manutenção, com vedação anti-pó. Qte: 01.
IMÃ PERMANENTE	Com limpeza manual, suspenso em olhais e cabos de aço, com carcaça de alta permeabilidade magnética protegida contra corrosão, face magnética em aço AISI 304, circuito com imã permanente de Ferrite de Estrôncio anisotrópico de alta energia. Qte. 01.
QUADRO ELÉTRICO	Comando e proteção dos motores, completo com caixa metálica de alojamento estanque, proteção contra particulado, contadores, relés bimetálicos de sobrecarga e falta de fase, fusíveis, régua de bornes, sistema de aterrramento e energização por concessionária, indicação por sinaleiros visuais, botoeiras de comando liga/desliga, comando à distância de emergência. Qte.: 01.
SISTEMA ANTI-PÓ	Para controle ambiental em ponto de fuga de particulado, completo com capacidade para 40 litros/min, pressão regulável, conjunto motobomba com nebulizador spray. Motor elétrico blindado trifásico, mangueiras flexíveis, microaspersores e gatilho de acionamento. Qte.: 01.
SISTEMA ANTI-RUÍDO	Para controle ambiental, completo com mantas de borracha anti-choque/ruído instaladas em tremonha de carga. Qte. 01.
ESTRUTURA METÁLICA	Para sustentação do conjunto composto pelo Alimentador Vibratório e pelo Britador de Impacto, desmontável, completa, com contraventamento, plataforma de inspeção e manutenção, guarda-corpo de segurança e escada de acesso. Qte. 01.
BICAS DE TRANSFERÊNCIA	Em chapa de aço, completas, com sistema de acesso para limpeza e manutenção. Qte. 06.
PENEIRA VIBRATÓRIA APOIADA	Completa, com área de peneiramento de 2,5 m <sup>2</sup> , motor elétrico blindado trifásico, polias e correias em V, três decks para telas com malhas de abertura 22,0 / 9,52 / 4,8 mm, eixo excêntrico montado em mancais com rolamentos autocompensadores, protegidos contra pó por labirinto e tampas, contra-peso de regulagem de amplitude, lubrificação à graxa, chassis de aço em molas helicoidais e bicas de distribuição. Qte.: 01
PLATAFORMA METÁLICA	Completa com guarda-corpo de segurança e escada de acesso, para inspeção e manutenção do conjunto. Qte.: 01.

(Fonte: MAQBRIT - 2007)

Além dos equipamentos destinados especificamente à linha de produção, também foram adquiridos equipamentos auxiliares do processo, como Rompedor Manual, movido à

gasolina, Rompedor Hidráulico, que funciona acoplado à Pá Carregadeira, e algumas ferramentas e utensílios especialmente utilizados na separação manual dos resíduos, como as tesouras mecânicas, pás e carrinhos de mão. Outros equipamentos e utensílios foram cedidos por outros Órgãos ligados à própria Prefeitura.

A Prefeitura Municipal de João Pessoa preparou toda a área necessária à instalação dos equipamentos, responsabilizando-se, inclusive, pela realização das pequenas obras de infraestrutura, como bases de apoio dos equipamentos, casa das bombas, edificação do escritório, da portaria/recepção e da garagem. A instalação dos equipamentos, por força de contrato, ficou a cargo da empresa fornecedora.

### **3.1.1.2.PROCESSO PRODUTIVO**

O início de um processo produtivo industrial ocorre com o recebimento e estocagem da matéria prima. Neste caso, a matéria prima são os RCC que chegam à Usina através de caminhões transportadores de containers ou depósitos coletores. Estes veículos, ao ingressarem na Recepção/Portaria, são vistoriados, ocorrendo uma inspeção visual do material a ser recebido, sendo coletados alguns dados pelo responsável pela fiscalização e acatamento do resíduo.

Entre as informações coletadas destacam-se o nome da empresa transportadora, a placa do veículo, a quantidade de RCC recebida, a data e a hora de ingresso do veículo, endereço do gerador da origem dos resíduos, sendo todos estes dados devidamente planilhados, para controle da própria Usina. Este e outros procedimentos de acompanhamento e controle da produção são realizados em observância ao que preceitua a NBR/ABNT Nº. 15.114/2004, obrigando as Usinas de Reciclagem a adotarem procedimentos que garantam, ao final, controle da qualidade dos produtos gerados e até mesmo dos resíduos rejeitados, garantindo assim que o processo de reciclagem não venha a provocar agressão ao meio ambiente.

Após a identificação inicial, o caminhão transportador adentra ao pátio interno da Usina e, na área destinada à deposição dos entulhos recebidos, é realizado o descarregamento, encerrando nesta fase, a responsabilidade do transportador. Esta etapa do processo produtivo é chamada de Recepção.

A etapa seguinte é destinada a Separação e Classificação dos resíduos recebidos. Com o uso de uma pá carregadeira (modelo 12B, marca New Holland) é feito o espalhamento dos resíduos recebidos, com objetivo de, manualmente, ocorrer a retirada ou

catação daqueles materiais não considerados Classe A ou contaminantes, tais como: plásticos, madeira, aço, papel e gesso.

Após esta fase, todo material não Classe A é separado, ficando aguardando a remoção por parte do EMLUR, que ocorre em dias determinados, recebendo tratamento e destinação adequados. Normalmente, 3 ou 4 funcionários trabalham nesta área, equipados com carros de mão e pás, retiram de forma manual, os materiais contaminantes realizando esta atividade importante, pois, a partir desta seleção é que ocorrerá a separação, em locais diferentes, os materiais cerâmicos e o concreto. A FIG-15, a seguir, mostra a realização da etapa de Separação e Classificação na USIBEN.



(Fonte: Acervo Pessoal - 2011)

**FIG-15: Separação e Classificação de RCC na USIBEN – João Pessoa/PB**

O material previamente selecionado é novamente classificado, separado em dois grupos, de acordo com a predominância de cerâmica ou de concreto que possua, transportado e amontoado em áreas diferentes.

Os mesmos funcionários, utilizando equipamentos especiais, como martelo hidráulico, marretas, pá de bico, ganchos e tesouras manuais, executam uma tarefa de fragmentação do material graúdo, reduzindo os maiores a pedaços não superiores a 600 milímetros, dimensão máxima aceitável pelos equipamentos de processamento mecânico da Usina. Esta etapa é chamada de Preparação e Fragmentação. A FIG-16, a seguir, ilustra esta etapa, mostrando a realização do processo de Fragmentação utilizando-se martelo hidráulico acoplado a uma pá carregadeira e sendo utilizado também o martelo hidráulico manual.



(Fonte: Acervo Pessoal - 2011)

**FIG-16: Preparação e Fragmentação de RCC – USIBEN – João Pessoa/PB**

Utilizando-se de uma pá carregadeira, conforme mostrado na FIG-17, o material já fracionado e devidamente classificado em cerâmico ou concreto, é transferido para a linha de produção, sendo estas etapas denominadas de Transporte Interno e Alimentação da Tremonha.



(Fonte: Acervo Pessoal - 2011)

**FIG-17: Transporte Interno e Alimentação da Tremonha – USIBEN – João Pessoa/PB**

A partir da alimentação da Tremonha do Alimentador Vibratório tem início as etapas de Peneiramento e Britagem, que se constitui em vibração, peneiramento e cominuição da matéria prima da produção. Na USIBEN há dois fluxos diferentes e bem definidos de reciclagem dos resíduos em função da predominância de material cerâmico ou de concreto utilizado, influenciando na qualidade final do agregado produzido que passa a ser denominado de agregado reciclado de cerâmica ou agregado reciclado de concreto. Estes agregados possuem características físicas diferentes e, por conseguinte, aplicações também diferentes.

Na produção do agregado reciclado de cerâmica, fluxo produtivo tem início no instante em que a pá carregadeira transportou o material cerâmico para o Alimentador Vibratório do Britador. Os fragmentos menores que 50 milímetros, após passarem pela classificação no Alimentador Vibratório, são transferidos para uma área especial onde são amontoados, sendo este transporte realizado através de um Transportador de Correia. Este é o primeiro produto da linha de produção, sendo chamado de Bica Corrida Reciclada - 1. Os fragmentos maiores que 50 mm passam automaticamente para o Britador de Impacto, que possui abertura de acesso com as dimensões de 700 x 400 mm, efetuando a britagem e rebritagem dos resíduos, também chamada de cominuição, ou seja, a transformação de rebolos maiores em brita de tamanhos variados.

Esse equipamento permite combinações de regulagens das placas internas, superiores e inferiores, favorecendo a obtenção de granulometrias diferenciadas para os agregados. No caso da USIBEN, para atender aos interesses próprios da Usina, estão regulados em 80 mm para a placa superior e 60 mm para a placa inferior.

Depois que é feita a britagem, os grãos com diâmetros menores que 100 mm são conduzidos por um Transportador de Correia Fixo, onde se encontra localizado o separador magnético ou Imã Permanente, desempenhando a importante função de retirar restos de metais existentes no fluxo do material reciclado, oriundo do Britador. Em seguida, esse material em processamento é conduzido por um Transportador de Correia Móvel, sendo transportado e amontoado em um outro local próprio para estocagem, onde fica depositado esse novo produto, chamado de Bica Corrida Reciclada - 2. O fluxograma mostrado na FIG-18 ilustra o fluxo do processo produtivo do agregado reciclado cerâmico.

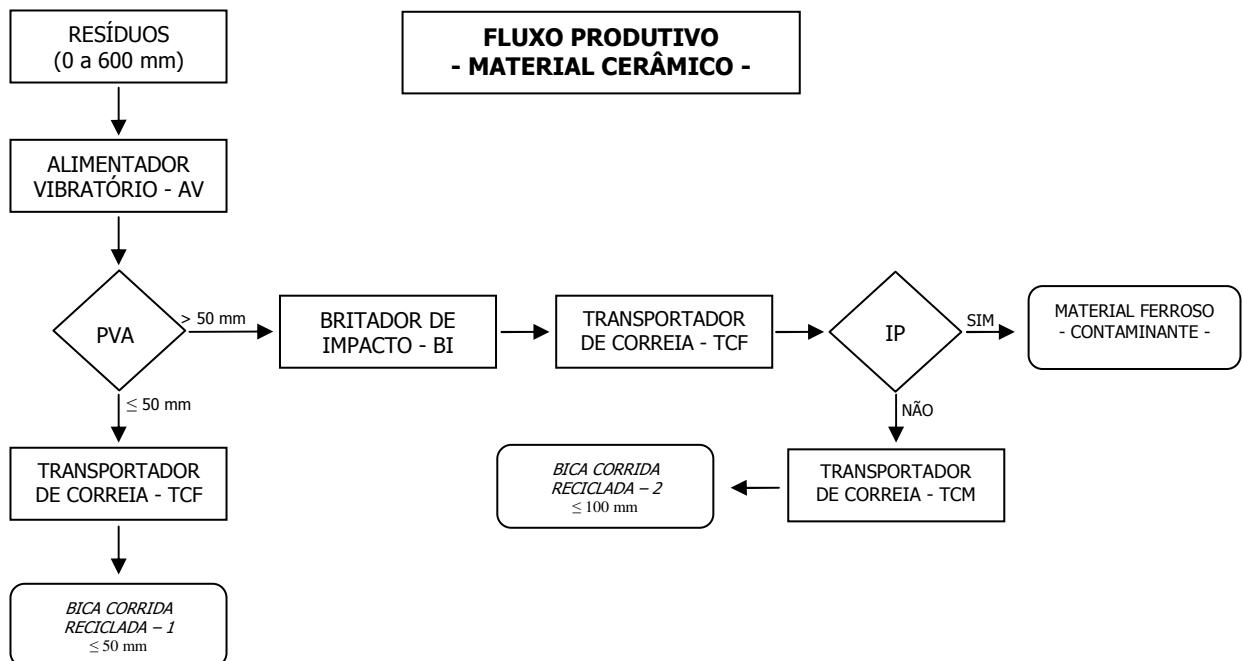


FIG-18: Fluxograma do Processo Produtivo – Material Cerâmico – USIBEN – João Pessoa/PB

Para o processamento do material a base de concreto há necessidade do Alimentador Vibratório sofrer uma adaptação para operar somente com resíduos de concreto, sendo, neste caso, fechada uma das saídas dos Transportadores de Correia Fixo.

Esta mudança no equipamento obriga a que todo material oriunda da Tremonha do Alimentador Vibratório passe, necessariamente, pelo Britador de Impacto, onde ocorre a fragmentação dos resíduos de concreto. Tal procedimento transforma essa matéria prima em agregados reciclados de dimensões compatíveis com a regulagem das placas internas do britador.

Na saída da britagem, os fragmentos com dimensões menores que 100 mm são conduzidos por um Transportador de Correia Fixo, passando por um separador magnético ou Imã Permanente, que retira os restos de metais ainda existentes no fluxo. Em seguida, o material em processamento é encaminhado, através do Transportador de Correia Móvel,

para o conjunto de peneiras ou telas de aço-carbono, existentes nos decks, onde são programadas as seleções de grãos com as dimensões que atendam às necessidades da Usina.

A operação de peneiramento, apesar de influir no custo final do produto, traz benefícios para a qualidade dos agregados gerados. No caso da USIBEN, o conjunto de três peneiras com malha de abertura de 22 mm, 9,52mm e a 4,8 mm torna possível obter quatro produtos finais de boa qualidade, oriundos da reciclagem de concreto. A FIG-19, a seguir, mostra imagens que ilustram as operações de peneiramento e britagem dos resíduos da construção civil, com geração de agregados reciclados.



(Fonte: Acervo Pessoal - 2011)

**FIG-19: Imagens das Operações de Peneiramento e Britagem – USIBEN – João Pessoa/PB**

Após a operação de peneiramento, ocorre, então, a estocagem dos agregados reciclados em quatro baías distintas. Na primeira, são estocados os agregados denominados Brita Reciclada, ou seja, material graúdo passante na peneira de 22 mm e retidos na peneira 9,52 mm. Na segunda baia, ficam estocados os agregados chamados de Cascalhinho ou Pedrisco, ou seja, os grãos passantes na peneira 9,52 mm e retidos na peneira 4,8 mm, na terceira, ficam estocados os materiais denominados de Areia ou Pó de Brita, são os miúdos passantes na peneira 4,8 mm. Finalmente, na quarta baia, o retido na peneira 22 mm ou rejeitado no processo de peneiramento denominado de Macadame ou Rachão.

Um resumo do segundo modo de produção, ou seja, de produção de concreto agregado reciclado, está mostrado no Fluxograma de Fluxo Produtivo apresentado na FIG-20, enquanto que na FIG-21 são mostrados quatro agregados reciclados produzidos pela Usina.

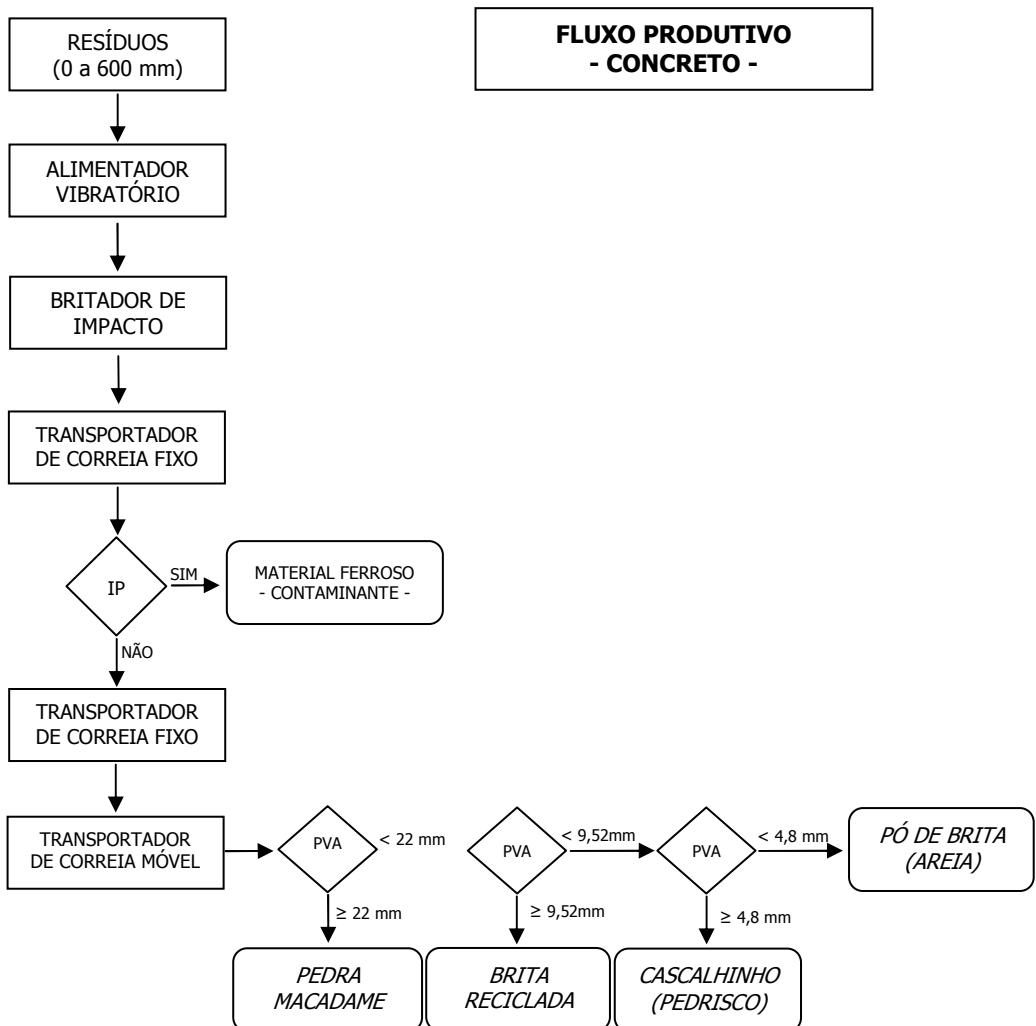


FIG-20: Fluxograma do Processo Produtivo – Concreto – USIBEN – João Pessoa/PB



(Fonte: Acervo Pessoal - 2011)

FIG-21: Agregados Reciclados: Bica Corrida, Cascalhinho, Brita e  
Pedra Macadame – USIBEN – João Pessoa/PB

Os dois modos de produção, concreto e cerâmico, são realizados pela USIBEN, como visto, através de ajustes dos equipamentos existentes, produzindo agregados reciclados em conformidade com os interesses da Edilidade, definidos na Lei Municipal Nº 11.176/2007, que estabeleceu, no Art. 24 (Cap.VI), o uso do agregado produzido nos seguintes casos:

- I – em obras públicas de infraestrutura (revestimento primário de vias, camadas de pavimento, passeios e muração públicos, artefatos, drenagem urbana e outras);
- II – e em obras públicas de edificações (concreto, argamassas, artefatos e outros).

### 3.1.1.3. VOLUME DE PRODUÇÃO

O Quadro 02, a seguir, mostra o volume de entulho recebido pela USIBEN no período de 2007 a 2011. No ano de 2007 somente ocorreu recebimento de material a partir do mês de setembro, quando foi inaugurada oficialmente a Usina, permanecendo durante todo o restante do ano operando apenas em caráter experimental, com baixo volume de entrada de resíduo e, consequente baixa de produção de agregado reciclado.

**Quadro 02: Volume de RCC recebidos pela USIBEN**  
**- Período: 2007 a 2011 -**

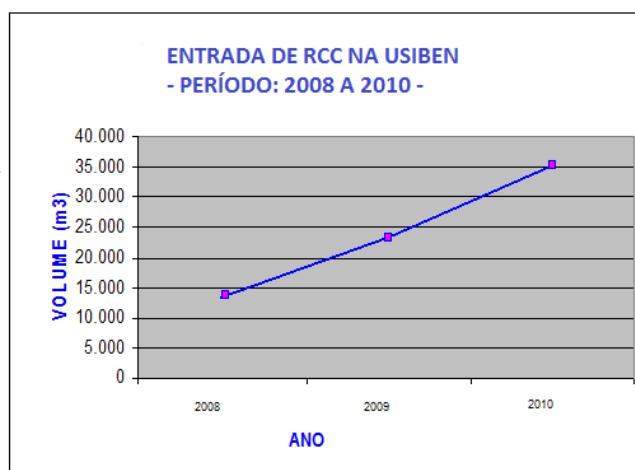
MÊS/ANO	2007 (m <sup>3</sup> )	2008 (m <sup>3</sup> )	2009 (m <sup>3</sup> )	2010 (m <sup>3</sup> )	2011 (m <sup>3</sup> )
JANEIRO	-	1.469,0	2.035,7	974,0	11,0
FEVEREIRO	-	813,2	1.607,6	1.690,0	186,0
MARÇO	-	-	1.017,0	3.742,0	8,0
ABRIL	-	-	1.407,0	2.105,0	4,0
MAIO	-	-	3.202,0	4.352,0	8,0
JUNHO	-	1.771,7	2.062,0	2.658,0	136,0
JULHO	-	827,2	1.434,2	1.996,0	484,0
AGOSTO	-	2.488,2	677,8	2.770,0	272,0
SETEMBRO	58,0	-	2.820,6	2.711,0	1.074,0
OUTUBRO	470,0	-	3.419,4	4.387,0	168,0
NOVEMBRO	636,0	2.637,2	2.260,0	3.024,0	112,0
DEZEMBRO	223,0	3.667,0	1.354,0	4.863,0	2.236,0
<b>TOTAL.....</b>	<b>1.387,0</b>	<b>13.673,5</b>	<b>23.297,3</b>	<b>35.272,0</b>	<b>4.699,0</b>

(Fonte: JOÃO PESSOA/PMJP - 2012)

Pela necessidade de proceder ao nivelamento de algumas áreas baixas a serem posteriormente utilizadas, a PMJP, em alguns meses do ano de 2008, determinou não houvesse recebimento de RCC por parte da USIBEN, mas sim, que todo RCC gerado fosse

depositado nestas áreas determinadas e de interesse do Município, sendo esta a razão pela qual, no Quadro 02, em alguns meses, não aparecem quantitativos de material recebido. Com o início da construção de algumas obras de médio e grande porte, ocorrido em 2011, a Prefeitura achou interessante orientar os transportadores particulares de resíduos da construção a realizarem a deposição do entulho diretamente nestas áreas determinadas. Assim, os resíduos, neste período, foram praticamente quase todos destinados diretamente às obras da Prefeitura, em início de construção, sendo o entulho recebido e gerenciado no próprio canteiro de cada obra. Este decisão também foi respaldada pelo fato do depósito de resíduos da Usina estar, neste período em questão, superlotado, com a capacidade de armazenamento completamente esgotada, dificultando o tráfego de caminhões transportadores dentro da Usina. Portanto, o objetivo desta decisão foi não apenas agilizar o processo de nivelamento dos terrenos destas futuras edificações, mas também evitar transtornos maiores no descarregamento dos containers dentro da Usina. Por esta razão, em alguns meses do ano de 2011, há registrado volumes diminutos de resíduos da construção recebidos pela USIBEN, sendo, portanto, um ano atípico em termo de movimentação de entrada de resíduos na Usina.

Desconsiderando os dados referentes ao ano atípico de 2011, a análise do volume total anual recebido pela Usina mostra que houve, no período de 2008 a 2010, uma crescente entrada de material a ser reciclado, denotando, de plano, uma mudança de comportamento dos geradores de resíduos da construção civil, convergindo, cada vez mais, a geração de RCC para a Usina, tornando cada vez maior sua importância na gestão dos resíduos sólidos na capital. A FIG-22, a seguir, mostra o gráfico desta evolução no período de 2008 a 2010.



(Fonte: JOÃO PESSOA/PMJP - 2012)

**FIG-22: Gráfico da Entrada de RCC - USIBEN - Período: 2008 a 2010**

Durante o período de setembro de 2007, quando começou a operar experimentalmente, até dezembro de 2011, a USIBEN já havia recebido 78.328,8 m<sup>3</sup> de resíduos da construção civil, dando, assim, elevado contributo à preservação do meio ambiente na cidade de João Pessoa.

O volume de resíduo recebido é quantificado na entrada, no Setor de Recepção, havendo a anotação deste quantitativo apenas em função do volume do container ou caçamba estacionária. Dentro do recipiente há quase sempre espaços vazios, provocados pela acomodação irregular de pedaços volumosos de entulho da construção e demolição, os quais são chamados de empolamento, provocando, nestes casos, uma avaliação não muito precisa do volume real de entulho efetivamente contido no recipiente transportador. Há de se considerar também que o material recebido não vem constituído apenas de resíduos da construção Classe A, mas sim, com muita frequência, misturado a outros elementos das Classes C e D, como gesso, amianto, tintas e solventes e materiais ferrosos, que necessitam ser excluídos do montante, na etapa de Separação e Classificação, antes de ser inserido no processo de reciclagem. Desta forma, o volume recebido não é o mesmo reciclado, mas sim, representa uma parcela bastante significativa deste volume. O Quadro 03, a seguir, mostra o volume de agregado reciclado produzido pela Usina no período de 2007 a 2011.

**Quadro 03: Volume de agregado reciclado produzido pela USIBEN**  
**- Período: 2007 a 2011 -**

MÊS/ANO	2007 (m <sup>3</sup> )	2008 (m <sup>3</sup> )	2009 (m <sup>3</sup> )	2010 (m <sup>3</sup> )	2011 (m <sup>3</sup> )
JANEIRO	-	1.008,0	1.294,0	1.332,0	685,0
FEVEREIRO	-	756,0	912,0	1.104,0	1.527,0
MARÇO	-	618,0	690,0	618,0	1.058,0
ABRIL	-	-	1.026,0	822,0	924,0
MAIO	-	-	1.365,0	438,0	165,0
JUNHO	-	-	1.788,0	238,0	1.384,0
JULHO	-	908,0	1.938,0	798,0	600,0
AGOSTO	-	-	2.262,0	624,0	672,0
SETEMBRO	-	-	840,0	228,0	1.454,0
OUTUBRO	78,0	-	570,0	438,0	384,0
NOVEMBRO	270,0	-	1.120,0	286,0	886,0
DEZEMBRO	402,0	1.098,0	972,0	1.608,0	1.240,0
<b>TOTAL.....</b>	<b>750,0</b>	<b>4.388,0</b>	<b>14.767,0</b>	<b>8.534,0</b>	<b>10.979,0</b>

(Fonte: JOÃO PESSOA/PMJP - 2012)

### **3.1.1.4.RECURSOS HUMANOS**

A USIBEN possui um quadro de funcionários composto por 17 servidores. Por ser uma instituição pública ligada diretamente à Empresa de Limpeza Urbana - EMLUR da Prefeitura Municipal de João Pessoa, os funcionários da Usina também estão diretamente ligados a EMLUR. O Quadro 04 mostra a respectiva quantidade de servidores por cargo ou função dentro da estrutura organizacional da Usina.

**Quadro 04: Quantidade de Funcionários da USIBEN**

ESPECIFICAÇÃO DO CARGO	QTE. DE FUNCIONÁRIOS
COORDENADOR	1
FISCAL DE PÁTIO	2
AGENTE DE LIMPEZA (SEPARAÇÃO E TRIAGEM)	3
MECÂNICO DE MÁQUINAS	1
OPERADOR DE MÁQUINAS	2
MOTORISTA	1
VIGILANTE/RECEPCIONISTA	6
AUXILIAR ADMINISTRATIVO	1
SERVIÇOS GERAIS/LIMPEZA	1
<b>TOTAL .....</b>	<b>17</b>

(Fonte: JOÃO PESSOA/PMJP - 2012)

Com este corpo de colaboradores, a Usina opera das 07:30 às 11:30 horas e das 13:00 às 17:00 horas, de segunda à sexta-feira. Porém, o Setor de Recepção funciona durante todos os dias, inclusive no turno da noite. Tal disponibilidade da Usina existe para que, nas obras de execução contínua, ainda que não muito frequentes, sejam oferecidas condições de recepção dos resíduos gerados mesmo fora do horário de operação da Usina, possibilitando, assim, ao transportador, a entrega dos resíduos gerados em qualquer dia e horário, em função do volume produzido na origem e do próprio fluxo produtivo da obra.

### **3.2.METODOLOGIA DE ANÁLISE ECONÔMICA DO OBJETO DE ESTUDO**

A metodologia de estudo planejada para analisar a viabilidade econômica da Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil de João Pessoa/Pb - foi, inicialmente, dividida em três etapas distintas: visitas técnicas à Usina, obtenção de dados e definição do método de análise da viabilidade econômica do empreendimento em questão.

### **3.2.1.VISITAS TÉCNICAS**

Inicialmente foi elaborado um plano de vistas às dependências da Usina, em datas antecipadamente agendadas, tendo cada visita, objetivos específicos previamente definidos.

As primeiras visitas serviram para verificar a localização do equipamento dentro do espaço urbano, sua distância das fontes produtoras de resíduos da construção civil e as razões da escolha da área pela Edilidade, além de obter informações sobre a forma como ocorreu o processo de implantação.

Posteriormente, foram obtidas informações relevantes referentes ao tipo de planta, quantidades e modelos de equipamentos instalados e de apoio, custos de aquisição e implantação, identificando, junto aos Administradores, as maiores dificuldades enfrentadas quando do início das operações da Usina.

Todo o fluxo produtivo foi objeto de análise e estudo, inclusive distinguindo o processo produtivo de agregado a partir de resíduos cerâmicos e de concreto, que geram produtos finais completamente diferentes. Foi caracterizado cada tipo de agregado reciclado produzido, além de identificar sua utilização por parte da Prefeitura, única receptora dos produtos finais da Usina.

Algumas informações consideradas relevantes para uma análise financeira foram obtidas através de visitas técnicas à Empresa de Limpeza Urbana - EMLUR, órgão ao qual a USIBEN está organizacionalmente subordinada. Entre as informações obtidas merecem destaque as principais despesas que influenciam diretamente nos custos de produção, tais como: água, energia elétrica, combustível e peças de reposição. Foi feito também levantamento da quantidade de servidores lotados na instituição, identificando cada cargo ocupado e verificando o custo mensal e anual com o pagamento dos salários e encargos destes colaboradores.

### **3.2.2.FORMA DE OBTENÇÃO DOS DADOS**

Para tornar as visitas técnicas realizadas à USIBEN e a EMLUR mais proveitosa e objetivas, foram elaborados alguns tipos formulários de captação de dados, em função, naturalmente, do tipo de informação a ser coletada, conforme exemplo mostrado no Anexo deste trabalho. Entre os formulários utilizados, merecem destaque aqueles destinados à

coleta de dados referentes às despesas com pessoal, despesas com manutenção de equipamentos, despesas operacionais e custeio, além dos formulários especiais de registro do volume de resíduos recebido (entrada) e do volume de agregado reciclado produzido (saída).

Alguns dos dados obtidos são referentes ao período entre 2007 e 2011, enquanto que outros, por dificuldade de obtenção, estão restritos a um período menor, porém, não influenciando este fato na análise a que se propõe este trabalho.

Algumas vezes, o preenchimento de determinados formulários ocorreu no decorrer da própria visita técnica. Entretanto, como alguns formulários mais específicos requeriam informações muitas vezes já arquivadas, principalmente àquelas relacionadas com levantamento de custos financeiros, nestes casos o preenchimento foi realizado pelo setor competente da USIBEN ou da EMLUR, sendo devolvidos posteriormente, em data agendada. Também foi necessário consultar a empresa fornecedora dos equipamentos instalados na Usina, com vistas a esclarecer, mais pormenorizadamente, os custos individuais dos equipamentos adquiridos e o tempo de vida útil estimado pela empresa para este tipo de empreendimento.

É pertinente destacar que os dados utilizados neste trabalho, objetivando subsidiar a avaliação da viabilidade econômica da USIBEN, tem um nível de confiabilidade elevado, pois foram fruto de informações reais, colhidas diretamente junto à própria Usina e à Empresa de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal de João Pessoa, órgão ao qual a entidade em estudo está organizacionalmente subordinada.

Todos os dados obtidos a partir dos formulários físicos utilizados foram devidamente transferidos para planilhas eletrônicas, objetivando oferecer uma melhor preservação dos dados coletados, mantendo-os em ambiente seguro e, ao mesmo tempo, com esta iniciativa, oferecer melhores condições técnicas para a realização uma análise financeira destes dados, objetivando verificar, *in fine*, a viabilidade econômica do empreendimento.

### 3.2.3. MÉTODO DE ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Inicialmente, foram levantadas todas as despesas relacionadas diretamente com o processo de instalação da Usina, ocorrido no ano de 2007, destacando-se, os custos de aquisição dos equipamentos e dos serviços de infraestrutura, relacionados com a edificação das instalações físicas (recepção, almoxarifado, administração) e das bases de apoio para

os equipamentos. Não houve custos para aquisição do terreno, pois foi utilizada uma área pertencente à própria Edilidade. Por ser uma instituição sob administração do município, não foi considerada a necessidade de existência de capital de giro, simplificando a análise.

Os custos operacionais constituem-se em parcela importantíssima na realização do estudo de viabilidade econômica. Sua determinação pode ser bem próxima da realidade, desde que sejam considerados pelo menos os itens mais significativos, como as despesas com insumos (água, energia elétrica, telefone, combustível) e despesas com pessoal. No caso da USIBEN foi possível identificar estes custos com precisão, para os períodos desejados, inclusive 2009, ano em que a Usina teve uma boa regularidade de funcionamento. De posse destes valores, foi possível estabelecer os custos operacionais anual, fazendo, assim, também uma projeção para os anos seguintes, mantendo-se, para tanto, os mesmos equipamentos instalados e a mesma quantidade de funcionários.

Os custos de manutenção estão diretamente ligados às despesas relacionadas com a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos, incluindo a aquisição de peças para reposição e pagamento de mão de obra especializada terceirizada. Foi realizado levantamento dos pagamentos efetuados com aquisição de peças de reposição, durante os anos de 2009 e 2010, não havendo, entretanto, custos a considerar com relação à mão de obra especializada para a realização destas manutenções, vez que este tipo de trabalho é realizado pelo pessoal técnico da própria USIBEN. O valor encontrado anualmente com este tipo de despesa também foi projetado para os anos seguintes, compondo mais uma parcela integrante do cálculo para verificação da viabilidade financeira do empreendimento.

O volume de resíduo da construção recebido pela Usina, durante os anos de 2007 a 2011, foi devidamente analisado, sendo desconsiderados os anos de 2007 e 2011, pelas atipicidades ocorridas e já explanadas anteriormente. Foi estabelecida como referência de volume de resíduos recebido anualmente o valor obtido no ano de 2009, considerado aquele em que o recebimento ocorreu mais regularmente e a Usina funcionou de maneira mais uniforme. Em função deste valor, e considerando o crescimento da população da cidade nos mesmos índices dos anos anteriores determinado pelo IBGE e já referenciado anteriormente, tornou-se possível projetar o volume a ser recebido anualmente, durante tempo de vida útil estimado para os equipamentos pelo próprio fabricante, ou seja, vinte anos.

Para os cálculos, o volume de agregado reciclado produzido constitui-se em uma parcela bastante significativa, pois é através deste valor que se torna possível a determinação da receita bruta do empreendimento. Como, no caso do volume de resíduos

recebidos (entrada) foi considerado o ano de 2009, também, no caso do volume de agregado produzido (saída) foi considerado o valor referente ao mesmo ano de 2009, mantendo a coerência da origem dos dados. Uma vez determinado o valor de mercado do insumo o qual o agregado reciclado substitui, foi calculada a receita bruta anual multiplicando o volume produzido anualmente pelo valor unitário do insumo, obtido junto aos fornecedores locais. Esta operação resultou na receita bruta obtida pela Usina no ano de 2009. Conhecendo todas as despesas operacionais, tornou-se possível calcular a receita líquida anual, resultante da subtração da receita bruta anual da despesa total anual. Foi possível obter o custo unitário médio de produção do agregado reciclado, em função da despesa anual total e da quantidade de agregado reciclado produzido.

De posse destes dados, a etapa seguinte foi calcular o Valor Presente Líquido - VPL da receita líquida, anualmente, no período de vinte anos, considerando-se uma taxa de juros fixada em 9 %, comum para este tipo de investimento e coerente com os juros de mercado decorrente da redução imposta pela atual política monetária do Governo Federal e os incentivos à industrialização.

Também foi possível calcular a Taxa de Retorno do Capital - TRC (Payback), determinando-se, assim, o prazo de retorno do investimento e, por conseguinte, avaliando a viabilidade econômica da Usina.

Há um aspecto importantíssimo que precisa ser destacado e levado em consideração, em se tratando de uma análise de viabilidade econômica de uma Usina administrada pela Prefeitura, responsável diretamente também pela limpeza urbana. A partir da instalação da Usina, passou a existir um ponto, e somente este, oficialmente instituído pela Prefeitura, para a deposição dos resíduos da construção civil, sendo obrigação do gerador proceder à remoção dos resíduos gerados da obra até o ponto determinado, sem custo, portanto, para a Edilidade. A inexistência de um empreendimento desta natureza, do porte da USIBEN, acarretaria a deposição de todo o volume de resíduos recebido pela Usina em depósitos irregulares, obrigando, por conseguinte, a própria Edilidade a removê-los para uma área determinada, como acontecia anteriormente à existência da Usina, constituindo-se, pois, em custos adicionais para os cofres públicos do município, que, evidentemente, somente foi evitada com a instalação da Usina. Além do benefício ao meio ambiente, pela redução ou quase eliminação dos depósitos clandestinos ou irregulares existentes nos diversos bairros da cidade, aparece um componente financeiro que não pode ser desprezado, resultante da economia da Edilidade com a eliminação deste transporte, que antes era de responsabilidade da própria Prefeitura. Este custo evitado pela Edilidade com a instalação da Usina, ou seja, a economia direta obtida pela Prefeitura,

transforma-se em receita produzida diretamente pela existência do empreendimento, contribuindo para o aumento da receita líquida e, por conseguinte, reduzindo o Tempo de Retorno do Capital (*payback*) empregado inicialmente. Entretanto, em um primeiro cenário de avaliação, esta parcela não foi considerada.

Posteriormente, em outro cenário, foram refeitos os cálculos, considerando o custo evitado com remoção do RCC, já explicado anteriormente, sendo tal parcela acrescida à Receita Líquida. Também nesta nova situação, considerou-se a de aquisição de uma área destinada à instalação da Usina, nas mesmas dimensões da atualmente existente, obtendo-se novos valores para os indicadores de viabilidade econômica, servindo apenas de comparação entre os dois cenários abordados.

Portanto, esta foi a metodologia empregada na determinação da viabilidade econômica da Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil da cidade de João Pessoa, estado da Paraíba, seguindo-se, no próximo capítulo, a explanação do resultado encontrado.

## 4. Resultados

### 4.1. DESEMPENHO OPERACIONAL

Por ser uma instituição não privada, regida pela legislação pertinente ao Serviço Público Municipal, a Administração da Usina encontra certa dificuldade em agilizar ações referentes à manutenção da planta como um todo. A burocracia do Serviço Público torna, muitas vezes, a administração pouco eficiente e muito lenta nas suas ações, principalmente no tocante à manutenção preventiva e corretiva de equipamentos. Por estas razões, mais especificamente pela demora na aquisição de peças de reposição, indispensáveis para a realização das manutenções periódicas dos equipamentos, houve, durante o ano de 2008, paralisações no fluxo produtivo, aparecendo alguns meses sem valor de produção referenciado, conforme constante do Quadro 03, mostrado anteriormente.

Assim, o principal problema enfrentado pela USIBEN é a falta de manutenção adequada dos seus equipamentos e de resíduos da Classe A adequados para o processamento. Fato facilmente esclarecido pelo imenso volume de resíduos Classe A, misturados aos resíduos das demais classes atualmente colocados na própria Usina. (FERNANDES, et al. 2010).

Além deste aspecto de ordem administrativa anteriormente identificado, por ser uma planta aberta, a linha de produção está sujeita a paralisações durante os dias chuvosos, prejudicando o desempenho operacional do empreendimento.

Mesmo com todos estes fatores que reduzem um pouco a eficiência do empreendimento, considerando todo o tempo de produção, ou seja, de outubro de 2007 a dezembro de 2011, a USIBEN já produziu um total de 39.418 m<sup>3</sup> de agregado reciclado.

Como a aplicação da Equação 01, mostrada anteriormente, é possível constatar, considerando o período entre 2007 e 2011, que a Índice de Eficiência da Usina - E<sub>F</sub> é de 50,32%, podendo ser considerado um resultado bastante satisfatório. Porém, considerando apenas o ano de 2009, que foi o ano de melhor regularidade de funcionamento da Usina, este índice chega a 63,38%, considerado muito satisfatório dentro do cenário o qual a Usina se insere atualmente.

Índice de Eficiência(E<sub>F</sub>): 50,32%  
Período: 2007 a 2011

Índice de Eficiência(E<sub>F</sub>): 63,38%  
Ano: 2009

Além do Índice de Eficiência, é possível determinar o desempenho operacional do empreendimento, calculado em toneladas/hora, comparando o valor encontrado com a capacidade de produção da planta instalada.

COSTA (2012) determinou, através de estudos recentes, a partir do volume descartado pelas construtoras, que o valor da massa unitária de RCC produzido na cidade de João Pessoa - Pb é de 1.025 kg/m<sup>3</sup>. Assim, pode-se dizer que o volume de RCC recebido pela USIBEN no ano de 2009 foi de 23.879,74 ton.

O processo de separação e triagem de todo RCC recebido resulta, em média, em 10% de resíduos não Classe A, e, portanto, não possível de ser reciclado. Diante disto, o volume processado pela USIBEN, neste período, foi de 21.491,76 ton. Considerando um total de 252 dias úteis anuais trabalhados, encontra-se uma produção de 85,28 ton/dia, ou ainda, 10,66 ton/hora, para um dia de trabalho com 8 horas.

A capacidade produtiva instalada da USIBEN é de 20 ton/h, levando-se a conclusão de que, no ano de 2009, o índice de utilização da linha de produção foi de 53,3% de sua capacidade operacional.

Pelos múltiplos fatores que afetam diretamente a ritmo produtivo da Usina, pode-se dizer que, pelo menos no ano de 2009, este índice encontrado, apesar de estar abaixo da capacidade produtiva da planta instalada, não é considerado desanimador, correspondendo a 4,27 horas trabalhadas por dia.

Volume Processado (ton/h): 10,66  
Ano: 2009

Horas Trabalhadas Por Dia (h): 4,27  
Ano: 2009

#### **4.2.VIABILIDADE ECONÔMICA DA USINA DE BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE JOÃO PESSOA - USIBEN**

Neste item do presente trabalho, serão apresentados, inicialmente, os custos referentes à implantação da Usina, considerados como investimento inicial. Também serão mostrados os custos de operação e de manutenção, que, para efeito de cálculo, serão fundidos em uma única parcela anual denominada de custos operacionais. Será estimado o volume de agregado reciclado produzido nos próximos anos, a partir do ano de referência escolhido. Por fim, será analisada a viabilidade econômica do empreendimento através de métodos diferentes de análise econômica.

#### **4.2.1.CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO**

A Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil de João Pessoa - USIBEN foi instalada no ano de 2007, em terreno que há muitos anos já pertencia à própria Prefeitura Municipal, inexistindo, portanto, neste caso, custo de aquisição da área de instalação da planta. Nos custos de instalação, serão considerados os custos de aquisição dos equipamentos e os referentes à edificação dos ambientes físicos (guarda/recepção principal, administração e garagem) e as bases de apoio dos equipamentos. Não há necessidade de existência de capital de giro inicial, por se tratar de empreendimento público municipal, desprezando-se este elemento de custo na totalização do investimento inicial.

Os equipamentos foram adquiridos através de processo licitatório, sendo a empresa vencedora especializada na fabricação e comercialização de equipamentos destinados à montagem de usinas de reciclagem de resíduos sólidos urbanos em geral, inclusive da construção civil, usinas de britagem e mineração e de saneamento. Os equipamentos adquiridos para linha de produção foram detalhados no Quadro 04, mostrado anteriormente, com suas respectivas características técnicas e quantidades fornecidas, conforme constante de documentos da própria empresa fornecedora dos equipamentos.

Além deste conjunto de equipamentos que compõe a parte fixa da Usina, também foram adquiridos pequenos equipamentos, como carro de mão, tesoura mecânica, britador, por exemplo, que servem de apoio nas tarefas de catação e separação dos resíduos Classe A. Alguns outros equipamentos de apoio já existiam em outros Órgão da Administração e foram transferidos para o patrimônio da Usina, sem maiores custos.

Desta forma, os custos de instalação com aquisição dos equipamentos foram de R\$ 449.600,00 (quatrocentos e quarenta e nove mil e seiscentos reais).

As pequenas obras de edificação do setor administrativo, portaria/recepção, garagem e de confecção das bases de sustentação dos equipamentos e utensílios, em alvenaria, foram todas realizadas pela própria Prefeitura, tendo sido estimado um gasto da ordem de R\$ 45.000,00 (quarenta e cinco mil reais).

Desta forma, todo o custo de instalação da Usina ficou em R\$ 494.600,00 (quatrocentos e noventa e quatro mil e seiscentos reais), sendo este, portanto, o investimento inicial de implantação do empreendimento. O valor está compatível com o encontrado por COSTA (2006) para uma Usina, de porte maior que a USIBEN, também com administração pública localizada em Foz do Iguaçu - PR, cujo valor encontrado, descontando o terreno adquirido e a pá carregadeira, foi de R\$ 671.100,00. Também está

plenamente compatível com a estimativa de valor encontrado por JADOVSKI (2005) de R\$ 523.168,00 para usinas públicas de médio porte com produção de agregado de concreto, igualmente guardando semelhança com os valores estimados (R\$ 530.000,00), em 2004, por ATHAYDE et al. (2004), ao analisar a viabilidade econômica de implantação de uma usina com características semelhante na cidade de Governador Valadares, no estado de Minas Gerais.

#### **4.2.2.CUSTOS DE OPERAÇÃO**

Os custos de operação da Usina em questão foram levantados através de formulário especiais, separados por tipo de custos diferentes, a saber: custos com pessoal e encargos sociais e custos de operacionalização diversos. Os custos de operacionalização diversos englobam os custos necessários à execução do processo produtivo, ou seja, diretamente relacionados com a planta fabril, acrescidos dos custos relacionados com a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e máquinas em geral. Todos os custos foram levantados diretamente junto à Empresa de Limpeza Urbana - EMLUR da Prefeitura Municipal de João Pessoa, Órgão o qual a USIBEN encontra-se organizacionalmente subordinada.

##### **4.2.2.1.CUSTOS COM PESSOAL**

A Usina conta com um grupo de funcionários composto por 17 colaboradores, cuja especificação da quantidade de funcionários por cada cargo encontra-se detalhada no Quadro 03, mostrado anteriormente.

Os valores mensais com o pagamento dos salários, contribuições sociais e encargos trabalhistas deste grupo de funcionários foram fornecidos em planilhas, contemplando o período entre 2008 e 2011.

Mantendo a mesma linha de conduta quanto à escolha dos dados a considerar, optou-se pelos valores referentes ao ano de 2009, mantendo, assim, coerência com os dados anteriormente selecionados e referentes ao volume de agregado produzido, que também foi relativo ao ano de 2009.

Desta forma, os custos totais com pessoal durante o ano considerado somaram R\$ 206.355,09 (duzentos e seis mil trezentos e cinquenta e cinco reais e nove centavos),

estando inseridos neste montante os salários e todos os demais encargos sociais e trabalhistas agregados.

#### **4.2.2.2.CUSTOS DE OPERACIONALIZAÇÃO**

Os custos operacionalização constituem-se em uma parcela dos custos de operação, sendo composto pelos custos ligados diretamente ao funcionamento da linha de produção, acrescidos dos custos relacionados com a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e máquinas, além das despesas referentes à conservação e limpeza dos ambientes físicos (portaria/recepção, setor administrativo etc).

Nos custos de operacionalização foram considerados os pagamentos referentes às contas de energia elétrica, água e esgoto, combustível, peças de reposição dos equipamentos e máquinas, como também as despesas com aquisição de material de limpeza e de expediente, sendo os valores coletados mensalmente, no período de 2008 a 2010.

Os custos operação totalizaram, em 2009, a importância de R\$ 256.766,84 (duzentos e cinquenta e seis mil e setecentos e sessenta e seis reais e oitenta e quatro centavos), conforme resumo constante do Quadro 05, a seguir mostrado.

**Quadro 05: Resumo dos Custos de Operação**

<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
CUSTOS DE PESSOAL	208.656,99
CUSTOS DE OPERACIONALIZAÇÃO	48.109,85
<b>TOTAL .....</b>	<b>256.766,84</b>

(Fonte: JOÃO PESSOA/PMJP - 2012)

Uma análise rápida dos números mostrados no Quadro 05 demonstra que, dos custos operacionais, a parcela mais significativa corresponde aos custos de pessoal, tendo uma participação em aproximadamente 81,3 % de todo o custo da Usina. Trata-se de uma situação muito comum em entidades administradas pelo Poder Público, onde os salários, em geral, são acima dos praticados no mercado e a quantidade de servidores é superior à necessária e suficiente para o funcionamento normal da instituição.

#### **4.2.3.RECEITA BRUTA ANUAL**

Todo agregado reciclado produzido pela Usina é consumido pela própria Prefeitura, utilizando-o na obras em execução. Quando o volume de agregado reciclado produzido pela USIBEN é inferior à necessidade da Prefeitura, esta é obrigada a adquirir o material de construção corresponde ao agregado reciclado diretamente no mercado local, incidindo, pois, neste caso, em efetivo custo para a Edilidade. Logo, quando a Prefeitura utiliza o agregado reciclado está evitando esta despesa, constituindo-se, desta forma, em uma inegável economia aos cofres públicos. Este valor economizado pela Edilidade constitui-se, neste caso, em um benefício que, de certa forma, poderia também ser considerado como uma espécie de receita para a própria Usina.

A Usina produz diversos tipos de agregados reciclados, de muito boa qualidade, sendo a bica corrida seu maior produto em volume, que corresponde à areia grossa, quando comparado com o insumo natural. Os demais produtos reciclados tem correspondência, no mercado local, à brita 19 e à brita 25, além do cascalhinho, também em volume significativo.

Foi realizada consulta a três empresas especializadas em fornecimento de material de construção, localizadas em três bairros diferentes da capital, objetivando identificar os preços unitários ( $m^3$ ) praticados no mercado local para areia grossa, cascalhinho e brita, materiais estes utilizados pela Prefeitura na ausência do material reciclado produzido pela USIBEN. Houve pequenas diferenças de preço na cotação realizada, tendo sido adotado, neste estudo, o menor preço encontrado. A Tabela 07 mostra os valores obtidos na cotação de preços realizadas em setembro de 2012, diretamente a produtores de insumos da região, referentes aos materiais relacionados.

**Tabela 07: Cotação de Preço de Materiais de Construção**

TIPO DE MATERIAL	FORNECEDOR		
	A	B	C
AREIA GROSSA	39,15	40,00	35,00
CASCALHINHO/BRITAS 19 E 25	68,00	95,00	90,00

(Obs: preço em R\$ do  $m^3$  posto na obra - setembro 2012)

A bica corrida, maior volume de material produzido pela Usina, substitui, em algumas aplicações, a utilização do cascalhinho, principalmente em base e sub-base de pavimentação, cascalhamento de acostamento, contrapiso, calçadas entre outros. O cascalhinho tem um preço mais que o dobro da areia grossa, que tem também largo uso na construção civil.

Como o objetivo deste estudo é analisar a viabilidade econômica do empreendimento de forma mais realista possível, optou-se por considerar a areia grossa como o insumo correspondente a todos os tipos de agregados reciclados produzidos pela Usina, fazendo com que o preço unitário considerado para efeito da análise econômica realizada fosse o mais baixo encontrado no mercado para o insumo natural correspondente ao agregado reciclado, este também de menor preço. Portanto, o menor valor de mercado pesquisado e encontrado para o insumo substituto do agregado reciclado (areia grossa) foi, atualmente, de R\$ 35,00 (trinta e cinco reias) por cada m<sup>3</sup>.

Entretanto, considerando que o ano de referência do estudo foi 2008, primeiro ano de funcionamento da Usina, o valor atual do insumo natural necessitava ser ajustado ao praticado pelo mercado no ano referência, uma vez que não foi possível recuperar o preço de venda praticado naquele ano para este respectivo insumo natural (areia grossa). Para a consecução deste desiderato, o preço unitário do insumo escolhido deveria sofrer uma redução, retroagindo o valor ao preço praticado em 2008, tendo sido escolhido como índice para tal, aquele que representa a evolução dos custos na construção civil, ou seja, o Índice Nacional da Construção Civil - INCC/FGV. De acordo com a Fundação Getúlio Vargas, o INCC acumulado entre 2008 e 2012 foi de 17,58%, que, aplicado ao valor atualmente encontrado para o insumo escolhido, resultou em um decréscimo de R\$ 5,24 (cinco reais e vinte e quatro centavos) em cada metro cúbico do material, levando, assim, o valor do insumo em questão para R\$ 29,76 por m<sup>3</sup> no ano de 2008.

Encontrado o valor do preço unitário de venda do insumo em 2008, este passou a ser o valor unitário do agregado produzido pela Usina no citado ano, tornando-se possível, assim, determinar a Receita Bruta Anual, que é o resultado do produto do volume de agregado produzido anualmente pelo valor unitário encontrado do agregado.

A estimativa de crescimento da produção de agregado reciclado está diretamente relacionada com o aumento populacional. Como o índice de crescimento anual da população de João Pessoa, no período de 2000 a 2010, foi de 1,17%, segundo dados do IBGE (IBGE, 2012), este mesmo índice foi utilizado como fator de acréscimo ao volume anual de agregado reciclado, projetando este cenário para o período de 2008 a 2027, tempo de vida útil estimado pelo fabricante para o empreendimento em análise, ou seja, 20 anos.

A produção anual de agregado no ano de 2009 foi de 14.767 m<sup>3</sup>, sendo a produção estimada do ano de 2008 em 14.596,22 m<sup>3</sup>. Desta forma, a Receita Bruta Anual do empreendimento em 2008, ou seja, no primeiro ano de funcionamento da Usina, ficou estimada em R\$ 434.338,51 (quatrocentos e trinta e quatro mil trezentos e trinta e oito reais

e cinquenta e um centavos). O Quadro 06, a seguir, mostra a evolução da Receita Bruta Anual em função do aumento populacional da cidade de João Pessoa - PB.

Quadro 06: Receita Bruta Anual

ANO	VALOR (R\$)
2008	434.383,51
2009	439.465,79
2010	444.607,54
2011	449.809,45
2012	455.072,22
2013	460.396,57
2014	465.783,21
2015	471.232,87
2016	476.746,30
2017	482.324,23
2018	487.967,42
2019	493.676,64
2020	499.452,66
2021	505.296,25
2022	511.208,22
2023	517.189,35
2024	523.240,47
2025	529.362,38
2026	535.555,92
2027	541.821,93

Na evolução estimada da Receita Bruta Anual entre 2008 e 2027, foi considerada apenas a influência do aumento populacional sobre o volume produzido, desprezando-se a evolução do preço unitário do agregado reciclado, que cresce anualmente, acompanhando os índices de mercado e a taxa de inflação anual que, em geral, são bem superiores ao índice de crescimento populacional ora utilizado. Portanto, os valores anuais da Receita Bruta estão estimados dentro de uma menor expectativa de incremento anual possível de ser considerada, objetivando tornando a análise econômica ainda mais confiável.

#### 4.2.4.RECEITA LÍQUIDA ANUAL

Uma vez determinada a Receita Bruta Anual, o cálculo da Receita Líquida Anual foi realizado retirando-se da Receita Bruta Anual o valor correspondente aos Custos de Operação. Neste caso, o resultado obtido também foi o Fluxo de Caixa Anual nos período de 2008 a 2027.

O Quadro 07, a seguir, mostra a Receita Líquida Anual para o período estimado de tempo de vida útil do empreendimento.

Quadro 07: Receita Líquida Anual

ANO	RECEITA BRUTA (R\$)	CUSTOS DE OPERAÇÃO (R\$)	RECEITA LIQUÍDA (R\$)
2008	434.383,51	253.797,41	180.586,10
2009	439.465,79	256.766,84	182.698,95
2010	444.607,54	259.771,01	184.836,53
2011	449.809,45	262.810,33	186.999,12
2012	455.072,22	265.885,21	189.187,01
2013	460.396,57	268.996,07	191.400,50
2014	465.783,21	272.143,32	193.639,88
2015	471.232,87	275.327,40	195.905,47
2016	476.746,30	278.548,73	198.197,56
2017	482.324,23	281.807,75	200.516,48
2018	487.967,42	285.104,90	202.862,52
2019	493.676,64	288.440,63	205.236,01
2020	499.452,66	291.815,39	207.637,27
2021	505.296,25	295.229,63	210.066,63
2022	511.208,22	298.683,81	212.524,41
2023	517.189,35	302.178,41	215.010,94
2024	523.240,47	305.713,90	217.526,57
2025	529.362,38	309.290,75	220.071,63
2026	535.555,92	312.909,45	222.646,47
2027	541.821,93	316.570,50	225.251,43

Determinada a Receita Líquida Anual, torna-se possível aplicar os diversos métodos destinados a avaliar a viabilidade econômica do empreendimento.

#### 4.1.5. VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Com base na Receita Líquida Anual e no Fluxo de Caixa, torna-se possível calcular o Valor Presente Líquido - VPL para cada ano, no período desejado, através da Equação 03, definida anteriormente, verificando-se, assim, a viabilidade econômica do empreendimento por este método.

O Quadro 08, a seguir, mostra os valores obtidos para o Fluxo de Caixa e para o Fluxo de Caixa Acumulado, utilizando-se o Método do Valor Presente Líquido.

Quadro 08: Demonstrativo do Valor da Presente Líquido

ANO	FLUXO DE CAIXA (R\$)	FLUXO DE CAIXA VPL (R\$)	FLUXO DE CAIXA ACUMULADO - VPL (R\$)
2007	-494.600,00	-494.600,00	-494.600,00
2008	180.586,10	165.675,32	-328.924,68
2009	182.698,95	153.774,05	-175.150,63
2010	184.836,53	142.727,72	-32.422,91
2011	186.999,12	132.474,89	100.051,98
2012	189.187,01	122.958,58	223.010,56
2013	191.400,50	114.125,86	337.136,42
2014	193.639,88	105.927,65	443.064,07
2015	195.905,47	98.318,35	541.382,42
2016	198.197,56	91.255,66	632.638,08
2017	200.516,48	84.700,33	717.338,41
2018	202.862,52	78.615,89	795.954,30
2019	205.236,01	72.968,53	868.922,82
2020	207.637,27	67.726,84	936.649,67
2021	210.066,63	62.861,70	999.511,36
2022	212.524,41	58.346,03	1.057.857,40
2023	215.010,94	54.154,75	1.112.012,15
2024	217.526,57	50.264,56	1.162.276,71
2025	220.071,63	46.653,81	1.208.930,52
2026	222.646,47	43.302,44	1.252.232,96
2027	225.251,43	40.191,81	1.292.424,77

A observação dos dados constantes do Quadro 08 levou a constatação, pelo Método do Valor Presente Líquido, que o empreendimento já começaria a oferecer retorno financeiro a partir do 3,24 anos ou após aproximadamente o 39º mês de funcionamento. O Valor Presente Líquido, no período de 2008 a 2027 foi de R\$ 1.292.424,77, portanto, positivo, considerado um investimento totalmente viável.

Valor Presente Líquido: 1.292.424,77  
Período: 2008 a 2027

O Gráfico mostrado na FIG-23, a seguir, apresenta a do Valor Presente Líquido - VPL para o período de 2007 a 2027, observando-se a interseção da curva com o eixo dos x, sendo exatamente o ponto, em anos, onde o VPL torna-se positivo.

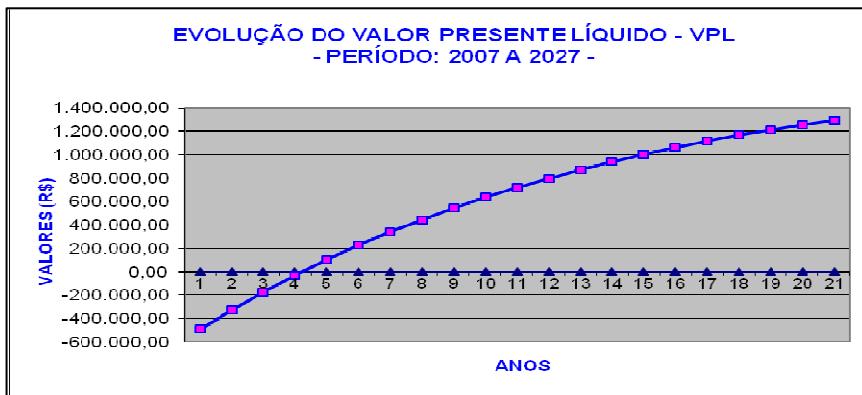


FIG-23: Gráfico da Evolução do Valor Presente Líquido - VPL

#### 4.2.6.TEMPO DE RETORNO DO CAPITAL - PAYBACK

O Tempo de Retorno do Capital - Payback é um método que serve para definir o prazo de retorno de um investimento. São considerados todos os fluxos de caixa de um determinado período descontados do investimento inicial, objetivando encontrar o ponto, na unidade de tempo utilizada, em que haverá o pagamento do investimento inicial.

O Quadro 09, a seguir, mostra o Fluxo de Caixa Acumulado, tornando-se fácil identificar o ponto onde ocorreu a anulação das despesas iniciais (Payback), passando, o empreendimento a oferecer fluxo de caixa acumulado positivo.

Quadro 09: Demonstrativo do Fluxo de Caixa Acumulado - Payback

ANO	FLUXO DE CAIXA (R\$)	FLUXO DE CAIXA ACUMULADO (R\$) PAYBACK
2007	-494.600,00	-494.600,00
2008	180.586,10	-314.013,90
2009	182.698,95	-131.314,95
2010	184.836,53	53.521,58
2011	186.999,12	240.520,70
2012	189.187,01	429.707,71
2013	191.400,50	621.108,21
2014	193.639,88	814.748,09
2015	195.905,47	1.010.653,56
2016	198.197,56	1.208.851,13
2017	200.516,48	1.409.367,60
2018	202.862,52	1.612.230,12
2019	205.236,01	1.817.466,13
2020	207.637,27	2.025.103,40
2021	210.066,63	2.235.170,03
2022	212.524,41	2.447.694,44
2023	215.010,94	2.662.705,38
2024	217.526,57	2.880.231,95
2025	220.071,63	3.100.303,58
2026	222.646,47	3.322.950,05
2027	225.251,43	3.548.201,48

No caso acima, o Tempo de Retorno do Capital - Payback ocorreu em 2,71 anos ou aproximadamente após o 33º mês de funcionamento, o que comprova o rápido retorno do capital inicialmente investido e, por conseguinte, a viabilidade econômica do empreendimento.

**Tempo de Retorno do Capital (Payback): 2,71 anos**  
Período: 2008 a 2027

#### 4.2.7.RELAÇÃO BENEFÍCIO/CUSTO

A Relação Benefício/Custo ou Índice Benefício/Custo é mais um método que serve, juntamente com outros, como base para avaliação da viabilidade de um projeto. Esta relação pode ser obtida através do quociente entre a soma dos benefícios presentes e a soma dos custos presentes ou ainda o quociente entre o benefício uniforme anual e o custo uniforme anual.

A Equação 05 simplifica o cálculo, considerando a relação entre o somatório do VPL no período o investimento inicial, tendo sido encontrado, com seu uso, Índice de Benefício/Custo igual a 2,61, para o período de 20 anos.

**Relação Benefício/Custo: 2,61**  
Período: 2008 a 2027

O Gráfico constante da FIG-24, a seguir, mostra a evolução dos valores do IBC ao longo do tempo de vida útil do empreendimento.

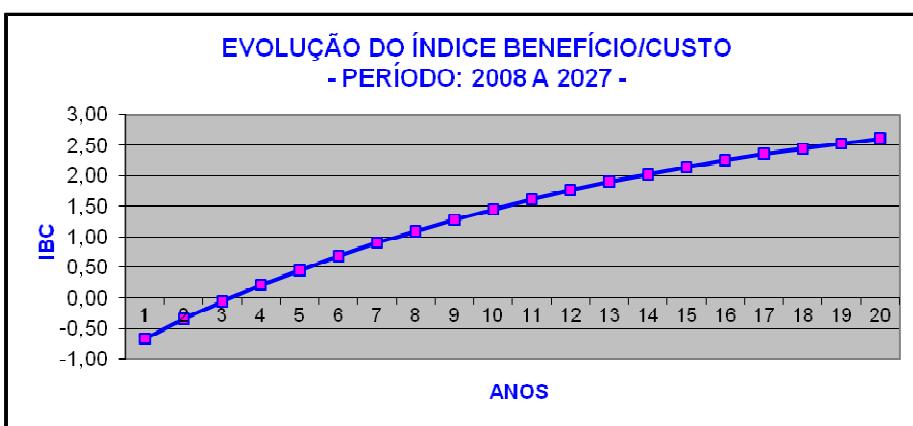


FIG-24: Gráfico da Evolução do Índice Benefício/Custo - IBC

Como a base de cálculo do IBC é o VPL, o momento em que IBC torna-se zero, ou seja, quando ocorre a interseção da curva com o eixo dos X (anos), é o mesmo encontrado no cálculo do VPL, ou seja, em 3,24 anos após o início do funcionamento regular do empreendimento. Como o valor encontrado para o IBC foi de 2,61, portanto maior que zero, este método também confirma a viabilidade econômica da Usina em estudo.

#### 4.2.8.TAXA INTERNA DE RETORNO

A Taxa Interna de Retorno - TIR representa um valor percentual onde os fluxos financeiros do empreendimento, em uma mesma data, atingem soma igual a zero, ou seja, quando o VPL = zero.

No cálculo da TIR foi utilizada a Equação 06, considerando uma Taxa Mínima de Atratividade - TMA de 9% ao ano, bastante realista quando comparada com as taxas de juros atualmente praticadas pelo mercado em investimentos deste tipo.

Os valores utilizados foram os do Fluxo de Caixa Descontado (VPL) do período considerado, incluindo os custos de implantação, encontrando-se um valor para a Taxa Interna de Retorno - TIR igual a 26,24%, portanto, economicamente muito interessante.

Taxa Interna de Retorno: 26,24 % a.a  
Período: 2008 a 2027

A Taxa Interna de Retorno - TIR é um método amplamente recomendável para analisar a viabilidade econômica de um projeto isoladamente, sem comparação com alternativas excludentes (GOMES, 2005), como é o caso em questão, sendo o método intuitivamente mais atraente na visão dos analistas financeiros, por avaliar os investimentos em taxas percentuais, ao invés dos valores monetários do VPL.

No caso da USIBEN, ficou demonstrado que a TIR encontrada é elevada (26,24%), acima da taxas de juros praticadas no mercado atualmente e muito além de uma Taxa Mínima de Atratividade - TMA esperada para um empreendimento desta natureza, em torno de 9% a.a., valor este utilizado normalmente pelos analistas econômicos em situações semelhantes. Portanto, este indicador (TIR) também atesta a viabilidade econômica do empreendimento em estudo.

Resumidamente, o Quadro 10, a seguir, mostra os números obtidos pelos diferentes métodos utilizados neste documento para analisar a viabilidade econômica da USIBEN.

Quadro 10: Métodos de Análise Econômica (Cenário 1) - Resultados Obtidos

MÉTODO UTILIZADO	UNIDADE	VALOR ENCONTRADO
Valor Presente Líquido - VPL	R\$	1.292.424,77
Tempo de Retorno do Capital (VPL) - TRC	Anos	3,24
Tempo de Retorno do Capital (Payback) - TRC	Anos	2,71
Índice Benefício/Custo - IBC	Valor	2,61
Taxa Interna de Retorno - TIR	% a.a	26,24

Os resultados obtidos demonstram a viabilidade econômica do empreendimento, no cenário especificado neste documento.

#### 4.2.9. VIABILIDADE ECONÔMICA DE USINAS DE RCC

PEREIRA et.al. (2004) entende que uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil administrada pelo Poder Público Municipal possui um componente de receita financeira indireta muito peculiar, resultante da economia, para os cofres públicos, propiciada pelo fato de terem sido evitados gastos com a remoção do volume de resíduo recebido pela usina, cujo translado seria de responsabilidade da Edilidade, caso a usina não existisse. A deposição de todo o volume de resíduos recebido pela usina estaria, na concepção do autor citado, desordenadamente espalhado pela cidade, depositado em áreas chamadas de “bota fora”, que são terrenos baldios utilizados indevidamente pela população como depósito de entulhos. A remoção deste entulho, espalhado por toda a cidade, seria de responsabilidade da Prefeitura, incidindo, portanto, em um custo adicional de translado, evitado com a existência da usina de reciclagem.

PINTO (1999) também tem a mesma linha de pensamento, ao afirmar que no caso de análise de usinas de reciclagem mantidas pelo setor público, a amortização do investimento inicial pode ocorrer em um período bem mais curto quando comparado com usinas privadas, pois, neste tipo de empreendimento público deve ser considerada a eliminação dos custos de limpeza urbana dos resíduos [...] que devem ser computados com ganhos do processo. JOHN (2000) também afirma que a viabilidade financeira do produto final da usina de reciclagem de resíduos da construção deve levar em consideração [...] o custo de disposição do resíduo da construção em aterros (JOHN, 1998)

Na Equação 06, mostrada anteriormente e proposta por PEREIRA et al. (2004), a Receita Bruta da usina é a soma do valor da suposta venda do agregado reciclado acrescida

da totalidade de ganhos decorrentes da entrada dos resíduos da construção civil. Para computar este valor, basta conhecer o custo médio do transporte, por m<sup>3</sup>, dos resíduos gerados, da fonte produtora (origem) até a usina (destino), multiplicando pelo volume total recebido (entrada). Esta operação resultará no valor supostamente economizado pela Prefeitura, por não ter que realizar tal serviço.

Nesta linha de pensamento, considerou-se a possibilidade de criar um novo cenário, computando esta parcela com elemento da Receita Bruta Anual da USIBEN, reaplicando os mesmos métodos de análise de viabilidade econômica utilizados anteriormente. Com este intuito, a estimativa, com certa precisão, dos custos da remoção do volume de resíduo recebido pela Usina anualmente foi de fácil obtenção, tendo sido formulada consulta às empresas locais de remoção de entulhos, orçando o preço, por m<sup>3</sup>, para a realização desta tarefa. A pesquisa de preços constatou não existir variação do valor cobrado pelas empresas consultadas em função da distância do local de origem do entulho até a Usina, vez que, para os prestadores deste tipo de serviço, os bairros mais geradores de resíduos estão equidistantes da Usina e a parcela maior dos custos desta tarefa não está no transporte, mas na colocação do entulho no caminhão transportador, normalmente realizado através de pá carregadeira, deslocada até a área a ser limpa.

O menor preço conseguido na consulta formulada às empresas, em setembro de 2012, foi de R\$ 8,30 (oito reais e trinta centavos) por m<sup>3</sup> de entulho transportado. Este valor, ajustado ao ano de 2008, pela aplicação do INCC/FGV do período, resultou em R\$ 7,14 (sete reais e quatorze centavos). Assim, o produto do volume de resíduos da construção civil recebido pela USIBEN em 2008 pelo valor unitário encontrado resultou em um montante de R\$ 164.419,02 (cento e sessenta e quatro mil quatrocentos e dezenove reais e dois centavos). Este valor foi acrescido aos R\$ 434.383,51 (quatrocentos e trinta e quatro mil trezentos e oitenta e três reais e cinquenta e um centavos) já obtidos anteriormente como receita proveniente do uso do agregado reciclado produzido, resultando em uma Receita Bruta Anual de R\$ 598.802,53 (quinhentos e noventa e oito mil oitocentos e dois reais e cinquenta e três centavos) no ano de 2008.

Aplicando-se os mesmos métodos de análise de viabilidade financeira utilizados anteriormente, foram encontrados os resultados contidos no Quadro 11, mostrado a seguir.

Quadro 11: Métodos de Análise Econômica (Cenário 2) - Resultados Obtidos

MÉTODO UTILIZADO	UNIDADE	VALOR ENCONTRADO
Valor Presente Líquido - VPL	R\$	2.919.465,08
Tempo de Retorno do Capital (VPL) - TRC	Anos	1,60
Tempo de Retorno do Capital (Payback) - TRC	Anos	1,43
Índice Benefício/Custo - IBC	Valor	5,90
Taxa Interna de Retorno - TIR	% aa	56,81

(\*) Cenário - 2: considerando com receita gastos evitados com remoção de entulho.

Os resultados comprovam que, considerando esta nova condição sugerida pelos autores anteriormente mencionados, o investimento inicial tem um tempo de retorno ainda mais rápido, fazendo com que a viabilidade financeira do empreendimento seja também confirmada, apresentando, nestas condições, índices extremamente favoráveis, obtidos em todos os métodos de análise utilizados.

No caso específico da USIBEN, sua instalação ocorreu em um terreno, localizado em uma área urbana, pertencente à própria Prefeitura, não tendo existido qualquer custo de aquisição. Porém, esta situação não é a mais comum, visto que, normalmente, para instalação de um equipamento desta natureza faz-se necessária a aquisição de um terreno, em um local adequado para o desenvolvimento deste tipo de atividade. Assim, complementando o cenário anteriormente estudado, foi feito novo estudo considerando a aquisição de um terreno, nas mesmas dimensões da área útil utilizada pela USIBEN, desta feita, em local adequado e autorizado pelo Plano Diretor para instalação deste tipo de empreendimento.

A consulta, junto às imobiliárias locais, dos preços de aquisição de terrenos, localizados em três bairros diferentes, resultou na obtenção do menor valor por m<sup>2</sup> desejado entre as três ofertas disponíveis no mercado, servindo de base para cálculo do valor estimado de aquisição da área necessária à implantação de uma usina nas mesmas condições da USIBEN. A Tabela 08 mostra o resumo dos valores obtidos na cotação de preços realizada.

Tabela 08: Cotação de Preço de Terrenos - João Pessoa/PB

ÁREAS PESQUISADAS	DIMENSÕES DO TERRENO (m <sup>2</sup> )	VALOR PROPOSTO (R\$)	VALOR (m <sup>2</sup> ) (R\$)
Terreno “A” (Bairro das Indústrias)	17.000	950.000,00	55,88
Terreno “B” (Distrito Industrial)	9.500	650.000,00	68,42
Terreno “C” (Mangabeira)	6.930	660.000,00	95,23

Considerando que a USIBEN ocupa uma área útil de 11.600 m<sup>2</sup>, o valor do terreno a ser adquirido, a preço de setembro de 2012, seria de R\$ 648.208,00 (seiscentos e quarenta e oito mil e duzentos e oito reais), considerando o menor valor de aquisição por m<sup>2</sup> obtido na consulta de preços. Utilizando-se o INCC acumulado do período de 2008 a 2012 (17,58%), foi possível estimar o valor equivalente a aquisição desta área à época dos cálculos, ou seja, 2008, encontrando R\$ 551.291,00 (quinhentos e cinquenta e um mil e duzentos e noventa e um reais). Este valor foi acrescido aos custos já conhecidos do investimento inicial, relacionado com aquisição de equipamentos e obras de infraestrutura, resultando em R\$ 1.045.891,00 (hum milhão, quarenta e cinco mil e oitocentos e noventa e um reais).

Foram aplicados os mesmos métodos de análise de viabilidade financeira utilizados anteriormente, apenas alterando o valor do investimento inicial, tendo sido encontrados os seguintes resultados mostrados no Quadro 12, a seguir.

**Quadro 12: Métodos de Análise Econômica (Cenário 2A) - Resultados Obtidos**

MÉTODO UTILIZADO	UNIDADE	VALOR ENCONTRADO
Valor Presente Líquido - VPL	R\$	2.368.174,08
Tempo de Retorno do Capital (VPL) - TRC	Anos	3,64
Tempo de Retorno do Capital (Payback) - TRC	Anos	2,99
Índice Benefício/Custo - IBC	Valor	2,26
Taxa Interna de Retorno - TIR	% aa	22,97

(\*) Cenário - 2A: considerando como receita gastos evitados com remoção de entulho e custos de aquisição da área de instalação da usina.

Esta variante do Cenário 2, na qual foi considerado o custo de aquisição da área destinada à instalação da Usina, também comprovou que o investimento inicial tem um tempo de retorno considerado muito interessante para um empreendimento deste porte, confirmando, assim, a viabilidade financeira do empreendimento, com índices ainda muito favoráveis, obtidos em todos os métodos de análise aplicados.

#### **4.2.10.BENEFÍCIOS DIRETOS PARA O MEIO AMBIENTE**

Uma análise de um empreendimento deste tipo não pode ficar adstrita apenas aos resultados obtidos a partir de indicadores econômicos que atestam, neste caso, a viabilidade financeira do investimento. É preciso destacar os benefícios ao meio ambiente,

decorrentes da existência deste equipamento industrial destinado à reciclagem de resíduos da construção civil.

Na prática, um volume expressivo de resíduos da construção civil deixou de ser destinado, de forma irregular e ilegal, aos terrenos baldios, eleitos pela população como depósitos de entulhos espalhados pela cidade. No caso específico da USIBEN, no período de 2007 a 2011 foram recebidos 78.328,80 m<sup>3</sup> de resíduos da construção civil que, naturalmente, deixaram de estar jogados pela cidade, evitando, com isto, que este elevado volume de material viesse a causar sérios riscos ao meio ambiente, além de poluir visualmente a cidade.

Considerando que um caminhão tem, em geral, capacidade para transportar 12 m<sup>3</sup> de cada vez, o volume total recebido pela USIBEN no período de 2007 a 2011 corresponde ao equivalente a aproximadamente 6.528 caminhões de RCC, o que parece ser um número bastante expressivo para uma cidade como João Pessoa.

Entretanto, segundo estudos conduzidos por FONSECA et al. (2010), no ano de 2009 apenas 19,84% de todo o volume de resíduos da construção civil produzido em João Pessoa foram enviados para a USIBEN.

PIMENTEL et al. (2010) georeferenciaram diversos locais de deposição irregular dentro do município de João Pessoa, inclusive no bairro de José Américo, onde fica localizada a Usina, coadunando-se este estudo com os números apresentados por FONSECA et al. (2010).

Logo, constata-se a necessidade da existência de uma política pública mais efetiva, voltada à conscientização da população quanto à necessidade de preservação do meio ambiente, à fiscalização dos grandes geradores de resíduos da construção civil e adoção de medidas que garantam o aumento do volume de resíduos destinados à reciclagem.

A USIBEN, no mesmo período, produziu um total 39.418 m<sup>3</sup> de agregado reciclado, utilizado nas obras da própria Prefeitura. O emprego deste material reciclado evitou a utilização de insumos naturais, não apenas reduzindo o custo final das obras, mas, acima de tudo, contribuindo para preservação do meio ambiente.

## 5. Considerações Finais

O presente estudo ora concluído objetivou verificar a viabilidade econômica da Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil da cidade de João Pessoa/PB - USIBEN, tendo como finalidade nortear ações administrativas futuras dos gestores públicos na tentativa de garantir a permanência do equipamento industrial e incentivar a reciclagem, como meio de minimizar os efeitos negativos da geração de resíduos sobre o meio ambiente. Convém destacar que, independente dos resultados obtidos, o equipamento industrial em foco já teria sua implantação e utilização justificadas pelo retorno que sua ação traz à preservação do meio ambiente.

Os métodos empregados na análise financeira do empreendimento foram os recomendados na literatura pesquisada como os mais aconselhados ao estudo de viabilidade financeira de empreendimentos deste tipo.

Os resultados obtidos guardaram coerência com outros estudos semelhantes realizados, no passado, em outras Usinas localizadas na região sul e sudeste do país.

O custo de produção do agregado reciclado ficou, no ano de 2008, em R\$ 17,39 (dezessete reais e trinta e nove centavos) por m<sup>3</sup>, sendo este também denominado de ponto de lucro. O Valor Presente Líquido - VPL encontrado, considerando um horizonte de planejamento de 20 anos, foi de R\$ 1.292.424,77 (hum milhão duzentos e noventa e dois mil quatrocentos e vinte e quatro reais e setenta e sete centavos), o que comprova a viabilidade econômica do empreendimento. Nesta mesma situação, o Tempo de Retorno do Capital empregado ficou em 3,24 anos, considerando, no cálculo, o Valor Presente Líquido no período projetado. O Índice Benefício/Custo - IBC encontrado ficou em 2,61 enquanto que a Taxa Interna de Retorno - TIR foi calculada em 26,24 % a.a, tudo isto considerando um cenário onde foi desprezada a contribuição, na receita bruta, dos custos referentes ao transporte do volume de resíduos recebidos pela Usina.

Em uma segunda situação simulada, levando-se em consideração a contribuição, à Receita Bruta, do valor estimado dos custos evitados de transporte de todo o volume recebido de RCC recebido pela Usina, os índices encontrados são ainda mais animadores, comprovando a viabilidade econômica do empreendimento também neste segundo cenário. Também não foi diferente quando, neste mesmo cenário, foram inseridos custos estimados com aquisição de área destinada à instalação de uma usina do mesmo porte, em local adequado e permitido pela legislação municipal vigente.

Entretanto, a irregularidade de funcionamento da USIBEN, provocada por fatores ligados às dificuldades de manutenção preventiva e corretiva, próprias da morosidade das ações administrativas do Poder Público, tem levado, comprovadamente, a quebras relativamente constantes no ritmo do processo produtivo, causando acúmulo de matéria prima (entulho) no pátio interno, dificultando o acesso dos caminhões transportadores e reduzindo, consideravelmente, a eficiência da Usina.

É preciso melhorar a gestão e a política de resíduos da construção civil no âmbito do município de João Pessoa, fazendo com que haja regularidade no fornecimento de matéria prima para a Usina, aumentando, assim, a parcela recebida pela USIBEN sobre o total de resíduos gerado por toda a região metropolitana da capital.

Por outro lado, para que produto final da Usina seja mais bem utilizado, faz-se necessário despertar o interesse dos segmentos ligados à área de construção civil quanto às vantagens do uso de material reciclado, reduzindo o custo final da obra e ajudando a preservar o meio ambiente. Nesta linha de ação, é preciso incentivar o surgimento e a respectiva comercialização de novos materiais de construção produzidos com o agregado reciclado da própria Usina, fazendo com que o produto final da reciclagem venha a ser mais utilizado e ganhe mais valor no mercado.

As constatações da viabilidade econômica da USIBEN aqui concluídas, associadas aos resultados a serem obtidos com novos estudos que venham a ser realizados nesta linha de pesquisa, servirão como balizamento para decisões administrativas futuras, que poderão promover a melhor gestão dos RCC na cidade de João Pessoa, aumentar o volume produzido de agregado reciclado pela USIBEN e fomentar o uso mais diferenciado e diversificado do agregado produzido, garantindo assim, não só o funcionamento permanente da Usina ora em estudo, mas, acima de tudo, mantendo a cidade visualmente menos poluída e contribuindo cada vez mais para a preservação do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V. Alternativas para redução do desperdício dos materiais em canteiros de obra. In FORMOSO, Carlos Torres; Ino Akemi (editores). Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional. Porto Alegre. ANTAK. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10.004: Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro. ABNT. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12.980 - Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos - Terminologia. Rio de Janeiro. ABNT. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14.001 – Sistema de gestão ambiental - requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro. ABNT. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15.112 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos volumosos. Áreas de transbordo e triagem – diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro. ABNT. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15.113 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes. Aterros – diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro. ABNT. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15.114 – Resíduos sólidos da construção civil. Áreas de reciclagem – diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro. ABNT. 2004.

ATHAYDE JR, G. B. A.; PAULA; E. A.; COSTA, A. S. V.; BORLINI, F. R.; DINIZ, M. D.; SOCIM, S. P. Reciclagem de entulhos em Governador Valadares: uma alternativa viável. Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Florianópolis. 2004.

BRASIL. Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDES. Taxa de juros de longo prazo. Disponível em [www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/bnDES/dndes\\_pt/Institucional/Apoio\\_Financ\\_eiro/Custos/Custos\\_Financeiros/Taxa\\_de\\_Juros\\_de\\_Longo\\_Prazo\\_TJLP/index.html](http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/bnDES/dndes_pt/Institucional/Apoio_Financ_eiro/Custos/Custos_Financeiros/Taxa_de_Juros_de_Longo_Prazo_TJLP/index.html). Acesso em 07.09.2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente -- CONAMA. Resolução nº. 01, de 23 de janeiro de 1986. DOU publicado em 17.02.1986. Brasília - DF. 1986.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002. DOU nº. 136/2002, de 17.07.2002. Brasília - DF. 2002.

CALDERONI, S. Os bilhões perdidos no lixo. São Paulo. Humanitas-USP. 2003.

CARNEIRO, A. P.; QUADROS, B. E. C.; OLIVEIRA, A. M. V; SAMPAIO, T. S.; ALBERTE, E. P. V.; COSTA, D. B. C. Características do entulho e do agregado reciclado. Projeto Entulho Bom - Cap. V. Salvador. EDUFBA/CEF. 2001.

CARNEIRO, A. P.; BURGOS, P. C.; ALBERTE, E. P. Uso de agregado reciclado em camadas de base e sub-base de pavimento. Projeto Entulho Bom - Cap. VI. Salvador. EDUFBA/CEF. 2001.

CASSA, J. C. S.; BRUM, I. A. S.; CARNEIRO, A. P.; COSTA, D. B. Diagnóstico dos setores produtores de resíduos na região metropolitana de Salvador/BA. Projeto Entulho Bom - Cap. II. Salvador. EDUFBA/CEF. 2001.

COSTA, M. C. Entulho da construção civil: uma proposta para Foz do Iguaçu - PR. Foz do Iguaçu - PR. CCET-UDC. 2006.

COSTA, R. V. G. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações de João Pessoa. João Pessoa. UFPB. 2012.

CUNHA, N. A. Resíduos da construção civil - análise de usinas de reciclagem. Campinas. UEC. 2007.

ESPINELLI, U. A gestão do consumo de materiais como instrumento para a redução da geração de resíduos nos canteiros de obras. In: Seminário de Gestão e Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição – Avanços e Desafios. São Paulo. PCC USP. 2005. CD-ROM.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. Porto Alegre. Revista Ambiente Construtivo v.10 – nº. 3. 2010.

FERNANDES, M. P. M.; SOARES, J. I.; SILVA FILHO, L. C. P. A modificação da paisagem urbana e os resíduos da construção e demolição. João Pessoa. 3º.Simpósio Iberoamericano de Ingenieria de Resíduos. 2010.

FONSECA, E.; MENEZES, G. M.; QUEIROGA FILHO, DEUSDET; OLIVEIRA FILHO, O. S.; LYRA, C. S. Estudo comportamental do funcionamento e gerenciamento da Usina de Beneficiamento de Resíduos da Construção e Demolição na cidade de João Pessoa – Paraíba – Brasil. 3º. Simpósio Iberoamericano de Ingenieria de Resíduos. João Pessoa. 2010.

GADELHA, C. Tópicos em saneamento e drenagem urbana. João Pessoa. UFPB. 2010.

GOMES, H. P. Eficiência hidráulica e energética em saneamento: análise econômica de projetos. Rio de Janeiro. ABES. 2005.

HENDRICKS, F.; JANSEN, G. M. T. Reuse of construction and demolition waste in the Netherlands for road construction. Heron, V46. p. 109 – 117. 2001.

IBGE. Cidades@ - Dados estatísticos sobre João Pessoa-PB. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?codmun=>. Acesso em 22.08.2012.

JADOVSKI, I. Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição. Porto Alegre. UFRS. 2005.

JOÃO PESSOA. PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA - PB. Código urbanístico da cidade de João Pessoa - PB. João Pessoa. PMJP. 2001.

JOÃO PESSOA. PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA - PB. Lei Municipal nº. 11.176/2007: Sistema de gestão sustentável de resíduos da construção civil e demolição e o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil. João Pessoa - PB. PMJP. 2007.

JOÃO PESSOA. PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA - PB. Relatórios de dados - período: 2007 a 2011. João Pessoa. PMJP/EMLUR. 2012.

JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar. São Paulo. USP. 1998.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos da construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo. USP. 2000.

KARPINSKI, L. A.; GUIMARÃES, J. C. B.; PANDOLFO, A; PANDOLFO, L. M.; KUREK, J.; REINEHER, R. Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental. Porto Alegre. PUCRS. 2009.

LLATAS, C.A. A model for quantifying construction waste in projects according to the European wast list. Waste Management, v.31, n.6, p. 1261-1276, 2011.

LEITE, B. M. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e de demolição. Porto Alegre. UFRS. 2001.

LEVY, S. M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. São Paulo. USP. 2001.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil. Londrina. CREA-PR. 2009.

LUCENA, L. F. L. Análise do Custo-Benefício da Reciclagem dos Resíduos Sólidos Urbanos no Recife e Jaboatão dos Guararapes. Recife. UFPE. 2004.

MAQUIBRIT. Especificação de equipamentos de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil. Santana do Parnaíba - SP. 2010.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, E. D.. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Ambiente Construtivo - v.9 p. 57-71 Edição de Jan/Mar 2009. Porto Alegre. ANTAC. 2009.

MORALES, G.; BORGES, L. P. P.; LOPES, P. M.; ZAMAIA, V. P. A.; ASSUNÇÃO JÚNIOR, V. G. Técnicas de manejo e gestão adequadas de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil. In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Londrina. PR. UNOPAR. 2011.

PEREIRA, L. H.; JALALI, S.; AGUIAR, J. B. Viabilidade econômica de uma central de tratamento de resíduos da construção e demolição. Guimarães - Portugal. Universidade do Minho. 2004.

PIMENTEL, U. H. O.; ZANTA, V. M.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; PIMENTEL, C. H. L.; NÓBREGA, T. M. Q. Análise das distâncias entre a fonte geradora de RCC e os pontos de disposição em João Pessoa-PB. 3º Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Resíduos. João Pessoa - PB. 2010.

PINTO, T. P. Perdas de materiais em processos construtivos tradicionais. São Carlos. UFSC. 1989.

PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. São Paulo. USP. 1999.

PINTO, T. P. Gestão dos resíduos de construção e demolição em áreas urbanas: da ineficácia de um modelo de gestão sustentável. Salvador. UFBA. 2001.

PINTO, T. P. Resíduos da construção civil - nova legislação permite rápido avanço para normas técnicas e novas soluções. São Paulo. I&T Gestão de Resíduos. 2004.

SILVEIRA, J.A.S; RIBEIRO, E. Centralidade urbana na cidade de João Pessoa - PB. João Pessoa. UFPB. 2006.

SCHNEIDER, D. M et al. A gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. Ambiente Construtivo. Porto Alegre. P.21 a 32. Outubro a Dezembro de 2004.

SANTOS, E. C. G. Aplicação de resíduos da construção e demolição reciclados em estruturas de solo reforçados. São Carlos. USP. 2007.

SNIC. Sindicato nacional da indústria do cimento. Relatório anual 2011. Disponível em [http://www.snic.org.br/pdf/snic-relatorio2010-11\\_web.pdf](http://www.snic.org.br/pdf/snic-relatorio2010-11_web.pdf). Acesso 25.06.2012.

SOUSA, A.; CLEMENTE, A. Decisões financeiras e análise de investimentos. São Paulo. Atlas. 2008.

US-EPA. Characterization of building-related construction and demolition debris in the United States - Report nº. EPA530-R-98-110. Prairie Village – KS. June 1998.

VILAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In DEAK, C e SHIFFER, S.R - O processo de urbanização no Brasil. São Paulo. FUPAN/EDUSP. 1999.

ZANTA, V. M.; JUCÁ, J. F. T; GOMES; H. P.; CASTRO, M. A. H. Resíduos sólidos: gerenciamento e reciclagem de resíduos da construção e demolição. SNSA-NURENE. Salvador. 2008.

## ANEXO



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL**

**USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DE JOÃO PESSOA/PB (USIBEN)**  
**- FORMULÁRIO DE CAPTAÇÃO DE DADOS -**

**ANO...:** \_\_\_\_\_

**ESPECIFICAÇÃO DOS DADOS: [ ] DESPESAS DE MANUTENÇÃO [ ] DESPESAS DE OPERAÇÃO [ ] DESPESAS COM PESSOAL**

