

**FACULDADE DE RONDÔNIA – FARO  
INSTITUTO JOÃO NEÓRICO  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ISIS DA SILVA FERNANDES PIANOVSKI**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PORTO VELHO**

**Porto Velho  
2015**

**FACULDADE DE RONDÔNIA – FARO  
INSTITUTO JOÃO NEÓRICO  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ISIS DA SILVA FERNANDES PIANOVSKI**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PORTO VELHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil, submetido à banca examinadora da FARO – Faculdade de Ciências Humanas, Exatas e Letras de Rondônia.

**Orientador: Profº. Esp. Eng. Civil Claiton de Oliveira Souza**

**Porto Velho  
2015**

Pianovski, Isis da Silva Fernandes.

Estudo da viabilidade de implantação de uma usina de resíduos sólidos da construção civil em Porto Velho: Faculdade de Ciências Humanas, Exatas e Letras de Rondônia – FARO/2015.

X, 37 p.

Orientador: Esp. Eng. Civil Claiton de Oliveira Souza

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências Humanas, Exatas e Letras de Rondônia - FARO.

Referências Bibliográficas: p. 36.

I. Faculdade de Ciências Humanas, Exatas e Letras de Rondônia - FARO. II. Estudo da viabilidade de implantação de uma usina de resíduos sólidos da construção civil em Porto Velho.

**ISIS DA SILVA FERNANDES PIANOVSKI**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM PORTO VELHO**

Esta monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de (Bacharel ou Licenciatura) em ENGENHARIA CIVIL e aprovada em sua forma final pela Banca Examinadora composta pelos examinadores abaixo relacionados, na data de 30/11/2015.

---

**MARIA ANGELICA FOES DA ROCHA**  
Coordenadora do Curso de Engenharia Civil

---

**CLAITON DE OLIVEIRA SOUZA**  
Orientador

---

**GINA SILVA DE OLIVEIRA MOTA**  
Examinadora

---

**TARCISIO BATISTA REGO**  
Examinador

PORTO VELHO  
2015

## **AGRADECIMENTOS**

Gratidão é uma palavra única, onde expressamos nossos sentimentos mais profundos. Minhas lembranças voltam sempre as mesmas pessoas, aquelas que sempre tiveram ao meu lado, física ou moralmente. Primeiro, aos mentores espirituais, na sequência a minha família (Alexander Pianovski (esposo) e Diovandola Maria da Silva (mamãe), e a pessoas muito especiais, Lucineia Almeida e Gilda Aparecida Nunes, amigas incondicionais, que nunca me deixaram enfraquecer, seguindo sempre em frente.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico estes anos como discente a um único ser, “*Deus*”, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos desta jornada acadêmica.

## **EPÍGRAFE**

Muitas cidades acabam adiando as coisas, porque eles querem entender tudo. Eles não entendem que a inovação é um ponto de partida . Cuidar de uma cidade é um processo que se inicia, e, em seguida, dá às pessoas o espaço para responder.

*Jaime Lerner*

## **RESUMO**

Esta pesquisa busca uma interpretação quanto a viabilidade da implantação de uma usina de resíduos sólidos da construção civil em Porto Velho/ Rondônia, atendendo ao que precede a Lei Federal 12305/2010 para gestão dos resíduos sólidos, que determina uma destinação correta para os resíduos de construção civil, bem como adequar o município no que concerne à Resolução n.º 307 do CONAMA/2002. O processo de reciclagem de resíduos da construção civil para a obtenção de agregados e finos (areia, brita, rachão e bica corrida) envolve basicamente a seleção dos materiais recicláveis do entulho, a trituração em equipamentos apropriados e a posterior classificação de acordo com a composição/ granulometria. Com este trabalho espera-se fundamentar iniciativas do setor da construção civil com diretrizes e procedimentos técnicos para a implantação uma usina de resíduos sólidos da construção civil.

**PALAVRAS CHAVE:** Resíduos de Construção e Demolição



## **ABSTRACT**

This research seeks an interpretation as the feasibility of implementing a solid waste plant construction in Porto Velho / Rondônia, given the above Federal Law 12305/2010 for solid waste management , which determines the correct destination for waste construction and bring the municipality with regard to Resolution N° 307 of CONAMA / 2002.O waste recycling process construction for obtaining and fine aggregates (sand , gravel, rachão and running spout) basically involves the selection of recyclable materials rubble, crushing in suitable equipment and later classification according to composition / particle size. This work is expected to support the construction sector initiatives with guidelines and technical procedures to implement a solid waste plant construction.

**KEYWORDS:** Construction and Demolition Waste

## **LISTA DE TABELA**

Tabela 1 Produtos geradores e suas características.....	33
---	----

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Ciclo Atual de Porto Velho .....	19
Figura 2 - Mapa de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição .....	20
Figura 3 - O britador .....	26
Figura 4 - Ecoponto de Mauá SP .....	27
Figura 5 - Areia Reciclada .....	30
Figura 6 - Pedrisco Reciclado .....	31
Figura 7 - Brita Reciclada .....	31
Figura 8 - Bica Corrida .....	32
Figura 9 - Rachão .....	32

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Justificativa.....	14
1.2 Normas e especificações técnicas.....	16
1.3 A Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas definições .....	17
1.3.1 Lei 12.305/10 – Plano Nacional de Resíduos Sólidos .....	17
1.4 Ciclo de Reciclagem de RCD.....	18
1.4.1 Geradores de Resíduos Sólidos da Construção Civil .....	20
1.4.2 Coleta de Resíduos Sólidos da Construção Civil .....	21
1.4.3 Economizando recursos na coleta .....	22
1.4.4 PRS Recicladora.....	23
1.4.5 Produtos e Materiais Agregados .....	23
1.4.6 Controle de Qualidade.....	24
1.4.7 “Put Back” .....	24
1.5 Processo e Operação .....	24
1.5.1 Triagem .....	24
1.5.2 Trituração .....	25
1.6 Custos (instalação e manutenção).....	26
2 OBJETIVO .....	28
2.1 Objetivo Geral .....	28
2.2 Objetivo Especifico .....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	30
4.1 Usina de RCD e Análise Técnica- Econômica.....	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	35
6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante segmento da indústria, tida como um importante indicativo do crescimento econômico e social. Normalmente é um dos primeiros segmentos a sofrerem impactos diretos da economia, podendo ter crescimentos expressivos ou mesmo passar por recessão de acordo com a saúde financeira do país em questão.

Contudo, constitui uma atividade causadora de impactos ambientais, chamando a atenção dos envolvidos na cadeia construtiva na busca de soluções para enfrentar o problema. Além do intenso consumo de recursos naturais, os grandes empreendimentos colaboram com a alteração da paisagem e, como todas as demais atividades da sociedade, geram resíduos.

Neste sentido, o setor de Resíduos Sólidos da Construção Civil se depara com o grande desafio de conciliar sua atividade produtiva e lucrativa com o desenvolvimento sustentável consciente. Os RCD devem ter um gerenciamento adequado para evitar que sejam abandonados e se acumulem em margens de rios, terrenos baldios ou outros locais inapropriados.

De forma geral, os Resíduos Sólidos da Construção Civil são vistos como resíduos de baixa periculosidade, sendo o impacto causado pelo grande volume gerado. Contudo, a disposição irregular desses resíduos pode gerar problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública pois nesses resíduos também há presença de material orgânico, produtos químicos, tóxicos e de embalagens diversas que podem acumular água e favorecer a proliferação de insetos e de outros vetores de doenças e podem representar um grave problema em muitas cidades brasileiras. De outro lado, constitui um problema que se apresenta as municipalidades, sobrecarregando os sistemas de limpeza pública.

Em de 5 de julho de 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA do Brasil publicou a Resolução de número 307, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil no Brasil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais e define Resíduos Sólidos da Construção Civil da seguinte forma: **RESOLUÇÃO CONAMA nº 307 Art. 2º Inciso I: Resíduos Sólidos da Construção Civil:** são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas,

colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

A Classificação dos Resíduos da Construção Civil no Brasil se dá através da Resolução da seguinte forma:

**Resolução CONAMA 307 Art. 3º:** Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

**I – Classe A** – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

**II – Classe B** – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

**III – Classe C** – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

**IV – Classe D** – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Paralelamente a Resolução temos a **Lei Federal 12305/2010** para gestão dos resíduos sólidos sancionada em agosto/2010 que determina uma destinação correta para os resíduos de construção civil, muitas empresas encontram dificuldades no cumprimento dessa lei e não têm para onde mandar seu entulho. Uma boa solução é cobrar para receber esse entulho, ou seja, ter uma pequena renda para receber a matéria-prima com a qual o empreendedor irá trabalhar. Boa parte do entulho é metal, plástico e outros materiais não pedregosos, esses materiais devem ser separados manualmente e podem ser vendidos para outras empresas de reciclagem.

## 1.1 Justificativa

O descarte ilegal e a falta de um gerenciamento dos resíduos de construção civil (RCD) nas cidades brasileiras têm trazido inúmeros problemas para a sociedade, dentre os quais se destacam: a proliferação de vetores de doenças como a da dengue, a obstrução de encostas causando deslizamento nas chuvas, a ocupação irregular de terrenos públicos pela população carente, com riscos de desabamento, entre outros.

Com o crescimento da população urbana nas cidades e ocupação desordenada, muitos aterros sanitários foram esgotados, lixões atingiram ocupação máxima e pedreiras começaram a se tornar um elemento de risco a população nas proximidades dos grandes centros urbanos. Isso naturalmente elevou tanto o custo de obtenção de matéria-prima para a construção civil, como o de descarte dos seus resíduos. Em razão das mudanças climáticas, da escassez dos recursos naturais e, considerando que o setor de construção civil gera por ano mais de 100 milhões de toneladas de resíduos. Somado a isso, em 2010 foi determinado o marco legal através da Lei 12.305/2010, determinando a Política Nacional dos Resíduos Sólidos obrigando as construtoras a buscarem alternativas não só para solucionar o aumento dos custos, mas também para a sustentabilidade da cadeia da construção civil e cumprimento da lei.

Iniciativas públicas com usinas de reciclagem de RCD começam a ser percebidas no Brasil desde 2001. Sendo uma responsabilidade dos municípios, a reciclagem do RCD trazendo inúmeros benefícios como o aumento da vida útil dos aterros sanitários, redução da extração de matérias-primas não renováveis como a brita e a areia, geração de novos postos de trabalho, a produção material de construção a baixo custo, entre outros. Uma usina de RCD demanda um grande espaço, este pode ser cedido ao empreendedor pelo município através de uma parceria público/privada. É do interesse da prefeitura manter a cidade limpa, incentivar a economia, gerar empregos e liberar espaços nos aterros. (JOHN, 2000).

Os agregados após passarem por processos de reciclagem podem ser vistos como novos produtos no mercado. As usinas privadas em todo o Brasil ainda são incipientes quanto a sua sustentabilidade econômica. Incentivos e parcerias públicas de aquisição ainda são necessários para seu funcionamento. O mercado de agregados reciclados ainda encontra-se em formação.

Toda e qualquer atividade deve-se pautar pelo reconhecimento da necessidade de preservação do meio ambiente, pois pela vivência e observação dos fatos correntes no mundo, sabe-se que as ações humanas causam impactos a natureza e que as causas devem ser combatidas, os danos tratados e os responsáveis punidos.

É incontestável o atual crescimento da indústria de Construção Civil. Segundo estudos da Fundação Getúlio Vargas (FGV), a projeção para suprir o déficit habitacional brasileiro indica que, no período entre 2010 e 2022, seria necessária a construção de 23,49 milhões de novas unidades. Assim, o mercado traz consigo diversas oportunidades e, também, o desafio que o seu desenvolvimento se dê de forma sustentável.

A política prevê que, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Também pressupõe para a sua consecução o planejamento, através da elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), que deve conter, dentre outros elementos: um diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, com descrição da origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados; descrição dos responsáveis por cada etapa do gerenciamento, com definição dos procedimentos operacionais sob a responsabilidade de cada gerador, identificando as soluções consorciadas ou compartilhadas com outros geradores e ações preventivas e corretivas a serem executadas em situações de gerenciamento incorreto ou acidentes.

O PGRS, mais do que um inventário das etapas do processo construtivo ou mero requisito formal a ser cumprido perante os órgãos públicos para a obtenção das licenças ambientais é, na verdade, um importante instrumento de gestão ambiental e, inclusive, econômico. O planejamento feito para evitar o desperdício de materiais (sobras e quebras), além de atender às normas ambientais, quando não gera o resíduo ou reduz o consumo de matéria prima, pode também representar uma redução de custo com o conseqüente aumento do lucro. Como a construção civil afeta consideravelmente o meio ambiente pelo consumo de recursos minerais, com a exploração também de recursos naturais, o entulho de construção reciclado pode substituir em grande parte os agregados naturais empregados na produção de concreto, blocos e base de pavimentação. A reciclagem pode reduzir o consumo de energia na produção de materiais.



Outro aspecto justifica a importância dada ao PGRS, o levantamento do inventário pode também servir para mitigar os riscos de passivos ambientais, às vezes ocultos, mas que diminuam consideravelmente o lucro do empreendimento.

Especificamente quanto à destinação final adequada dos resíduos, o gerador é responsável até que eles sejam adequadamente descartados.

## **1.2 Normas e especificações técnicas**

A Usina de Reciclagem de entulho é normatizada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e o conhecimento e cumprimento das normas técnicas sobre a reciclagem de entulho é uma das exigências para a filiação a ABRECON – Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição.

As normas que orientam sobre a correta operação de uma usina deste tipo são:

ABNT NBR 15112 – Esta norma fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.

ABNT NBR 15113 – Esta norma fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos da construção civil classe A e de resíduos inertes.

ABNT NBR 15114 – Esta norma fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A.

ABNT NBR 15115 – Esta norma estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camadas de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado agregado reciclado, em obras de pavimentação.

ABNT NBR 15116 – Esta norma estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.

## 1.3 A Política Nacional de Resíduos Sólidos e suas definições

### 1.3.1 Lei 12.305/10 – Plano Nacional de Resíduos Sólidos

No dia 2 de agosto de 2010, foi sancionada pelo ex-presidente Lula a lei que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, considerada uma revolução no que se diz respeito às políticas ambientais do Brasil.

O ponto principal da política Nacional de Resíduos Sólidos é a redução, ou seja, a não geração de resíduos através do o tratamento e da reutilização dos mesmos. Já no que se diz respeito aos rejeitos, a lei determina uma destinação adequada a eles, sem agredir o meio ambiente. Com isso, ocorrerá um aumento da ação de reciclagem no país e uma diminuição do uso de recursos naturais, como água e energia, na produção de novos produtos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos propõe um compartilhamento da responsabilidade sobre o ciclo de vida dos produtos, envolvendo os consumidores, fabricantes, distribuidores e outros. Estes assumem o seu papel do que se diz respeito aos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Também é estabelecida pela Lei uma cooperação entre o poder público federal, estadual e municipal, com a sociedade e o setor produtivo da indústria, com a finalidade de buscar alternativas para os problemas ambientais do país.

Além disso, pontos que chamam atenção da Lei e que vemos Porto Velho se enquadrar são:

- **Fim dos Lixões:** até 2014 não devem mais existir lixões a céu aberto no Brasil. No lugar deles, devem ser criados aterros controlados ou aterros sanitários. Os aterros têm preparo no solo para evitar a contaminação de lençol freático, captam o chorume que resulta da degradação do lixo e contam com a queima do metano para gerar energia;
- **Aterros Sanitários:** os rejeitos são aquelas partes do lixo que não tem como ser reciclado. Apenas 10% dos resíduos sólidos são rejeitos. A maioria é orgânica, que em compostagens por ser reaproveitada e transformada em adubo, e reciclável, que deve

ser devidamente separada para a coleta seletiva;

- **Plano Municipal de Resíduo Sólido:** os planos municipais serão elaborados para ajudar prefeitos e cidadãos a descartar de forma correta o lixo. São obrigatórios para todos os municípios com população maior que 20.000 habitantes;
- **Logística Reserva:** instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação.

Com isto o Brasil fica em um patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal e inova com a inclusão de catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reserva quando na Coleta Seletiva.

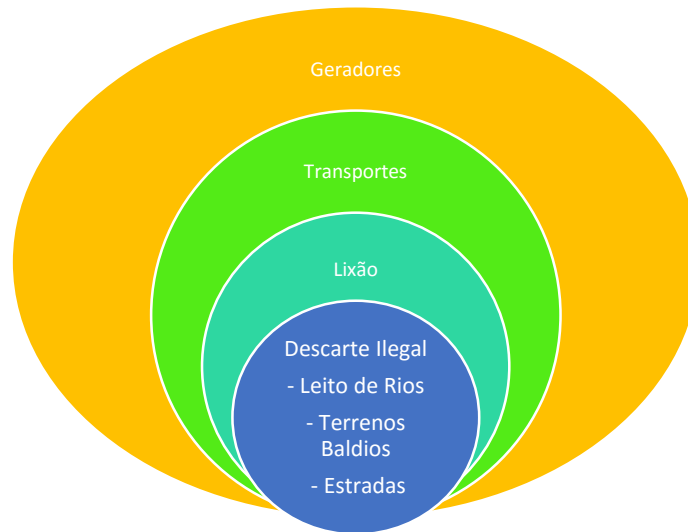
Além disso, os instrumentos da PNRS ajudarão o Brasil a atingir uma das metas do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, que é de alcançar o índice de reciclagem de resíduos de 20% em 2015.

#### **1.4 Ciclo de Reciclagem de RCD**

Nesta seção é explorada toda cadeia de processo do resíduo da construção civil. Será detalhado cada passo destacando os principais personagens, o impacto ambiental, o cenário político e a atuação dos envolvidos.

Antes disso, é preciso entender o cenário atual no município de Porto Velho. Construtoras, demolidoras, obras da prefeitura e residencial – geradoras de resíduos, utilizam equipamentos próprios e terceirizam a coleta de entulho para que o descarte seja feito no lixão. E, assim, finaliza a cadeia. Entretanto, isto não reflete a prática comum, uma vez que geradores e transportadores não respeitam as leis e o meio ambiente, figura 1, e fazem o descarte ilegal.

Figura 1 – Ciclo da Reciclagem Atual de Porto Velho



Fonte – Elaborado pelo autor

O processo ideal e que se adequa a Lei 12.305/10 e a resolução do CONAMA é mostrado na figura 2. Na ponta do processo estão os geradores de resíduos, que por sua vez, são responsáveis por este entulho até retornar ao mercado novamente – conceito de logística reversa. Para tanto, contam com os serviços de transporte/coleta que depositam o resíduo até o pátio da recicladora. A recicladora, através da sua usina, transformará o entulho em materiais básicos da construção civil. Para agregar valor ao processo, a recicladora pode produzir artefatos de concretos como manilha, postes, calçadas, meio fio, pisos (materiais agregados) que devem passar por um controle de qualidade, antes de ser devolvido ao mercado.

Figura 2 - Mapa de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição



Fonte – Elaborado pelo autor

#### 1.4.1 Geradores de Resíduos Sólidos da Construção Civil

Os geradores de resíduos sólidos da construção civil do município de Porto Velho podem ser muito extensos. Dentre os potenciais clientes podemos citar:

- Órgãos Públicos, Governo, Prefeituras – é um grande grupo gerador e deve ser o mais adepto ao programa de reciclagem. Isso não só porque são os incentivadores e fiscalizadores, mas também, porque os agregados reciclados têm muita aplicabilidade em obras de infraestrutura e pavimentação, saneamento, etc. Por fim, ter um custo reduzido com a mesma qualidade pode incentivar a construção de habitações para a população de baixa renda.
- Construtoras e Demolidoras – é o segundo maior e mais sólido grupo de geradores de resíduos sólidos. Este grupo garante mais de 20% do entulho para ser reciclado. A parceria com as construtoras pressupõe a venda casada de material reciclado, atingindo economia de até 30% na obra. Conforme a lei 12.305/10, cada integrante deste grupo deverá ter o seu próprio plano de resíduos sólidos. Além disso, nos licenciamentos ambientais, emitidos pela prefeitura, deverá constar a quantidade de resíduo gerado e como será dado o descarte deste resíduo.

- Licitações e Editais Públicos – as licitações de obras e demolições ou reformas deverão adicionar em seus editais e gestão de resíduos sólidos e, inclusive, adicionar este item na sua planilha de custos.
- Caçambeiros e Coletadores – é o grupo responsável pela coleta de pequenas obras e reformas pelo município que, na maioria das vezes, não possuem qualquer tipo de regularização para a sua execução. Portanto, deve ser feito um trabalho cauteloso com este grupo, uma vez que é o grupo que mais trás PREJUÍZO AMBIENTAL para Porto Velho. Descartam ilegalmente nos leitos dos rios, ruas e terrenos baldios.
- Empresas Gerais – Marmorarias, lojas de materiais de construção, concreteiras e fabricantes de artefatos de cimento, população, consumidoras de madeiras, dentre outros.

Há ainda outros vetores de comunicação que podem ser utilizados para aumentar a quantidade de material reciclado. A parceria com arquitetos, administradoras de condomínios, mestre de obras podem ajudar a conscientizar a população sobre a gestão de RCD das obras em gerais.

Outro método utilizado são eventos esporádicos envolvendo associações de moradores de bairros da periferia. Uma parceria entre prefeitura e líderes comunitários para a retirada de entulho. Fazendo com que a política seja alavancada, bairros sejam limpos e o meio ambiente restabelecido.

#### 1.4.2 Coleta de Resíduos Sólidos da Construção Civil

A coleta é definida como o deslocamento do RCD entre o gerador e o local de descarte. Geralmente a coleta é feita através de caminhões caçamba.

Grandes construtoras, demolidoras, prefeitura ou governo, geralmente possuem transporte próprio. Entretanto, obras civis particulares, feita pela população nas suas próprias residências, contam com o serviço de caçambeiros. Estes, por sua vez, estacionam suas caçambas de 4 toneladas em seus clientes e recolhem assim que estão cheias e, após recolherem, encaminham para o local adequado.

Como dito anteriormente, este conceito não ocorre na prática, já que os caçambeiros

descartam este entulho ilegalmente em locais não adequados. Para minimizar este tipo de prática, algumas ações simples podem ser adotadas:

- ✓ Fiscalização mais rígida (lembrando que hoje não há nenhum tipo);
- ✓ Penalidade para os caçambeiros reincidentes de descarte ilegal – executado junto a fiscalização;
- ✓ Trabalho de conscientização da população;
- ✓ Declaração anual da quantidade de RCD descartado – compatível com o faturamento declarado;
- ✓ Criação da associação dos caçambeiros de Porto Velho – a fim de criar diretrizes, parceiros e empresas cadastradas dando maior credibilidade ao cliente.

#### 1.4.3 Economizando recursos na coleta

O principal motivo do descarte ilegal por parte dos coletores/transportadores é o custo envolvido com a distância. Quanto maior for a distância, maior será o custo com combustível e manutenção, além do tempo gasto comprometendo a logística da empresa.

Para tanto, as PEVs – Ponto de Entregas Voluntárias podem ajudar como depósito semanal para os caçambeiros associados. Ao final da semana, uma quantidade maior de resíduo pode ser encaminhada direto para o local adequado, minimizando custos e logística.

Outro ponto que anda paralelo aos custos é a triagem dos resíduos da própria obra, ou seja, os resíduos devem ser amontoados por tipo antes de serem coletados, dando destino adequado para cada tipo. Para exemplificar, suponha que uma caçamba possua 4 toneladas de resíduos misturados (2 toneladas classe A + 1 tonelada classe B + 1 tonelada classe C). O custo de descarte na usina é de R\$ 40,00 (quarenta reais), já que há um mix de resíduos. O aterro sanitário cobra por tonelada R\$ 15,00 (quinze reais) indiferente do resíduo, portanto sairia a R\$ 60,00 (sessenta reais). Entretanto se fosse encaminhado para a recicladora as 2 toneladas classe A, o preço seria de apenas R\$ 5,00 (cinco reais) e o restante seria encaminhado para o aterro, num valor de R\$ 30,00 (trinta reais), totalizando R\$ 35,00 (trinta e cinco reais). Uma economia superior a 10%. A palavra correta para este exemplo é GESTÃO DE RESÍDUOS (a Lei Federal nº 12.305/10 possui uma cartilha para tal).

Em suma a gestão de resíduos sólidos nas obras mitigam os problemas ambientais na mesma proporção de diminuem o custo da obra.

#### 1.4.4 PRS Recicladora

A PRS Recicladora de Resíduos Sólidos LTDA, genuinamente portovelhense, é uma empresa especializada na reciclagem de RCD. Sua missão é apoiar o município e empresas no cumprimento da política nacional de resíduos sólidos e, também, aumentar a qualidade de vida da população de Porto Velho, limpando a cidade em consonância com o meio ambiente.

O foco inicial da recicladora são os resíduos da construção e demolição, entretanto a PRS Recicladora estuda a viabilidade de estender a sua linha de negócios a reciclagem de resíduos eletrônicos, madeiras, lâmpadas e pneus não servíveis.

Apresentamos a empresa PRS Recicladora de Resíduos Sólidos LTDA, parceira neste trabalho pois o mercado local permite parcerias e ela abriu as portas do seu empreendimento para nossa pesquisa.

#### 1.4.5 Produtos e Materiais Agregados

Conforme visto na tabela 1, os materiais reciclados são usados, a na maioria das vezes, na sub-pavimentação de ruas e estradas. Entretanto outra pratica que pode ser adotada pelas recicladoras de RCD é a utilização deste material para a fabricação de artefatos de concreto, tais como calçadas, meio fio, manilhas, postes, blocos, tijolos de concreto e outros sem função estrutural.

A grande vantagem da produção de artefatos de concreto utilizando materiais reciclados está relacionada ao custo. Os artefatos de concreto custam, em média, de 30 a 50 % mais baratos que os de mercado. A EMBUR – Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano pode ser o grande beneficiado com isso, uma vez que pode reduzir seus custos de produção (utilizando materiais básicos reciclados) ou suprir a demanda com os artefatos produzidos pela recicladora, cortando custos significativamente.



#### 1.4.6 Controle de Qualidade

Há muito questionamentos em relação a qualidade dos artefatos com material reciclado. Entretanto, isso só precisa ser esclarecido e mostrado para todos os envolvidos na compra do material reciclado.

O pesquisador Daniel Simieli, da UNESP, mostrou em sua dissertação de mestrado que os blocos de concreto feitos com material reciclado conseguem atingir uma resistência de 39,5% superior, em média, à estabelecida pela ABNT e elasticidade de 14% maior do que exigido pela norma.

Além disso, a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON é outra instituição que poderá colaborar com a qualidade do material reciclado, uma vez que em suas visitas anuais é feita a análise técnica de todo o empreendimento.

#### 1.4.7 “Put Back”

Por fim, o material reciclado é recolocado (put back) no mercado para consumo da indústria da construção. É importante que o gerador também seja o consumidor do material reciclado, garantindo assim o fim do ciclo.

A grande sutileza do negócio está em transformar o que é, aparentemente, lixo em produto que abastecerá o mercado, por um preço bem inferior, respeitando o meio ambiente.

### 1.5 Processo e Operação

O processo se divide em duas partes:

- ✓ Triagem
- ✓ Trituração

#### 1.5.1 Triagem

Por ser incipiente, o resíduo, ao chegar a usina, é despejado em uma área apropriada de forma a formar um tapete (uma fina camada de entulho), possibilitando assim, a retirada de

materiais classe B, C e D. Com a implementação da gestão de resíduos nas obras, espera-se que este material já chegue triado na usina.

A destinação deste lixo que é separado varia de acordo com a sua classe. Todo entulho da classe B, é separado e pode ser comercializado ou mesmo reciclado. Por exemplo, a madeira pode ser triturada e usada em olarias e/ou padarias, já o plástico é encaminhado para as usinas de reciclagem local. Os lixos classe C e D serão encaminhados para o aterro sanitário.

### 1.5.2 Trituração

O processo de trituração compreende a etapa de entrada da usina até o produto final passando pelos seguintes equipamentos:

- ✓ Alimentador vibratório
- ✓ Britador
- ✓ Peneira
- ✓ Rebritador

A pá carregadeira despeja todo entulho (já triado) no alimentador vibratório. Consiste em um funil de chapa altamente reforçado que impulsiona a carga ao britador.

O britador é um equipamento bastante utilizado na redução de sólidos, pois possui boas características de trabalho – figura 3. É um equipamento adequado a quebra inicial de rochas ou minérios (sólidos em geral) com a finalidade de aumentar a superfície de contato, diminuindo desta forma dos tamanhos das partículas. Muitas vezes o material alimenta outros moinhos na busca de granulometria menores. O britador (figura 3) utilizado é do tipo mandíbula e atende várias necessidades – desde rochas duras e abrasivas até vários materiais de reciclagem. Os britadores de mandíbulas em geral, com todos os maquinários possuem vantagens e desvantagens. Entre as vantagens pode-se destacar:

- ✓ Possuem uma grande capacidade de trabalho;
- ✓ Mecânica simples facilitando a operação (não ocorre entupimento);
- ✓ Custo de manutenção baixo, devido sua mecânica simplificada;
- ✓ Baixo consumo de energia.

*Figura 3 - O britador*



*Fonte – Elaborado pelo autor*

Em contrapartida, o britador de impacto apresenta pouca uniformidade na saída do britador. O tamanho da abertura da boca é que define sua capacidade de britagem, e consequentemente, de reciclagem. Este parâmetro é definido pelo operador da usina e deve ser modificado de acordo com a demanda do mercado de entulho.

### **1.6 Custos (instalação e manutenção)**

O custo com instalação e manutenção de infraestrutura para reciclagem de resíduos varia de porte e maquinários, sendo viável também aos pequenos municípios com verbas restritas. A cidade de Mauá, no Estado de São Paulo, por exemplo, investe R\$ 13,5 mil mensais em sua usina de reciclagem. O custo refere-se à operação de uma máquina recicladora de concreto, reaproveita, a cada mês, cerca de 120 ton. de material.

Na usina de Mauá, a Prefeitura economiza R\$ 20 mil ao mês, deixando de pagar R\$ 82 por tonelada de entulho, vendidos, anteriormente, pelos aterros sanitários das cidades.

A usina de Mauá tem um espaço de 2 mil m<sup>2</sup>, onde são armazenadas as 7 ton. de entulho que entram diariamente no local, vindas dos chamados Ecopontos – locais (figura 4) onde os moradores podem depositar os resíduos de construções e demolições.

*Figura 4 - Ecoponto de Mauá SP*



*Fonte – Diário do Grande ABC*

Já em Porto Velho temos a empresa PRS Recicladora em pleno funcionamento que investiu cerca de R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais), entre aquisição do terreno e a compra dos equipamentos, lembrando que temos financiadores como a Fundação do Banco do Brasil e o Banco da Amazônia.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Realizar um estudo das condições do mercado de reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição - RCD em Porto Velho/RO.

### **2.2 Objetivo Especifico**

Transformar entulho do tipo produto agregados, através das projeções de oferta e demanda deste novo material, realizar uma projeção do quantitativo que será gerado, visualizando um cenário para a viabilidade da implantação de usinas de reciclagem no município.

### 3 METODOLOGIA

Uma pesquisa exploratória foi realizada com consulta bibliográfica a fim de obter uma análise dos dados históricos de capacidade produtiva de usinas de reciclagem instalada desde 2001 até 2014 no Brasil, bem como dados de consumo de agregados reciclados, principalmente agregados cinza e vermelho. Foram verificadas também possíveis correlações com outras variáveis econômicas como PIB, tamanho da população, para assim gerar as projeções de oferta e demanda. Com o cruzamento desses dados, verificamos a diferença entre a oferta e consumo de agregados reciclados e finalmente a possibilidade da entrada de novas usinas de reciclagem no setor.

A partir do resultado do estudo de mercado sobre os agregados reciclados no Brasil, a proposta de criação de um modelo dinâmico que permite analisar a viabilidade de usinas de reciclagem de RCD na capital de Rondônia (Porto Velho) através de pesquisas em empresas de tele entulho, construtoras, visita aos aterros, bem como uma análise da viabilidade de parcerias público/privadas, incentivos fiscais ou medidas que estimulem tanto o consumo de agregados reciclados em obras públicas como a destinação de RCD as usinas de reciclagem. Confrontando todas as informações e verificando se o empreendimento é economicamente viável. Tanto é fato que conhecemos a empresa PRS Recicladora de Resíduos Sólidos LTDA, que nos deu suporte para conclusão dos dados.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Usina de RCD e Análise Técnica- Econômica

O processo de reciclagem de resíduos da construção civil para a obtenção de agregados e finos (areia reciclada (figura 5), pedrisco reciclado (figura 6) brita reciclada (figura 7), rachão (figura 8) e bica corrida (figura9) envolve basicamente a seleção dos materiais recicláveis do entulho, a trituração em equipamentos apropriados e a posterior classificação de acordo com a composição/ granulometria.

*Figura 5 - Areia Reciclada*



*Fonte – Elaborado pelo autor*

*Figura 6 - Pedrisco Reciclado*



*Fonte – Solos Reciclagem*

*Figura 7 - Brita Reciclada*



*Fonte – Elaborado pelo autor*



*Figura 8 - Bica Corrida*



*Fonte – Elaborado pelo autor*

*Figura 9 - Rachão*



*Fonte – Elaborado pelo autor*

De acordo com dados do IBGE 2013, cada brasileiro gerou, em média, 0,686 kg/dia de resíduos da construção e demolição (RCD), entretanto, na região norte este valor cai para 0,341. Este valor tão destoante é justificado pela falta de capacidade administrativa e crescimento mais tímido para a região norte do país.

<b>Produto</b>	<b>Características</b>	<b>Uso Recomendado</b>
Areia reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contra pisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação
Pedrisco reciclado	Material com dimensão máxima característica inferior a 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
Brita reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagem
Bica corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm ou a critério do cliente	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem

*Tabela 1 Produtos geradores e suas características*

De toda a forma, com a população de 484.000 habitantes – IBGE 2013-, existe um potencial de 165,04 ton/dia. Entretanto, a prefeitura da cidade de porto Velho, atualmente, recebe apenas 115 ton/dia de entulho no seu lixão (dados da SEMUSB 2013). Entretanto, uma pesquisa feita pela PRS Recicladora indica uma capacidade superior a 200 ton/dia. A pesquisa mostra que boa parte é descartada de forma incorreta, ou seja, são despejadas na periferia, leito de rio, beira da estrada e, principalmente, em terrenos baldios. Um argumento, utilizado pelos caçambeiros locais é a distância entre as obras e a atual localização do lixão. Além disso, a incapacidade da prefeitura local para gerir e fiscalizar os resíduos urbanos é baixa. Uma competência que deve mudar com a Lei 12.305/10. Clientes, métodos e fiscalização serão discutidos posteriormente.

Visando a viabilidade operacional e eliminação de grande parte dos riscos de produção com a implantação de uma usina de resíduos sólidos da construção civil do tipo “Entulho” - 5030 compacta com Rebritador com capacidade de reciclar 110 ton/dia de entulho, podendo gerar 90 ton/dia dos produtos descritos na Tabela. Com isso, aproximadamente, 30 caçambas recicladas diariamente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando tratamos do tema “RECICLAGEM” o Brasil ainda está gatinhando pois há muito o que se fazer. Melhorar as políticas públicas, criar mecanismos reais, para uma fiscalização funcional em parceria com uma mídia ativa, visando conscientizar sobre o tema tornando a população seus próprios multiplicadores.

Cerca de 1% das empresas nacionais já foram assistidas para a implantação de planos de gerenciamento de RCD em canteiros, sendo esse percentual composto principalmente de construtoras de médio e grande portes. A triagem de RCD em canteiros apresenta vantagens econômicas e ambientais, porque reduz o volume das classes de resíduos transportados, viabiliza soluções mais simples de reciclagem do resíduo classe A, seja em canteiro ou em usinas, e permite a reciclagem de todos os resíduos da classe B – madeira, plástico, aço e papel.

A taxa de crescimento das usinas de reciclagem brasileiras aumentou após a vigência da resolução CONAMA 307. Cerca de 45% das usinas nacionais são privadas. A produção das usinas públicas é intermitente devido às dificuldades administrativas, às mudanças de cenário político e ao pouco conhecimento técnico.

As normas não garantem a homogeneidade dos agregados reciclados, nem sua aceitação no mercado. O custo do controle de qualidade é baixo e precisa ser implantado com o intuito de se reduzir a variabilidade e de melhorar a qualidade e a confiabilidade do produto. Algumas estratégias para se reduzir a variabilidade são apresentadas, tais como o uso de dosador para se produzirem misturas de agregados reciclados e naturais, e classificador espiral para remover fração orgânica leve e finos da areia reciclada. Usos para a areia reciclada precisam ser definidos porque nenhuma usina de reciclagem é capaz de produzir apenas brita reciclada.

Em Rondônia o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) está em processo de estudo desde 2013, quanto a capital, Porto Velho, foi criada a LEI COMPLEMENTAR Nº. 546/2014 de 22 de outubro de 2014 que “Dispõe sobre a coleta regular e seletiva de resíduos sólidos no Município de Porto Velho e dá outras providências”. Lei esta, que infelizmente ainda está só no papel. Discussões, reuniões, seminários, estão sendo realizados, mais até o presente momento muito deve ser construído, lembrando que nada se cria, tudo se transforma.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

LEI Nº 9.065, DE 12 DE FEVEREIRO DE 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.** Brasília. Acesso em 28 de maio de 2015, disponível em [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)

LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.** Brasília. Acesso em 30 de maio de 2015, disponível em [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)

LEI 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília. Acesso em 30 de maio de 2015, disponível em [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)

RESOLUÇÃO DO CONAMA DE NÚMERO 307 DE 05 DE JULHO DE 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil no Brasil.** Acesso em 30 de maio de 2015, disponível em [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br)

[www.infraestruturaurbana.pini.com.br](http://www.infraestruturaurbana.pini.com.br)

[www.mapreequipamentos.com.br](http://www.mapreequipamentos.com.br)

[www.abepro.org.br](http://www.abepro.org.br)

[www.solosreciclagem.com.br](http://www.solosreciclagem.com.br)

<http://www.dgabc.com.br/Noticia/482215/maua-cria-ecoponto-para-descarte-de-lixo-eletronico>

[g1.globo.com](http://g1.globo.com)

Guia Básico para Elaboração de Projeto de Pesquisa. *Alcenir Soares dos Reis e Maria Guiomar da Cunha Frota.*

ABRECON – Associação Brasileira de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e

Demolição (s.d.) ABRECON. Acesso em 26 de maio de 2015, disponível em [www.abrecon.com.br](http://www.abrecon.com.br)

ABRELPE – Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2012) **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo – Grappa Editora e Comunicação

CARVALHO, J.C. (05 de julho de 2002). **Resolução 307 – Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos**

FREITAS, M.I. (2009). **Os resíduos da construção civil no município de Araraquara**. Dissertação de mestrado apresentada no centro universitário, 89.

Goncalves, P.(2003). **A reciclagem integrada dos aspectos ambientais sociais**. Rio de Janeiro: FASE

SIMIÉLI, D. (jul./dez 2007). **Dissertação de mestrado apresentada ao Centro Universitário**. Exacta, 231-241.

CARELI, E. D. **A Resolução CONAMA nº 307/2002 e as Novas Condições para Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição**. São Paulo, 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008.