

**Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção  
e Demolição do Município de Passo Fundo (RS):  
Avaliação da Viabilidade Econômica**

**Recycling Plant for Construction and Demolition Waste of  
Passo Fundo (RS): Evaluation of Economic Viability**

**Rafael Antonio Leite**

Universidade de Passo Fundo – UPF – Passo Fundo, RS  
*rafaelantonioleite@gmail.com*

**Adalberto Pandolfo**

Universidade de Passo Fundo – UPF – Passo Fundo, RS  
*adalbertopandolfo@hotmail.com*

**Aline Pimentel Gomes**

Universidade de Passo Fundo – UPF – Passo Fundo, RS  
*alinegomes1977@hotmail.com*

**Regis Corrêa**

Universidade de Passo Fundo – UPF – Passo Fundo, RS  
*regis\_correa@ibest.com.br*

**Luciana Marcondes Pandolfo**

Universidade de Passo Fundo – UPF – Passo Fundo, RS  
*marcondes@upf.br*

**Marcele Salles Martins**

IMED - Complexo de Ensino Superior Meridional – Passo Fundo, RS  
*marcesalles@yahoo.com.br*

**Resumo:** O setor da construção civil é, atualmente, o principal consumidor de matérias-primas e energia e um dos maiores geradores de resíduos, colaborando significativamente na poluição ambiental. As usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição produzem agregado para reutilização na construção

Recebido em 05/07/2010 - Aceito em 31/08/2010

---

RECEN Guarapuava, Paraná v. 12 n° 1 p. 107-129 jan./jun. 2010

civil e reduzem os impactos ambientais negativos causados por estes resíduos. O objetivo deste artigo é desenvolver um projeto para a implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição no município de Passo Fundo e verificar sua viabilidade econômica. O trabalho foi dividido em três etapas: a primeira consiste na determinação dos investimentos, custos e despesas provenientes da implantação e operação do empreendimento; a segunda etapa tem por finalidade elaborar um layout de implantação do projeto; e na terceira etapa foi realizada uma análise da viabilidade econômica do negócio a partir de métodos de análise econômica de projetos. Através da análise de sensibilidade, foi estabelecido um valor ideal de venda do agregado reciclado para que o negócio se tornasse economicamente viável. O resultado mostrou que para o negócio ser considerado viável sob o ponto de vista econômico, o valor de venda do agregado reciclado deve ser muito elevado se comparado ao valor de mercado e semelhante ao preço do agregado convencional.

**Palavras-chave:** resíduos de construção e demolição; usina de reciclagem; viabilidade econômica.

**Abstract:** Nowadays the construction industry is the main consumer of raw materials and energy and one of the largest generators of waste, contributing significantly to environmental pollution. The recycling plants of construction and demolition waste produce aggregate for reuse in construction and reduce the negative environmental impacts caused by this waste. The aim of this paper is to develop a project for implementation of a recycling plant for construction and demolition waste in the city of Passo Fundo and to determine its economic viability. The work was divided into three stages: the first is the determination of investments, costs and expenses arising from the implementation and operation of the project, the second step aims to produce a layout of the project implementation, and the third step is the analysis of economic viability of the project using methods of economic analysis. Through sensitivity analysis, it was established a perfect sales value of the recycled aggregate to become the business economically viable. The result showed that for business to be considered economically viable, the sales

value of the recycled aggregate should be very high if compared to market value and similar to the price of conventional aggregate.

**Key words:** construction and demolition waste; economic viability; recycling plant.

## 1 Introdução

O setor da construção civil, atualmente, é um dos grandes responsáveis pela disposição de resíduos na natureza, sendo estes depositados irregularmente em rios e vias públicas, poluindo a paisagem urbana e, desta forma, prejudicando o desenvolvimento da sociedade, infraestrutura e qualidade de vida urbana.

Estes fatos existem em cidades de grande e médio porte, como é o caso de Passo Fundo (RS), considerada um polo regional, no qual a construção civil cresce gradativamente gerando um volume cada vez maior de resíduos de construção e demolição, o que se tornou uma problemática ao meio ambiente.

Em razão disso faz-se necessária a implantação de tecnologias alternativas para minimizar os impactos ambientais, por meio do gerenciamento em canteiros de obras e da conscientização ambiental. Uma alternativa possível é a implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição, cujo objetivo, além da diminuição dos impactos ambientais, é a obtenção do agregado proveniente dos resíduos para posterior reutilização na construção civil, na fabricação de peças de concreto para a infraestrutura urbana como elementos de drenagem, guias, sarjetas, blocos pré-moldados.

A implantação de usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição vai ao encontro da Política Nacional de Resíduos Sólidos, cujos objetivos são: a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; a reciclagem dos resíduos sólidos; o estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção de bens e serviços; o incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados, entre outros [1].

O presente artigo tem como objetivo desenvolver um projeto para a implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição no município de Passo Fundo (RS) e verificar sua viabilidade econômica.

## **2 Resíduos de construção e demolição (RCD)**

A construção civil é o setor de produção responsável pela transformação do ambiente natural em ambiente construído. Essa cadeia produtiva é uma das maiores da economia e, conseqüentemente, possui enorme impacto ambiental. É a principal consumidora de matérias primas e energia, uma das maiores geradoras de resíduo e também colabora significativamente na poluição ambiental [2].

Com as demolições decorrentes do processo de renovação urbana e com as novas edificações, cresce gradativamente a geração de resíduos. Segundo dados da Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério das Cidades, no Brasil, são produzidos, aproximadamente, noventa milhões de toneladas/ano de RCD.

Outros pontos considerados são as perdas na construção que colaboram com o aumento do resíduo. Programas de redução de perdas e gestão da qualidade contribuem para reduzir a geração de resíduos e permitem o seu gerenciamento adequado no canteiro de obras. Contudo, a implantação de tecnologias visando à reutilização e à reciclagem desse material é fundamental num processo de gestão adequada, pois a quantidade de resíduos gerada pelas obras de construção, demolição ou reformas continuará a ser significativa mesmo com a implantação de programas de redução de perdas [3].

Os RCD estão entre os mais heterogêneos dentre os resíduos industriais. São constituídos de restos de praticamente todos os materiais e componentes utilizados pela indústria da construção civil, tais como, brita, areia, materiais cerâmicos, argamassas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas e gesso. Sua composição química está vinculada à participação de cada um de seus constituintes [4].

É fundamental um estudo das características físico-químicas e das propriedades dos resíduos, através de ensaios e métodos apropriados. Tais informações dão subsídio para a seleção das possíveis aplicações dos resíduos. A compreensão do processo que leva à geração do resíduo fornece informações imprescindíveis à concepção de uma estratégia de reciclagem com viabilidade no mercado [5].

## 2.1 Classificação dos resíduos segundo a resolução CONAMA nº 307

A resolução CONAMA nº 307 classifica os resíduos em quatro classes que são apresentadas a seguir [6]:

**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 terraplanagem;
- 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 outros;

**III -Classe C** - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

**IV -Classe D** - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

## 3 Avaliação da viabilidade econômica de projetos

A análise de viabilidade econômica busca identificar quais são os benefícios esperados em dado investimento para colocá-los em comparação com os investimentos e custos associados ao mesmo, a fim de verificar a sua viabilidade de implementação. A análise de investimentos compreende não só alternativas

entre dois ou mais investimentos a escolher, mas também a análise de um único investimento com a finalidade de avaliar o interesse na implantação do mesmo [7]. Dentre os vários métodos utilizados para análise de viabilidade de projetos, estão o Método do Valor Presente Líquido e o Método da Taxa Interna de Retorno.

O Método do Valor Presente Líquido (VPL) caracteriza-se, essencialmente, pelo desconto para o valor presente de todos os fluxos de caixa esperados como resultado de uma decisão de investimento [8]. Este método consiste em calcular o valor presente líquido do fluxo de caixa (saldo das entradas e saídas de caixa) do investimento que está sendo analisado, usando a taxa de atratividade do investidor [7]. A viabilidade econômica de um projeto analisado por este método é indicada pela diferença positiva entre receitas e custos, atualizados à determinada taxa de juros [9]. Se o VPL for positivo, a proposta de investimento é atrativa, e quanto maior o VPL, mais atrativa é a proposta.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) de um investimento pode ser definida como a taxa de juros para a qual o valor presente dos recebimentos resultantes do projeto é exatamente igual ao valor presente dos desembolsos, ou seja, é a obtenção de uma taxa de juros que anule o valor presente do fluxo de caixa [8]. A TIR deve ser comparada com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), a qual é determinada pelo investidor, para a conclusão a respeito da aceitação ou não da proposta de investimento. Uma TIR maior que a TMA indica que a proposta de investimento é atrativa.

## **4 Método e materiais**

### **4.1 Local da implantação do empreendimento**

O município de Passo Fundo localiza-se na região norte do Estado do Rio Grande do Sul e conta com uma população aproximada de 180.000 habitantes. No município destaca-se a indústria da construção civil como um dos fatores predominantes em sua economia, tendo como média de área construída no ano de 2005, 180.000m<sup>2</sup>, dados de pesquisa realizada pelo Sinduscon-PF.

## 4.2 Estrutura metodológica

Este trabalho foi desenvolvido em três etapas, conforme fluxograma apresentado na figura 1.

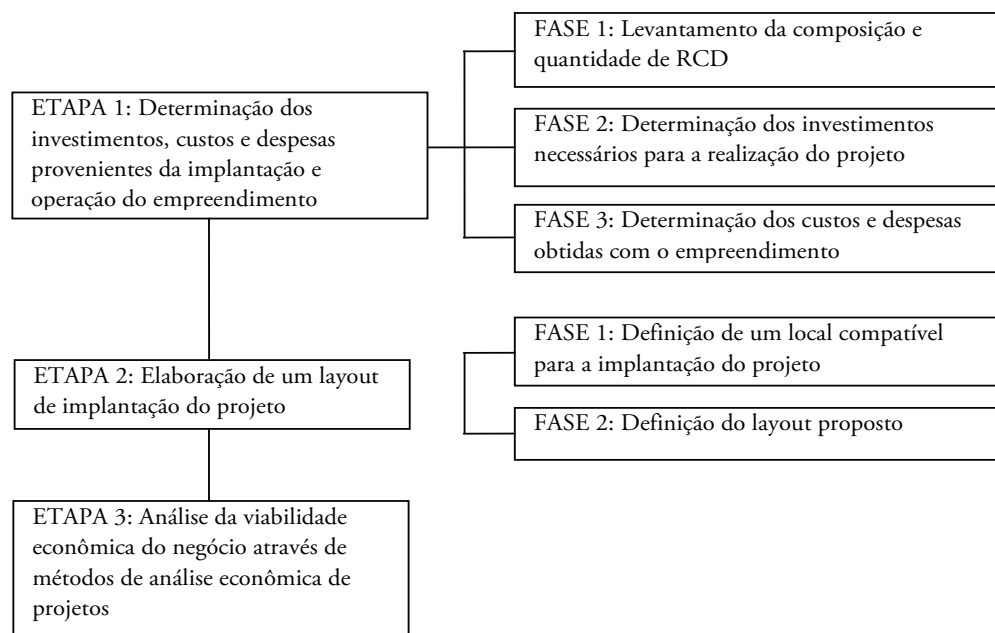


Figura 1. Fluxograma das atividades desenvolvidas

### Etapa 1 - Determinação dos investimentos, custos e despesas provenientes da implantação e operação do empreendimento

Esta etapa foi dividida em três fases.

- Fase 1 - Levantamento da composição e quantidade de RCD.

Na Fase 1 foram levantados dados referentes à composição e quantificação de RCD gerados no município no período de um ano, a partir de dados apresentados por Bernardes [4], e à determinação da quantidade de matéria prima a ser introduzida na usina.

- Fase 2 - Determinação dos investimentos necessários para realização do projeto.

Nesta fase foi realizado um levantamento de preços dos equipamentos e serviços necessários junto a fornecedores, empresas do ramo e trabalhos

desenvolvidos sobre o assunto, com o intuito de se obter um orçamento de preços e estabelecer a melhor e mais viável proposta de investimentos.

- Fase 3 - Determinação dos custos e despesas obtidas com o empreendimento.

Na Fase 3 efetuaram-se pesquisas em usinas já existentes no mercado, por meio de trabalhos sobre o assunto e pesquisas na internet, com a finalidade de se obterem dados sobre os custos, despesas e operações necessárias à implantação do projeto.

### **Etapa 2 - Elaboração de um *layout* de implantação do projeto**

Esta etapa foi dividida em duas fases.

- Fase 1 - Definição de um local compatível para a implantação do projeto.

Efetuaram-se levantamentos de locais que possam ser compatíveis com a implantação do projeto estando este de acordo com as legislações vigentes do município.

- Fase 2 - Definição do layout proposto.

De acordo com os dados obtidos na fase anterior, especificou-se o fluxograma de funcionamento bem como o espaço físico suficiente. A partir disso se propôs o layout do empreendimento.

### **Etapa 3 - Análise da viabilidade econômica do negócio através de métodos de análise econômica de projetos**

Nesta etapa, elaborou-se a análise de viabilidade econômica através de métodos de análise econômica de projetos. O negócio foi analisado sob condições de certeza, calculando-se a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL) e o Valor Presente do Negócio (VPN). Foram utilizadas planilhas Excel como ferramentas para a obtenção dos resultados.



## 5 Resultados

### 5.1 Investimentos, custos e despesas provenientes da implantação e operação do empreendimento

#### 5.1.1 Composição e quantificação dos RCD

São produzidos 32300m<sup>3</sup> de RCD por ano no município [4]. A figura 2 apresenta a composição e quantificação destes resíduos, que são compostos, principalmente, por argamassa (29,7%), tijolos (24,1%) e concreto (13,8%).

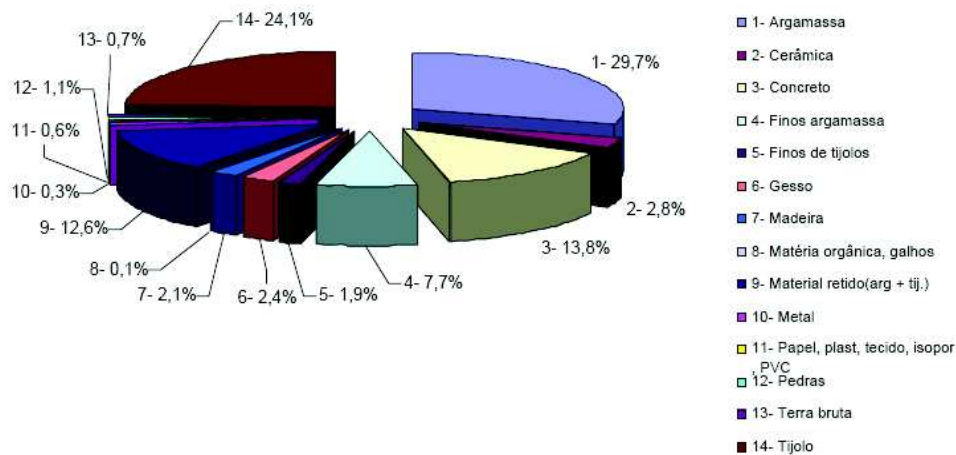


Figura 2. Composição e quantificação dos RCD coletados no município de Passo Fundo [4]

Os RCD chegaram a uma estimativa de geração de, aproximadamente, 198,0 kg/hab/ano, ou seja, 0,55 kg/hab/dia [4].

Após ser introduzido na usina, o RCD deverá passar por um processo de separação e triagem. A partir dos dados obtidos estimou-se um índice de aproveitamento de 76%, ou seja, do total de RCD introduzido na usina, 76% deverão ser aproveitados para posterior reciclagem, sendo o restante, descartado [10].

Este índice permite o cálculo da quantidade de matéria prima processada por hora:

$$MP=0,55 \text{ kg/hab/dia} \times 180.000 \text{ hab.}=99.000 \text{ kg/dia} \times 76 \% = 75,24 \text{ t/dia/8h}=9,40 \text{ t/h}$$

### 5.1.2 Investimentos necessários para implantação do empreendimento

Os investimentos necessários para a implantação da usina de reciclagem de RCD são: aquisição de equipamentos (britador, esteiras, peneiras, calhas vibratórias, entre outros); aquisição de veículos; aquisição do terreno; obras civis (terraplanagem, administração, guarita, barreira vegetal e obras de contenção); e capital de giro próprio [11].

Deverão ser adquiridos os seguintes equipamentos: britador de impacto seminovo com capacidade de carga de 15t/h, alimentador vibratório, calha vibratória, correia tipo bica corrida, guindaste hidráulico de 2t/m dotado de garra, transportador, separador peneira, quadro de comando e outros, além de uma pá-carregadeira articulada, para a função de carga e transporte interno.

As obras civis referem-se à terraplanagem, ao cercamento, à execução das construções, aos sistemas sanitário, hidráulico, elétrico e prevenção de incêndios. Estipulou-se que o terreno deverá ter galpão industrial e administração com área de 390 m<sup>2</sup> a um custo de R\$ 400,00 /m<sup>2</sup> de área construída.

Devido ao fato de a usina de reciclagem tratar-se de um assunto de interesse público, partiu-se da hipótese de doação do terreno pela prefeitura. Portanto não haverá custo de aquisição do terreno.

O capital de giro próprio necessário foi estimado em 0,8% do custo dos equipamentos, veículos e obras civis que se destina ao pagamento de fornecedores e impostos na fase inicial da fabricação do produto, tais como ICMS e PIS/FINSOCIAL [10].

A tabela 1 apresenta os investimentos necessários ao empreendimento.

*Tabela 1. Investimentos necessários para implantação do empreendimento*

DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)
Equipamentos	145.000,00
Veículos Próprios	110.000,00
Obras Civis	156.000,00
Terrenos	0,00
Capital de Giro Próprio	3.160,00
<b>TOTAL DO INVESTIMENTO</b>	<b>414.160,00</b>

### 5.1.3 Custos e despesas previstas com o empreendimento

Os custos e despesas de operação de uma usina de reciclagem de RCD são compostos por quatro itens: mão-de-obra própria para operação da usina (salários, leis sociais, benefícios e EPI's); operação de veículos, máquinas e equipamentos próprios; insumos de produção (água e energia elétrica) e despesas administrativas (mão-de-obra administrativa, telefone e material de consumo).

Será admitido um total de seis funcionários distribuídos em diversos setores da usina; os salários previstos são os praticados na indústria da construção civil para uma jornada de 44 horas semanais e 22 dias mensais. O custo das leis sociais é de 80% sobre os salários. Também estão inclusos os custos de vale-transporte (R\$ 3,10/dia), vale-refeição (R\$ 6,20/dia) e plano de saúde (R\$ 61,00/mês). O custo unitário dos EPI's são os seguintes: calça, R\$ 15,80; jaleco R\$ 15,30; camiseta R\$ 9,00; botina R\$ 26,80; luvas R\$ 4,00; capacete R\$ 5,60; óculos R\$ 6,00; e protetor auricular R\$ 2,30.

O consumo de combustível é de 8 litros/h para a pá carregadeira. O deslocamento varia de acordo com a capacidade de produção da usina e o custo do óleo diesel é de R\$ 1,95/litro. Para a obtenção mais precisa do custo do combustível será admitido que a máquina trabalhe 4 h/dia.

O consumo de água é função da capacidade de produção da usina e foi fornecido por usinas de reciclagem de Belo Horizonte, sendo este valor de 1,0567m<sup>3</sup> para cada tonelada de material processado por mês (75t/m) e o seu custo de valor unitário é R\$ 4,00/m<sup>3</sup>. O consumo de energia elétrica é dado em função do consumo médio estimado pelo britador e dos equipamentos instalados conforme a capacidade de produção da usina, sendo que o seu custo unitário é de R\$ 0,40/kW.hora.

Os custos de telefone e material de consumo foram apropriados conforme levantamento efetuado nas usinas de reciclagem de Belo Horizonte, tendo um custo fixo mensal médio de R\$ 120,00/mês e R\$ 210,00/mês respectivamente.

Os custos e despesas de manutenção de uma usina de reciclagem de RCD são compostos por cinco itens: manutenção preventiva dos equipamentos de britagem; manutenção preventiva de máquinas e veículos próprios; depreciação

de equipamentos; depreciação de máquinas e veículos próprios e depreciação das obras civis [11].

Os custos de manutenção preventiva dos equipamentos de britagem foram calculados com base na mão-de-obra mensal necessária para troca das peças de desgaste, lubrificação e manutenção geral dos equipamentos, conforme levantamento efetivado junto a cinco fabricantes de equipamentos, conforme segue<sup>1</sup>: alimentador vibratório 4,75/dia ; calha vibratória 1,00/dia ; grelha vibratória 5,00/dia; moinho de martelo 10,00/dia; britador de impacto 15,00/dia ; peneiras 4,25/dia; correia transportadora 5,00/dia.

O custo de manutenção preventiva da pá-carregadeira é função das horas trabalhadas por mês e foi obtido por meio de pesquisas a fabricantes. Para uma usina de 10 ton/h, os custos mensais de manutenção preventiva de uma pá-carregadeira são de R\$ 625,00.

O custo de depreciação dos equipamentos de britagem é calculado de forma linear para um período de dez anos para instalações e maquinários, considerando um valor residual de 10% do custo de aquisição [11].

O custo de depreciação das máquinas e veículos próprios é calculado de forma linear para um período de dez anos, considerando um valor residual de 10% do custo de aquisição destas máquinas e veículos [11]. O período de depreciação adotado para veículos de carga foi de dez anos.

O custo de depreciação das obras civis é calculado de forma linear para um período de vinte anos, com porcentagem de depreciação de 3%/ano [11].

O total de custos e despesas mensais do empreendimento pode ser visto na tabela 2.

---

<sup>1</sup>Valores em R\$.

Tabela 2. Total de custos e despesas mensais de operação e manutenção do empreendimento

Custos e despesas de operação		Custos e despesas de manutenção	
Itens	R\$	Itens	R\$
Mão-de-obra de produção	9.968,40	Manutenção preventiva dos equipamentos de britagem	900,00
Operação de veículos, máquinas e equipamentos	1.372,80	Manutenção preventiva das máquinas e veículos	625,00
Insumos de produção	1.110,00	Depreciação de equipamentos	120,80
Despesas administrativas	330,00	Depreciação de máquinas e veículos	91,60
		Depreciação das obras civis	1,45
Total	12.781,20	Total	1.738,85
<b>TOTAL = R\$ 14.520,05</b>			

## 5.2 Elaboração do *layout* de implantação do projeto

### 5.2.1 Definição de um local compatível para a implantação do projeto

Efetuar-se-iam levantamentos de locais que pudessem ser compatíveis com a implantação do projeto, estando estes de acordo com as legislações vigentes no município.

De acordo com o plano diretor, a usina de reciclagem de RCD se enquadra na atividade industrial de serviços de usinagem, e seu uso é compatível (C) com a área de produção urbana na Zona Industrial (ZI). A figura 3 mostra o local de implantação da usina de acordo com as zonas urbanas localizadas no mapa do município.

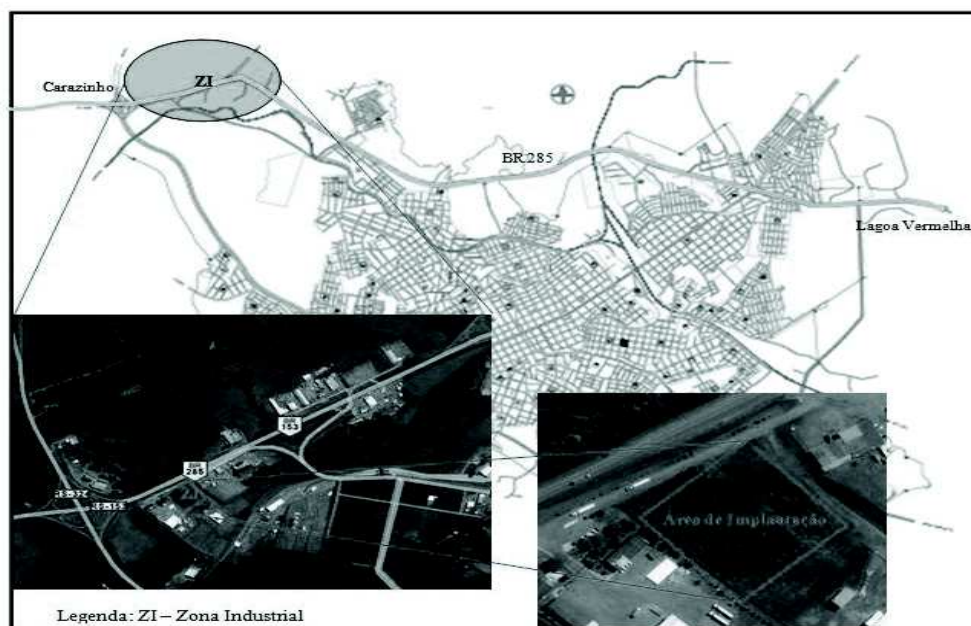


Figura 3. Área de implantação da usina de reciclagem de RCD

Fonte: adaptado de Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2005) e Google Earth (2006)

### 5.2.2 Definição do *layout* proposto

Para a implantação da usina de reciclagem de RCD com capacidade de reciclagem de 10t/h, foi estabelecida uma área útil de 6000m<sup>2</sup>, tendo capacidade de armazenagem do material reciclado equivalente a uma semana. O *layout* da usina pode ser visto na figura 4.

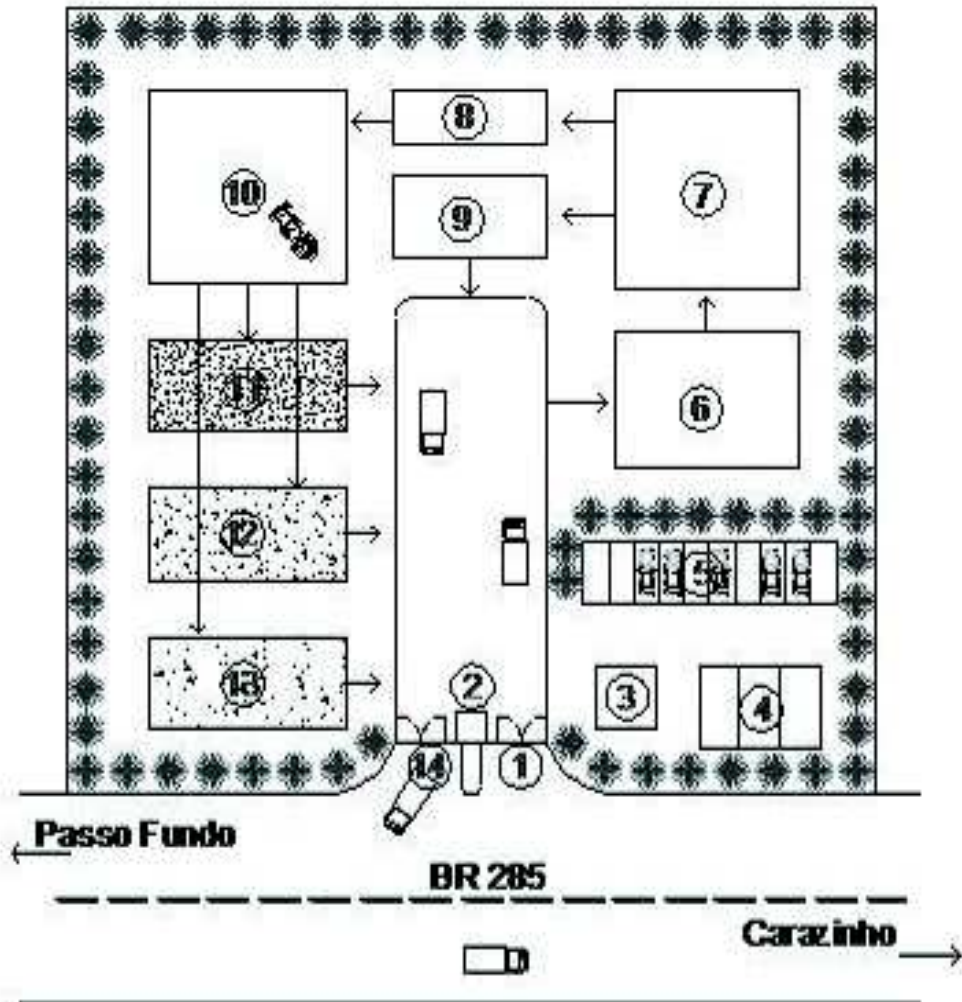


Figura 4. Layout proposto

Legenda:

- 1 – Acesso ou entrada;
- 2 – Portaria (área: 4m<sup>2</sup>);
- 3 - Administração (recepção e escritórios – área: 36m<sup>2</sup>);
- 4 – Garagem para veículos da usina (área: 72m<sup>2</sup>);
- 5 – Estacionamento para funcionários e clientes (área: 125m<sup>2</sup>);
- 6 – Pátio de recepção do RCD (capacidade 500m<sup>3</sup>);
- 7 – Galpão de triagem (área: 350m<sup>2</sup>);
- 8 – Armazenagem do resíduo aproveitado (capacidade: 250m<sup>3</sup>);

- 9 – Armazenagem do resíduo descartado (capacidade: 400m<sup>3</sup>)
- 10 – Britador (área: 300m<sup>2</sup>);
- 11 – Armazenagem do agregado Nº 01 (capacidade: 250m<sup>3</sup>);
- 12 – Armazenagem do agregado Nº 02 (capacidade: 250m<sup>3</sup>);
- 13 – Armazenagem do agregado Nº 03 (capacidade: 250m<sup>3</sup>);
- 14 – Saída;
- Barreira de vegetação para controle de poeira e ruídos;

### **5.3 Análise da viabilidade econômica do empreendimento**

Os seguintes valores foram considerados para a análise da viabilidade econômica do empreendimento;

1) Custos:

- Custos e despesas anuais de operação: R\$ 174.240,60;
- Seguros: 2% sobre as construções, equipamentos e instalações;
- Impostos: Para a obtenção dos impostos foi feita uma consulta a contadores da região e admitido os valores de acordo com o faturamento anual de cada cenário;

2) Implantação:

- Prazo de análise: dez anos;
- Dias de operação no ano: 264 dias;
- TMA ( Taxa Mínima de Atratividade ): 7% a.a.;

3) Financiamento:

- Percentual financiado: 60% sobre o investimento fixo ( menos terreno );
- Taxa de juros: 8% a.a.;
- Carência: dois anos;
- Amortização: cinco anos;

4) Outros:

- Depreciação de construções: 25 anos;
- Depreciação de equipamentos e instalações: dez anos;



- IR/CSSLL (imposto de renda e contribuição social sobre lucro líquido): 32%;
- Valor residual do investimento fixo: R\$ 103.000,00 (50% sobre as construções e 10% sobre os equipamentos).

Realizou-se uma análise de sensibilidade do negócio para que o mesmo se tornasse economicamente viável. Para a obtenção dos resultados foram realizadas várias tentativas de valores por metro cúbico do agregado reciclado. Chegou-se ao valor de venda de R\$ 20,00m<sup>3</sup>, sendo este o valor que tornou o negócio viável.

Para a realização dos cálculos do faturamento, admitiu-se que a usina trabalhe com 80% da sua capacidade no primeiro ano, 90% no segundo e 100% a partir do terceiro ano.

O faturamento anual da usina a partir do terceiro ano é: 08 h/d x 10 t/h (quantidade de matéria prima introduzida na usina) = 80 t/d x 22 dias = 1.760 t/mês / 1,6 t ( 1 m<sup>3</sup> = 1,6 t ) = 1.100 m<sup>3</sup>/mês x R\$ 20,00 m<sup>3</sup> = R\$ 22.000,00 mês x 12 meses/ano = R\$ 264.000,00 ano.

A tabela 5 mostra o programa anual de vendas de 1 a 10 anos.

*Tabela 5. Programa anual de vendas*

<b>Descrição</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Anos 3 a 10</b>
Quantidade vendida	10.560	11.880	13.200
Preço	20,00	20,00	20,00
Receita de vendas	211.200,00	237.600,00	264.000,00
IPI	21.120,00	23.760,00	26.400,00
Receita bruta	232.320,00	261.360,00	290.400,00

A tabela 6 mostra os custos operacionais anuais de um a dez anos.

*Tabela 6. Custos operacionais anuais (em R\$)*

<b>Descrição</b>	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Anos 3 a 10</b>
1. Custo variável de produção			
1.1 Energia elétrica	7.603,00	8.554,00	9.504,00
1.2 Água industrial	3.053,00	3.434,00	3.816,00
1.3 Combustível	13.179,00	14.826,00	16.474,00
Total Parcial	23.835,00	26.814,00	29.794,00
2. Custo fixo de produção			
2.1 Mão-de-obra + Encargos	119.621,00	119.621,00	119.621,00
2.2 Seguro	8.283,00	8.283,00	8.283,00
2.3 Manutenção	7.500,00	7.500,00	7.500,00
Total Parcial	135.404,00	135.404,00	135.404,00
<b>Custo de Produção</b>	<b>159.239,00</b>	<b>162.218,00</b>	165.197,00
3. Despesa geral fixa			
3.1 Despesas administrativas	3.960,00	3.960,00	3.960,00
4. Impostos sobre o faturamento			
4.1 IPI	5.069,00	5.702,00	6.336,00
4.2 PIS/FINSOCIAL	1.056,00	1.188,00	1.320,00
4.3 ICMS	9.293,00	10.454,00	11.616,00
Total parcial	15.418,00	17.345,00	19.272,00
<b>Custo global</b>	<b>178.616,00</b>	<b>183.523,00</b>	<b>188.429,00</b>

A tabela 7 mostra o capital de giro a plena produção.

Tabela 7. Capital de giro a plena produção (em R\$)

Descrição	Ano 3 (projeção)
1. Necessidades	
1.1 Caixa	10.000,00
1.2 Financiamento das vendas	21.412,00
1.3 Estoque	
Produtos em elaboração	626,00
Produtos acabados	1.877,00
Peças e materiais de reposição	426,00
Total das necessidades	34.342,00
2. Recursos	
2.1 Fornecedores	852,00
2.2 ICMS	1.320,00
2.3 PIS/FINSOCIAL	150,00
Total dos recursos	2.322,00
Capital de giro próprio	<b>32.019,00</b>

A tabela 8 mostra a depreciação anual de um a dez anos.

Tabela 8. Depreciação (em R\$)

Ano	Depreciação	Valor contábil
1	31.740,00	
2	31.740,00	
3	31.740,00	
4	31.740,00	
5	31.740,00	
6	31.740,00	
7	31.740,00	
8	31.740,00	
9	31.740,00	
10	31.740,00	93.600,00

A tabela 9 mostra o quadro de financiamento

Tabela 9. Quadro de financiamento (em R\$)

Ano	Saldo devedor	Amortização	Juros
0	246.600,00		
1	246.600,00		19.728,00
2	246.600,00	30.825,00	19.728,00
3	215.775,00	30.825,00	19.728,00
4	184.950,00	30.825,00	17.262,00
5	154.125,00	30.825,00	14.796,00
6	123.300,00	30.825,00	12.330,00
7	92.475,00	30.825,00	9.864,00
8	61.650,00	30.825,00	7.398,00
9	30.825,00	30.825,00	4.932,00
10	0,00	30.825,00	2.466,00

O quadro 1 mostra o fluxo financeiro do acionista.

Quadro 1. Fluxo financeiro do acionista (em R\$)

Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta		232.320	261.360	290.400	290.400	290.400	290.400	290.400	290.400	290.400	290.400
(-) Impostos Prop. Vendas		15.418	17.345	19.272	19.272	19.272	19.272	19.272	19.272	19.272	19.272
<b>Receita Líquida</b>		<b>216.902</b>	<b>244.015</b>	<b>271.128</b>	<b>271.128</b>	<b>271.128</b>	<b>271.128</b>	<b>271.128</b>	<b>271.128</b>	<b>271.128</b>	<b>271.128</b>
Custo Var. Prod.		23.835	26.814	29.794	29.794	29.794	29.794	29.794	29.794	29.794	29.794
Custo Fixo Prod.		135.404	135.404	135.404	135.404	135.404	135.404	135.404	135.404	135.404	135.404
<b>Lucro Bruto</b>		<b>57.664</b>	<b>81.797</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>
Desp. Ger. Var.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desp. Ger. Fixas		3.960	3.960	3.960	3.960	3.960	3.960	3.960	3.960	3.960	3.960
<b>Lucro Líq. com IR</b>		<b>53.704</b>	<b>77.837</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>
Depreciação		31.740	31.740	31.740	31.740	31.740	31.740	31.740	31.740	31.740	125.340
Despesas Finan.		19.728	19.728	19.728	17.262	14.796	12.330	9.864	7.398	4.932	2.466
<b>Lucro Operacional</b>		<b>2.236</b>	<b>26.369</b>	<b>50.503</b>	<b>52.969</b>	<b>55.435</b>	<b>57.901</b>	<b>60.367</b>	<b>62.833</b>	<b>65.299</b>	<b>-25.835</b>
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	41100
<b>Lucro Antes IR</b>		<b>2.236</b>	<b>26.369</b>	<b>50.503</b>	<b>52.969</b>	<b>55.435</b>	<b>57.901</b>	<b>60.367</b>	<b>62.833</b>	<b>65.299</b>	<b>15.265</b>
IR/Contrib. Social		783	9.229	17.676	18.539	19.402	20.265	21.128	21.991	22.855	5.343
<b>Lucro Líq. Após IR</b>		<b>52.921</b>	<b>68.608</b>	<b>84.295</b>	<b>83.432</b>	<b>82.568</b>	<b>81.705</b>	<b>80.842</b>	<b>79.979</b>	<b>79.116</b>	<b>96.628</b>
(-) Amortização		0	0	30.825	30.825	30.825	30.825	30.825	30.825	30.825	30.825
(-) Investimentos		-414.160									
(*) Liber. Financiam.		246.600									
(+) Valor Residual											103.000
<b>Fluxo de Caixa Acion.</b>		<b>-167.560</b>	<b>52.921</b>	<b>68.608</b>	<b>53.470</b>	<b>52.607</b>	<b>51.743</b>	<b>50.880</b>	<b>50.017</b>	<b>49.154</b>	<b>48.291</b>

TIR do Empreendimento = 32,43%  
 VPL do Empreendimento = R\$268.235,06  
 Valor Presente do negócio = R\$435.795,06

TMA= 7%

O quadro 2 mostra o fluxo financeiro do empreendimento.

Quadro 2. Fluxo financeiro do empreendimento (R\$)

Descrição	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Receita Bruta		232.320	261.360	290.400	290.400	290.400	290.400	290.400	290.400	290.400	290.400
(-) Impostos Prop. Vendas		15.418	17.345	19.272	19.272	19.272	19.272	19.272	19.272	19.272	19.272
Receita Líquida		216.902	244.015	271.128	271.128	271.128	271.128	271.128	271.128	271.128	271.128
(-) Custo Var. Prod.		23.835	26.814	29.794	29.794	29.794	29.794	29.794	29.794	29.794	29.794
(-) Custo Fixo Prod.		135.404	135.404	135.404	135.404	135.404	135.404	135.404	135.404	135.404	135.404
<b>Lucro Bruto</b>		<b>57.664</b>	<b>81.797</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>	<b>105.931</b>
Desp. Ger. Var.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desp. Ger. Fixas		3.960	3.960	3.960	3.960	3.960	3.960	3.960	3.960	3.960	3.960
<b>Lucro Líq. com IR</b>		<b>53.704</b>	<b>77.837</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>	<b>101.971</b>
Depreciação		31.740	31.740	31.740	31.740	31.740	31.740	31.740	31.740	31.740	125.340
<b>Lucro Operacional</b>		<b>21.964</b>	<b>46.097</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>-23.369</b>
(+) Resultado venda ativo		0	0	0	0	0	0	0	0	0	41100
<b>Lucro Antes IR</b>		<b>21.964</b>	<b>46.097</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>70.231</b>	<b>17.731</b>
IR/CCSLL		7.687	16.134	24.581	24.581	24.581	24.581	24.581	24.581	24.581	6.206
<b>Lucro Líq. Após IR</b>		<b>14.277</b>	<b>29.963</b>	<b>45.650</b>	<b>45.650</b>	<b>45.650</b>	<b>45.650</b>	<b>45.650</b>	<b>45.650</b>	<b>45.650</b>	<b>11.525</b>
(-) Investimentos		-414.160									
(*) Valor Residual											103.000
Fluxo de Caixa Empr.		-414.160	46.016	61.703	77.390	77.390	77.390	77.390	77.390	77.390	198.765

TIR do Empreendimento = 13,08%

TMA = 7%

VPL do Empreendimento = R\$148.072,69

Valor Presente do negócio = R\$562.232,69

De acordo com os quadros 1 e 2, os valores de VPL e Valor Presente do Negócio mostraram-se positivos e o valor da TIR foi igual a 32,43% e 13,08%, respectivamente. Como a TMA é de 7%, (TMA < TIR), sob o ponto de vista econômico e financeiro, o empreendimento é viável.

## 6 Conclusão

Os resultados mostram que, para o empreendimento ser considerado viável sob o ponto de vista econômico, o valor de venda do agregado reciclado deve ser de R\$ 20,00/ m<sup>3</sup>, sendo este um valor muito elevado se comparado aos valores de mercado, que variam entre R\$ 8,50 a R\$ 15,00/ m<sup>3</sup>, e também elevado se comparado ao agregado graúdo convencional que possui um preço de custo de aproximadamente R\$ 21,00/ m<sup>3</sup> e não possui restrições de uso.

Conclui-se que o empreendimento é inviável sob o ponto de vista econômico e de mercado, mas sob o ponto de vista ambiental é uma ótima opção para a redução dos resíduos da construção e demolição, diminuindo assim possíveis impactos ambientais causados por estes resíduos.

As usinas de reciclagem de RCD são interessantes para as Prefeituras, pois os custos de implantação e operação são compensados pela redução da necessidade de coleta e deposição do resíduo depositado ilegalmente e pela substituição de agregados naturais para consumo nas obras da municipalidade pelo agregado

reciclado. Um bom exemplo é a cidade de Belo Horizonte, onde as três usinas de reciclagem de RCD, cuja capacidade de britagem atende a quase toda produção de RCD da cidade, têm apresentado desempenho satisfatório colocando a cidade em destaque nacional. Os materiais produzidos têm sido utilizados na pavimentação de vias e na urbanização de vilas, além de serem empregados na construção de blocos para alvenaria e produção de argamassa e concretos para construção de sarjetas e pisos [12].

## 7 Referências

- [1] BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Presidência da República. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm)>. Acesso em: 20 ago. 2010.
- [2] JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. Tese (Livre Docência) – Departamento de Engenharia de Construção Civil – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- [3] ZORDAN, S. E. A Utilização do Entulho como Agregado na Confecção do Concreto. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 1997.
- [4] BERNARDES, A.. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição na cidade de Passo Fundo. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Passo Fundo, 2006.
- [5] ANGULO, S. C.; ULSEN, C.; KAHN, H.; JOHN, V. M. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. São Paulo: Ibracon, 2002.
- [6] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 307 de 05 de julho de 2002. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>>. Acesso em: 14 set. 2009.

- [7] VERAS, L. L. Matemática financeira: uso de calculadoras financeiras, aplicações ao mercado financeiro, introdução à engenharia econômica, 300 exercícios resolvidos e propostos com respostas. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- [8] FLEISCHER, G. A. Teoria da aplicação do capital: um estudo das decisões de investimento. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.
- [9] REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Análise econômica e social de projetos florestais: matemática financeira, formulação de projetos, avaliação de projetos, localização de projetos, análise de custo-benefício. Viçosa: Ed. UFV, 1993.
- [10] MACULAN, L. S.; MARTINS, S. M.; PANDOLFO, A.. Análise de viabilidade econômica na implantação de um centro de reciclagem de resíduos no município de Passo Fundo - RS. 2008. ENSUS 2008 – Universidade de Passo Fundo. 2008.
- [11] JADOVSKI, I.; MASUERO, A.. Estudo dos custos de implantação, operação, e manutenção de usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição. 2006. ENTAC 2006 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006.
- [12] CATAPRETA, C. A. A.; PEREIRA, J. C.; ALMEIDA, A. H. Avaliação do desempenho das usinas de reciclagem de resíduos de construção civil de Belo Horizonte, Brasil. XXXI Congreso Interamericano AIDIS. Santiago, 2008.