



## Viabilidade econômica da aquisição de um equipamento de reciclagem de resíduos de construção e demolição em canteiros de obras

**Alana Tebaldi Annes<sup>1</sup>; Adalberto Pandolfo<sup>2</sup>; Ritielli Berticelli<sup>3</sup>; Pâmela Bia Pasquali<sup>4</sup>;  
Aline Pimentel Gomes<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Universidade de Passo Fundo (alana\_anne@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade de Passo Fundo (adalbertopandolfo@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade de Passo Fundo (ritiberticelli@gmail.com)

<sup>4</sup> Universidade de Passo Fundo (pbp.pasquali@hotmail.com)

<sup>5</sup> Universidade de Passo Fundo (alinegomes1977@hotmail.com)

### Resumo

A construção civil gera grandes volumes de resíduos que na maioria das vezes são depositados em encostas de rios, vias e logradouros públicos, criando locais de deposições irregulares nos municípios. Os resíduos dispostos inadequadamente poluem o solo, degradam paisagens e constituem uma ameaça à saúde pública, além disso, a falta de fiscalização e interesse público contribuem para o agravamento dos problemas ambientais. Reciclar esses resíduos diminui o impacto ambiental, gera emprego e renda. O objetivo deste trabalho foi avaliar viabilidade econômica da aquisição de um equipamento de reciclagem de resíduos da construção e demolição (RCD) por uma construtora de médio porte. O equipamento escolhido foi o ANVI 500, que transforma o RCD em agregado miúdo para uso em argamassa no canteiro de obra. O equipamento torna-se viável quando a produção de entulho gerado no canteiro de obras é elevada, assim a construtora terá o retorno financeiro em menor tempo.

Palavras-chave: RCD. Reciclagem de RCD. Viabilidade econômica.

Área Temática: Economia e Meio Ambiente

## Economic viability of the acquisition of a construction and demolition waste recycling equipment at construction sites

### Abstract

*Civil construction generates large volumes of waste that are often deposited on slopes of rivers, roads and public places, creating areas of irregular depositions in the municipalities. Improperly disposed waste pollutes the soil, degrades landscapes and threatens public health, furthermore the lack of inspection and public interest contribute to the aggravation of environmental problems. Recycling these wastes reduces the environmental impact, generates employment and income. The objective of this work was to evaluate the economic viability of the acquisition of a construction and demolition waste (C&D waste) recycling equipment by a medium-sized construction company. The equipment chosen was ANVI 500, that transforms the C&D waste into small aggregate for use in mortar at the construction site. The equipment becomes viable when the production of waste generated at site construction is high, so the company will have the financial return earlier.*

*Key words: C&D Waste. Recycling of C&D waste. Economic viability.*

*Theme Area: Economy and Environment or Environmental Technologies*



## 1 Introdução

A construção civil e todas as atividades envolvidas têm potencial para a geração de resíduos sólidos da construção civil e de demolição (RCD). Os descartes ilegais e precários nas cidades brasileiras geram vários problemas ambientais, sociais e econômicos.

Quanto maior a quantidade de resíduo gerado, mais complicado fica o gerenciamento dele. Esses dados tornam a indústria da construção civil a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente (JOHN, 2002).

As soluções tecnológicas para a reciclagem de RCD variam em função do tipo de resíduo a ser tratado. A resolução CONAMA 307 (CONAMA 307, 2002) define, que os resíduos de Classe A são resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregado, tais como tijolos, blocos, telhas, placas de revestimentos, argamassa, concreto entre outros.

À frente de um tema muito importante, e do impacto ambiental que o RCD traz, este trabalho tem como objetivo avaliar a implantação de um equipamento que reutiliza resíduos sólidos da construção civil e demolição como agregado na produção de argamassa no canteiro de obras, bem como estudar a viabilidade econômica na implantação do equipamento em uma construtora de porte médio na cidade de Passo Fundo-RS.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Descrição da empresa

A construtora escolhida é de médio porte, está no ramo desde 1975, já construiu mais de 60 prédios comerciais e residenciais, superando 250.000m<sup>2</sup> de área construída. Paralelo à sua atuação no setor da construção civil, a empresa desenvolveu intensa atividade no setor da urbanização, tendo implantado diversos loteamento da cidade de Passo Fundo e Cruz Alta. Recentemente concluiu a urbanização de um bairro que possui área de 92 hectares, que constitui hoje o mais moderno bairro da cidade e atualmente dedica-se a construção de diversos prédios na zona central de Passo Fundo.

A empresa é certificada na norma internacional ISO 9001 e também pelo INMETRO no programa Brasileira de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) com nível A.

### 2.2 Descrição da obra

A obra está sendo construída no centro da cidade de Passo Fundo, é um edifício comercial e residencial multifamiliar, composto de 15 pavimentos e uma área total de 6.223,65 m<sup>2</sup>.

### 2.3 Procedimento metodológico

O trabalho foi realizado seguindo as três fases, conforme a Figura 1.



Figura 1 - Fluxograma das atividades



Fonte: Próprio autor, 2015.

### Fase 1 - Estudos dos equipamentos

Foi realizada uma pesquisa na internet dos equipamentos que reutilizam RCD como agregado na produção de argamassa no canteiro de obra. Encontrou-se certa dificuldade e inexistência de equipamentos no Brasil, após a escolha foi realizado um estudo sobre as características da argamassa produzida.

### Fase 2 - Escolha do equipamento

O critério de escolha do equipamento foi seu tamanho, para poder ser instalado no canteiro de obra e não ocupar muito espaço. Também foi realizada a escolha da obra onde seria implantado o equipamento, o critério foi uma edificação de múltiplos pavimentos e de uma construtora de médio porte da cidade, foi estudado a geração de resíduos da edificação para implantar o equipamento.

### Fase 3 - Estudo da viabilidade econômica

Foi realizada a análise econômica da aquisição do equipamento de reciclagem de RCD pelos métodos de análise econômica de projetos, tais como de Payback simples e descontado, VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno).

O Payback simples foi calculado pelo investimento inicial até o momento no qual o ganho acumulado se iguala ao valor do investimento, informando a quantidade de períodos de retorno do investimento. Pela seguinte fórmula:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Invest.Inicial}}{\sum FC_{\text{Ano}}} \quad (1)$$

Já o Payback descontado foi calculado pelo período de tempo necessário para recuperar os investimentos, aplicando a taxa mínima de atratividade para descontar o fluxo de caixa gerado pelo projeto, ou seja, considera uma taxa de juros para trazer o fluxo de caixa o valor presente.

O VPL (valor presente líquido) foi calculado pela seguinte equação:

$$VPL = I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

E para determinar a TIR (Taxa interna de Retorno) fez-se uso da fórmula:

$$0 = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} \quad (3)$$

## 3 Resultados e Discussões

### 3.1 Equipamento

O equipamento escolhido foi o ANVI500, conforme a Figura 2, que a tecnologia permite a reutilização do RCD por moagem. É um moinho e misturador de argamassa, que são utilizados na execução de alvenaria, revestimentos e enchimento de pisos. Proporciona



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

economia de mão de obra, cimento, areia, cal e despesas de descarte de entulho. O equipamento pode ser utilizado também para efetuar apenas a moagem do entulho.

Figura 2 - Moinho Misturador



Fonte: ANVI, 2015.

A economia proporcionada pelo equipamento segundo fabricante é cerca de 30% de mão de obra, 50% do cimento, 40% de areia, 80% de cal e 97% das despesas do “bota fora” de entulho.

As matérias primas utilizadas para a produção da argamassa são: cimento, areia, água e entulho (blocos cerâmicos, concretos quebrados, tijolos e restos de argamassa).

### 3.1.1 Características Técnicas

O funcionamento do ANVI 500 se dá dentro de uma caçamba de piso horizontal, dois rolos moedor-misturadores giram em torno de um eixo central vertical, puxados por manivelas de eixo duplos que lhes permitem elevar-se por cima do entulho, moendo-o. Obtém-se assim um material excelente, transformando em argamassa.

A descarga da argamassa, pronta para usar, dá-se por uma comporta no piso da caçamba, com o moinho em funcionamento. As informações técnicas quanto à capacidade, dimensões e produção do equipamento estão expostas na figura abaixo:

Figura 3 - Características Técnicas ANVI500

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Capacidade da caçamba	500 litros de argamassa 2m <sup>3</sup> /hora
Produção	2m <sup>3</sup> /hora
Dimensões	Comprimento: 2,75 m Largura: 1,90 m Altura: 1,50m
Peso Líquido Aproximado	2.500 Kg
Rolos Moedores/Misturadores	Ø 80 cm x 25 cm (larg) x 600 Kg cada um
Motor Elétrico blindado	7,5 hp - 220/380 volts- Trifásico

Fonte: ANVI, 2015

### 3.2 Quantidade de RCD da obra

Foi calculada a média de entulho gerado do início da obra, de agosto de 2013 até setembro de 2015, pois nos primeiros meses não houve geração de entulho na obra. A média



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

foi de 2 cargas de 5m<sup>3</sup> de entulho por mês, sabendo que esse entulho são restos de: blocos cerâmicos, concretos quebrados, tijolos e restos de argamassa.

### 3.3 Preços

Foi feita uma pesquisa na cidade de Passo Fundo para todos os componentes que vão envolver a argamassa feita pelo equipamento. Os componentes são: entulho, cimento, areia, água, energia e mão de obra.

Os preços dos materiais cimento e areia foram pesquisados no dia 03 de novembro de 2015. Os valores fornecidos pela loja, apresentados na Tabela 1, são para o saco de cimento de 50 Kg do tipo CPI II e para o m<sup>3</sup> de areia.

Tabela 1 - Preço dos materiais

#### **PREÇO JR (3/11)**

<b>Cimento (CPI II)</b>	R\$	27,00
<b>Areia Industrial</b>	R\$	50,00

Fonte: Próprio Autor, 2015.

O valor da energia elétrica foi retirado do site da Aneel, onde obteve um valor de R\$0,4468 KW/h.

A mão de obra considerada foi de um servente em um período de 2 horas, o custo do servente por mês é de R\$1.058,00 mais os encargos sociais de 115,67% conforme o SINAPI.

Para o valor da água, adotou-se o maior valor do m<sup>3</sup> da Corsan que foi de R\$5,00.

Foi considerado que não haverá gastos com tele entulho. Atualmente a empresa tem um gasto de R\$150,00 para cada caçamba de tele entulho de 5m<sup>3</sup>.

O preço do 1 m<sup>3</sup> de argamassa, levando em consideração o traço e todas as características apresentadas acima está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Preço da argamassa para 1 m<sup>3</sup>

#### **PREÇO PARA 1m<sup>3</sup>**

<b>Cimento</b>	R\$	108,00
<b>Areia</b>	R\$	48,00
<b>Água</b>	R\$	1,20
<b>Energia Elétrica</b>	R\$	2,50
<b>Economia Tele Entulho</b>	R\$	-10,80
<b>Servente</b>	R\$	41,49
<b>TOTAL</b>	<b>R\$</b>	<b>190,39</b>

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Este valor será comparado com o preço que a empresa paga para a argamassa já industrializada que é de R\$300,00 cada m<sup>3</sup>, incluída a mão de obra. A diferença entre o preço da argamassa com agregado miúdo de RCD e da argamassa industrializada é de 36,57% para 1m<sup>3</sup>.

O equipamento é adquirido pelo valor de R\$55.290,00, conforme e-mail recebido pelo fabricante.

Para a obtenção de resultados, foram adotados todos o preço à vista e também foi considerado um valor para manutenção do equipamento de 20% o valor da compra do



equipamento: R\$11.058,00 por ano. A taxa mínima de atratividade considerada nos cálculos é de 8% ao ano.

### 3.4 Viabilidade econômica para uma caçamba

A análise da viabilidade econômica será para uma produção menor, com apenas 1 caçamba por mês, ou seja, 5m<sup>3</sup> de entulho, que vão gerar 13,89m<sup>3</sup> de argamassa por mês. Subtraindo o valor da argamassa feita com RCD do valor da argamassa industrializada tem-se uma economia de R\$109,61 por m<sup>3</sup>, ou seja, R\$1.522,00 por mês e por ano R\$18.262,82. Subtraindo o valor da manutenção, a empresa terá um lucro anual de R\$7.210,82.

Foi analisado o investimento para o período de 13 anos.

Os resultamos mostram uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 8,55%, um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$1.702,72, o Payback Simples de 7 anos e 8 meses e o Payback Descontado é de 12 ano e 4 meses, ou seja, a partir do décimo segundo ano a empresa retorna o valor investido no equipamento.

### 3.5 Viabilidade econômica para duas caçambas

Considerando que a obra terá uma produção de 10m<sup>3</sup> de entulho por mês, ou seja, 2 caçamba de entulho, que vão gerar 27,78m<sup>3</sup> de argamassa por mês. Subtraindo o valor da argamassa feita com RCD do valor da argamassa industrializada tem-se uma economia de R\$109,61 por m<sup>3</sup>, ou seja, R\$3.044,80 por mês e por ano R\$36.537,64. Subtraindo o valor da manutenção, a empresa terá um lucro anual de R\$25.479,64.

Foi analisado o investimento para o período de 3 anos.

Os resultamos mostram uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 18,12%, um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$10.373,52, o Payback Simples de 2 anos e 2 meses e o Payback Descontado é de 2 ano e 5 meses, ou seja, a partir deste tempo a empresa retorna o valor investido no equipamento.

## 4 Conclusões

Os impactos ambientais, sociais e econômicos gerados pelo grande volume excessivo de entulho e o seu descarte inadequado impõem a necessidade de soluções rápidas e eficazes para sua gestão adequada.

A construção civil está reduzindo o estoque de recursos minerais, e muitas vezes poluindo o meio ambiente. Assim, reciclando os resíduos da construção e demolição tem-se: Preservação de recursos naturais com a substituição destes por resíduos, prolongando a vida útil das reservas naturais e reduzindo o impacto ambiental; Redução da necessidade de áreas para aterro, devido à diminuição do volume de resíduos a serem depositados; Redução no gasto de energia, seja com transporte, gestão de aterro e com nova produção de um novo bem; Geração de novos empregos: surgimento de novas indústrias; Redução da poluição emitida com a fabricação de novos produtos; Aumento da durabilidade da construção.

Foi feita uma pesquisa dos preços dos materiais utilizados na fabricação de argamassa na cidade de Passo Fundo e preços da argamassa industrializada que a construtora escolhida paga no mercado.

Se a geração de RCD na obra for de uma caçamba por mês, os resultados mostraram que a aquisição do equipamento ANVI 500 é viável, a construtora terá uma rentabilidade de 8,55% ao ano e o Payback Descontado será de doze anos e quatro meses.

Se a geração de RCD na obra for de duas caçambas por mês, a rentabilidade aumenta para 18,12% ao ano e o Payback Descontado reduz para 2 anos e 5 meses.



## 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

Conclui-se que uma maior produção de entulho na obra aumenta a rentabilidade do investimento, considerando a capacidade máxima de produção do equipamento.

### Referências

ANVI, **Projetores e misturadores de argamassa.** Disponível em: <<http://www.anvi.com.br/>>. Acesso em: 05 out. 2015.

Ministério do Meio Ambiente. Resolução **CONAMA nº 307** de 2002. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>, acesso em: 10 agosto. 2015.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) – USP, São Paulo, 2002.