

# LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: uma análise de viabilidade econômica<sup>12</sup>

Fábio Ricardo dos Santos<sup>3</sup>  
Ricardo Bertoni Pompeu<sup>4</sup> (Orientador)

## RESUMO

O impacto ambiental produzido pela atividade da Construção Civil vem despertando atenção em decorrência da grande quantidade de resíduos gerados e no acelerado crescimento das cidades. É importante dizer que este resíduo é o equivalente a duas vezes em massa ao dos resíduos domiciliares. As Usinas de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC) produzem agregado reciclado com variada composição material que poderão ser reaplicados em argamassas e concretos não estruturais. Neste trabalho, foram feitos estudos com a finalidade de avaliar a viabilidade de implantação de uma Usina de RCC na cidade de Santa Bárbara d'Oeste/SP utilizando os métodos de análise do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Tempo de Retorno do Capital (TRC) e o método de simulação de Monte Carlo. O VPL ficou em R\$ 10.589.752,40 (dez milhões quinhentos e oitenta e nove mil setecentos e cinquenta e dois reais e quarenta centavos) considerando um horizonte de vinte anos. Nesta mesma situação a TIR atingiu uma taxa de 24% e o TRC foi de aproximadamente seis anos. Para uma simulação de Monte Carlo foi possível propor uma variação máxima no preço dos resíduos que entram e também dos agregados que são vendidos. Contudo, o trabalho comprova a viabilidade do empreendimento e servirá como elemento norteador na gestão de resíduos da construção civil.

Palavras-chave: Logística Reversa; Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil; Viabilidade Econômica.

## ABSTRACT

The environmental impact produced by the construction activity is arousing attention due to the large amount of waste generated and the accelerated growth of cities. It is important to emphasize that this residue is the equivalent of twice the mass of household waste. The plants of the construction waste recycling (CWR) produce recycled aggregate with varied material composition that can be reapplied in non-structural mortars and concretes. In this work, studies were conducted to assess the feasibility of deploying a CWR plant in the city of Santa Barbara d'Oeste. Pusing the methods of analysis of Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Return on Capital Time (RCT) and the Monte Carlo simulation method. NPV was R\$10,589,752 (ten million five hundred eighty-nine thousand seven hundred fifty-two dollars and forty cents) where as a horizon of twenty years. In this same situation the IRR reached a rate of 24% and the turnaround time of RCT capital was six years. For a Monte Carlo simulation was possible to propose a maximum variation of the price of the waste entering and also of the aggregates that are sold. However, the work proves the viability of the project and will serve as a guiding element in the management of construction waste.

Keywords: reverse logistics; recycling plant for construction waste; economic viability.

## 1. INTRODUÇÃO

Logística segundo Hara, (2011, p.1-51) e Ballou, (2011, p.112-155) é a atividade que controla o fluxo de matéria prima, serviços de distribuição em trânsito ou parados de modo que possam prover níveis de atendimento satisfatórios estando disponíveis no tempo certo, na hora e na quantidade certas lembrando que a matéria-prima, fábrica e consumidor final possam estar fisicamente distantes, este é o desafio da Logística: proporcionar a este cliente ou consumidor para que o mesmo receba seus bens e serviços como, quando e onde quiserem na quantidade que desejarem com o menor custo possível.

Na medida em que a tecnologia avança o comércio segue na mesma proporção, tornando a concorrência acirrada e disponibilizando uma grande variedade de produtos ao consumidor. Todo este processo acarretou que produtos tivessem os preços reduzidos aumentando o consumo cada vez mais. As

<sup>1</sup> Artigo baseado em Trabalho e Conclusão de Curso (TCC) desenvolvido em cumprimento à exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia em Logística da Faculdade de Tecnologia de Americana, depositado no 2º semestre de 2013.

<sup>2</sup> Recebido em submissão em: 16/12/2013

<sup>3</sup> Tecnólogo em Logística – Faculdade de Tecnologia de Americana – Centro Paula Souza; Contato: fabio-r-santos@hotmail.com.

<sup>4</sup> Prof. Me. Fatec Americana – Mestre em Economia; Contato: ricardo.pompeu@fatec.sp.gov.br.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

empresas, a fim de garantir participação no mercado, encorajam o consumidor a comprar novos produtos com qualidade e tecnologia superiores aos antigos que se tornam obsoletos prematuramente sendo descartados sem os cuidados necessários, gerando dois grandes problemas: a poluição e a escassez de recursos naturais. Com isto, o controle sobre a gestão de resíduos se torna difícil gerando um acúmulo de resíduos saturando os aterros (LEITE, 2009).

Para Novaes (2007), logística reversa controla o fluxo contrário ao da logística direta, ou seja, os produtos partem dos pontos de consumos, para os produtores agregando valores ou para o descarte adequado, exemplos como a lata de alumínio que após o consumo do líquido é descartada sendo atualmente coletada por catadores e enviadas para cooperativas que após prensá-las as reenviam para fábrica para serem derretidas e darem origem a novas latas poupando assim a extração de matéria-prima para produção do metal agregando novamente valor que no passado era considerado lixo.

Os canais de distribuição reversos de pós-consumo e os canais de distribuição reversos de pós-venda caracterizam-se segundo Leite (2009) por produtos que retornaram por conterem defeitos, término de validade e outros. Estes poderão ainda ser consertados caso contrário decompostos em partes para servir de subproduto na composição de outros. Com os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) embora ainda tímida, tem ocorrido um esforço na tentativa de reaproveitar seus resíduos, tarefa difícil, pois, são de grande porte e necessitam de investimentos altos e de áreas licenciadas para o manuseio e quando necessário o descarte final.

A edição da norma técnica ABNT NBR15114, em 2004, constituiu-se um marco histórico, por ser a primeira norma técnica em todo hemisfério sul, a propor as diretrizes, implantação e operacionalização de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil. Anteriormente existiam algumas poucas usinas que atuavam de forma precária e por motivos de gestão inadequados encerraram suas atividades em pouco tempo.

Para o meio empresarial o argumento somente referindo-se a questões ambientais ou sustentáveis se tornam insuficientes principalmente na atividade proposta, pois a instalação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil demanda altos investimentos, portanto torna-se necessário acima de tudo um planejamento econômico-financeiro para testar a viabilidade de um empreendimento deste porte.

É necessário justificar a reciclagem de RCC, como uma atividade que entre outros aspectos gera emprego e renda, e que deve ser lucrativa economicamente. Neste último aspecto, quanto mais projetos bem sucedidos de reciclagem acontecer, esta atividade tende a ser mais aceita e mais órgãos públicos ou privados investirem na sua realização.

Em um projeto de viabilidade basicamente, preocupa-se definir os custos e benefícios do empreendimento, quantificando de início a vida útil e o alcance do projeto. O alcance é o tempo que o projeto de acordo com a durabilidade dos seus equipamentos durará cinco, dez ou mais anos de modo que neste tempo o projeto consiga pagar os investimentos iniciais e a partir de um momento obter lucratividade, pois, este é o objetivo final do estudo de viabilidade econômica e financeira de empresas, (SOBRAL, 2012).

O problema verificado no manuseio inadequado dos RCDs é que estes possuem grandes volumes (tamanho e peso) e representam cerca de 60 por cento dos resíduos sólidos gerados (I & T apud PINTO et al, 2005), o que o torna um grande congestionador de aterros. Os RCDs possuem em sua estrutura produtos cancerígenos como é o caso do amianto e do gesso.

Aliado a todos os fatores citados acima, para que exista uma correta logística reversa dos RCDs, é necessária a implantação de uma usina de processamento de resíduos cujos investimentos são altos o que torna sua prática se mal planejada inviável economicamente.

A pergunta que se buscou responder foi: existe a viabilidade de se implantar em Santa Bárbara d'Oeste/SP uma usina de processamento de resíduos da construção civil?

O trabalho se justifica, pois a construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, por outro lado motivada por sua natureza de alterar a paisagem local, consumir recursos naturais e a própria geração de resíduos traz consigo a necessidade de estudar a estrutura de uma cadeia de logística reversa que conforme afirma recentes trabalhos acadêmicos se baseia na tradicional estrutura de logística direta e cadeia de suprimentos. A rápida obsolescência de produtos nos dias atuais tem sobrecarregado os aterros, conseqüentemente causando a interdição dos mesmos e a procura por novas áreas para implantação de outros às vezes não no mesmo município. O Resíduo da Construção Civil caracterizado por ser de grande volume e peso compõe cerca de 60 por cento dos resíduos sólidos dos municípios e para que seja feita a reciclagem destes resíduos é necessário investimentos altos que se não forem bem planejados ocorrerá no fechamento da empresa, (I & T apud PINTO et al, 2005). Existem atualmente trabalhos acadêmicos e usinas instaladas como exemplo a usina de São Carlos/SP que comprovam que os RCDs possuem um grande potencial de reciclagem e aproveitamento como produtos secundários que poderão participar do desenvolvimento econômico e social de uma região.

Como metodologia utilizou-se pesquisa bibliográfica em livros, dissertações, revistas, teses, artigos relacionados a construção civil e sites. Os documentos obtidos foram conseguidos em bibliotecas e pela

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

internet. Realizaram-se duas visitas às usinas das cidades de Hortolândia e Americana visando identificar os processos e conhecer os equipamentos usados como também o produto final.

## 2. LOGÍSTICA REVERSA

Para Rogers e Tibben-Lembke (1998, p.2).

“Logística reversa é o processo de planejamento, implementação, e controle de forma eficiente e eficaz do fluxo de matérias-primas, estoques em processos, produtos acabados e informações correspondentes partindo do ponto de consumo para o ponto de origem com a finalidade de recapturar valor ou de descartar de forma adequada caso o produto não possa ser reaproveitado”.

Assim, a logística reversa aparece como uma grande oportunidade de se desenvolver a sistematização de toda uma cadeia de abastecimento de produtos ou serviços descartados que poderão novamente fazer parte do ciclo de negócios contribuindo para uma redução na extração de matéria-prima virgem.

Outro autor que corrobora com esta definição de logística é Leite (2009, p.17) que a define como:

“Logística reversa é a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômico, de prestação de serviços, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, dentre outros”.

Desta forma, a logística tanto direta/tradicional como reversa, consiste em um processo de planejamento, implantação, operação e controle, de bens e informações relacionadas a um fluxo, que possuem características peculiares e também desafios de reunir diversos produtos e serviços consumidos após sua vida útil e encaminhá-los em geral a um mesmo fabricante ou para processamento e futura aplicação em mercados secundários e em último caso a disposição adequada, que consiste no encaminhamento dos RCDs a usinas de reciclagem para o reprocessamento dos seus componentes.

A alta competitividade entre as empresas e a busca incessante em aumentar a velocidade dos métodos de produção e conseqüentemente aumentar a quantidade de produtos no mercado em si tem caracterizado o modelo empresarial atual. Empresas em todo mundo despertaram para a importância do equilíbrio ecológico e o choque que seus produtos podem causar a natureza, pois uma grande parcela dos produtos dispostos no mercado não é totalmente consumida (TABOADA e CAVALLAZI, 2010).

Esta cultura demonstra insustentável, perecível e inadequada para a perpetuação das condições atuais da sociedade uma vez que estimula acentuadamente o consumo de produtos novos em detrimento do descarte ou reutilização dos resíduos gerados. Assim sendo observa-se que as ações de incentivo ao consumo não possuem uma visão sustentável e sistêmica apenas a cultura do “compre, use e disponha”, uma vez que a maioria dos produtos não possuem mecanismos para a prática da logística reversa restando apenas à disposição em aterros como solução para descartes do mesmo. (MARCONDES, 2007).

O ciclo de vida mercadológico se reduz em virtude da constante introdução de novos modelos, que tornam os anteriores ultrapassados, em consequência de seu próprio projeto, pela concepção de ser descartável no primeiro uso, emprego de materiais de baixa qualidade ou pela dificuldade em localizar assistência técnica para que seja feita a manutenção. Com o aumento do descarte, além dos problemas ambientais pertinentes existe a tendência à escassez de recursos naturais tornando a gestão do lixo nas cidades caótica e aterros sanitários congestionados. (CAVALLAZZI e TABOADA, 2010) (LEITE, 2009).

## 3. CANAIS DE DISTRIBUIÇÃO REVERSOS DE PÓS-CONSUMO

Os fluxos reversos podem ter sua origem de diversos lugares: tecnologia inferior, defeitos diversos, fim de vida útil, entre outros. Para poder estudá-los classificaram-se os fluxos em dois grupos: os fluxos reversos de pós-venda e os fluxos reversos de pós-consumo. Desta forma, cada fluxo tem suas características e meio de retorno a cadeia de suprimentos reversa, possuindo por tanto, canais de distribuição reversos.

Leite, (2009, p.8) define os canais de distribuição reversos como:

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

“Os canais de distribuição reversos do pós-venda e do pós-consumo são constituídos pelo fluxo reverso de uma parcela de produtos e de materiais constituintes originados no descarte dos produtos, depois de finalizada sua utilidade original retorna ao ciclo produtivo de alguma maneira”.

Os canais de distribuição reversos são considerados as duas grandes áreas da logística reversa e são tratadas de forma independente, pois são diferenciadas pelo estágio ou fase do ciclo de vida útil do produto retornado. No caso de logística reversa da pós-venda, o produto sem uso ou com pouco uso é devolvido a um elo da cadeia de distribuição direta, ou seja, ao distribuidor devido a erros no processamento, defeitos ou avarias. No caso do pós-consumo os produtos após serem consumidos, têm como destino a reciclagem industrial, remanufatura, reuso ou disposição final em aterros.

Segundo Leite (2009) e Fleischmann, (2001,p.6-8) os canais de distribuição reversos são divididos em três subsistemas reversos: os canais reversos de reuso, de remanufatura e de reciclagem.

- Reuso: é quando existe um interesse de um uso integral do bem, após coletado será encaminhado ao mercado de segunda mão para ser revalorizado como exemplos empresas especializadas em vendas de carros, leilões, computadores, etc.

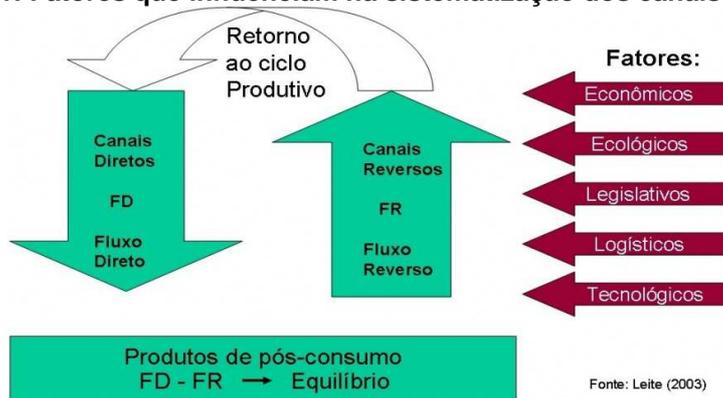
- Remanufatura: acontece quando determinado componente é direcionado a indústrias que após desmontagem, limpeza e, submetidos a testes, será remontado recapturando valor de alguma natureza. Canon, Xerox, IBM, Kodak, entre outras, denominadas *Original Equipment Manufacturers* (OEM) são exemplos de empresas que utilizam a remanufatura economizando em torno de 80% caso fossem extrair matérias-primas novas.

- Reciclagem: não foi possível aplicar o reuso e a remanufatura por não apresentar condições de utilidade por diversas razões, será classificado como um bem em ‘fim de vida’ sendo destinados à desmontagem ou processamento para extração de componentes ou resíduo e posteriormente comercializado geralmente por intermediários. A cadeia reversa das latas de alumínio está consolidada através de grandes esforços empresariais principalmente por uma rede de sucateiros gerando economias de 95% de energia elétrica além da própria matéria-prima bauxita.

Nas três opções citadas acima, o que caracteriza os produtos do pós-consumo são de que estes necessitam de distribuidores-processadores que apresentam maior porte empresarial, mais recursos tecnológicos e especializados na natureza do material constituinte para reunir quantidade e qualidade para comercialização com as indústrias de remanufatura ou de reciclagem. (LEITE, 2009).

No esquema demonstrado através da figura 1 resumem-se as principais ideias do autor no sentido de apresentar os canais de distribuição reversos de pós-consumo, como materiais que serão reintegrados ao ciclo produtivo como novos produtos, matéria prima secundária ou o retorno do bem utilizado ao mercado respeitando os diversos fatores.

**Figura 1: Fatores que influenciam na sistematização dos canais de pós-consumo**



Fonte: Leite (2003)

#### 4. O SETOR DA CONTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

No Brasil, antes de existirem Faculdades de Engenharia e de Arquitetura, as construções eram idealizadas por construtores práticos que se esforçavam ao máximo e de forma artesanal para construir boas obras, algumas delas principalmente igrejas permanecem até hoje.

Em 1934, após existências de Faculdades de Engenharia, foi inaugurado em São Paulo o primeiro Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA), hoje Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA-SP). (HIRSCHFELD, 2000, p.14-15 e OSEKI, 1982, p.115-118).

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

Ainda segundo o autor, a construção civil representa uma grande contribuição para a economia brasileira, pois, faz interface com outros segmentos dos Materiais de Construção, Máquinas, Equipamentos e Serviços diversos. Nesse cenário, ela contribui quase 15% do Produto Interno Bruto (PIB), gera empregos e representa uma alavanca para o desenvolvimento sustentado. Entretanto, o déficit habitacional por região geográfica ainda mostra uma grande desigualdade, denotando que Curitiba e Belém são de cerca de 50.000 domicílios e em São Paulo, de quase 400.000 (HIRSCHFELD, 2000 p.14).

Dentro das especificidades encontradas, a construção civil além de importante capital para a sociedade ela é extremamente heterogênea (habitações, fábricas, pontes, estradas, canais de irrigação, etc.). O produto da construção civil é por outro lado, imóvel e de grande vida útil, significando em relações a outros, um compromisso maior com as gerações futuras. (OSEKI, 1982).

Apesar de inúmeras adversidades a construção civil possibilita a 15 milhões de pessoas trabalharem, dentro de um investimento bruto de 120 bilhões de reais por ano constituindo-se em um dos setores mais produtivos da economia (HIRSCHFELD, 2000p. 14).

Para Burin et al, (2009, p.11-15), a construção civil é dotada de muitas particularidades, que necessitam serem tratadas de formas separadas, tanto para a fase de produção, como para as de utilização do produto final. Dentre as principais especificidades, destacam-se as seguintes:

- Quantidade de Sistemas;
- Quantidade de intervenientes;
- Serviços Artesanais;
- Falta de projeto e Planejamento;
- Interação com o meio;
- Alterações do meio;
- Manutenção e conservação;
- Relevância Patrimonial; e,
- Descentralização;

Para a pesquisa será destacada dentre as menções citadas a interação com o meio, pois, é um dos pontos que mais diferencia a obra civil das atividades industriais convencionais. Enquanto na indústria podem ser preparados e ensaiados protótipos, na construção civil cada projeto é único, que naturalmente, poderá desde cedo apresentar reações indesejáveis exigindo correções e adaptações.

A Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil (PAIC), segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) levanta dados e informações sobre a indústria da construção civil, em todo território internacional. Em 2011, 92,7 mil empresas do setor realizaram incorporações, obras e serviços da construção no valor de R\$ 286,6 bilhões marcando em relação ao ano de 2012 um aumento real de 4,5% e comparando com 2007 que teve o total de 130,1 bilhões e 52.870 empresas, uma diferença de 63,1%. Pode-se verificar, portanto, um aumento no número de empresas no período entre 2007 e 2011, ou seja, de 53.000 para 93.000 aproximadamente.

Em 2011, a economia nacional, segundo IBGE (2011), teve um impacto negativo devido a uma crise fiscal na Europa e ao baixo crescimento de países desenvolvidos. Em virtude deste impacto o Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, que em 2010 fechou com 7,5% de crescimento em 2011 teve um resultado de apenas 2,7%, fato que fez o Banco Central intervir alterando a taxa Selic.

Mesmo com todas estas alterações a indústria da construção civil foi influenciada positivamente segundo IBGE (2011) devido a fatores de incentivo na cadeia direta onde os que mais influenciaram foram:

- Maior oferta do crédito imobiliário;
- Aumento de investimentos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) em obras de infraestruturas;
- Crescimento do emprego e da renda familiar;
- Incentivo no consumo das famílias; e,
- Redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) de insumos.

Toda esta conjuntura favorável, acrescentada por iniciativas e programas governamentais como o Programa de Aceleração do Desenvolvimento (PAC) e o programa Minha Casa Minha Vida contribuíram para um aumento em obras de infraestrutura e na construção de obras residenciais na qual os investimentos são feitos em longo prazo.

Contudo, vale frisar que a região que mais realizou obras de construção civil foi a região Nordeste que além dos recursos do PAC e outros já citados recebeu recursos para a realização da Copa de 2014, transposição do Rio São Francisco, complexos portuários de Suape/PE, Pecém/CE e Itaqui/MA, Refinaria Abreu e Lima/PE e as Ferrovias Transnordestina e Leste-Oeste (IBGE, 2011).

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

## 5. CONSTRUÇÃO CIVIL EM SANTA BÁRBARA D'OESTE

Santa Bárbara d'Oeste está localizada na Região Metropolitana de Campinas (RMC), centro-leste do Estado de São Paulo, situa-se a 130 Quilômetros da Capital, 45 km de Campinas e do aeroporto internacional de Viracopos e a 200 km do porto de Santos.

Limita-se ao sul com Capivari e Monte Mor; a sudeste com Sumaré; a leste com Americana e Nova Odessa; a oeste com Piracicaba e Rio das Pedras e ao norte com Limeira.

As principais vias de acesso ao município são as rodovias Luiz de Queiroz- SP 304 e Bandeirantes- SP 348.

Em Santa Bárbara d'Oeste (SBO) o total de domicílios é de 59.293 e de edificações em construção 1.906. (IBGE, 2010)

Em junho de 2000 a Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo aprovou a Lei Complementar 870, criando a RMC, composta por 19 municípios entre eles Santa Bárbara d'Oeste e Americana.

A criação da RMC reconheceu uma metropolização de fato, que já acontecia em razão do fenômeno chamado de Conurbação, ou seja, a ligação entre a área urbana de dois ou mais municípios. As ligações entre Americana e SBO e também entre Sumaré e Nova Odessa, Hortolândia e Campinas, são casos de conurbação, (MARTINS, 2007).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), foi instituído pela Lei 6938/81 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99274/90.

No pleno exercício de Direito o CONAMA definiu uma Resolução de número 307 elaborada em 2002. Apesar de recente esta Resolução especifica e define exatamente quais tipos de resíduos pertencem a Construção e Demolição, antes os referidos resíduos faziam parte dos Resíduos Sólidos Gerais, (CONAMA, 2002).

A Resolução 307 classifica os RCDs e define de quem são as responsabilidades sobre a gestão e destinação correta dos resíduos. Dessa forma a preocupação da indústria da construção civil volta-se não apenas em contratar um caçambeiro, mas sim em toda Logística envolvida na coleta, gestão, transporte e descarte final. Além disso, existe a definição dos resíduos em quatro classes diferentes dependendo de suas características.

Além da classificação, a Resolução 307 obriga todo município a criar um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil que deve conter o cadastramento de toda área pública ou privada apta a receber o resíduo conforme sua classificação. Todo transportador de resíduos deve ser cadastrado e orientado sobre o correto manuseio da carga e os grandes empreendimentos para obterem a licença de construção obrigatoriamente deverão ter o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, (PUCCI, 2006).

Os impactos ambientais produzidos com as atividades da construção civil têm despertado uma maior atenção devido a quantidade de resíduos gerados, ocasionado pelo aumento de obras e serviços no setor e também o crescimento acelerado das cidades brasileiras nas últimas décadas. Os RCDs são equivalentes a duas vezes a massa de resíduos sólidos domiciliares. A situação de degradação ambiental, nesse quadro de intensa geração vinha sendo agravada pela ausência de políticas públicas e fiscalização no setor (CREA, 2005).

A Resolução 307 do CONAMA considera que é dos geradores a responsabilidade pelos resíduos gerados pelas atividades de construção, de reforma, reparos e demolições, além daqueles vindos da remoção de vegetação e escavação do solo.

Paralelo à aprovação dessa Resolução, outro procedimento também importante que aponta gradativamente para uma maior disciplina no controle de resíduos da construção civil é a aprovação de um conjunto de normas técnicas relacionadas ao manejo, reciclagem e a utilização de agregados derivados de sua transformação. Essas normas criam condições favoráveis para uma padronização das atividades e adoção desses materiais em obras públicas ou privadas agregando valores econômicos e ambientais.

## 6. A USINA DE PROCESSAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

A edição da norma técnica ABNT NBR15114 2004, constituiu-se um marco histórico, por ser a primeira norma técnica em todo hemisfério sul, a propor as diretrizes, implantação e operacionalização de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil. Anteriormente a esta norma existia algumas poucas usinas que atuavam de forma precária e por motivos de gestão inadequados encerraram suas atividades em pouco tempo.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

A usina de São Paulo é um exemplo de empreendimento que por ter sua planta instalada longe do mercado consumidor teve que fechar e abrir posteriormente em outra área mais próxima do centro produtivo. Posteriormente a esta iniciativa, outras duas usinas foram instaladas, em Londrina/PR, no ano de 1993 e em Belo Horizonte/MG, em 1994 (MIRANDA et al, 2009 apud SOBRAL, 2012).

Além dos benefícios ao meio ambiente oriundos da reciclagem, muitos outros aspectos devem ser considerados durante a fase de implantação de uma usina desta natureza, destacando o volume do RCC gerado no município, distância entre a usina e o centro produtivo de RCC, além do valor do investimento inicial para compra de equipamentos além da área física. Com todos os dados levantados, busca-se verificar a viabilidade operacional e econômica do empreendimento procurando identificar possíveis falhas no projeto o que no futuro possa inviabilizar o projeto, e agravar ainda mais a poluição depositando resíduos em locais inapropriados (SOBRAL, 2012).

Sendo assim, uma usina é o instrumento apropriado na transformação do RCC em agregado reciclado de forma a aplicá-lo novamente na construção civil evitando a extração de matéria prima virgem na natureza.

## 7. PROJETO DE VIABILIDADE

Em um projeto de viabilidade basicamente, preocupa-se definir os custos e benefícios do empreendimento, quantificando de início a vida útil e o alcance do projeto. O alcance é o tempo que o projeto de acordo com a durabilidade dos seus equipamentos durará cinco, dez ou mais anos de modo que neste tempo o projeto consiga pagar os investimentos iniciais e a partir de um momento obter lucratividade, pois, este é o objetivo final do estudo de viabilidade econômica e financeira de empresas.

Os métodos de estudo de toda operação financeira segundo Assaf Neto (2009, p.152-153), consistem em avaliar fluxos de caixa esperados em uma linha do tempo e compará-los com valores presentes segundo o regime de juros compostos a partir de determinada taxa de juros, das saídas e entradas de caixa. Além da durabilidade dos equipamentos outro fator de suma importância é a capacidade financeira, ou seja, em caso de impactos negativos na receita o empreendimento consiga de alguma forma de financiamento ou recursos próprios cobrir suas despesas.

Essencialmente, os custos envolvidos nos projetos são classificados em duas categorias distintas: custos de investimento e implantação e custos de operacionalização.

### a. Custos de investimento e implantação

Estes custos iniciais estão relacionados à aquisição de equipamentos e escolha da própria área física para a adequada instalação da usina que precisa ter um tamanho adequado para o manejo e instalação dos equipamentos de processamento de resíduos como também recepção, escritório, portaria, área para triagem e transbordo (ATT). Neste tipo de projeto o terreno escolhido tem que estar situado próximo a fontes de geração de resíduos ou ter facilidade de acesso pelos caminhões de caçambas de RCC, de preferência próximo a estas empresas. Aliado a este fator a área tem que estar licenciada, pois o manejo deste tipo de resíduo e o próprio trânsito dos caminhões coletores geram grande quantidade de poeira. A não observação destes itens poderá gerar reclamações de vizinhos e uma imagem negativa da empresa.

### b. Custos de operacionalização

Estes custos estão relacionados com as despesas de operação e manutenção preventiva dos equipamentos e empreendimento como um todo. Os custos de operação englobam despesas com pessoal e encargos trabalhistas, impostos e taxas, água, energia elétrica, telefone, combustível, equipamentos de proteção individual, aquisição de ferramentas, serviços de terceiros entre outros.

Os custos com operação são classificados em fixos ou variáveis. Os custos variáveis estão relacionados à mão de obra dos equipamentos e ferramentas de produção de agregados. Os custos fixos fazem parte da mão de obra técnica e administrativa composta por propaganda, finanças entre outras. (JADORVSKY, 2005 apud SOBRAL, 2012).

### c. Métodos de avaliação econômica de projetos

Existem vários métodos de avaliação econômica de projetos, consideram-se neste trabalho alguns daqueles que influenciam na formação do fluxo de caixa e nas perspectivas de indicadores econômicos tais como: taxa efetiva de juros, taxa de aumento dos custos e receitas e duração da análise do projeto.

Os métodos e indicadores rotineiramente e mais adequados para projetos são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno de Capital (TRC).

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

**d. Método do valor presente líquido**

O método do VPL para análise dos fluxos de caixa é obtido pela diferença entre o valor presente dos benefícios ou pagamentos previstos de caixa, e o valor presente do fluxo de caixa inicial, (valor do investimento, do empréstimo ou do financiamento). (ASSAF NETO, 2009, p.152-153)

Neste método, todos os benefícios e custos do projeto, ao longo do tempo são transformados em valor presente ou instante inicial. Dentro do critério de maximização, a alternativa que apresentar o maior valor de VPL, será considerada a mais atrativa.

Para Sobral (2012), considera-se o projeto atrativo para VPL com valores positivos e não atrativo para projeto com valores negativos, para VPL com valor igual a zero o projeto é indiferente.

O método do VPL Líquido é o mais interessante de todos os métodos por contemplar o fluxo de caixa de todo o período (meses ou anos) definido no projeto, além de apresentar também um valor presente calculado a partir do desconto de cada parcela a uma Taxa Média Periódica (TMA), praticada no mercado, (COSTA, 2006 apud SOBRAL, 2012).

**e. Método da taxa interna de retorno**

A TIR é a taxa de juros que iguala, em determinado momento do tempo, o valor presente das entradas (recebimento) com o das saídas (pagamentos) previstas de caixa. Normalmente, o fluxo de caixa no momento zero é representado pelo valor do investimento, ou empréstimo ou financiamento, os demais fluxos de caixa indicam os valores das receitas ou prestações devidas. (ASSAF NETO, 2009, p.152-153).

Este método é altamente recomendado para analisar a viabilidade de um projeto isolado, sem comparação com alternativas excludentes. A TIR juntamente ao VPL é um dos métodos mais utilizados sendo, inclusive recomendado pelo Banco Mundial. (GOMES, 2004 apud SOBRAL, 2012).

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

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é definida como uma expectativa mínima de lucratividade de um empreendimento.

**8. METODOLOGIA**

A metodologia de análise econômica financeira para usinas de processamento de resíduos da construção civil é baseada conforme dois aspectos: o conhecimento pleno das características inerentes do projeto e os métodos adequados utilizados para análise do investimento. Seguindo estes dois caminhos de estudos e conhecendo através de visitas a outras usinas (Americana e Hortolândia), a prática propriamente dita, é possível com este trabalho planejar através de uma projeção para 20 anos considerando as correções de receitas, custos e impostos avaliando a viabilidade do empreendimento através de métodos como o VPL e a TIR elaborada com a ferramenta Excel e, por conseguinte atingir o ponto mais próximo possível da realidade de um modelo de negócio que além da sustentabilidade possa gerar lucro.

**9. ESTUDO DE CASO**

O terreno encontrado possui 25.000 m<sup>2</sup>, este tamanho está adequado baseando-se na quantidade pretendida de material a ser reciclado que neste estudo será de 25 toneladas por hora. Existem plantas que possuem capacidades inferiores, porém, a oferta, tipos e a qualidade ficam prejudicadas. (PINTO et al, 2005).

O valor do metro quadrado é de R\$ 140,00 conforme pesquisa feita em imobiliárias e corretores particulares gerando um custo total do terreno de R\$ 3.500.000,00. Este terreno está localizado na região sul da cidade é de fácil acesso através das Rodovias Luiz de Queiroz, Bandeirantes, Anhanguera, Açúcar e Luiz Ometo que liga Santa Bárbara d'Oeste a cidade de Iracemápolis.

O local escolhido para a instalação da Usina de Reciclagem de RCC de Santa Bárbara d'Oeste está de acordo com as exigências da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o manejo de resíduos que chegam contaminados e necessitam ser triados para posterior processamento. Esta atividade gera poeira em demasia por este motivo quando o caminhão coletor chega à Usina logo na portaria os resíduos passam por um nebulizador de água somente então, é encaminhado para a triagem.

No processo de triagem existem resíduos que não serão reciclados (orgânico, químico, e outros) e irão para o aterro para serem corretamente descartados, o aterro fica aproximadamente a 10 quilômetros da usina o que facilita o transporte dos resíduos contaminados, pois, os caminhões utilizarão a Rodovia Luiz Ometo evitando a área residencial.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

### a. Custos de implantação

Nos custos com implantação serão considerados os de aquisição do terreno R\$3.500.000,00 e as obras civis necessárias guarita, recepção, administração, vestiários, terraplanagem, construção de base para os equipamentos, muro, refeitório e um galpão de 1000 metros para guardar os equipamentos, veículos e parte dos resíduos que estarão aguardando remoção para o aterro. O custo para estas obras será de R\$1.000.000,00 considerando o valor de R\$700,00 o metro quadrado construído (SINDUSCON, 2013).

Os equipamentos para a planta fixa da usina foram orçados na empresa MAKBRIT, considerando a capacidade de processamento de 40 a 60 toneladas por hora o valor foi de R\$ 646.000,00. Além do terreno, obras civis e equipamentos, foram adquiridos mais itens que serão demonstrados com os respectivos valores na tabela 01 onde no final estará o total do investimento inicial.

**Tabela 01: Investimento Inicial**

INVESTIMENTOS	
EQUIPAMENTOS PARA A USINA	R\$ 646.000,00
TERRENO	R\$ 3.500.000,00
MOBILIÁRIO E COMPUTADOR	R\$ 5.000,00
OBRAS CIVIS	R\$ 1.000.000,00
LICENÇAS AMBIENTAIS	R\$ 10.000,00
BALANÇA RODOVIÁRIA CAPACIDADE DE 60 TONELADAS	R\$ 60.000,00
EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO E PREVENÇÃO A INCÊNDIOS	R\$ 3.000,00
CAMINHÃO PARA TRASPORTE INTERNO DE RESÍDUOS	R\$ 50.000,00
FERRAMENTAS MANUAIS	R\$ 15.000,00
PÁ CARREGADEIRA	R\$ 69.500,00
<b>TOTAL DE INVESTIMENTOS</b>	<b>R\$ 5.358.500,00</b>

Fonte: Elaborada pelos autores. Pesquisas com empresas e sites.

### b. Cálculo de custos operacionais

Mão de Obra: foi considerada para uma usina que pretende iniciar suas atividades com capacidade de processar 25 toneladas por hora, a contratação de 17 funcionários. Os salários e cargos variam entre Coordenador e Auxiliar de serviços Gerais com salários de R\$ 1.913,00 a R\$1.142,00 respectivamente totalizando a partir do primeiro ano o custo com mão de obra e encargos de R\$ 552.993,00. A correção conforme o Índice Nacional de Custos com a Construção Civil (INCC) de 8% anuais nos salários dos funcionários demonstrado em planilha e conforme o Sindicato da Construção Civil (SINDUSCON) encargos de 75% com o salário de cada funcionário.

**Tabela 02: Principais Gastos Anuais**

PRINCIPAIS DESPESAS ANUAIS	
Salários e Encargos	R\$ 552.993,00
Manutenção	R\$ 6.300,00
Energia Elétrica	R\$ 44.100,00
Água	R\$ 21.273,84
IPTU e Taxas	R\$ 7.280,00
Deposição no Aterro	R\$ 79.200,00
Total	R\$ 711.146,84

Fonte: O autor

**Deposição no aterro:** Aproximadamente 10% dos resíduos chegam contaminados; por este motivo precisam ser descartados no aterro municipal.

**Energia Elétrica:** Conforme visita a usina de Hortolândia, uma planta com capacidade para 30 ton./hora gasta 10.000 Kw/h por mês. O custo é de R\$ 0,35 o Kw para o mês de Outubro de 2013.

**Água:** O custo unitário informado pelo Departamento de Água e Esgoto (DAE) é de R\$3,35 o metro cúbico. Foi considerado o consumo mensal de 480 m<sup>3</sup>/mês.

**Manutenção:** Manutenção preventiva dos equipamentos.

**Combustível:** Para funcionamento da retroescavadeira no processo de triagem dos resíduos.

### c. Receita bruta anual

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) 2013, a cidade produz diariamente cerca de 500 ton./dia de RCC, iniciando o empreendimento com capacidade de reciclar 25 ton./h é possível gerar em um turno de 8 horas diárias 200 toneladas de agregados reciclados. Este agregado poderá ser vendido

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

para a própria Prefeitura, construtoras, terraplanagem, empresas de asfalto, construção de guias, sarjetas e bancos entre outras opções. Segue abaixo a tabela 03 comparando o preço do agregado reciclado e o material natural.

**Tabela 03: Preços de reciclados e naturais**

Produto Natural	R\$ (m <sup>3</sup> )	Produto Reciclado	R\$ (m <sup>3</sup> )
Areia fina	81,10	Areia fina	35,00
Areia Média	76,15	Areia Média	35,00
Areia Grossa	78,30	Areia Grossa	35,00
Brita n. 2	77,36	Brita n. 2	35,00
Brita n. 3	73,67	Brita n. 3	35,00
Rachão	56,75	Rachão	35,00

Fonte: (CORREIA et al, 2009).

Os equipamentos adquiridos para a usina possuem a capacidade de produzirem de 40 a 60 toneladas por hora (ton./h.), porém foi considerado a partir do primeiro ano de funcionamento apenas 25 ton./h. que a partir do segundo ano terá gradualmente o acréscimo na produção de 5% ano a ano até atingir a capacidade máxima no 15º ano de atividade. A jornada de trabalho é de 8 horas diárias de segunda-feira a sexta-feira e o recebimento de resíduos todos os dias até às 22h00.

De acordo com a tabela 03 os preços dos materiais reciclados estão cotados a R\$ 35,00 o metro cúbico valor bem inferior ao de produtos naturais. A tabela 04 mostra a receita líquida dos 20 anos do projeto.

**Tabela 04: Receita Bruta**

2014	R\$ 1.795.200,00
2015	R\$ 1.979.208,00
2016	R\$ 2.182.076,82
2017	R\$ 2.405.739,69
2018	R\$ 2.652.328,01
2019	R\$ 2.924.191,63
2020	R\$ 3.223.921,21
2021	R\$ 3.554.373,21
2022	R\$ 3.918.696,46
2023	R\$ 4.320.362,85
2024	R\$ 4.717.836,23
2025	R\$ 5.151.877,16
2026	R\$ 5.625.849,86
2027	R\$ 6.143.428,05
2028	R\$ 6.708.623,79
2029	R\$ 7.325.816,79
2030	R\$ 7.845.949,78
2031	R\$ 8.242.954,84
2032	R\$ 8.660.048,35
2033	R\$ 9.098.246,80

Fonte: O autor

A tabela 04 representa a receita bruta do empreendimento, os valores mencionados referem-se à venda de agregados reciclados a R\$ 30,00 o metro cúbico (m<sup>3</sup>), e o recebimento dos resíduos trazidos pelos caminhões de caçambas a R\$ 7,00 o m<sup>3</sup>. Os valores da tabela ainda não tiveram descontados os tributos. O Imposto que melhor se adequa ao empreendimento é o Simples Nacional ou Regime Especial Unificado de Arrecadação de Tributos e Contribuições devidos pelas microempresas e empresas de pequeno porte. As taxas variam de 12% a 16,85% conforme a receita bruta atingida.

A evolução estimada da Receita Bruta Anual vai variar devido a dois fatores:

Inicialmente a usina não vai funcionar com toda sua capacidade foram estimados aumentos anuais na produção de 3% a 5% até atingir a capacidade plena.

O segundo fator é que foi provisionado correções de 3% a 5% no preço da tonelada de resíduo deixado e também no preço dos materiais reciclados todos variando conforme uma média da inflação.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

O aumento populacional de 2% ao ano (IBGE, 2013) sobre o volume produzido tem que ser observado a fim de garantir o atendimento da demanda. Como correção nos valores das despesas foi considerado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) que varia de 5% a 7%.

#### d. Receita líquida anual

Para o cálculo da Receita Líquida Anual foram extraídos os tributos da Receita Bruta. Neste caso, conforme mostra a tabela 05, no campo Receita Líquida os valores expostos já tiveram descontados os impostos que conforme citado no item anterior, foi o Imposto Simples Nacional adequado para o porte inicial da Usina de RCC. A diferença entre a Receita Líquida e os custos de operação gera os fluxos de caixa. Estes valores são importantes, pois, serão usados na análise econômico-financeira do projeto.

#### e. Valor presente líquido

Com base na receita líquida e no fluxo de caixa, é possível calcular o VPL no período de 20 anos do projeto, aplicando a equação 02 descrita anteriormente utilizando uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 10%, que confirma a viabilidade econômica do empreendimento por este método. A tabela 05, a seguir, mostra os valores obtidos para o fluxo de caixa e para o fluxo de caixa acumulado, utilizando-se o método do VPL.

**Tabela 05: Fluxo de Caixa e Fluxo de Caixa Acumulado**

ANO	FLUXO DE CAIXA (R\$)	FLUXO DE CAIXA ACUMULADO
2013	-R\$ 5.358.500,00	-R\$ 5.358.500,00
2014	R\$ 731.289,16	-R\$ 4.627.210,84
2015	R\$ 810.851,08	-R\$ 3.816.359,76
2016	R\$ 914.070,68	-R\$ 2.902.289,08
2017	R\$ 1.038.665,72	-R\$ 1.863.623,36
2018	R\$ 1.267.003,62	-R\$ 596.619,73
2019	R\$ 1.313.124,30	R\$ 716.504,57
2020	R\$ 1.477.522,38	R\$ 2.194.026,94
2021	R\$ 1.643.930,03	R\$ 3.837.956,97
2022	R\$ 1.862.156,12	R\$ 5.700.113,09
2023	R\$ 2.105.661,06	R\$ 7.805.774,15
2024	R\$ 2.347.221,80	R\$ 10.152.995,95
2025	R\$ 2.642.101,94	R\$ 12.795.097,89
2026	R\$ 2.966.157,51	R\$ 15.761.255,40
2027	R\$ 3.322.108,61	R\$ 19.083.364,01
2028	R\$ 3.712.925,24	R\$ 22.796.289,25
2029	R\$ 4.151.905,04	R\$ 26.948.194,29
2030	R\$ 4.507.614,76	R\$ 31.455.809,05
2031	R\$ 4.763.849,20	R\$ 36.219.658,25
2032	R\$ 5.032.792,13	R\$ 41.252.450,38
2033	R\$ 5.315.015,69	R\$ 46.567.466,07

Fonte: o autor

A observação da tabela 05 leva a constatação pelo método do valor presente líquido, que o projeto, a partir do 6º ano já começa a oferecer retorno financeiro. O valor presente líquido, no período de 2014 a 2033 será de R\$ 10.579.752,40, portanto, positivo considerado um investimento economicamente viável.

Valor Presente Líquido-VPL	R\$ 10.579.752,40
Período	2014 a 2033

#### f. Tempo de retorno do capital

O conceito de recuperação de capital se dá sobre o capital investido, é evidente que para que este retorno exista faz-se necessário que o capital investido seja recuperado. Desta forma, a recuperação do investimento expressa a forma como os fluxos de caixa irão ocorrer e qual vai ser o tempo necessário para se pagar o capital investido e obter lucro real. (PILÃO, 2011).

Neste caso, o tempo de retorno de capital ocorreu em 5,87 anos ou aproximadamente após o 70º mês de funcionamento, o que reafirma o rápido retorno do capital investido e, portanto, a viabilidade econômica do empreendimento.

**Tempo de Retorno de Capital (Payback simples) 5,87 anos**

#### g. Taxa interna de retorno

O método da TIR é aquele que permite encontrar a remuneração do investimento em termos percentuais. Encontrar esta taxa permite saber qual é o percentual máximo que o investimento proporcionará para o investidor. Em termos práticos, encontrar a TIR é encontrar a taxa de juros que permite igualar receitas e despesas na data 0. (PILÃO, 2011).

Para este projeto, a TIR atingiu a percentagem de 28% portanto, uma taxa elevada e acima das taxas de juros praticadas no mercado atualmente e muito além de uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), esperada para um projeto com esta natureza em torno de 10%aa.

A tabela 06 mostra resumidamente os números obtidos pelos diferentes métodos utilizados neste documento para analisar a viabilidade econômica de implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil.

**Tabela 06: Métodos de Análise Econômica**

MÉTODO UTILIZADO	UNIDADE	VALOR ENCONTRADO
VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	R\$	R\$ 14.248.377,63
TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)	%aa	28%
TEMPO DE RETORNO DE CAPITAL (PAYBACK)	Anos	5,87

Fonte: O autor

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

#### h. Simulação de Monte Carlo

Para Moreira (2010), no mundo técnico empresarial, simular significa fazer com que um sistema possa operar como se fosse real para estudar melhor suas propriedades. Este método envolve a construção de um modelo aproximado da realidade, o qual será operado muitas vezes, analisando os resultados para que ele então possa ser compreendido, manipulado e controlado. Esta ferramenta está presente ainda, segundo o autor, no dia a dia, seja por meio de jogos eletrônicos, cinema, teatro, manobras de guerra simulada pelas forças armadas e outros.

Este método está diretamente associado à gestão de riscos em projetos, sendo uma das análises quantitativas mais utilizadas para custo, prazo e risco destacando-se em problemas de cenários onde envolve as perguntas “e se”, ou seja, e se a situação representada pelo cenário “x” ocorrer?. O método maximiza a competitividade principalmente em projetos de médio e grande porte onde a aplicação não automatizada de cenários se torna uma tarefa árdua. (ROSAMILHA, 2012).

A simulação de Monte Carlo é possível de ser realizada com o auxílio de um computador. Basicamente esta ferramenta consiste em gerar aleatoriamente N sucessivas em termos de custo ou de tempo (variável aleatória) que serão desta forma testadas contra um modelo estatístico, que vem a ser na verdade uma distribuição de probabilidade para um determinado risco do projeto.

#### i. Aplicação da simulação de Monte Carlo no projeto de viabilidade

As receitas deste projeto são provenientes de duas fontes: venda de produtos reciclados e deposição de caçambas no aterro. O método de Monte Carlo foi utilizado na simulação de valores mínimos e máximos destas receitas baseando-se em dados referentes à quantidade de caçambas levadas por determinada empresa. É importante enfatizar que, são variadas empresas que levam os resíduos até a usina e que algumas delas ficam mais longe da usina, situação que onera o caçambeiro que acaba despejando estes resíduos no aterro municipal. Entretanto, como a usina depende destes resíduos foi feita uma simulação pensando em valores que pudessem atrair estes empresários e que não prejudicassem a receita da usina, ou seja, beneficiassem a todas as partes. Na tabela 07 foi proposto as empresas A, B e C que hipoteticamente levam respectivamente 3, 4 e 5 caçambas diariamente.

**Tabela 07: empresas, quantidade e frequência.**

Empresa	Nº de caçambas / dia	Frequência	Freq. Relativa	Freq. Acumulada	%
A	3	37	111	111	29,52%
B	4	50	200	311	82,71%
C	5	13	65	376	100,00%
		100	376		

Fonte: O autor

É importante destacar que a empresa B em um total de 100 frequências ela é responsável por 50, portanto, esta empresa entrega 50% das caçambas o que fará com que apareça mais vezes nas simulações que serão demonstradas.

**Tabela 08: frequências em %.**

Empresa		%	Nº de caçambas/ dia
A	0%	29,52%	3
B	29,61%	82,17%	4
C	82,70%	100,00%	5

Fonte: O autor

A tabela 08 servirá como referência na geração dos números aleatórios. Basicamente, o que levou a pensar na utilização do Método de Monte Carlo neste documento, foi a necessidade de conceder descontos nas tarifas de deposição de caçambas para empresas que trazem mais resíduos e através da simulação de números aleatórios conseguir acompanhar as variações de Receita.

A tabela 09 mostra a proposta de valores por tonelada de resíduos depositos e a quantidade de caçambas por empresa.

**Tabela 09: preços da tonelada de resíduo por empresa.**

Empresas	nº de caçambas dia	R\$
A	3	9,5
B	4	7
C	5	6

Fonte: O autor

## j. Resultados

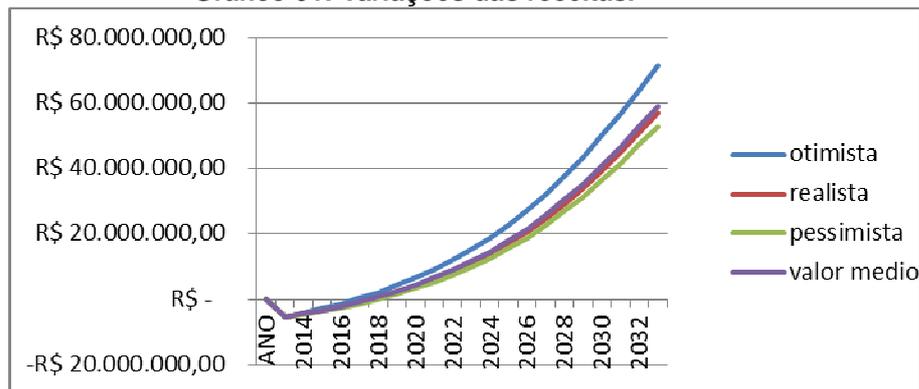
Através da aplicação do método de Monte Carlo utilizando os dados contidos nas tabelas 08, 09 e 10 e a geração de números aleatórios pela ferramenta Excel, foram feitas aproximadamente 880 simulações que possibilitaram visualizar o valor médio por tonelada de resíduo depositado na usina de R\$ 7,53. Mesmo sabendo deste valor, foram utilizados os dados da tabela 10 e conclui-se que mesmo concedendo descontos a receita não se altera a ponto de influenciar no pagamento das despesas e o fluxo de caixa, porque mais resíduos serão trazidos e conseqüentemente mais agregados vão ser vendidos. A tabela 10 mostra os números e valores da simulação.

**Tabela 10: dados após simulação de Monte Carlo.**

MÉDIA	RECEITA MENSAL	RECEITA ANUAL	QUANTIDADE DE SIMULAÇÕES
R\$ 7,53	R\$ 25.105,00	R\$ 301.260,00	880

Fonte: O autor

O gráfico 01, mostra diferentes cenários, otimista, realista, pessimista e o valor médio. A visualização destes dados é importante porque conforme o preço do resíduo depositado no aterro o fluxo de caixa varia influenciando diretamente no tempo de retorno do investimento (payback simples).

**Gráfico 01: Variações das receitas.**

Fonte: O autor

Para compor o gráfico foram utilizados para os cenários otimista, realista, pessimista e valor médio os valores em reais (R\$) de 12; 6,5; 5; e 7,55 respectivamente. Estes valores foram usados na simulação de Monte Carlo e conforme demonstra o gráfico 01 mesmo com um cenário pessimista o empreendimento é viável, pois, até o quinto ano a usina paga o investimento inicial e já a partir do sexto ano começa a ter lucros demonstrando um rápido retorno, considerando que o projeto é para 20 anos.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente empresarial está submetido a constantes mudanças, principalmente, após a crescente globalização dos mercados. As empresas viram aumentar a sua responsabilidade perante o mercado consumidor e com a plena satisfação dos clientes além de se depararem com a concorrência mundial. Uma visão mais abrangente do processo de gerenciamento logístico, que não termina com a simples entrega do produto ao cliente final, mas também se preocupa com o fluxo reverso desse bem, considerando que as organizações hoje atuam em um mercado global, as exigências de fornecedores e clientes quanto às questões ambientais se multiplicam, tornando um fator determinante nas negociações.

A implantação da logística reversa revela-se uma grande oportunidade de se desenvolver a padronização dos fluxos de resíduos, bens e serviços descartados. Supõe-se que a exigência dentre eles o de logística reversa, por parte dos clientes irá atingir todas as cadeias produtivas, dentre elas o da construção civil.

A avaliação focada no setor da construção civil se torna apropriada na medida em que se observam os inúmeros impactos que o setor gera. Ao mesmo tempo em que emprega mais de 10 milhões de pessoas direta e indiretamente no país, se produz uma quantidade enorme de resíduos, se utiliza de grandes quantidades de recursos naturais e modifica os ambientes urbanos de forma rápida e intensa.

A instalação de uma usina de RCC tem que ser muito bem planejada começando com a escolha de um local devidamente licenciado e que o fluxo de caminhões e a manipulação dos resíduos não incomodem a população local. Outro fator igualmente importante é a escolha do tipo da planta, fixa, móvel ou semimóvel.

Os conceitos de análise financeira estudados demonstraram que os métodos do VPL, TIR e TRC ou *Payback* são adequados e possibilitam uma visão sistêmica dos resultados. Estes métodos são os mais indicados pelo Banco Mundial e resumidamente avaliam os fluxos de caixa fazendo com que retornem a uma data inicial do projeto com uma TMA, do valor alcançado subtrai-se o investimento inicial o resultado é o VPL, se for positivo indica que o projeto paga o investimento e consegue um retorno, se negativo é inviável e por último se for zero o negócio é indiferente. A TIR permite avaliar se com o fluxo de caixa previsto qual vai ser a taxa em porcentagem do projeto, com a descoberta é possível comparar com a TMA, e saber se o projeto é viável.

A pergunta que se procurou responder com este projeto foi se existe viabilidade econômico-financeira de se implantar uma usina de processamento de resíduos de construção civil em Santa Bárbara d'Oeste/SP, tendo como finalidade auxiliar gestores públicos ou privados que tenham interesse na gestão destes resíduos, e incentivar a reciclagem, como meio de minimizar os efeitos negativos da geração de resíduos sobre o meio ambiente.

Os métodos empregados na análise financeira do empreendimento foram os recomendados na bibliografia pesquisada como os mais adequados ao estudo de projetos deste tipo.

Os resultados obtidos ficaram semelhantes ao de usinas que foram visitadas e de outras que se teve conhecimento através de pesquisas e conversas informais com trabalhadores deste setor.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

O custo de produção do agregado reciclado ficou, no ano de 2013, em R\$ 15,20 (quinze reais e vinte centavos) por m<sup>3</sup>, sendo este denominado ponto de lucro. O VPL encontrado, considerando um horizonte de 20 anos, foi de R\$ 10.589.752,40 (dez milhões quinhentos e oitenta e nove mil setecentos e cinquenta e dois reais e quarenta centavos) que comprova a viabilidade econômica do empreendimento. Nesta mesma situação, o TRC, ficou em 5,87 anos. A TIR foi calculada em 24% reafirmando a viabilidade econômica com este método também muito recomendado em análises de viabilidade.

A aplicação da Simulação de Monte Carlo, que não é um método de análise financeira, porém, pode ser utilizada na simulação de cenários e neste trabalho auxiliou na escolha de preços de resíduos que entram na usina através dos caminhões de caçambas que pagam por tonelada e também nos preços de agregados reciclados. A combinação dos métodos de análise financeira e simulação de Monte Carlo se torna algo interessante devido a possibilidade de propor descontos a determinados clientes e poder avaliar o impacto que estes descontos causarão na receita da empresa.

Por outro lado entende que uma usina administrada pelo poder público municipal possui um componente de receita particular resultante da economia com a recolha de resíduos que foram clandestinamente depositos em locais impróprios, estes gastos referem-se a funcionários e máquinas que serão deslocados a estas áreas para efetuarem a limpeza. No manual de manejo e gestão de resíduos da construção civil segundo Pinto (2005), este valor varia de R\$ 45,00 a R\$ 60,00, ou seja, a prefeitura deixará de gastar com esta atividade considerando que o valor citado refere-se a tonelada ou m<sup>3</sup>, de resíduo medida esta facilmente alcançada pois, o RCC possui volume (peso e tamanho) altos. Para exemplificar as caçambas comumente vistas em obras civis acomodam de 4 a 5 toneladas.

Nesta mesma linha de pensamento, Pinto (1999, apud Sobral 2012), afirma que em análises de viabilidade de usinas mantidas pelo setor público, o pagamento do investimento inicial pode ocorrer em um tempo bem mais curto do que em usinas particulares, pois, neste tipo de empreendimento devem-se considerar os gastos com a limpeza pública destes resíduos. Existem ainda municípios que não possuem aterros sendo os RCC levados a aterros particulares que cobram por tonelada deixada.

Como proposta para estudos posteriores é interessante avaliar as opções de financiamentos e parcerias de recursos para projetos que envolvam questões relacionadas à sustentabilidade. Em uma visita a usina de RCC de Hortolândia e também no site da mesma observou-se que existe uma parceria entre a usina e a prefeitura sendo que durante a fase de implantação a edilidade doou o terreno para acomodar o projeto em contra partida metade dos agregados produzidos são direcionados a obras civis no município feitas pela prefeitura. Ainda na usina de Hortolândia parte do capital foi financiado pelo Banco do Brasil que possui linhas de créditos para projetos desta natureza. Portanto, estas possíveis parcerias possibilitam um parcelamento com juros menores e a participação efetiva dos órgãos públicos ,pois, estes farão uso dos agregados reciclados.

Para concluir, faz-se necessário despertar o interesse dos segmentos ligados á área da construção civil quanto a vantagem no uso de material reciclado, reduzindo o custo final da obra e ajudando a preservar o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAF NETO, Alexandre. **Matemática financeira e suas aplicações**. 11.ed. São Paulo: Atlas, 2009. 278p.
- BALLOU, R.H. **Logística empresarial**: transportes administração de materiais e distribuição física. Tradução Hugo TY Yoshizaki. 24.ed. São Paulo: Atlas. 2011. 388p.
- BURIN, Eduardo M. et al. **Vitorias na construção**. São Paulo: Pini, 2009. p.
- CAVALLAZZI, J. E. ; TABOADA, C. A Logística reversa e o meio ambiente: o caso da indústria de computadores. **Revista Mundo Logística**, Curitiba, ano 3, n.16, mai./jun., p.18-29. 2010.
- FLEISCHMANN, Moritz. Reverse logistics network structures and design. **ERIN**, Rotterdam,sept, 2001.ERIM Report Seires Research and Management, Disponível em:<<http://www.repub.eur.nl/res/pub/113/erimrs20010919163815.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2013 08h50.
- HARA, C. M. **Logística**: armazenagem, distribuição e trade marketing. 4.ed. Campinas: Alínea, 2011. 167p.
- HIRSCHFELD, Henrique. **A construção civil fundamental**. São Paulo: Atlas, 2000. (p.14-15).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Pesquisa anual da indústria da construção**. Rio de Janeiro, 2011 v.21p. (1-98). Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic\\_2011\\_v21.pdf](http://www.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2011_v21.pdf)>. Acesso em: 06 set. 2013 16h00.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------

LEITE, P.R, **Logística reversa**: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2009, p.53-54.

MARCONDES F. F. C. e CARDOSO, F. C. S.; **Contribuição para aplicação do conceito de logística reversa na cadeia de suprimentos da construção civil**. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia Na Construção. Porto Alegre R.S. 2005. 10f. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/Fcardoso/artigo/Marcondes>>. Acesso em: 04 maio 2013. 14h05.

MARTINS, José Pedro Soares. **História de Santa Bárbara d'Oeste**. Campinas: Komedi, 2007(112p.).

OLIVEIRA, Antonio Bruno de Oliveira. **Santa Bárbara d'Oeste**. Edição Histórica. São Paulo: Focus. 1974.

OSEKI, Jorge Hajime. **Algumas tendências da construção civil no Brasil**. São Paulo, Fau, 1982.

PILÃO, Elias Nivaldo. **Matemática financeira e engenharia econômica**, São Paulo: Cengage Learning, 2011 (94-100).

PINTO, Tarcísio de Oliveira. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**, Brasília-DF, 2005. Volume 1 : Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Disponível em: <<http://www.em.ufop.br>>. Acesso em 10 out. 2013 14h00.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL, **Gestão ambiental de resíduos da construção civil**. São Paulo, 2005, (6-12). Disponível em: <<http://www.Sinduscon.SP.com.br>>. Acesso em: 22 abril 2013. 10h00.

SOBRAL, Ricardo Franklin Cavalcanti Sobral. **Viabilidade econômica de usina de reciclagem de resíduos da construção civil**, João Pessoa-PB, 2012. Dissertação de Mestrado, UFPB. Disponível em: [http://bdtd.biblioteca.ufpb.br/tde\\_busca/arquivo.Php?codArquivo=2695](http://bdtd.biblioteca.ufpb.br/tde_busca/arquivo.Php?codArquivo=2695). Acesso em: 30 out. 2013 13h19.

-----

**Fábio Ricardo dos Santos**

Possui graduação em Tecnologia em Logística pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (2013)  
Tem experiência na área de Segurança Pública.  
Contato: [fabio-r-santos@hotmail.com](mailto:fabio-r-santos@hotmail.com)  
Fonte: CNPQ – Currículo Lattes

**Prof. Me. Ricardo Bertoni Pompeu**

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de São Paulo - ESALQ/USP (1993), mestrado em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo ESALQ/USP (1998) e especialização em Gestão de Pessoas - INPG (1996). É professor da FATEC - Americana e Faculdade Politéc de Santa Bárbara do D'Oeste. Possui experiência nas áreas de Gestão de Pessoas, Gestão de Equipes e Comportamento Organizacional. Na área de Marketing possui experiência nas disciplinas de Administração Mercadológica, Marketing Estratégico e Marketing Internacional. É orientador em vários trabalhos de conclusão de curso e de relatórios de estágio. Integrou a formação de várias Bancas de Concurso Público na Fatec - Americana. Possui experiência como Coordenador de Curso  
Contato: [ricardo.pompeu@fatec.sp.gov.br](mailto:ricardo.pompeu@fatec.sp.gov.br)  
Fonte: CNPQ – Currículo Lattes

**Justificativa dos autores:** O assunto Logística Reversa atualmente tem sido muito divulgado devido a questões relacionadas a sustentabilidade de um modo geral, entretanto, para que investidores públicos ou privados se interessem por esta questão é relevante demonstrar além dos argumentos "verdes" a viabilidade econômica-financeira de projetos desta natureza.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.2	n.1	p. 105 - 120	mar./set. 2014
---------------	-----------	-----	-----	--------------	----------------