



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Brazilian Journal of
Production Engineering

BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção



Campus São Mateus

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) EM UM MUNICÍPIO DE MÉDIO PORTE

FEASIBILITY ANALYSIS OF THE IMPLANTATION OF A CIVIL CONSTRUCTION WASTE RECYCLING PLANT IN A MEDIUM SIZE

Anis Salim Hosni¹, André Luís de Oliveira Cavaignac^{2*} & Alcebíades Negrão Macedo³

^{1,2} Universidade CEUMA, campus Imperatriz. Faculdade Vale do Aço - FAVALE, Campus Açailândia.

³ Universidade Federal do Pará - Campus Belém.

¹ anishosni@hotmail.com ^{2*} andreluiscavaignac@gmail.com ³ anmcedo@ufpa.br

ARTIGO INFO.

Recebido em: 26.08.2019

Aprovado em: 10.09.2019

Disponibilizado em: 20.09.2019

PALAVRAS-CHAVE:

Análise de viabilidade, construção civil, resíduos

KEYWORDS:

Feasibility analysis, civil construction, waste.

*Autor Correspondente: Cavaignac, A.L.de O.

RESUMO

O setor da construção tem uma participação significativa no PIB brasileiro, é preciso considerar as consequências negativas no que tange ao acúmulo de resíduos sólidos. Diante do contexto, esta pesquisa objetiva avaliar a viabilidade econômica da implantação de uma Usina de Reciclagem de Resíduo de Construção Civil no município de Imperatriz-MA. Realizamos pesquisas para diagnosticar a forma de gerenciamento dos RCC pelo poder público da cidade. Deste modo, como levantamento das informações foi possível estimar a geração diária de RCC no município em torno de 200 toneladas. O estudo de viabilidade econômica foi realizado para uma usina com a capacidade de 25 toneladas por hora com a produção de 8 horas por dia, totalizando 200 toneladas de agregados reciclados diariamente. De certo, para a obtenção da receita bruta anual foram levantados os custos de implantação do projeto e de operação e a partir dos valores líquidos calculados, foi estimado o fluxo de caixa da Usina de Reciclagem e calculou-se a análise de investimento utilizando o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) Payback (PB) e o Índice de Lucratividade Líquida (ILL) para o horizonte de tempo de 15 anos. Os resultados alcançados mostram que há viabilidade econômico-financeira na

implantação da usina, com um VPL de R\$ 7.041.682,10 positivo, TIR igual a 37,4949% e o PB se concretizando em 1,4 anos bem como o ILL em 5,34. Portanto, fica demonstrado de forma inequívoca a viabilidade da implantação do projeto de Usina de reciclagem de resíduos no município de Imperatriz-MA.

ABSTRACT

The construction sector has a significant participation in the Brazilian GDP, it must be considered the negative consequences regarding the accumulation of solid waste. Given the context, this research aims to evaluate the economic viability of the implementation of a construction waste recycling plant in the municipality of Imperatriz-MA. We conducted research to diagnose the way the CCR is managed by the city government. Thus, as a survey of the information it was possible to estimate the daily generation of CCR in the municipality around 200 tons. The economic feasibility study was carried out for a plant with a capacity of 25 tons per hour with production of 8 hours per day, totaling 200 tons of recycled aggregates daily. Certainly, in order to obtain the annual gross revenue, the project implementation and operating costs were raised and from the net values calculated, the Cash Flow of the Recycling Plant was estimated and the investment analysis was calculated using the Net Present (NPV), Internal Rate of Return (IRR) Payback (PB) and the Net Profitability Index (ILL) for the 15-year time horizon. The results show that there is economic and financial viability in the implementation of the plant, with a positive NPV of R \$ 7,041,682.10, IRR equal to 37.4949% and the BP achieved in 1.4 years as well as the ILL in 5.34. Therefore, it is unequivocally demonstrated the feasibility of implementing the project of waste recycling plant in the municipality of Imperatriz-MA



INTRODUÇÃO

Em um cenário onde a economia é altamente competitiva e globalizada, tem se observado um aumento populacional e a expansão das cidades na qual reflete-se no desenvolvimento do setor da construção civil. Neste contexto, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil – CBIC (2017), realça que a indústria da construção civil é um dos setores mais importantes para a economia do Brasil. Dessa forma, o desenvolvimento e a capacidade de produção do país estão relacionados diretamente com o crescimento do setor da construção civil, segundo Sistema Firjan (2017) nos últimos 10 anos o segmento passou por um período de expansão no Brasil, com o crescimento do Produto Interno Bruto – PIB do setor ultrapassando o do país.

Hoje, a Indústria da Construção Civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, mas por outro lado, comporta-se ainda como grande geradora de impactos ambientais (Santos, et al., 2012). Neste sentido, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA criou a Resolução nº307, publicada em 2002, que estabelece as diretrizes, os critérios e os procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil no Brasil, ou seja, o CONAMA, do Ministério do Meio Ambiente, é o órgão que regulamenta toda a gestão de resíduos no Brasil em parcerias com órgãos estaduais e municipais.

O CONAMA 307/2002 também estipula que os municípios, para que ocorra a gestão de resíduos da construção civil, elaborem o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (RCC) e Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. A legislação em vigor determina a responsabilidade do gerador pelo gerenciamento desses resíduos. Ao poder público municipal, cabe disciplinar a gestão dos RCC através de instrumentos específicos, tanto para os pequenos quanto para os grandes geradores (Brasil, 2010). Portanto, na construção civil a logística reversa vem atender a necessidade do equilíbrio da eficiência operacional e à preservação do meio ambiente.

Em 2010 foi sancionada no Brasil a Lei no 12.305, regulamentada pelo decreto 7.404/10, que trata da Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, a qual estabelece normas para a gestão de resíduos sólidos, incluindo as disposições gerais, instrumentos e formas de implantação da logística reversa nas empresas (Brasil, 2010). Sobre esse ponto de vista, no Brasil a logística reversa é considerada o eixo central da PNRS, Guarnieri (2011) realça que a principal finalidade é viabilizar a coleta e a devolução dos resíduos aos seus geradores, para que sejam reaproveitados em novos produtos, deste modo, permite-se que o resíduo gerado possa ser inserido no ciclo produtivo.

O impacto ambiental pode ser definido como sendo qualquer alteração no meio ambiente ou em qualquer dos componentes, causadas por uma atividade ou ação, normalmente produzida pelo homem (Sobral, 2012). Essas alterações podem apresentar diferentes aspectos, positivas ou negativas, grandes ou pequenas. E tratando-se da indústria da construção civil, a mesma contribui para uma parcela elevada no processo de agressão ao meio ambiente.



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu art. 30, XVI, define resíduos sólidos como todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade (Filho, et al., 2016). Desta forma, o produto produzindo tem um vínculo com o fabricante até o final da cadeia produtiva, com tudo, todos os integrantes da cadeia deste produto tem uma parcela de participação para a destinação final. (Brasileiro & Matos, 2015),

Soares, Mallman & Retzke (2017) destacam que a indústria da construção civil é uma das atividades que mais contribui para o desenvolvimento econômico do país, contudo, é também considerada uma das principais fontes geradora de danos ambientais - devido ao seu alto consumo de recursos naturais e pelo grande volume de resíduos sólidos produzidos e descartados no meio ambiente de maneira imprópria. Já o RCC na fase de construção é gerado numa edificação por meio de sobras de materiais ou danificado ao longo do processo produtivo e essas perdas podem ocorrer em diferentes fases das obras. Cabral & Moreira (2011) ressaltam que as principais causas dessas perdas são: perda por superprodução; perda por manutenção de estoques; perda durante o transporte; perda pela fabricação de produtos defeituosos; e perda no processamento.

Conforme Sobral (2012), a logística reversa na construção civil possibilita que as obras causem menos impacto ambiental, visto que o processo reverso por meio da reciclagem é alternativa pra amenizar a quantidade de resíduos descartados nos aterros, através do beneficiamento destes resíduos por usinas de reciclagem. As usina de reciclagem de resíduos da construção civil são normatizada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, juntamente com a ABRECON - Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, que é responsável pelo cumprimento das normas técnicas. As usinas se caracterizam em móvel, semimóvel e fixa (Silva, 2014).

A análise econômica de um projeto na área de engenharia passa necessariamente pela identificação dos custos e benefícios, definindo a vida útil e o alcance do projeto. O alcance corresponde ao período de utilização de toda a estrutura física, considerando a vida útil dos equipamentos e das instalações físicas (Gomes, 2005). Os custos envolvidos nos projetos de engenharia podem ser classificados em duas categorias distintas: (i) custos de investimento e implantação; e (ii) custos de operacionalização.

Estes custos iniciais estão relacionados com os gastos necessários à implantação do projeto, compreendendo, entre outras despesas, a aquisição dos equipamentos e da própria área física para instalação, além de despesas adicionais (Sobral, 2012). Os custos iniciais podem ser classificados em custos diretos e custos indiretos. Os custos diretos para Cruz (2012) são aqueles que são mensurados diretamente no bem ou serviço produzido sem a necessidade de rateio. Já Martins (2010) enfatiza que os custos indiretos correspondem ao custo histórico dos insumos utilizados na produção, devem ser apropriados aos produtos seguindo critério de rateio mais adequado à situação.

Os indicadores financeiros servem para indicar a viabilidade econômica de investimento em um horizonte de tempo. Silva (2014) resume os indicadores financeiros como à análise das



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

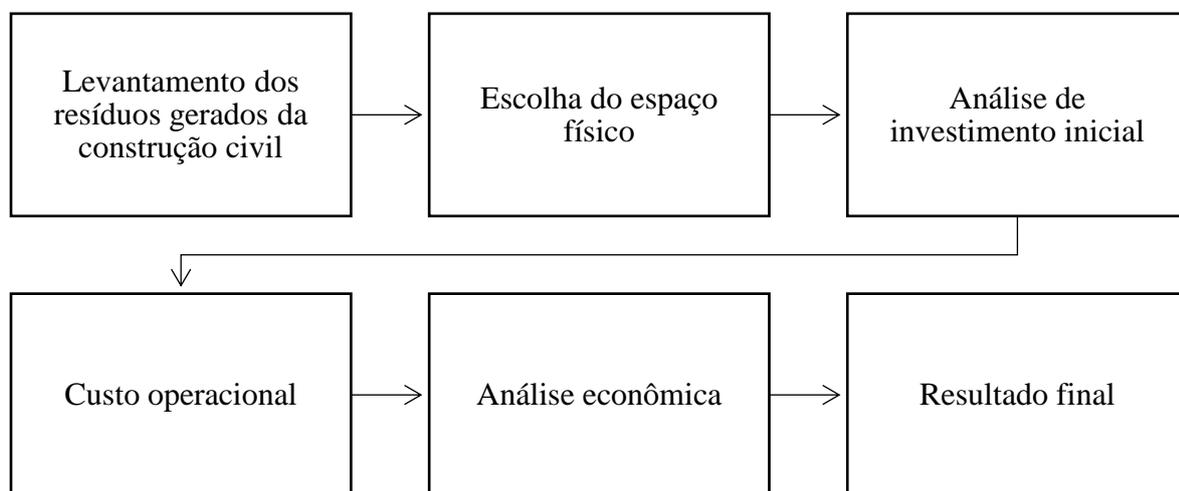
demonstrações contábeis que permitem avaliar a capacidade da situação financeira e o potencial do empreendimento, como forma de analisar o desempenho financeiro. Matarazzo (2010) afirma que a característica fundamental dos índices é fornecer uma visão ampla da situação econômica ou financeira do empreendimento.

Neste sentido, o presente trabalho irá realizar uma análise de uma viabilidade econômica de implantação de uma usina de reciclagem dos Resíduos da Construção Civil no Município de Imperatriz MA. O trabalho irá apresentar um panorama da situação do Município quanto ao gerenciamento dos resíduos da construção civil; Identificar quantitativamente a geração de resíduos de construção civil no Município analisado; Demonstrar a importância da reutilização e da reciclagem de resíduos gerados.

2 METODOLOGIA

Para a análise econômica do projeto, é necessário o conhecimento do volume estimado da geração do município, para posteriormente verificar-se a viabilidade de implantação e o dimensionamento dos recursos a serem investido na aquisição da Usina de Reciclagem de Entulho da construção civil, aos moldes do que foi proposto por Siqueira, (2018). O contato com os representantes da secretária proporcionou o aprofundamento da real situação da cidade de Imperatriz. Uma das informações obtidas que em relação a todos os resíduos urbanos coletados, o município nunca dispôs de um local específico para a sua disposição. Os locais utilizados ao longo dos anos são denominados como “Lixões Itinerantes”.

Figura 1. Fluxograma da metodologia utilizada na pesquisa.



Fonte: Siqueira, 2018. (Adaptado)

2.1 Análise do investimento inicial

Então, para estimar o custo de implantação, foram levantadas as despesas relacionadas diretamente com o processo de instalação da usina, estes custos estão relacionados às obras civis: guarita, escritórios, administração, área para triagem, transbordo, refeitório e banheiros que foram orçados em uma construtora local. Também estão incluso todos os equipamentos



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

necessários para a instalação de uma planta fixa que foram orçados em duas empresas revendedoras situadas em Florianópolis e São Paulo. Os orçamentos foram realizados por meio do site disponível das empresas.

2.2 Custo operacional

Os custos operacionais estão relacionados com as despesas de operação da usina de reciclagem. Foram englobados nos custo de operação: energia elétrica, telefone, combustível, funcionários, equipamento de proteção individual, ferramentas, contabilidade e marketing. A determinação dos valores foi próxima da realidade considerando os itens mais significativos das despesas fixas e variáveis.

2.3 Análise econômica

Para analisar a viabilidade econômica da Usina de Reciclagem de RCC utilizou-se dos indicadores de engenharia econômica, como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), *Payback* e Índice de Lucratividade (IL). Para apurar tais índices, determinou-se o investimento inicial, as entradas e saídas de caixa para posteriormente diagnosticar a viabilidade da proposta de instalação da usina. Indicadores utilizados para avaliação do projeto:

- a) Método Valor Presente Líquido: Através do fluxo de caixa foi-se possível calcular o VPL para cada ano, no período de 15 anos, A Taxa Mínima de Atratividade utilizada no projeto é de 6,5% ao ano. A TMA é a taxa a partir da qual o investidor considera ideal para obter ganhos financeiros. A taxa de 6,5% foi adotada por ser a taxa básica da economia brasileira SELIC de 6,5% para o ano 2018, conforme reunião do COPOM realizado em setembro de 2018;
- b) Taxa Interna de Retorno: Para o cálculo da TIR foi utilizado os valores dos fluxos de caixa no período considerado juntamente com o investimento inicial. Assim a TIR foi comparada com a TMA de 6,5% que analisou-se o retorno mínimo esperado no empreendimento;
- c) Tempo de Retorno de Capital: Para o cálculo do *Payback* foi utilizado para encontrar o prazo de recuperação do investimento;
- d) Índice de Lucratividade Líquida: Para a obtenção do ILL, foi calculado conforme o indicador apresentou em forma percentual a eficiência operacional do empreendimento.

O Valor Presente Líquido (VPL) indica em termos monetários o valor real gerado das receitas líquidas da empresa. Casarotto & Kopittke (2010) dizem que o Valor Presente Líquido é o método que calcula o valor presente dos termos do fluxo de caixa para somá-los ao investimento inicial de cada alternativa.



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{EC_t}{(1+i)^t} - SC_t$$

Sendo que:

EC_t = Representa a entrada de caixa;

SC_t = Representa a saídas de caixa;

n = quantidade total de períodos na linha de tempo do fluxo de caixa

i = Taxa de juros a ser utilizada para descontar o fluxo de caixa; TMA

t = Quantidade total de períodos na linha de tempo do fluxo de caixa.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas líquidas de caixa ao valor presente dos desembolsos relativos ao investimento. A denominação de taxa interna é oriunda do fato de que o valor é calculado, exclusivamente, em função dos fluxos de caixa do projeto e independe dos juros de mercado (ABENSUR, 2015).

$$SC_t = \sum_{t=1}^n \frac{EC_t}{(1+i)^t}$$

Sendo que:

EC_t = Representa a entrada de caixa;

SC_t = Representa a saídas de caixa;

n = quantidade total de períodos na linha de tempo do fluxo de caixa

i = Taxa de juros

t = Quantidade total de períodos na linha de tempo do fluxo de caixa.

O *Payback* (PB) significa o tempo de retorno do capital, logo quanto mais o valor se aproximar de 0 melhor será o valor obtido para a recuperação total do valor investido inicialmente. Marshall Junior et al. (2014) cita que o *Payback* indica o tempo que é preciso para recuperar o investimento inicial, porém não considera o custo de capital investido.

$$PB = \frac{\sum \frac{SC_t}{EC_t}}{(1+i)^t}$$

Sendo que:

PB = *Payback*

EC_t = Representa a entrada de caixa;

SC_t = Representa a saídas de caixa;

i = Taxa de juros

t = Quantidade total de períodos na linha de tempo do fluxo de caixa.

Segundo Abreu Filho, (2008), o Índice de Lucratividade Líquido - ILL - é uma medida relativa, que mede a relação entre o valor recebido e o custo do investimento. ILL é medida relativa de benefício/custo. Pela definição de índice de rentabilidade, e sabendo-se que o VPL



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

não pode ser negativo, conclui-se que o índice de rentabilidade terá sempre de ser maior ou igual a 1 para que o VPL não seja negativo.

$$ILL = VPL / I_o$$

Sendo que:

ILL = Índice de Lucratividade Líquido;

VPL= Valor Presente líquido

I_o= Investimento Inicial

3 Estudo De Caso

3.1 Levantamento da gestão dos RCC em Imperatriz/MA

De acordo com os órgãos responsáveis do município de Imperatriz, a cidade não possui um destino correto aos resíduos gerados pelas práticas da construção civil, trazendo assim transtornos ambientais, sociais e econômicos. Atualmente, no que tange a gestão dos RCC no município ocorre da seguinte maneira: pequenos geradores de RCC costumam acondicionar estes materiais em frente de suas residências no chão; médios geradores em algumas vezes também optam em deixar na frente do local da obra sem nenhuma restrição ou às vezes solicitam caçambas particulares e; grandes geradores descartam seus resíduos em terrenos que são utilizados pela prefeitura.

A limpeza é realizada pelo departamento de limpeza pública, da Secretária Municipal de Obras, com a frequência apenas de duas vezes por mês nos bairros que são regularizados no município. Assim sendo, a disposição final dos RCC ocorre de maneira irregular, tanto pelo poder público como pela sociedade. De acordo com a prefeitura de Imperatriz não existem usinas de triagem, reutilização e reciclagem dos resíduos da construção civil de responsabilidade do setor público no município, porém existe no município uma cooperativa de reciclagem de papel, papelão garrafa pets, vidro e alumínio, que foi implantada pela atual gestão municipal. Então, com as dificuldades apresentada pelo município, tais como, disposição irregular de RCC em área dispersa, inexistência de área de transbordo para grandes geradores, falta de iniciativas de educação ambiental que orientem as formas adequadas de deposição de RCC. Sendo assim, a proposta da implantação da usina de RCC no município apresentaria uma alternativa de reutilização dos resíduos, amenizando assim a sua geração.

3.2 Análise de viabilidade econômica da usina de reciclagem de RCC

A proposta de uma usina de reciclagem de RCC para a cidade de Imperatriz-MA foi estimado com base na alimentação de entrevistas com os responsáveis e ex responsáveis das secretárias de obra, meio ambiente e saneamento do presente no município. Os dados obtidos para o devido equacionamento foram adquiridos junto a prefeitura municipal de Imperatriz, tais como, o espaço físico, a quantidade de resíduos urbanos gerados e aproximadamente o valor dos resíduos sólidos de construção civil. Portanto, as médias percentuais adotadas nesse estudo para estimar os volumes de RCC Classe A que serão convertidos em produtos, agregados reciclados, sendo assim para a conversão do volume levantado no município de



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

toneladas em metros cúbicos, considerou-se conforme o Ministério do Meio Ambiente a massa específica de $1,2 \text{ t/m}^3$.

3.2.1 Custo de investimento

No investimento inicial foram consideradas todas as despesas relacionadas diretamente com o processo de instalação da usina, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Investimento Inicial para a implantação da usina de reciclagem de resíduos de construção civil

Investimento	
Equipamentos	R\$ 800.000,00
Obras Civas	R\$ 380.000,00
Licença Ambiental	R\$ 3.500,00
Ferramentas Manuais	R\$ 2.000,00
Pá Carregadeira	R\$ 120.000,00
Informática	R\$ 4.000,00
Mobiliário	R\$ 5.000,00
EPIs	R\$ 2.000,00
TOTAL	R\$ 1.316.500,00

Fonte: Autores, 2019. Adaptado de Siqueira (2018)

Nos custos com a implantação, os equipamentos para a planta fixa da usina foram orçados no valor de R\$ 800.000,00, sendo eles, alimentadores, britadores, máquina de impactos, peneiras, lavadores e transportadores de carreias. Outros utensílios não foram levantados os preços, tais como, caminhão e caçamba de entulho, pois já possui como patrimônio da prefeitura municipal. As obras civis, R\$ 380.000,00 serão necessárias para estruturar o espaço físico pertencente à prefeitura municipal, assim o local da instalação tem que apresentar: guarita para segurança, entrada e saída de caminhões caçambas, recepção, escritório, local de armazenagem, triagem, pós-triagem, beneficiamento de materiais, local dos materiais reciclados, banheiros e refeitório.

O licenciamento ambiental foi considerado um valor de R\$ 3.500,00, conforme os valores das taxas de Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação ano base 2018 da Secretária do Meio Ambiente e Sustentabilidade do Governo do Estado do Maranhão. As ferramentas manuais e a pá carregadeira tiveram o valor de R\$ 2.000,00 e R\$ 120.000,00, respectivamente. As ferramentas estão listadas em: martelos, catraca, adaptador, alicate, bico, chaves, carrinho de mão e soquetes. A pá carregadeira seminova e da marca Caterpillar ano 2008. Para área administrativa, foram levantados os preços de dois computadores e uma impressora, com um total de R\$ 4.000,00. Já a mobília R\$ 5.000,00 de mesas, cadeiras, sofá, e arquivos. E os EPIs R\$ 2.000,00 que se estende a capacetes, bota, luva, protetor de ouvido, óculos, mascara, roupas e coletes.

3.2.2 Custo de operação

Os custos de operação englobam os custos necessários à execução do processo produtivo, ou seja, está relacionado com a planta fabril. Para o projeto da usina de reciclagem de resíduos



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

sólidos da construção civil de médio porte estimou-se os seguintes custos (Tabela 2).

Tabela 2. Principais custos de operação mensal e anual da usina de reciclagem de resíduos de construção civil.

Custo De Operação	Mensal (R\$)	Anual (R\$)
Funcionários	36.000,00	432.000,00
Manutenção	3.291,25	39.495,00
Energia Elétrica	8.412,80	100.953,60
Despesas Administrativas	5.000,00	60.000,00
TOTAL	52.704,05	632.448,60

Fonte: Autores, 2019. Adaptado de Siqueira (2018)

O custo de operação é composto pelos gastos com insumos, tais como, quadro de pessoal, manutenção dos equipamentos, energia e despesas administrativa. Para a proposta da usina serão necessários 12 funcionários que os salários variam em média de R\$ 3.000,00 totalizando a partir do primeiro ano o custo de mão de obra de R\$ 432.000,00

As despesas com a manutenção e desgaste com os equipamentos, foi adotado uma taxa anual de 3% do valor de investimento inicial (MAQBRIT). O gasto com a energia elétrica anual R\$ 100.953,60 foi realizada por meio das especificações técnicas dos fabricantes, onde os equipamentos apresentam o consumo médio de 50 kWh sendo adotado um custo conforme as tarifas das Centrais Elétricas do Maranhão – CEMAR de R\$ 0,956/kWh (Valor referente a média entre horário ponta, horário intermediário e horário fora ponta). Estima-se que a usina funcionará 8 horas/dia, com 22 dias/mês. E as despesas administrativas referem-se aos gastos com contabilidade, material para escritório, limpeza, internet, telefone e sistema de vigilância totalizando um valor anual de R\$ 60.000,00.

3.2.3 Receita bruta anual

Segundo a Secretária Municipal de Meio Ambiente de Imperatriz/MA, a cidade produz diariamente cerca de 200 tonelada/dia de RCC. Para o empreendimento estimou-se uma capacidade de reciclar 25 tonelada/hora, sendo possível gerar em turno de 8 horas diárias totalizando 200 toneladas de agregados reciclados. Considerando um total de 264 dias úteis anuais trabalhados, encontra-se uma produção para o primeiro ano de 52.800,00 m^3 . Os preços de venda dos agregados naturais no município estão chegando à média de R\$ 51,57 (Tabela 3).

Tabela 3. Preço médio do agregado natural em Imperatriz/MA no ano de 2018.

Produto Natural	R\$ m^3
Areia Fina	65,00
Areia Média	55,00
Areia Grossa	53,00
Brita n.1	55,00
Brita n.2	45,00
Brita n.3	45,00
Rachão	43,00
Média	51,57

Fonte: Autores, 2019. Adaptado de Siqueira (2018)



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

Os itens reciclados são: areia, pedrisco, britas I e II, rachão e bica corrida com e sem agregados de cerâmica. "São itens provenientes de resíduos de base cimentícia e há intenção de utilizar produtos como gesso", diz Marco Aurélio Vituzzo, coordenador da unidade da CompraCon-SP. Para o cálculo, foi estipulado o valor da venda unitária do agregado reciclado de R\$ 33,52 (35% em média) a menos do preço do agregado natural. Com o valor de venda do agregado reciclado da usina, tornou-se possível, assim determinar a receita bruta anual, que é o resultado do produto do volume de agregado produzido anualmente pelo valor unitário do agregado reciclado. O cálculo da receita líquida anual foi realizado retirando-se a os valores da receita bruta anual e o valor correspondente aos custos de operação com o acréscimo do índice de crescimento anual de 1,50%. Portanto a diferença entre a receita líquida e os custos de operação gerou os fluxos de caixa nos período de 15 anos. A tabela 4 e 5 mostram os valores de VPL e PBD em 15 anos.

Tabela 4. Demonstrativo de receitas brutas e líquidas para retorno do investimento da implantação da usina de reciclagem de RCC durante o período de 15 anos (valores negativos em vermelho).

Ano	Receita Bruta Anual	Custo De Operação	Receita Líquida	VPL Acumulado	PBD
0	R\$1.316.500,00		R\$1.316.500,00		R\$1.316.500,00
1	R\$1.769.856,00	R\$632.448,60	R\$1.137.407,40	R\$1.015.542,32	R\$300.957,68
2	R\$1.796.403,80	R\$641.935,32	R\$1.154.468,50	R\$920.335,22	R\$619.377,54
3	R\$1.823.349,80	R\$651.564,34	R\$1.171.785,50	R\$834.053,77	R\$1.453.431,31
4	R\$1.850.700,00	R\$661.337,80	R\$1.189.365,20	R\$755.863,77	R\$2.209.294,40
5	R\$1.878.460,50	R\$671.257,86	R\$1.207.202,60	R\$684.999,18	R\$2.894.293,58
6	R\$1.906.637,40	R\$681.326,72	R\$1.225.310,60	R\$620.780,48	R\$3.515.074,06
7	R\$1.935.236,90	R\$691.546,62	R\$1.243.690,20	R\$562.582,29	R\$4.077.656,35
8	R\$1.964.265,40	R\$701.919,81	R\$1.262.345,50	R\$509.840,18	R\$4.587.496,53
9	R\$1.993.729,30	R\$712.448,60	R\$1.281.280,60	R\$462.043,63	R\$5.049.539,16
10	R\$2.023.635,20	R\$723.135,32	R\$1.300.499,82	R\$418.726,14	R\$5.468.265,30
11	R\$2.053.989,70	R\$733.982,34	R\$1.320.007,20	R\$379.470,53	R\$5.847.735,83
12	R\$2.084.799,50	R\$744.992,07	R\$1.339.807,30	R\$343.895,16	R\$6.191.630,99
13	R\$2.116.071,40	R\$756.166,95	R\$1.359.904,40	R\$311.654,99	R\$6.503.285,98
14	R\$2.147.812,40	R\$767.509,45	R\$1.380.302,90	R\$282.437,32	R\$6.785.723,30
15	R\$2.180.029,50	R\$779.022,09	R\$1.401.007,40	R\$255.958,81	R\$7.041.682,11

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 5. Índices de viabilidade de investimento da implantação da usina de reciclagem de RCC ao final de 15 anos.

Análise		
37,4949%	TIR	Taxa interna de retorno maior que K a 6,5%(retorno esperado)
R\$7.041.682,10	VPL	Valor presente líquido maior que 0
5,34	ILL	Para cada real investido, ganha-se 5,34 reais
1,4	PBD	Investimento se paga em 1 ano e 4 meses

Fonte: Autores, 2019. Adaptado de Siqueira (2018)



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

O Valor Presente Líquido (VPL) indica em termos monetários o valor real gerado das receitas líquidas da empresa. Casarotto & Kopittke (2010) dizem que o Valor Presente Líquido é o método que calcula o valor presente dos termos do fluxo de caixa para somá-los ao investimento inicial de cada alternativa. O Valor Presente Líquido, no período de 15 anos foi de R\$7.041.682,10, sendo positivo o resultado encontrado, o projeto assim sendo é considerado um investimento economicamente viável. Para o cálculo da TIR, foram utilizados os valores do Fluxo de Caixa descontado (VPL), o horizonte de tempo, e o custo de implantação. Logo, encontrou-se um valor para a TIR igual a 37,4949%

Assim, pode-se afirmar que o projeto irá gerar uma taxa de retorno anual de 37,4949% e que o mesmo deve ser aceito, pois este retorno é bem maior que a Taxa Mínima de Atratividade de 6,5% escolhida para esta proposta de implantação da usina de RCC, torna-se possível confirmar onde ocorreu à anulação das despesas iniciais, passando para valores positivos. Todavia, percebe-se que o PB descontado é maior que o *Payback* simples (fluxo de caixa), isso ocorre pois o valor presente dos fluxos de caixa gerados é sempre menor que seus valores absolutos.

Para o método do Índice de Lucratividade Líquido, foi feita uma comparação entre os valores presente dos fluxos futuros projetados com o capital inicial realizado, procurando assim evidenciar o resultado gerado no investimento. O cálculo do ILL deste projeto foi utilizado os valores presentes dos fluxos futuros do mesmo e a divisão pelo investimento realizado, encontrando um resultado de 5,34. Segundo os critérios para a análise do indicativo, o ILL apresentou valores superiores que 1, então, o investimento da proposta da usina de RCC será rentável, pois o ILL é uma medida relativa em forma de índice, logo quanto maior for o valor do ILL, mais atrativo torna-se o projeto.

Comparativos dos indicadores

TMA	12%
TIR	37,4949%
VPL	R\$ 7.041.682,10
PB	1,4
ILL	5,34

Fonte: Autores, 2018

4 Conclusão

Em ênfase, o beneficiamento dos resíduos de classificação A, ocorrem em unidade conhecidas como usina de reciclagem de entulho de construção civil, que tem-se como principal função a produção de agregados reciclados a partir da transformação desses resíduos.

O município de Imperatriz, estudado nesta pesquisa, dispõe de um modelo precário de gestão de resíduos, ineficiente para atender a sua atual demanda populacional.

Por esse motivo, a gestão dos RCC na cidade apresentou carências como disposição final dos resíduos em uma área não licenciada; despejos em terrenos baldios em vários pontos da área urbana do município; deficiência de áreas de transbordo para grandes geradores; inexistência



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

de iniciativas públicas para implantação de usinas e reciclagem de RCC; falta de iniciativas de educação ambiental e; ausência de controle de transporte de resíduos.

A análise econômica, realizada sob um único cenário, conclui que o projeto da usina de RCC no município de Imperatriz/MA é viável para o horizonte de planejamento de 15 anos com rápido retorno do investimento inicial (1,4 anos) e alto índice de lucratividade (5,34), sendo, portanto, altamente recomendável sua implantação. Trabalhos futuros pedem outros cenários como, por exemplo, pessimista e otimista, que identifiquem as variações dos resultados alcançados.

Em virtude disso, propõe-se juntamente com a implantação da usina que o município atue com medidas mitigadoras dos impactos ambientais e sociais decorrentes da geração excessiva de resíduos e disposição inadequada dos RCC, essas ações podem ser: instalação de eco pontos na cidade (na qual já começaram a instalar); aumento de período de recolhimento de entulho nos bairros e; conscientização da população.

Em um breve futuro, com as instalações de eco pontos em algumas localidades, será possível aprimorar, com a seleção mais detalhada de RCC e com a possibilidade de reciclagem de materiais para acabamento, tipo pinturas e reaproveitamento de materiais para forros e isolantes acústico

Referências

Abreu Filho, J.C.F. de. (2008). *Finanças Corporativas*. 10ª edição. Rio de Janeiro: Editora FGV.

Abensur, E.O. (2012). Um modelo multiobjetivo de otimização aplicado ao processo de orçamento de capital. *Gestão & Produção*, 19(4), 747-758.

doi: [org/10.1590/S0104-530X2012000400007](https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000400007)

Brasil (2010). *Lei, Nº 12305 (Política Nacional de Resíduos Sólidos)*. Brasília, DF. Retrieved Julho 30, 2019 from

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm

Brasil. (2002). Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil*. Diário Oficial da União, Brasília/DF, 17 jul. de 2002. Retrieved Julho 28, 2019 from

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>

Brasileiro, L L. & Matos, J M.E. (2015). Literature review: reuse of construction and demolition waste in the construction industry. *Cerâmica*, 61(358), 178-189.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Banco de dados. Retrieved Agosto 02, 2019 from

<http://www.cbicdados.com.br/menu/estudos-especificos-da-construcao-civil/>



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

Casarotto Filho, N. & Kopittke, B.H. (2010). *Análise de Investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial*. São Paulo: Atlas.

Cabral, A.E.B. & Moreira, K.M.V. (2011). *Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil. Programa Qualidade de Vida na Construção*. SINDUSCON – CE. Fortaleza. Retrieved Outubro 15, 2018 from

<http://www.ibere.org.br/anexos/325/2664/manual-de-gestao-de-residuos-solidos---ce-pdf>

Centrais Elétricas do Maranhão- CEMAR. *Cobrança de tarifas*. Retrieved Julho 28, 2019 from <http://www.celmar.com.br/industria/informacoes/cobranca-de-tarifas>

Cruz, J.A.W. (2012). *Gestão de custos: perspectivas e funcionalidades*. Editora IbpeX.

Gomes, H.P. (2005). *Eficiência hidráulica energética em saneamento: análise econômica de projetos*. Rio de Janeiro. ABES.

Guarnieri, P. (2011). *Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental*. Recife: Editora Clube de Autores.

Maqbrit. *Comércio e Indústria de Máquinas Ltda*. Retrieved Julho 30, 2019 from <http://www.maqbrit.com.br>

Martins, E. (2010). *Contabilidade de custos*. 10. ed. São Paulo: Atlas.

Marshall Junior, I.M. (2015). *Plano de negócios integrado: guia prático de elaboração*. Editora FGV.

Matarazzo, D.C. (2010). *Análise financeira de balanços: abordagem básica e gerencial*. 7.ed. São Paulo: Atlas.

Neves, M.M. (2014). *CBAP Master: Aprenda Análise de Negócios e conquiste a certificação CCBA/CBAP*. Rio de Janeiro: Brasport. Retrieved Janeiro 24, 2018 from https://books.google.com.br/books?id=g4jlAwAAQBAJ&printsec=copyright&hl=pt-BR&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false

Pinto, F.L. (2012). De Tucuruí a Belo Monte: a história avança mesmo? Bol. Mus. Pará. Emílio Goeldi. *Ciênc. hum.*7(3), 777-782.

Secretária Municipal de Meio Ambiente de Imperatriz/MA – SEMMA. *Plano De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos Urbanos - PGRSU – Imperatriz/Ma 2018*.

Silva, A.M. & Santos, A.A.V. (2014). Reciclagem e Reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil em São Luís – MA: um processo sustentável. *Revista Do Ceds Periódico do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB I*. Retrieved Junho 25, 2019 from

<http://www.undb.edu.br/ceds/revistadoceds>

Silva, D.V.R. (2014). Usina de reciclagem de entulho: uma alternativa para os resíduos de construção e demolição. MBA Gerenciamento de Obras, Tecnologia e Qualidade da



Citação (APA): Hosni, A.S., Cavaignac, A.L. de O. & Macedo, A.N. (2019). Análise de viabilidade da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil (RCC) em um município de médio porte. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 5(4), 122-134.

Construção, Instituto de Pós-Graduação - IPOG. Florianópolis, SC. *Revista Especialize On-line IPOG*, 9(01).

Sistema Firjan. *Construção Civil: desafios 2020*. Retrieved Maio 30, 2019 from

<http://Firjan.com.br/lumis/portal/file/file/Download.jsp?fileId=4028808B4E3FB673014E3FF18D3D20D8>

Siqueira, R.R. (2018). *Análise para implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil em Tucuruí-PA*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém. Retrieved Agosto 13, 2019 from

<http://ppgec.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2018/rafaelasiqueira.pdf.pdf>

Santos, F.F, Tambara Junior, L.U.D, Cechin, N.F., Almeida, V.L. & Sousa, M.A.B. (2012). Adequação dos Municípios do Estado do Rio Grande do Sul à Legislação de Gestão de Resíduos da Construção Civil. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 4, 1-18.

Soares, M.C., Mallmann, L. & Retzke, D. (2017). *Logística reversa aplicada à construção civil: análise dos processos de descarte em uma construtora no município de Capão da Canoa/RS*. Seminário de Iniciação Científica-Inovação na aprendizagem. Universidade de Santa Cruz do Sul. ISSN 2318-8685.

Sobral, R.F.C. (2012). *Viabilidade econômica de Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil: Estudo de caso da USIBEN – João Pessoa/PB*. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Saneamento Ambiental-PPGEUA) – Universidade Federal da Paraíba-UFPB, João Pessoa. 114p.

Souza, A. & Clemente, A. (2009). *Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: Fundamentos, técnicas e aplicações*. 6 ed. 186 p. São Paulo: Atlas.

