



IMPLANTAÇÃO DE USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM MUNICÍPIO DE MÉDIO PORTE

Adriana Antunes Lopes (*), Alyson Rodrigues Amaral, Alexandra Fátima Saraiva Soares.

*Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – campus São Carlos, adriana.lopes@ifsp.edu.br

RESUMO

A implantação de usinas de reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) é um tema que vem ganhando ênfase em muitos estudos nos últimos anos devido, principalmente, ao grande percentual destes resíduos presente na massa total de resíduos sólidos gerados pelos municípios brasileiros e ao descarte incorreto no meio ambiente, que vem provocando diversos impactos negativos. O objetivo deste estudo foi verificar a viabilidade econômica para implantação de uma usina de reciclagem de RCC em município de médio porte. A área de estudo escolhida foi Itumbiara – GO, visto que o município possui potencial e o RCC gerado não é tratado da forma correta, sendo destinado de maneira inadequada ao lixão municipal. Para adquirir informações relevantes para a implantação da usina foi realizada pesquisa bibliográfica, bem como coleta de dados qualitativos e quantitativos do RCC gerado pelo município, por meio de consulta à Prefeitura e visita técnica ao lixão municipal. A partir dos resultados obtidos, foi considerada uma taxa de geração de cerca de 320 toneladas de RCC/dia, sendo a maior parte composta por resíduos pertencentes à classe A. Com base nas considerações realizadas neste estudo e no uso de alguns indicadores financeiros de viabilidade obteve-se um Valor Presente Líquido (VPL) de + 5.478.822,08, a uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 103% e a um Payback descontado de menos de 2 anos, mostrando que o investimento na usina de reciclagem de RCC proposta é viável economicamente.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos da Construção Civil, Usina de reciclagem, Viabilidade econômica.

ABSTRACT

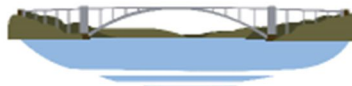
The implementation of construction waste (RCC) recycling plants is an issue that has been emphasizing many studies in recent years due mainly to the large percentage of these residues present in the total mass of solid waste generated by the Brazilian municipalities and to the disposal the environment, which has been causing several negative impacts. The objective of this study was to verify the economic viability for the implantation of a RCC recycling plant in medium-sized municipality. The study area chosen was Itumbiara - GO, since the municipality has potential and the RCC generated is not treated correctly, being inappropriately destined to the municipal dump. In order to acquire information relevant to the plant's implementation, a bibliographic research was carried out, as well as qualitative and quantitative data collection of the RCC generated by the municipality, through consultation with the City Hall and a technical visit to the municipal dump. Based on the results obtained, a generation rate of approximately 320 tons of RCC/day was considered, being the majority composed of residues belonging to class A. Based on the considerations made in this study and the use of some financial feasibility indicators a Net Present Value (NPV) of + 5,478,822.08, an Internal Rate of Return (IRR) of 103% and a discounted Payback of less than 2 years was reached, showing that the investment in the RCC recycling plant proposed is quite economically feasible.

KEY WORDS: Construction Waste, Recycling Plant, Economic Viability.

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil, além de consumir uma grande quantidade de recursos naturais como areia e pedra, também é responsável por gerar um número elevado de resíduos, podendo atingir a faixa de 40 a 70% do total de resíduos sólidos urbanos produzidos em cidades brasileiras de grande e médio porte (Pinto, 1999).

A disposição inadequada dos resíduos provenientes desse setor, podendo ser chamados de resíduos da construção e demolição (RCD) ou popularmente de entulhos, configura-se como uma realidade da maioria dos municípios brasileiros. A ausência de fiscalização, a falta de um local de disposição adequado e a baixa conscientização ambiental da população, que poderia ser melhorada por meio de políticas públicas, são fatores relevantes para que isso ocorra. Segundo a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 307/2002, os RCC não podem ser dispostos em locais como aterros de resíduos sólidos urbanos, áreas de “bota fora”, encostas, corpos d’água, lotes vagos e áreas protegidas por Lei (BRASIL, 2002). A partir do momento que esses resíduos são dispostos nesses locais, uma série de impactos negativos podem ocorrer tanto ao meio ambiente como à saúde pública, tendo como exemplos o assoreamento, a contaminação de rios e córregos, bem como a atração de vetores causadores de doenças como dengue, zika, febre amarela,



entre outras. Além disso, a disposição inadequada do RCC também gera problemas de ordem econômica para o poder público, principalmente o municipal, que tem que destinar gastos para a remoção deste resíduo.

Diante desse cenário, a reciclagem entra como uma tecnologia capaz de reeducar a população em seus hábitos, ajudando a minimizar os prejuízos, causados tanto ao meio ambiente quanto ao meio social, por meio da redução no uso de recursos naturais e da diminuição de resíduos descartados. A reciclagem de RCC é uma atividade com grande potencial, mas que ainda não é amplamente difundida no Brasil. Começou a se destacar a partir da publicação da CONAMA 307/2002, por meio da qual os geradores passaram a ter responsabilidade sobre seus resíduos. O tema foi reforçado, posteriormente, pela Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Com base na legislação, a implantação de usinas de reciclagem de RCC passou a ter uma maior viabilidade, tanto econômica quanto ambiental, resultando no crescimento da taxa/ano de usinas instaladas no país. Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição (ABRECON, 2015), existe cerca de 310 usinas em todo o país.

O município de Itumbiara-GO, localizado ao sul do estado de Goiás, na divisa com o estado de Minas Gerais, possui um grande potencial para a instalação de uma usina de RCC, visto ser um município de médio porte em que a taxa de geração de resíduos é relativamente alta. Além disso, segundo Helou (2016), a sua forte diversificação econômica e seu forte crescimento nas últimas décadas por conta da industrialização da região, chama a atenção de vários empreendedores na busca pela instalação de novos negócios. Já quanto ao gerenciamento dos resíduos, o município deixa a desejar, pois ainda não possui um Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS) e nem mesmo um local apropriado para dispô-los, encaminhando esses resíduos para uma área de disposição inadequada. Em vista disso, a implementação de uma usina de reciclagem de RCC se apresenta como uma medida mitigadora para os problemas relacionados ao descarte inadequado dos RCC e do uso excessivo de recursos naturais, além de contribuir para que o município se adeque à legislação e tenha uma nova visão sobre negócios que envolvam a reciclagem de resíduos.

OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo geral verificar a viabilidade econômica para a implantação de uma usina de reciclagem de Resíduos da Construção Civil em município de médio porte. Como objetivos específicos: levantar a quantidade de Resíduos da Construção Civil gerada no município de Itumbiara – GO, verificar e analisar os custos de implantação e operação da usina de RCC proposta e analisar os resultados, a fim de verificar a viabilidade econômica para a implantação da mesma.

METODOLOGIA

A área de estudo escolhida foi o município de Itumbiara - GO, localizado ao sul do estado. Segundo IBGE (2018), conta com uma área territorial de 2.464,510 km², densidade demográfica de 37,71 hab./km² e população estimada em 2018 de 103.652 habitantes.

Para o levantamento de dados e informações relevantes sobre usinas de reciclagem de RCC foi realizada pesquisa bibliográfica em monografias, dissertações, teses, sites, órgãos públicos, revistas e artigos científicos.

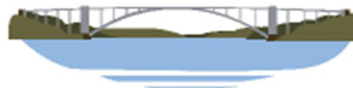
Com o objetivo de obter informações a respeito de dados qualitativos e quantitativos do RCC gerado e coletado pelo município, foi realizada consulta ao órgão público (Prefeitura de Itumbiara - GO) e também visita técnica à área de disposição final de resíduos sólidos.

A fim de verificar a viabilidade econômica de uma usina de RCC no município, foram adotados alguns procedimentos. Foi pré-definida a instalação de uma usina do tipo fixa que irá produzir agregados reciclados com diferentes granulometrias: areia, brita 0 (pedrisco), brita 1 e rachão. Também foram pré-definidos os equipamentos e máquinas:

- Um (1) conjunto de equipamentos para britagem novo: alimentador vibratório, britador, peneira vibratória, correias transportadoras e íman magnético;
- Uma (1) balança para pesagem de caminhões nova;
- Duas (2) pás carregadeira seminovas para espalhar material e alimentar o britador.

Para a instalação da usina foram considerados os seguintes custos iniciais:

- A compra e instalação de equipamentos;
- A compra de balanças e máquinas;
- Obras civis.



O custo com o terreno foi desconsiderado, considerando que o mesmo será doado pela prefeitura sob forma de concessão. O tamanho do terreno foi determinado com base na capacidade de produção da usina, conforme Jadovski (2005).

Para determinar o custo dos equipamentos de britagem, foi levantado orçamento com três empresas, baseado na quantidade de resíduos classe A do município e nos equipamentos pré-definidos. Para determinar o custo da balança, também foram consultadas três empresas diferentes. Tanto para os equipamentos de britagem como para a balança, foi escolhido o orçamento de menor valor. Já o custo das pás carregadeira seminovas foi estabelecido com base em uma pesquisa em sites de anunciantes. Foi definido um preço médio baseado em máquinas de no máximo três anos de uso.

Em relação às obras civis, considerou-se necessária a construção de um muro ao redor da área, de uma guarita, de um escritório e de uma área de vivência com sanitários, vestiários e local para refeição e descanso. Além destes, também foi considerado o custo com a arborização no entorno da área. Para determinar os custos das obras civis, exceto o muro e a arborização, foi considerado o valor de 70% do Custo Unitário Básico (CUB) (JADOVSKI, 2005). Foi utilizado o CUB de Goiás, referente ao mês de setembro de 2017, que foi de 1.291,51/m² (SINDUSCON – GO, 2017). Em relação ao muro, foi estimado um valor de 71,00/m² de muro construído (CASA DICAS, 2014). Já para a arborização no entorno da área, foram adotadas mudas a cada um metro, conforme Stolz (2008). Quanto ao custo com a arborização, o mesmo foi desconsiderado, considerando que as mudas serão doadas pela prefeitura, já que existem viveiros municipais.

Para a operação e manutenção da usina de RCC, dentre os custos, foram considerados:

- Insumos de produção (água, energia e combustível);
- EPIs (equipamentos de proteção individual);
- Manutenção dos equipamentos de britagem;
- Mão de obra (funcionários);
- Vigilância.

O número de funcionários para a parte de produção foi determinado com base na capacidade de produção da usina (JADOVSKI, 2005). Além destes, também foi considerado necessário para o funcionamento da usina mais dois (2) funcionários, sendo: um (1) engenheiro responsável pela usina e um (1) responsável pela portaria e balança.

O custo mensal com água foi determinado pela Equação 1 (Jadovski, 2005), por meio da qual se leva em consideração a capacidade de produção da usina (CP), o valor unitário da água/m³ (VU) e um coeficiente de consumo no valor de 0,08.

$$\text{Custo mensal} = \text{CP} \times 0,08 \times \text{VU} \quad (\text{Equação 1})$$

O custo da energia também foi estabelecido, conforme Jadovski (2005). Foi considerada a potência dos equipamentos instalados em função da capacidade de produção da usina e do tipo de agregado que será produzido (Tabela 1).

Tabela 1. Potência dos equipamentos. Fonte: JADOVSKI, 2005, adaptado.

Capacidade de Produção	Alimentador Vibratório	Britador de Mandíbulas	Britador de Impacto	Peneiras	Correias Transportadoras	
					Bica Corrida	Areia e Brita
Tonelada/h	kW					
20	2,94	19,61	22,07	3,68	2,94	11,03
30	3,79	19,42	29,42	5,52	2,94	13,24
40	3,79	35,00	36,78	7,36	3,68	13,24
50	5,51	42,00	44,13	9,20	4,41	26,48
75	11,03	58,00	73,55	11,03	9,19	27,58
100	14,71	75,00	110,00	12,86	11,03	30,16

Para determinar o preço unitário da água, da energia e do combustível, foram consultados os valores cobrados no município de Itumbiara - GO, referentes ao mês de setembro de 2017. Os EPIs necessários, assim como o período de troca (Tabela 2), foram baseados em Jadovski (2005).

Tabela 2. Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e período de troca. Fonte: JADOVSKI, 2005.

EPIs	Período de troca (mês)
Calça	6



Jaleco	6
Camiseta	3
Botina	6
Luvas	3
Capacete	12
Óculos	6
Protetor auricular	1

O preço dos EPIs foi determinado por meio de uma consulta a empresas de Itumbiara – GO. Para estabelecer os custos com manutenção e desgaste dos equipamentos foi utilizada uma taxa anual de 3% do valor do investimento inicial, conforme adotado por Manfrinato, Esguicero e Martins (2008).

O custo com mão de obra foi resumido aos salários dos funcionários. Os salários mensais para os cargos de encarregado e de operador de pá carregadeira foram determinados, de acordo com o piso salarial determinado pelo Sindicato da Indústria da Construção (SINDUSCON) de Goiás. O salário para o cargo de engenheiro civil foi estabelecido com base em informações do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA). Já para os cargos de operador de equipamentos, auxiliar de triagem e operador de balança foi considerado um salário médio praticado no Brasil (CATHO, 2017). Também foi considerada uma vigilância vinte e quatro (24) horas da usina, cujo custo foi determinado a partir do salário de dois (2) vigilantes por turno, sendo um turno diurno e o outro noturno. O salário de vigilante também foi baseado no piso salarial fornecido pelo SINDUSCON de Goiás.

Foi considerado que todo o RCC gerado pelo município será recebido pela usina. A quantidade de RCC classe A (material que será transformado em agregado reciclado) que a usina irá receber foi estimada em 85% do RCC total (Stolz, 2008). O preço cobrado para receber o RCC e o preço de venda do agregado reciclado foram estabelecidos com base em consulta à usina de RCC de Aparecida de Goiânia - GO, usina mais próxima de Itumbiara - GO. O preço do agregado reciclado foi comparado ao natural por meio de uma consulta a várias empresas de Itumbiara – GO que vendem agregado natural, com o fim de justificar o uso de um material reciclado pela população.

A receita da usina com a venda de agregados foi estimada em 85%, 88%, 90%, 93% e 95% da sua capacidade de produção para os primeiros cinco anos (STOLZ, 2008), devido à conquista de mercado que ocorrerá ano a ano na cidade. Para o investimento na usina, foi considerada uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 9,15% a.a (ao ano), mesmo valor da taxa do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC), no período entre 27 de julho e 06 de setembro de 2017.

A fim de se obter o resultado da viabilidade econômica da usina, foram utilizados indicadores de viabilidade financeira como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback descontado. O cálculo do VPL foi realizado por meio da Equação 2.

$$VPL = \left[-P + \frac{N}{(1+i)} + \frac{N}{(1+i)^2} + \frac{N}{(1+i)^3} + \dots + \frac{N}{(1+i)^x} \right] \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: VPL = Valor Presente Líquido, N = Valor nominal, P = Capital inicial, i = Taxa de juros = TMA.

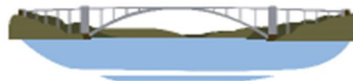
O cálculo da TIR foi feito utilizando a calculadora financeira HP 12C, por meio da qual foram inseridos os dados do fluxo de caixa e a TMA. E quanto ao Payback descontado, foi determinado para este investimento um Payback descontado máximo de 7 (sete) anos para que o capital investido retorne para o investidor.

RESULTADOS

Consulta à Prefeitura de Itumbiara - GO

Em consulta à Prefeitura de Itumbiara – GO foram obtidas informações sobre o RCC gerado pelo município junto à Secretaria de Ação Urbana. Segundo o secretário, a maioria do RCC gerado, recolhido tanto pela prefeitura como por empresas de caçambas, é destinado a uma área de disposição final de resíduos sólidos, sendo que a parte descartada de forma irregular, assim que identificada pela prefeitura, também é destinada para essa área. A maior parte do entulho é do tipo cinza (concreto, argamassas) e a Prefeitura de Itumbiara tem controle somente do que chega na área de disposição final, com base no número de caminhões e na capacidade de carga deles, podendo os dados variarem para mais ou para menos. Os dados informados foram os seguintes:

- Turno Diurno: 4 caminhões (basculante), faz aproximadamente 20 viagens/dia x 5 t = 100 toneladas/dia;
- Turno Noturno: 4 caminhões (basculante), faz aproximadamente 20 viagens/dia x 5 t = 100 toneladas/dia;



- Caminhão Poli Guincho: 6 caminhões poli guincho, faz aproximadamente 30 viagens/dia x 4 t = 120 toneladas/dia.

Com base nos dados fornecidos, obteve-se um total estimado de 320 toneladas de RCC/dia.

Visita Técnica

No dia 20 de agosto de 2017 foi realizada visita técnica ao local de disposição final dos resíduos sólidos do município de Itumbiara – GO. O local se localiza às margens da BR-452, entre os km 190 e 191, dentro do município de Itumbiara – GO (Figura 1).

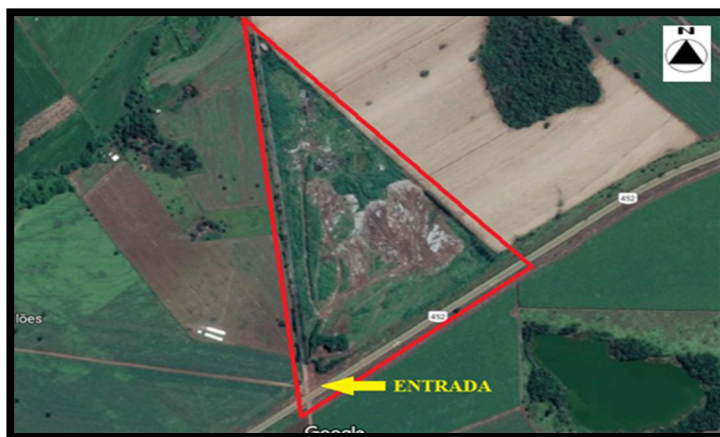


Figura 1: Local de disposição final dos resíduos de Itumbiara – GO. Fonte: GOOGLE MAPS, 2017.

Foi realizada entrevista, por meio de questionário com a funcionária da prefeitura que trabalha na portaria, a fim de obter informações a respeito do RCC que é disposto no local. Segundo a funcionária, não se sabe a quantidade exata de entulho, pois o controle é baseado na quantidade de caçambas que chega. São dispostas no local uma média de 44 caçambas de entulho por dia, sendo 3 caçambas por viagem e 5 viagens da Disk Entulho, 1 caçamba e 7 viagens da Jacinto Engenharia, 2 caçambas e 5 ou 6 viagens da Prefeitura e 2 caçambas e 5 viagens da Bérغامo. A maioria das caçambas são de 5 m³ e a maior parte do entulho que chega é do tipo cinza (concreto), podendo vir misturado com um pouco de outros resíduos como resíduo domiciliar.

Considerando o volume médio das caçambas de 5 m³, um total de 44 caçambas/dia e o peso específico médio do entulho, utilizado por Stolz (2008), de 1,6 t/m³, constatou-se que o local recebe um total estimado de 352 toneladas de RCC/dia.

Durante a visita algumas constatações foram registradas por meio de fotos:

- Em uma parte, havia uma grande quantidade de resíduos domésticos a céu aberto, catadores e urubus (Figura 2).



Figura 2: Urubus e catador em meio aos resíduos domésticos. Fonte: Autor do trabalho.

- Em outra parte era realizada a disposição do RCC, que mais tarde serviria para cobrir o resíduo doméstico. A maior parte dos montes eram compostos, predominantemente, de RCC classe A, principalmente de concreto e de material cerâmico (Figuras 3 a 6).

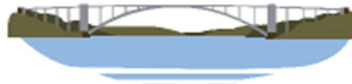


Figura 3: RCC com predominância classe A.
Fonte: Autor do trabalho.



Figura 4: Blocos de concreto. Fonte: Autor do trabalho.



Figura 5: Concreto em maior quantidade. Fonte: Autor do trabalho.



Figura 6: Material cerâmico. Fonte: Autor do trabalho.

- Alguns montes apresentavam predominância de outros tipos de resíduos como madeira (RCC classe B) e em alguns havia a presença de resíduos domésticos (Figuras 7 e 8).



Figura 7: Madeira em maior quantidade. Fonte: Autor do trabalho.



Figura 8: Presença de resíduo doméstico. Fonte: Autor do trabalho.

Após a visita, pôde-se afirmar que o local de disposição dos resíduos não atende a legislação ambiental como, por exemplo, a Lei n.º 12.305/2010 (PNRS), que dentre as suas disposições, proíbe a atividade de catação em áreas de disposição final de resíduos e rejeitos. Além disso, o local não atende as diretrizes correspondentes a uma área de aterro de inertes, conforme as diretrizes da NBR 15113/2004 (ABNT, 2004) e nem mesmo a de uma área de aterro sanitário (ABNT, 1992), podendo ser enquadrado como um lixão. Isso também se confirma pelo fato do local não possuir licença ambiental, conforme informações da Agência Municipal de Meio Ambiente de Itumbiara (AMMAI).

Viabilidade Econômica

Investimento inicial (Custos de implantação)

- Custos com a compra e instalação de equipamentos de britagem



Diante do orçamento de três empresas, denominadas Empresa A, Empresa B e Empresa C, obteve-se os valores dos equipamentos de britagem (Tabela 3).

Tabela 3. Orçamentos de equipamentos de britagem. Fonte: Autor do trabalho.

Empresa	Valor Total (R\$)
Empresa A	778.450,00
Empresa B	599.000,00
Empresa C	1.055.000,00

Foi escolhido para o custo dos equipamentos o orçamento da Empresa B, pois apresentou o menor valor. Os equipamentos do orçamento fornecido por essa empresa estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Equipamentos - Empresa B. Fonte: Autor do trabalho.

Equipamentos – Empresa B	Quantidade
Alimentador Vibratório - 20 a 40 T/h	1
Britador Primário 20 a 40 T/h	1
Peneira Vibratória 20 a 40 T/h	1
Correia Transportadora Radial com Carrinho até 45 °	1
Transportador de Correias Direcional a Radial	1
Transportadores de Correias Finais	4
Quadro Comando Elétrico	1
Íman Magnético Fixo	1
Plataformas Metálicas de Fixação do Conjunto Alimentador + Britador + Peneira Vibratória	-

O valor cobrado para a instalação mecânica dos equipamentos, pela mesma empresa, é de R\$ 59.000,00. Com isso, o custo total referente à compra e instalação dos equipamentos é de R\$ 658.000,00.

- Custo com a aquisição de terreno

Dentre os custos iniciais, foi desconsiderado o custo com a compra de um terreno que, devido a capacidade de produção do britador da empresa escolhida de 40 toneladas/hora, deve possuir uma área de 10.000 m², conforme sugerido por Jadovski (2005). Foram definidas as dimensões, propondo uma área quadrada de 100 m x 100 m.

- Custos com a compra de balanças e máquinas

Foi orçada uma balança com montagem inclusa, de cerca de 10 a 12 metros de comprimento e capacidade de carga de 30 a 40 toneladas, em três empresas (Tabela 5). Essas empresas foram denominadas Empresa X, Empresa Y e Empresa Z.

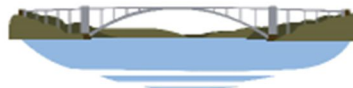
Tabela 5. Orçamentos – Balança. Fonte: Autor do trabalho.

Empresa	Valor Total (R\$)
Empresa X	40.106,00
Empresa Y	38.768,00
Empresa Z	40.000,00

A empresa que apresentou o melhor custo para a balança foi a Empresa Y, com um custo total de R\$ 38.768,00. Já o custo médio, para a pá carregadeira seminova, foi de R\$ 214.000,00. Como serão duas (2) pás carregadeiras o custo total com elas é de R\$ 428.000,00.

- Custos com obras civis

Foi designada a construção de uma guarita de 6 m², de um escritório de 36 m², de uma área de vivência de 30 m², de um muro de 800 m² (2 m x 400 m) e a plantação de 400 mudas no entorno da área da usina (Tabela 6). As obras que utilizaram



o valor de 70% do CUB, tiveram um valor de R\$ 904,06/m². Após a soma, obteve-se um custo total para as obras civis de R\$ 121.892,32.

Tabela 6. Custo – Obra civis. Fonte: Autor do trabalho.

Obras civis	Valor unitário (R\$/Unid. de medida)	Unidades	Valor Total (R\$)
Guarita	904,06/m ²	6	5.424,36
Escritório	904,06/m ²	36	32.546,16
Área de vivência	904,06/m ²	30	27.121,80
Muro	71,00/m ²	800	56.800,00
Arborização	0,00/muda	400	0,00
SOMA			121.892,32

Fluxo anual de despesas (Custos anuais)

- Custos com insumos de produção

Por meio da Equação 3 foi obtido o seguinte custo mensal com consumo de água:

$$\text{Custo mensal} = 5.440 \times 0,08 \times 7,08 = \text{R\$ } 3.081,20 \quad (\text{Equação 3})$$

Assim, no decorrer de um ano, a usina apresentará um custo com água de R\$ 36.974,40. O gasto com energia foi calculado por meio de informações da Tabela 1 e com base no tempo de funcionamento dos equipamentos escolhidos, que será em média de sete (7) horas/dia, chegando-se a um consumo diário de energia de 415,73 kW. Como foi adotado um período de funcionamento da usina de 20 dias/mês e o valor do kW/hora em Itumbiara – GO é de R\$ 0,67, chegou-se a um custo anual com o consumo de energia de R\$ 66.849,40. No caso do combustível, como foram adotadas duas (2) pás carregadeira com um consumo de 16 litros de diesel/hora cada, um período de operação de 7 horas/dia, 140 horas/mês e 1.680 horas/ano para cada uma das pás e o preço do diesel no valor de R\$ 3,19/litro, foi calculado um custo anual no valor de R\$ 171.494,40.

- Custos com mão de obra

Foi considerado um total de dez (10) funcionários. Conforme Jadovski (2005), oito (8) funcionários foram designados para o setor de produção da usina, considerando-se: um (1) encarregado, um (1) operador para os equipamentos de britagem, dois (2) operadores de pá carregadeira e quatro (4) auxiliares para fazer a triagem do RCC. Os outros dois (2) funcionários serão: um (1) engenheiro civil e um (1) operador de balança. A Tabela 7 apresenta o custo mensal com os salários destes profissionais. Ao fim de um (1) ano, haverá um custo com mão de obra no valor de R\$ 228.204,60.

Tabela 7. Custo mensal com mão de obra. Fonte: Autor do trabalho.

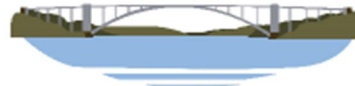
Funcionários	Quantidade	Salário Mensal (R\$)	Valor Total (R\$)
Encarregado	1	2.079,00	2.079,00
Operador - equipamentos de britagem	1	1.783,81	1.783,81
Operador – Pá carregadeira	2	1.060,40	2.120,80
Auxiliar – Triagem	4	995,20	3.980,80
Engenheiro civil	1	7.964,40	7.964,40
Operador de balança	1	1.088,24	1.088,24
SOMA			19.017,05

- Custos com a compra de EPIs

Com base no período de troca de EPIs sugerido por Jadovski (2005), considerando o número de funcionários da usina e os preços pesquisados, obteve-se o custo anual com a compra destes equipamentos, conforme Tabela 8.

Tabela 8. Custo anual com EPIs. Fonte: Autor do trabalho.

EPIs	Valor unitário (R\$)	Quantidade anual	Valor Total Anual (R\$)
Calça	13,00	20	260,00
Jaleco	15,00	20	300,00
Camiseta	11,00	40	440,00



Botina	40,00	20	800,00
Luvas	4,90	40	196,00
Capacete	10,00	10	100,00
Óculos	20,00	20	400,00
Protetor auricular	2,00	120	240,00
SOMA			2.736,00

- Custos com manutenção dos equipamentos de britagem

Como o valor do investimento inicial dos equipamentos de britagem é de R\$ 658.000,00 e considerando uma taxa anual de manutenção de 3% deste valor, haverá um custo anual de manutenção no valor de R\$ 19.740,00.

- Custos com vigilância

O custo mensal com a vigilância da usina, considerando dois (2) turnos, dois (2) vigilantes por turno e um salário de R\$ 906,40 por vigilante, será de R\$3.625,60. Com isso, chega-se a custo total anual de R\$ 43.507,20.

Total de custos

O custo total com o investimento inicial, assim como o custo total de manutenção e operação anual da usina estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Total de custos. Fonte: Autor do trabalho.

Custos	Descrição	Valor (R\$)
Investimento inicial	Equipamentos de britagem	658.000,00
	Balança	38.768,00
	Pás carregadeira	428.000,00
	Obras civis	121.892,32
	SOMA	1.246.660,32
Fluxo anual de despesas	Água	36.974,40
	Energia	66.849,40
	Combustível (Diesel)	171.494,40
	Mão de obra	228.204,60
	EPIs	2.736,00
	Manutenção dos equipamentos de britagem	19.740,00
	Vigilância	43.507,20
	SOMA	569.506,00

Fluxo anual de benefícios (Receitas)

A usina de RCC obterá receita a partir da cobrança pelo recebimento de RCC e por meio da venda de agregados reciclados.

- Receita com o recebimento do entulho

Foi considerado o recebimento de todo o RCC gerado pelo município, ou seja, cerca de 320 toneladas de RCC/dia na usina, conforme dados oficiais da Prefeitura de Itumbiara - GO. Como foi adotado um peso específico médio do RCC de 1,6 tonelada/m³ (STOLZ, 2008), estima-se que será recebido na usina um total de 200 m³ de RCC/dia, de 4.000 m³ de RCC/mês, considerado 20 dias/mês, e de 48.000 m³ de RCC/ano. Baseado na usina de Aparecida de Goiânia - GO, que cobra pelo recebimento do RCC valores entre R\$ 5,00 a R\$ 30,00/m³ de RCC, foi estabelecido um valor médio de cobrança pelo resíduo de R\$ 17,50/m³, resultando em uma receita de R\$ 840.000,00 por ano.

- Receita com a venda de agregados reciclados

Como a quantidade de RCC classe A que será britado foi estimada em 85% do RCC recebido (STOLZ, 2008), obteve-se a quantidade de agregado reciclado no total de 170 m³/dia, de 3.400 m³/mês e de 40.800 m³/ano. Considerando que o agregado reciclado será vendido a um preço médio de R\$ 28,50/m³, já que o preço praticado pela usina de Aparecida de Goiânia - GO é de R\$ 25,00 a R\$ 32,00/m³, resulta-se em uma receita anual no valor de R\$ 1.162.800,00. Foi considerado que haverá uma conquista de mercado nos cinco (5) primeiros anos. Conforme Stolz (2008), a quantidade de agregado



vendido foi estimado, respectivamente, em 85%, 88%, 90%, 93% e 95% do total produzido, resultando em receitas diferentes nos primeiros anos (Tabela 10). O preço médio do agregado natural praticado em Itumbiara – GO é de R\$ 88,75. Dessa forma, o agregado reciclado irá apresentar um valor 67,9% mais barato do que o agregado natural, sendo um fator que justifica a compra do material.

Tabela 10. Receita com venda de agregado reciclado. Fonte: Autor do trabalho.

Ano	Porcentagem de vendas de agregado reciclado (%)	Receita (R\$)
1º ano	85	988.380,00
2º ano	88	1.023.264,00
3º ano	90	1.046.520,00
4º ano	93	1.081.404,00
5º ano	95	1.104.660,00
A partir do 6º ano	100	1.162.800,00

Análise da viabilidade econômica

A partir do cálculo do VPL, a TIR e o Payback descontado, obteve-se o resultado da viabilidade da usina de reciclagem de RCC proposta. Usando como base os dados do fluxo de caixa (Tabela 11) e a Equação 2, obteve-se o valor do VPL de + 5.478.822,08. Como o VPL > 0, o investimento é viável.

Tabela 11. Fluxo de caixa. Fonte: Autor do trabalho.

Período	Fluxo de Caixa (R\$)
0	- 1.246.660,32
1	+ 1.268.874,00
2	+ 1.293.758,00
3	+ 1.317.014,00
4	+ 1.351.898,00
5	+ 1.375.154,00
6	+ 1.433.294,00
7	+ 1.433.294,00

Taxa de juros = TMA = 9,15%

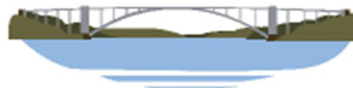
$$\text{VPL} = - 1.246.660,32 + \frac{1.268.874,00}{(1 + 0,0915)^1} + \frac{1.293.758,00}{(1 + 0,0915)^2} + \frac{1.317.014,00}{(1 + 0,0915)^3} + \frac{1.351.898,00}{(1 + 0,0915)^4} + \frac{1.375.154,00}{(1 + 0,0915)^5} + \frac{1.433.294,00}{(1 + 0,0915)^6} + \frac{1.433.294,00}{(1 + 0,0915)^7} = + 5.478.822,08$$

A partir da inserção dos dados do fluxo de caixa (Tabela 11) e da TMA na calculadora financeira HP 12C, foi obtido uma TIR no valor de 103%. Como a TIR > TMA, o investimento também é considerado viável por este indicador.

O período de Payback descontado do investimento foi encontrado a partir dos dados da Tabela 12. A partir do 2º ano o fluxo de caixa descontado acumulado é positivo, podendo afirmar que nesse período já se conseguiu o Payback descontado. Mais precisamente, o período necessário para que o investidor recupere seu investimento inicial de R\$ 1.246.660,32 é de 1 (um) ano e 28 (vinte e oito) dias. Como foi determinado um período máximo de Payback descontado de 7 (sete) anos e o mesmo é conseguido em um tempo menor, significa que o investimento é viável.

Tabela 12. Fluxo de caixa descontado. Fonte: Autor do trabalho.

Período	Fluxo de Caixa Descontado (R\$)	Fluxo de Caixa Descontado Acumulado (R\$)
0	- 1.246.660,32	- 1.246.660,32
1	+ 1.162.505,00	- 84.155,32
2	+ 1.085.939,00	+ 1.001.783,68
3	+ 1.012.789,00	+ 2.014.572,68
4	+ 952.464,90	+ 2.967.037,58
5	+ 887.631,40	+ 3.854.668,98
6	+ 847.603,70	+ 4.702.272,68
7	+ 776.549,40	+ 5.478.822,08



CONCLUSÕES

O presente estudo buscou verificar e analisar a viabilidade econômica para a instalação de uma usina de reciclagem de RCC no município de Itumbiara - GO, contribuindo para que o mesmo se adequa à legislação ambiental, uma vez que a disposição final destes resíduos é inadequada. Atualmente o município deposita seus RCC em um lixão, área sem licença ambiental. Além disso, a pesquisa contribui para que outros estudos relativos a usinas de reciclagem de RCC sejam desenvolvidos, servindo como exemplo de comparação e consulta.

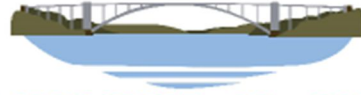
A usina proposta irá receber, conforme levantamento realizado, cerca de 320 t de RCC/dia, sendo adotados equipamentos com capacidade de processamento de 40 t/hora. Serão produzidos na usina agregados reciclados como areia, pedrisco, brita e rachão, possuindo um valor de mercado 67,9% mais barato que o agregado natural comercializado em Itumbiara - GO, o que justifica a compra do material.

Com base nos custos considerados, a implantação da usina necessitará de um investimento inicial de R\$ 1.246.660,32 e apresentará um fluxo de gastos por ano no valor de R\$ 569.506,00. O faturamento da usina com o recebimento de RCC será de R\$ 840.000,00 por ano. Já com a venda de agregados reciclados a usina obterá um faturamento anual crescente, sendo estimada a venda de 85%, 88%, 90%, 93% e 95% dos agregados ao longo dos 5 (cinco) primeiros anos devido à conquista de mercado, e de 100% a partir do sexto ano.

A partir do cálculo dos indicadores de viabilidade financeira, foi obtido um VPL de + 5.478.822,08, uma TIR de 103% e um Payback descontado de 1(um) ano e 28 (vinte e oito) dias, mostrando que o investimento inicial deverá ser recuperado em um período de tempo relativamente rápido, sendo o investimento, portanto, viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (ABRECON). Relatório Pesquisa Setorial 2014/2015: A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. Paraná, 2015.
4. BRASIL. CONAMA nº 307. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002.
5. BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010.
6. CASA DICAS. Quanto custa a construção de um muro por m²?. 2014. Disponível em: <http://www.casadicas.com.br/construcao/quanto-custa-a-construcao-de-um-muro-por-m2>. Acesso em: 09 de outubro de 2017.
7. CATHO. Guia de profissões e salários. 2017. Disponível em: <https://www.catho.com.br/profissoes>. Acesso em: 12 de outubro de 2017.
8. CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA (CONFEA). Salário Mínimo Profissional. Disponível em: <http://www.confea.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=1009>. Acesso em: 12 de outubro de 2017.
9. GOOGLE MAPS. Itumbiara - GO. 2017. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/Itumbiara+-+GO/@-18.3718476,50.0402042,9z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x94a10d6489383995:0xa0d3f8f904066d35!8m2!3d-18.4097245!4d-49.2162908>. Acesso em: 26 de setembro de 2017.
10. HELOU, C. Pró Industrial. Goiânia: ed. Adial, edição 80, ano VIII, 02 de dezembro de 2016. 20p.
11. JADOVSKI, I. Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição. 2005. 167 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
12. MANFRINATO, J. W. S.; ESGUÍCERO, F. J.; MARTINS, B. L. Implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) como ação para o desenvolvimento sustentável - estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28, 2008, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. p.1 - 12.
13. PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
14. SINDUSCON - GO. CUB - Custo Unitário Básico de Construção. 2017. Disponível em: <http://www.sinduscongoias.com.br/index.php/en/cub.html>. Acesso em: 09 de outubro de 2017.



15. STOLZ, C. M. Viabilidade econômica de usinas de reciclagem de RCC: Um estudo de caso para Ijuí/RS. 2008. 93 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.