

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA
IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM
PARA RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO NO MUNICÍPIO
DE FEIRA DE SANTANA-BA**

ELLDER SILVA DA COSTA

CRUZ DAS ALMAS, 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA
IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM
PARA RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO NO MUNICÍPIO
DE FEIRA DE SANTANA-BA**

Monografia apresentada a Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia, como parte das exigências para
a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Me. Anaxsandra da Costa Lima
Duarte

ELLDER SILVA DA COSTA

CRUZ DAS ALMAS, 2022

Costa, Ellder Silva da

Análise da Viabilidade Econômica da Implantação de uma Usina de Reciclagem para Resíduos da Construção no Município de Feira de Santana-BA. / Ellder Silva da Costa. - Cruz das Almas, 2022.

61 p. : 30 cm

Orientador(a): Anaxsandra da Costa Lima Duarte.
TCC (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) --
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2022.

1. Resíduos Sólidos. 2. Resíduos da Construção Civil. 3. Viabilidade. 4. Econômica. I. Ellder, Anaxsandra. II. Análise da Viabilidade Econômica da Implantação de uma Usina de Reciclagem para Resíduos da Construção no Município de Feira de Santana-BA.

ELLDER SILVA DA COSTA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UMA
USINA DE RECICLAGEM PARA RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO NO
MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA-BA.**

Monografia apresentada a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Cruz das Almas - BA, 17 de março de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Anaxsandra da Costa Lima Duarte
CETEC/UFRB



Esp. Edico Oliveira Gomes
PPGM/UEFS



Prof. Dra. Fernanda Nepomuceno Costa
CETEC/UFRB

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM PARA RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO NO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA-BA

RESUMO

Ao longo dos anos o setor da construção civil vem influenciando no processo de urbanização e desenvolvimento econômico das cidades brasileiras, já que o mesmo afeta diretamente a economia do país através do Produto Interno Bruto (PIB) e da geração de empregos. Contudo, trata-se de um ramo industrial altamente extrativista e uma das atividades que mais geram resíduos e alteram o meio ambiente. Assim, a busca por políticas de desenvolvimento sustentável para este setor é fundamental para a sociedade. Neste contexto, esta pesquisa busca avaliar a viabilidade econômica para implantação de uma Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil no município de Feira de Santana/BA. Para tal, inicialmente foi realizado um diagnóstico da geração dos resíduos da construção civil do município, e foi possível estimar uma geração diária em torno de 866,815 t/dia e escolheu-se o local de implantação do empreendimento compatível com a sua capacidade produtiva (30 t/h). Em seguida, determinou-se a receita bruta anual do empreendimento levando em conta os custos de implantação e operação da usina. Para a análise econômica foram utilizados os indicadores financeiros do Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e *Payback*. Os resultados obtidos atestaram a viabilidade econômica deste empreendimento, através do VPL de R\$ 1.870.567,58 positivo, uma TIR de 17% e um Tempo de Retorno do capital investido (*Payback*) de 5,6 anos.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Reciclagem. Construção Civil. Indicadores Financeiros.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA
IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM
PARA RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO NO MUNICÍPIO
DE FEIRA DE SANTANA-BA**

ABSTRACT

Over the years, the construction sector has influenced the process of urbanization and economic development of Brazilian cities, since it directly affects the country's economy through gross domestic product (GDP) and job creation. However, it is a highly extractive industrial branch and one of the activities that most generate waste and alter the environment. Thus, the search for sustainable development policies for this sector is fundamental for society. In this context, this research seeks to evaluate the economic feasibility for the implementation of a Civil Construction Waste Recycling Plant in the municipality of Feira de Santana/BA. For this, initially a diagnosis was made of the generation of waste from the municipality's civil construction, and it was possible to estimate a daily generation of around 866,815 t/day and chose the place of implantation of the development compatible with its productive capacity (30 t/h). Then, the annual gross revenue of the project was determined taking into account the costs of implementation and operation of the plant. For the economic analysis, the financial indicators of Net Present Value, Internal Rate of Return and Payback were used. The results obtained attested to the viability of the economic of this enterprise, through the RPV of R\$ 1,870,567.58 positive, an IRR of 17% and a Return time of invested capital (Payback) of 5.6 years.

Keywords: Solid Waste. Recycling. Construction. Financial Indicators.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Usina de RCC com Planta Móvel	18
Figura 2 – Usina de Reciclagem RCC com Planta Fixa	19
Figura 3 – Fluxograma do Processo Produtivo dos Agregados Reciclados.	20
Figura 4 – Fluxograma da metodologia aplicada à pesquisa.	26
Figura 5 – Localização dos Pontos de Acumulo Temporário de RCC do Município de Feira de Santana-BA.	36
Figura 6 – Ponto de Destinação Irregular de RCC no Bairro São João.	37
Figura 7 – Ponto de Destinação Irregular de RCC no Bairro Centro.	37
Figura 8 – Ponto de Destinação Irregular de RCC no Bairro Tomba.	37
Figura 9 – Local Escolhido para Implantação da Usina de Reciclagem RCC	39
Figura 10 – Arranjo Físico da Usina de Reciclagem de Feira de Santana/BA.	40

Lista de quadros

Quadro 1 – Classificação do RCC	15
Quadro 2 – Normas de Resíduos da Construção Civil.	16
Quadro 3 – Quadro Comparativo Estudos de Viabilidade.	24

Lista de tabelas

Tabela 1 – Área requerida para implantação de uma usina de reciclagem RCC em função de sua produção.	27
Tabela 2 – Custo Médio para Aquisição de Equipamentos de Britagem.	28
Tabela 3 – Equipe Requerida para Operação de Usinas de Reciclagem RCC.	30
Tabela 4 – Investimento Inicial para Implantação de Usina RCC.	41
Tabela 5 – Equipamentos para Usina de Reciclagem com produção de areia e brita.	42
Tabela 6 – Custos das Obras Civas.	42
Tabela 7 – Custos para Infraestrutura da Usina de Reciclagem.	43
Tabela 8 – Custos Operacionais da Usina de Reciclagem.	44
Tabela 9 – Encargos Complementares por Funcionário.	45
Tabela 10 – Equipamentos de Proteção Individual.	45
Tabela 11 – Custos de Mão de Obra.	45
Tabela 12 – Preço de agregado natural em Feira de Santana/BA	47
Tabela 13 – Receita Bruta Anual da Usina de reciclagem RCC para um Horizonte de 15 anos.	47
Tabela 14 – Receita Líquida da Usina de Reciclagem RCC para um Horizonte de 15 anos.	48
Tabela 15 – Método do Valor Presente Líquido.	49
Tabela 16 – Método do Payback.	50
Tabela 17 – Comparativo dos Indicadores Financeiros.	50

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.
ABRECON	- Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição.
ARFES	- Agência Reguladora de Feira de Santana.
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CUB	- Custo Unitário Básico da Construção.
EPI	- Equipamento de Proteção Individual.
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IL	- Índice de Lucratividade.
IPEA	- Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada.
RCC	- Resíduos da Construção Civil.
RSU	- Resíduos Sólidos Urbanos
PIB	- Produto Interno Bruto
PMGIRS	- Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.
PNRS	- Política Nacional dos Resíduos Sólidos.
SEMA	- Secretaria do Meio Ambiente da Bahia.
SESP	- Secretaria Municipal de Serviços Públicos.
SINDUSCON	- Sindicato da Indústria da Construção Civil.
TIR	- Taxa Interna de Retorno.
TMA	- Taxa Mínima de Atratividade.
VPL	- Valor Presente Líquido.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo Geral	12
1.2	Objetivos Específicos	12
1.3	Estrutura do Trabalho	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Resíduos Sólidos da Construção Civil	13
2.2	Normas Técnicas e Regulamentações	14
2.2.1	ABNT NBR 10004	14
2.2.2	CONAMA Resolução nº 307	14
2.3	Usinas de Reciclagem	16
2.3.1	Tipos de Plantas de Usina de Reciclagem de RCC	18
2.3.2	Processo de Produção de Agregados Reciclados	19
2.4	Métodos de Análise de Investimentos	20
2.4.1	Valor Presente Líquido - VPL	21
2.4.2	Taxa Interna de Retorno - TIR	21
2.4.3	Tempo de Retorno do Investimento - <i>Payback</i>	21
2.5	Estudos sobre Custos de Implantação e Operação de Usinas de Reciclagem	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1	Área de Estudo	25
3.2	Método de Pesquisa	26
3.2.1	Levantamento dos resíduos gerados da construção civil (RCC) em Feira de Santana	26
3.2.2	Escolha do espaço físico	27
3.2.2.1	Terreno	27
3.2.2.2	Infraestrutura do empreendimento	27
3.2.3	Investimento Inicial	28
3.2.4	Custo Operacional	29
3.2.5	Receita Bruta Anual da Usina RCC	31
3.2.6	Receita Líquida Anual da Usina RCC	32
3.2.7	Análise Econômica	32
3.2.7.1	Valor Presente Líquido - VPL	33
3.2.7.2	Taxa Interna de Retorno - TIR	33
3.2.7.3	Payback	34

3.2.7.4	Cenário Econômico	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1	Levantamento da Gestão dos RCC no Município de Feira de Santana-BA	35
4.1.1	Geração de RCC do município de Feira de Santana	38
4.2	Espaço Físico	39
4.2.1	Arranjo Físico	40
4.3	Investimento Inicial	41
4.3.1	Equipamentos	41
4.3.2	Obras Civas	42
4.3.3	Infraestrutura	42
4.3.4	Capital de Giro	44
4.4	Custos Operacionais	44
4.4.1	Custo com Mão de Obra	44
4.4.2	Custo com Energia Elétrica	45
4.4.3	Custo com Consumo de Água	46
4.4.4	Custo com Combustível	46
4.4.5	Custos com Despesas Administrativas	46
4.4.6	Custos com Manutenção dos Equipamentos	46
4.4.7	Custos com Depreciação de Equipamentos e Veículos	46
4.5	Cenário Econômico	47
4.5.1	Receita Bruta Anual	47
4.5.2	Receita Líquida Anual	48
4.5.3	Indicadores Econômicos	48
4.5.3.1	Valor Presente Líquido - VPL	48
4.5.3.2	Taxa Interna de Retorno - TIR	49
4.5.3.3	<i>Payback</i>	49
4.6	Comparativo dos Indicativos Financeiros	50
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
5.1	Sugestões de Trabalhos Futuros	52
	REFERÊNCIAS	54
	APÊNDICE A – ENTREVISTA COM REPRESENTANTES DA EMPRESA SUSTENTARE DO MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA.	58

1 INTRODUÇÃO

A indústria de construção civil no Brasil desenvolve-se através do processo de urbanização que acontece ao longo dos anos, afetando diretamente a economia do país através do Produto Interno Bruto — PIB, como afirma a análise do Sistema Firjan (2017). Contudo, é possível observar a ação de via dupla: por um lado, a geração de empregos, por outro, a produção de resíduos que, ao serem descartados de maneira incorreta, afetam o meio ambiente e, conseqüentemente, a sociedade.

Através da Resolução nº 01 (CONAMA, 1996), alguns dos pontos a serem considerados pelo impacto ambiental são: a saúde, segurança e bem-estar da população, além da qualidade dos recursos ambientais. A ação do homem no meio ambiente e nas construções, das mais simples às mais elaboradas, contribuem para as mudanças generalizadas, que a longo prazo tornam-se negativas.

Então, a medida que o ramo da construção civil depara-se com estas observações, torna-se necessário pensar em maneiras de gerenciamento para a problemática. Além da demanda ambiental, o reaproveitamento dos resíduos contribuem em escala econômica para o ramo.

Para Souza, Segantini e Pereira (2008), em um período de escassez de recursos não-renováveis, a reciclagem de resíduos da construção civil é questão de sobrevivência para a construção civil. Refletir sobre as substituições do agregado é atribuir valor nobre a estes materiais através de estratégias de reaproveitamento.

Pensar na reinserção desses resíduos nos materiais da construção civil é de extrema importância, tendo em vista que, direta e indiretamente, recursos naturais são utilizados cotidianamente nas obras.

Tratando-se de Política Nacional dos Resíduos Sólidos — PNRS (BRASIL, 2010), em seu conteúdo são dispostas alternativas para o gerenciamento de resíduos sólidos, viabilizando o reaproveitamento em novos materiais. Segundo Sobral (2012) a produção gradual dos resíduos da construção contribui para a saturação das áreas de deposição, necessitando a criação de novos locais.

De acordo com Carneiro (2005), os resíduos passam a ser uma questão a ser pensada no momento em que eles são produzidos. Ainda segundo a autora, devido às conseqüências observadas, apenas nas últimas décadas que a geração de resíduos sólidos - RSU, se tornou uma questão importante, aliada as questões ambientalistas que emergiram no processo de globalização.

Tendo em vista a existência de um sistema de gerenciamento vigente no Brasil

que apresenta fragilidades em seu desenvolvimento, a presente pesquisa se propõe a apresentar uma possibilidade de solução para o município de Feira de Santana/BA, tendo em vista as preocupações ambientais, sociais e econômicas do município, de modo que esta sirva como subsídio para um projeto municipal a longo prazo, desencadeando aproveitamento de materiais e aproveitamento econômico.

Assim o objetivo geral desta pesquisa é a Análise da viabilidade econômica para implantação de uma usina de reciclagem para resíduos da construção no município de Feira de Santana/BA..

1.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômica da implantação de uma usina de reciclagem para Resíduos de Construção Civil(RCC) no município de Feira de Santana-BA.

1.2 Objetivos Específicos

Considerando o desenvolvimento do trabalho e o objetivo geral apresentado, destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- Demonstrar a atual situação do município de Feira de Santana quanto ao gerenciamento dos resíduos da construção civil;
- Usar diferentes indicadores para analisar a viabilidade econômica da usina de reciclagem;

1.3 Estrutura do Trabalho

No segundo capítulo, serão desenvolvidos os principais conceitos acerca dos resíduos sólidos da construção, de maneira que se possa entender em quantidade, a sua geração e a porcentagem que não faz parte da coleta de reaproveitamento e tratamento final. Ademais, estão destacadas as Normas Técnicas e Regulamentações, bem como a viabilidade das Plantas Móveis para área civil e o estudo econômico de métodos de investimento.

No terceiro capítulo desenvolveu-se o estudo do município em específico, analisando os gastos para execução do projeto da usina de acordo com estimativas que funcionam para outros exemplos da construção civil.

No quarto capítulo, projetou-se a produção de RCC em Feira de Santana, articulando as imagens dos entulhos ao que deve ser desenvolvido para a criação da usina, definindo então, a possibilidade de localização, estrutura, maquinário e custos de maneira geral (obra, trabalhadores e infraestrutura). Sendo apresentado os resultados e discussões.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos Sólidos da Construção Civil

O setor da construção civil é um dos que mais cresce no mundo. Progredindo com o tempo e aprimorando suas técnicas construtivas, o ser humano foi capaz de desenvolver grandes e complexas obras que modificaram de forma drástica o espaço, entretanto nem todas os avanços trouxeram aspectos positivos para o ambiente.

Um desses aspectos está relacionado ao impacto produzido pela geração dos Resíduos de Construção Civil (RCC's) que, segundo Carneiro, Burgos e ALBERTE (2001), a construção civil pode ser considerada uma das atividades que mais geram resíduos e alteram o meio ambiente, em todas as suas fases, desde a extração de matérias-primas, até o final da vida útil da edificação.

A má gestão dos resíduos sólidos pode acarretar uma série de problemas como: proliferação de moscas, ratos, baratas, transmissores potenciais de doenças; poluição do ar, do solo e da água; além da desvalorização de imóveis (NUNES; SCACABAROSSO; ARAÚJO, 2017).

Segundo Lopes (2005), a única forma da sociedade atual conseguir índices significativos de desenvolvimento sustentável seria através de mudanças contundentes no setor da construção civil, pois o mesmo porta altos índices de consumo de recursos naturais disponíveis, simultaneamente é detentor do título de maior gerador de resíduos sólidos.

E então, conforme Neto (2005) a geração desenfreada do resíduo sólido está relacionado a quatro fatores que são rotineiras no setor da construção civil, são eles:

1. Ausência de gestão dos resíduos nas obras;
2. Mão de obra não qualificada;
3. Deficiência na otimização dos projetos com os processos construtivos, resultando em perda de materiais;
4. Superdimensionamento de elementos constituintes da obra aumentando consequentemente o consumo de recursos naturais.

Estima-se que em cada obra são gerados em média cerca de 8% de resíduos, materiais que acabam não sendo utilizados e se transformam em entulho, contribuindo diretamente em despesas de remoção e mão de obra (AGOPYAN, 2001).

Um dos grandes problemas da gestão dos centros urbanos é a destinação final desses resíduos, por isso, foi estabelecida a lei 12.305/2010 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) a qual define que os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis são reconhecidos como bens econômicos e de valor social, devendo-se adotar uma visão sistêmica em sua gestão, considerando as dimensões ambiental, social e econômica.

Entre os principais objetivos da PNRS encontra-se a não geração dos resíduos através de práticas sustentáveis e instrumentos para promover a reciclagem, a reutilização e a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, para os quais não há possibilidade de reciclagem ou reutilização (SIQUEIRA, 2018).

Segundo a Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil da ABRELPE (2021), houve um aumento significativo da coleta e tratamento do RCC nos municípios brasileiros, após publicação da PNRS em 2010, passando de 33 milhões de toneladas em 2010, para 47 milhões, em 2020.

2.2 Normas Técnicas e Regulamentações

2.2.1 ABNT NBR 10004

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 10.004/2004), resíduos sólidos podem ser definidos como:

“Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

Segundo a norma os resíduos podem ser classificados em duas classes: perigosos e não perigosos. Os não perigosos se dividem em inertes e não inertes. Porém, além dessas classificações, os resíduos sólidos apresentam as seguintes características físicas e químicas: per capita, peso específico, poder calorífico, umidade e relação carbono-nitrogênio.

2.2.2 CONAMA Resolução nº 307

Em vigor desde 2003 a Resolução nº 307 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) modificada pela resolução nº 348/2004 e outras, que determina que os geradores são os responsáveis pelo resíduo produzido e que o objetivo prioritário

deve ser a não geração e, caso isto não seja possível, deve-se considerar a redução, reutilização, reciclagem e disposição final (nesta ordem).

No caso da disposição final, os materiais devem ser encaminhados para locais denominados aterros de resíduos da construção civil ou áreas de destinação de resíduos, e serem depositados de modo que seja possível sua utilização ou reciclagem futura.

De forma paralela, tendo em vista medidas para amenizar este problema, os Resíduos da Construção Civil foram classificados de acordo o Quadro 1:

Quadro 1 – Classificação do RCC

CLASSE	DESCRIÇÃO
CLASSE A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: I) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; II) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas etc.), argamassa e concreto; III) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fio etc.) produzidas nos canteiros de obras.
CLASSE B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).
CLASSE C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).
CLASSE D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução nº 348/04).

Fonte: Adaptado de BRASIL (2002)

A Usina de Reciclagem de resíduo da construção civil é normalizada pela Associação Brasileira de normas técnicas (ABNT), conhecer e cumprir as normas técnicas sobre a reciclagem de entulho é uma das exigências para a filiação a Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON). As normas responsáveis por nortear os critérios para uma usina desse tipo, podem ser conferidas no Quadro 2 :

Quadro 2 – Normas de Resíduos da Construção Civil.

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR 15.112	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.
NBR 15.113	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.
NBR 15.114	Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação.
NBR 15.115	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos.
NBR 15.116	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Requisitos.

2.3 Usinas de Reciclagem

As usinas de reciclagem surgiram como principal alternativa para processamento dos resíduos sólidos da construção civil, reduzindo a sua disposição irregular, possibilitando a geração de um agregado reciclado que poderiam ser reutilizados no próprio setor (CARNEIRO; BURGOS; ALBERTE, 2001).

A ABRECON (2017a) relaciona os RCC, que são reaproveitáveis para a produção de agregados reciclados, em dois grupos e aponta um terceiro grupo dos resíduos não aproveitáveis. Tal classificação pode ser conferida abaixo:

- Grupo 1 - corresponde aos materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.
- Grupo 2 - corresponde aos materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos
- Grupo 3 - materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor.

ABRECON (2017b) aponta que a principal receita de uma usina de reciclagem advém da venda de agregados reciclados, logo é imprescindível garantir sua qualidade. Sendo que, "a qualidade do agregado produzido é relacionada com o resíduo que passa pela reciclagem, e para tal a compreensão de mecanismo de gestão da usina de reciclagem se faz essencial para sua sustentabilidade"(MACARI, 2019).

Segundo Tenório e Espinosa (2004), a qualidade dos agregados gerados a partir da reciclagem dos entulhos, podem ser comparados aos agregados naturais. Há anos essa prática tem sido utilizada para compor base e sub-base de pavimentos.

De acordo com Ferreira e Moreira (2013), até o ano de 2002, o Brasil contava apenas com 16 usinas de reciclagem RCC. A partir da Resolução BRASIL (2002), foi observado um grande incentivo à reciclagem, visto que os grandes geradores passaram a ter que desenvolver e implantar um plano de gestão de RCC, visando sua destinação ambientalmente correta, tendo seu objetivo principal, na reutilização e reciclagem. E então, o número de usinas de reciclagem, em um período de 20 anos, aumentou consideravelmente de 16 usinas, em 2002, para 44 usinas de reciclagem em 2021 (BRASIL, 2021).

Sendo considerado grandes geradores de resíduos "os proprietários, possuidores ou titulares de estabelecimentos públicos, institucionais, de prestação de serviços, comerciais e industriais, entre outros geradores de resíduos sólidos em volume superior a 300 litros/dia ou 75 quilos/dia (FEIRA DE SANTANA, 2017).

Trichês e Kryckj (1999) apontam vantagens econômicas quanto a reciclagem dos RCC para a administração pública dos municípios, tais como:

- A redução dos custos com a retirada do material depositado irregularmente em vias públicas, terrenos baldios, cursos d'água e encostas;
- Ampliação da vida útil de aterros;
- Redução dos custos com operação de aterro sanitário;
- Preservação do meio ambiente;
- Mitigação de problemas urbanos (alagamentos, deslizamentos e enfermidades);
- Atenuação nos custos de pavimentação e infra-estrutura urbana.

Outrossim Brasileiro e Matos (2015), reforçam que a reciclagem de resíduos de construção civil contribui para a ampliação da vida útil dos aterros, principalmente em grandes cidades, em que a construção civil é intensa e há escassez de área para deposição. Além de proporcionar benefícios econômicos e ambientais, a reciclagem

também reduz os custos de gerenciamento do resíduo e o custo do produto reciclado é bem menor que o agregado natural.

2.3.1 Tipos de Plantas de Usina de Reciclagem de RCC

Conforme Sobral (2012) resumidamente existem três tipos de plantas para usinas de reciclagem RCC, sendo elas: Plantas Móvel, Plantas Semi-móvel e Planta Fixa.

As Plantas Móveis tem como aspecto principal a possibilidade da mobilização da usina, podendo ser utilizada pontualmente em qualquer espaço físico onde há grande geração de resíduos sólidos, como o caso de grande demolições e construções. (CUNHA et al., 2013). "Em geral, tais usinas já são montadas sobre bases móveis (pneus) que permitem o transporte através do reboque especial"(SOBRAL, 2012).

Devido a suas particularidades móveis este tipo de empreendimento não precisa de terreno para a alocação dos equipamentos e nem obras civis para a construção da planta (CUNHA et al., 2013). Como apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Usina de RCC com Planta Móvel



Fonte: Máquinas Faria (2022)

Em relação às características da Plantas Semi-Móveis, Sobral (2012) aponta sua facilidade de instalação, a economia e rapidez na montagem, quando se precisa da instalação de usinas com previsão de tempo máximo de permanência, basicamente em curto ou médio prazo. Este tipo de planta é comumente implementado em construções de hidrelétricas, e usualmente construídas sobre bases metálicas que facilitam sua desmobilização.

Já as Plantas Fixas são utilizadas quando se precisa de uma localização inalterável para o empreendimento. "Neste caso, é possível obter-se produtos reciclados bem mais diversificados e de melhor qualidade, decorrente da possibilidade de utilização de equipamentos maiores e mais especializados (SOBRAL, 2012). Entretanto, apresentam desvantagens quanto ao custo elevado do investimento inicial visto que demandam de grande áreas para implantação e equipamentos mais robustos. A Figura 2 apresenta a usina de reciclgame com planta fixa, localizada na cidade de Grajaú/SP.

Figura 2 – Usina de Reciclagem RCC com Planta Fixa



Fonte: Costa, Ribeiro e Dias (2020)

2.3.2 Processo de Produção de Agregados Reciclados

Sobral (2012) aponta que o processo de produção de uma usina de reciclagem inicia a partir da geração dos chamados resíduos da construção civil, em grandes construções e demolições, seguido da deposição dos mesmos na área de coleta e recebimento das usinas, praticada por transportadores. Após transporte, os RCC passam por análise visual e pesagem. Sendo esta etapa denominada de recebimento do material na usina de reciclagem RCC.

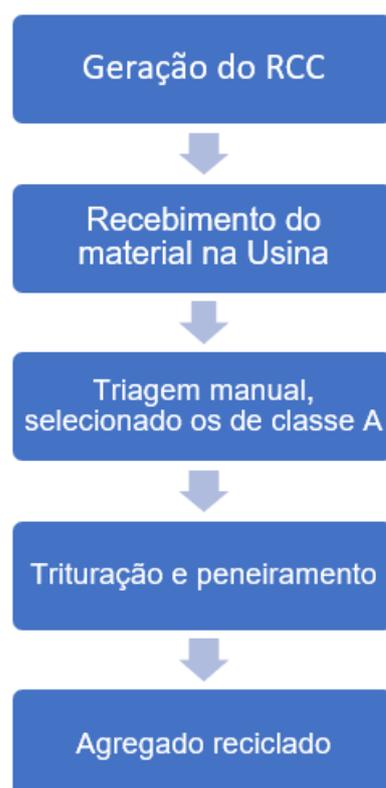
Após concluída a fase de recepção dos resíduos na usina, inicia-se a terceira etapa onde ocorre a retirada manual dos materiais não considerados de classe A dos RCC, como: plástico, aço, papel e madeira. Tais materiais são separados e transferidos da área de trabalho e transportados para centros de reciclagem apropriados para cada tipo de material (SOBRAL, 2012).

Em seguida os RCC passam por uma trituração inicial, onde os materiais com grandes dimensões são dispostos em um vibrador de impacto especial responsável

por reduzir as dimensões dos mesmo até dimensões aceitáveis, e passando para um subsequente peneiramento. Posteriormente, são movidos para um britador de impacto onde é executada a britagem e rebritagem dos resíduos para agregados de tamanhos variados (SOBRAL, 2012).

A Figura 3 apresenta um fluxograma com o processo de produção dos agregados reciclados em uma Usina de RCC.

Figura 3 – Fluxograma do Processo Produtivo dos Agregados Reciclados.



Fonte: Adaptado de Nunes, Mahler e Valle (2009)

Ferreira e Moreira (2013) explicam que é indispensável a separação do RCC na fonte geradora dos resíduos, pois favorece a obtenção de reciclados com melhor qualidade. Isto ocorre devido ao fato de os principais condicionantes do processo de reciclagem ser a necessidade de gerar produtos homogêneos e de características adequadas, a partir de resíduos heterogêneos e de origem bastante diversificada.

2.4 Métodos de Análise de Investimentos

Neste item estão abordados de forma concisa, os métodos mais empregados para análise de viabilidade econômica de empreendimentos, como foco exclusivamente em usinas de reciclagem RCC.

O procedimento para análise consiste da aplicação de técnicas que comparam a utilização do dinheiro investido, considerando os riscos e retornos esperados. Os métodos mais utilizados por especialistas são a do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback* (RODRIGUES et al., 2015).

2.4.1 Valor Presente Líquido - VPL

O método do Valor Presente Líquido consiste de um indicador financeiro em que considera todos valores esperados de um fluxo de caixa (diferença entre saldo das entradas e saídas de caixa), aplicando uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) que é basicamente a rentabilidade mínima para o projeto, atribuída pelo investidor (SOBRAL, 2012).

O VPL é calculado "subtraindo-se o investimento inicial de um projeto do valor presente de suas entradas de caixa, descontadas à taxa de custo de capital da empresa"(GITMAN, 2010). Já Rezende e Oliveira (2008) considera que "a viabilidade econômica de um projeto analisado por este método é indicada pela diferença positiva entre receitas e custos, atualizados à determinada taxa de juros"(REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

Lucena (2004) aponta que o método do VPL é um dos mais empregados e indicados pelos mais influentes organismos de fomento mundiais, devido seu caráter rigoroso e isenção de falhas quando comparado aos outros métodos.

2.4.2 Taxa Interna de Retorno - TIR

A Taxa Interna de Retorno para um empreendimento é a taxa de juros para qual o Valor Presente Líquido seja anulado. Sendo a taxa que iguala o valor presente das receitas, aos valores presentes dos custos de investimentos e operação do projeto (SOBRAL, 2012).

Gitman (2010) descreve este método como o mais empregado das técnicas rebuscadas de orçamentos de capital, mesmo que apresente uma maior complexidade de cálculo à mão que o VPL.

Conforme Gomes (2005) o método da taxa interna de retorno é largamente utilizado para análise da viabilidade econômica isoladamente de um único projeto, sem a comparação com outras alternativas supressivas.

2.4.3 Tempo de Retorno do Investimento - *Payback*

O *Payback* é descrito como a quantidade de período necessários para a recuperação do valor investido em um empreendimento. Para encontra-lo é necessário

realizar a soma dos valores de entrada período a período até que esta soma se iguale ao valor investido inicialmente (JADOVSKI, 2005).

Quando acontecem entradas de caixa constantes anualmente, o tempo de retorno é simplesmente calculado dividindo-se o valor investido inicialmente pelas entradas de caixas anuais. Porém, quando há entradas de caixas distintas as mesmas devem ser acumuladas até reaver o valor investido (ABENSUR, 2012).

Gitman (2010) considera o método do *payback* pouco otimizado, visto que o mesmo não considera abertamente o valor do dinheiro ao longo do período analisado.

Galesne, Fensterseifer e Lamb (1999) e Jadovski (2005) descrevem este método como eficiente para encontrar o grau de risco de um projeto, embora desconsidere tudo o que ocorre após o período de retorno.

2.5 Estudos sobre Custos de Implantação e Operação de Usinas de Reciclagem

Com o intuito de ratificar os resultados, foi realizada uma busca de trabalhos análogos ao tema da viabilidade financeira para usina de reciclagem RCC. Os estudos em questão seguiram o mesmo modelo de estrutura do presente trabalho, com a definição do consumo e receitas, investimento, despesas de operação e por último a viabilidade econômica.

Leite et al. (2010) estudaram a viabilidade econômica da implantação de uma usina para a cidade Passo Fundo/RS com a capacidade de produção de 10 t/h. Para tal, foi considerado um investimento inicial de R\$ 414.160,00 e custos operacionais de R\$ 14.520,05. Com uma TMA de 7% a.a os autores encontraram um VPL de R\$ 148.072,69 e uma TIR de 13,08%. Para tal, foi realizada uma análise de sensibilidade do projeto com finalidade de tornar o empreendimento economicamente viável e assim foram feitas várias tentativas de valores de venda para ao agregado reciclado, chegando-se ao valor de R\$ 20,00 t/m³.

Sobral (2012) efetuou um estudo de caso para uma usina de beneficiamento de RCC com uma produção 20 t/h para a cidade de João Pessoa/PB. Para o investimento inicial foram considerados os equipamentos de britagem e os referentes a edificações (guarita, recepção, administração e garagem), totalizando R\$ 494.600,00. As despesas operacionais totalizaram R\$ 256.766,84. Na análise de viabilidade o autor encontrou um VPL R\$ 1.292.424,77, uma TIR de 26,24% a.a e um *Payback* de 3,24 anos. Em sua receita foi considerada a economia produzida pela disposição correta dos RCC, livrando-se de custos de transportes e despejos irregulares dos mesmos.

Para a cidade Maringá-RS, Ramires (2014) propôs a implantação de uma usina

de reciclagem com produção de 50 t/h considerando investimento inicial em aquisição de equipamentos, aquisição de máquinas e veículos, a instalação dos equipamentos, o terreno e as obras civis. Para as despesas operacionais o mesmo considerou a mão de obra operacional, os insumos (água, energia elétrica) e despesas administrativas (telefone, vigilância, internet e material de consumo). O VPL encontrado foi de R\$ 1.725.958,95, além de uma TIR de 39,91% a.a e um tempo de retorno do capital investido (*Payback*) de 3,83 anos. O autor considerou que o empreendimento somente alcançará sua plena capacidade de produção no quarto ano funcionamento.

Siqueira (2018), ao verificar a possibilidade de implantação de uma usina de reciclagem RCC para o município de Tucuruí-PA, estimou os custos de equipamentos, obras civis, licença ambiental, ferramentas manuais, pá carregadeira, informática, mobiliário e EPI's, para o investimento inicial da usina de reciclagem. E para a operacionalização da usina definiu custos relacionados a funcionários, manutenção dos equipamentos, energia elétrica e despesas administrativas. Como métodos de tomada de decisão utilizou os conceitos de VPL, TIR, *Payback* e Índice de Lucratividade. Foram obtidos valores positivos e assim confirmando a viabilidade do projeto. Para um horizonte de 20 anos, o VPL encontrado foi de R\$ 1.148.946,06, a TIR foi de 14% a.a, um tempo de retorno de 4,2 anos e o IL de 1,71. A receita do empreendimento baseou-se na venda do agregado reciclado em um valor 40% inferior ao agregado natural.

Na análise de viabilidade econômica para uma usina de reciclagem RCC de um município do interior paulista feita por Macari (2019) foi levantado os custos de implantação de uma usina de reciclagem com produção de 7 t/h. No investimento inicial foi considerado as despesas pré-operacionais (terreno, equipamentos e veículos), os investimentos fixos (ferramentas básicas, computador, móveis de escritório e obras civis) e o capital de giro do empreendimento (estoque de materiais administrativos, 2 meses de despesas e reserva de emergência). Enquanto que, no custo de operacionalização foi considerado despesas com mão de obra, consumo de água, energia e combustível. Em sua análise de viabilidade, foi utilizado os métodos do VPL, *Payback* e TIR. O projeto se mostrou viável, trazendo indicadores positivos ao final do período de 11 anos com uma TMA de 8,75% a.a. O VPL encontrado foi de R\$ 361.015,65, uma TIR de 12,43 a.a e um *Payback* de aproximadamente 11 anos. O autor considerou um modelo de gestão onde sua receita é baseada na cobrança pelo recebimento dos RCC e a venda dos agregados reciclados.

Percebe-se que, como destacado em diferentes estudos precedentes, há a possibilidade para implantação de usinas de reciclagem RCC em diferentes situações respeitando-se as particularidades de cada município estudado. As particularidades do município, o horizonte de projeto, formas de obtenção de receita e investimentos influenciam diretamente nas lucratividades de cada empreendimento.

O quadro 3 apresenta um comparativo entre estudos de viabilidade de usinas de reciclagem em diferentes municípios. Os valores atuais sofreram correção, por meio da calculadora de correção de valores¹.

Quadro 3 – Quadro Comparativo Estudos de Viabilidade.

Autor	População	Geração de RCC (t/dia)	Capacidade de Produção (t/h)	Investimento Inicial (R\$)	Valor Atual do Investimento (R\$)	Custo Operacional (R\$)	Valor Atual do Custo Operacional (R\$)	Custo anual por tonelada processada (R\$/t)
Leite et al. (2010)	180.000	99,00	10	414.160,00	852.119,99	14.520,05	29.874,50	14,88
Sobral (2012)	723.510	2.235,00	20	494.600,00	901.043,90	253.797,41	462.358,69	12,99
Ramires (2014)	385.753	470,62	50	1.641.023,19	2.666.740,52	564.973,13	918.108,14	15,32
Siqueira (2018)	110.516	1.926,58	240	1.015.317,29	1.283.113,10	295.224,00	373.091,04	1,90
Macari (2019)	57.022	79,27	7	1.200.268,28	1.466.487,48	260.127,60	244.515,85	72,44

Fonte: O Autor, 2022

¹ iDinheiro-Calculadora Correção de Valores por Índice. Disponível em: <<https://www.idinheiro.com.br/calculadoras/calculadora-correcao-de-valor-por-indice/>>

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O município de Feira de Santana/BA, está localizado na Mesorregião Centro-Norte baiano, a uma altitude de 238 m. Feira de Santana, detém o título de segunda cidade mais populosa do Estado Bahia, possuindo uma população estimada em 2021 de 624.107 habitantes, segundo o IBGE, distribuídos em uma área territorial de 1.337,993 Km², com densidade demográfica de 416,03 hab/km², de acordo com o último censo (IBGE, 2021).

Feira de Santana situa-se em um dos principais entrocamentos do país, dado ao encontro das rodovias BR-101, BR-116 e BR-324, ficando atrás apenas de São Paulo. A localização privilegiada do município contribuiu para o crescimento econômico do comércio feirense, e conseqüentemente desenvolvimento do município tanto populacional quanto economicamente, tornando-a uma das principais cidades do interior do Brasil (BASTOS, 2018).

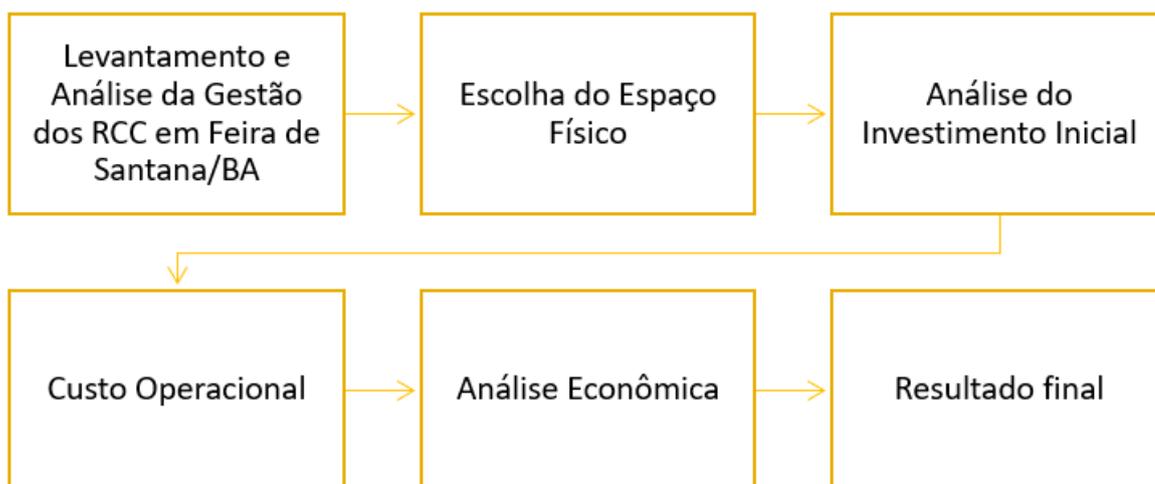
No setor imobiliário, o município de Feira de Santana vem apresentando um crescimento significativo nos últimos anos, devido a investimentos governamentais que tem facilitado a oferta de crédito imobiliário permitindo investimentos em novos conjuntos habitacionais e empresas do ramo das construção civil (SOUSA, 2015). De acordo com a FIEB (2015), o município conta com 54 indústrias da construção civil.

Quanto a gestão dos resíduos sólidos o município possui um plano municipal de gestão integrada (PMGIRS), em que a coleta e destinação, varrição, limpeza pública e podas, acontece sob a responsabilidade da Secretaria Municipal de Serviços Públicos (SESP), e é efetuado pela empresa Sustentare Serviços Ambientais S.A. Enquanto que, o controle, regulação e a fiscalização fica por conta da Agência Reguladora de Feira de Santana (ARFES) (FEIRA DE SANTANA, 2017).

3.2 Método de Pesquisa

O presente trabalho apresenta a seguinte método de pesquisa, descrito pelo fluxograma

Figura 4 – Fluxograma da metodologia aplicada à pesquisa.



Fonte: Adaptado de Siqueira (2018)

3.2.1 Levantamento dos resíduos gerados da construção civil (RCC) em Feira de Santana

Conforme Siqueira (2018) para se realizar um estudo de viabilidade econômica é fundamental conhecer o volume de geração dos resíduos da construção civil do município em questão, para então poder averiguar a necessidade da implantação e a quantidade de recursos necessários para implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil.

Portanto, o volume de geração foi obtido por meio do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do município de Feira de Santana, juntamente com trabalhos técnicos elaborados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) contendo dados de geração e manejo dos resíduos sólidos do país. Além disso foram realizadas entrevistas informais com a Secretária Municipal de Serviços Públicos (SESP) e com Sustentare Ambiental, que conforme Feira de Santana (2017) são a entidade e empresa responsável desde, pelo menos, 2016 pela coleta, destinação, varrição e limpeza pública de todos resíduos sólidos do município.

3.2.2 Escolha do espaço físico

3.2.2.1 Terreno

Esta etapa foi embasada em levantamentos de áreas pertencentes à prefeitura, visto que a usina contará com o modelo de administração pública, que seja adequada para instalação de uma usina e que atenda ao requisitos da NBR ABNT 15112 e NBR ABNT 15113. Importante ressaltar que o modelo adotado para a usina em questão é do tipo planta fixa.

De acordo a NBR 15113 ABNT (2004a), o local para implantação de aterros de Classe A, devem atender os seguintes requisitos:

- Provocar o mínimo impacto ambiental possível durante instalação;
- Aceitação da população circunvizinha;
- Estar de acordo com a legislação de uso de solo e ambiental.

As dimensões do terreno foram definidas conforme Jadovski (2005), em que o mesmo define uma relação entre a área requerida para instalação de uma usina de reciclagem e sua capacidade de produção diária de agregados, demonstrados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Área requerida para implantação de uma usina de reciclagem RCC em função de sua produção.

Capacidade de Produção (t/h)	Capacidade de Produção (t/ano)	Área Requerida (m ²)
10	21.000	5.000
20	42.000	6.500
30	63.000	8.000
40	84.000	10.000
50	105.000	12.000
75	158.000	16.000
100	210.000	20.000

Fonte: Adaptado de Jadovski (2005)

3.2.2.2 Infraestrutura do empreendimento

Após a escolha do terreno adequado, iniciou a fase de arranjo físico da usina de reciclagem. Levando em conta os requisitos para implantação de áreas reciclagem estabelecidos pela NBR 15114 ABNT (2004b), uma usina de reciclagem deve conter:

- local de acessos (entrada e saída);
- edificações administrativas e de apoio;
- local de recebimento e triagem;

- local para armazenamento temporário dos resíduos;
- local de transformação dos materiais (área de britagem);

E, por fim foi elaborado um croqui da usina em questão, contendo a localização, posicionamento e identificação de todo seu arranjo físico.

3.2.3 Investimento Inicial

Para quantificar os investimentos iniciais foi necessário estimar os custos de implantação da Usina de reciclagem. De acordo Wilburn e Goonan (1998), os custos de implantação englobam a aquisição dos equipamentos, obras de construção civil, toda a infraestrutura da usina e o capital de giro. Assim, os custos de implantação de uma usina de reciclagem estão descritos na Equação 1.

$$CI = C_{eq} + C_{ob} + C_{if} + C_{cg} \quad (1)$$

Em que:

CI : é custo total da implantação de uma usina de reciclagem;

C_{eq} : é o custo dos equipamentos de britagem;

C_{ob} : é o custo das obras de construção civil;

C_{if} : é o custo com a infraestrutura;

C_{cg} : é o capital de giro do investimento.

Os custos dos equipamentos (C_{eq}), foram obtidos por meio do levantamento dos preços médios de aquisição de equipamentos de britagem, feito Jadovski (2005) e com a finalidade de conseguir um orçamento fidedigno para a situação econômica atual foi utilizado uma calculadora de correção inflacional. A Tabela 2 apresenta os dados abordados.

Tabela 2 – Custo Médio para Aquisição de Equipamentos de Britagem.

CAPACIDADE DE PRODUÇÃO	ALIMENTADOR VIBRATÓRIO	CALHA VIBRATÓRIA	GRELHA VIBRATÓRIA	BRITADOR DE MANDÍBULAS	REBRITADOR DE MANDÍBULAS	BRITADOR IMPACTO	PENEIRAS	CORREIAS	
								BICA CORRIDA	AREIA E BRITA
t/h				Preço dos Equipamentos (R\$)					
20	31.000	5.000	-	98.000	60.000	85.000	28.000	23.250	62.000
30	40.000	8.000	-	136.000	73.800	95.000	35.000	27.900	73.600
40	53.000	9.300	-	160.000	80.000	107.000	43.000	31.000	85.250
50	62.000	15.000	32.000	183.000	100.000	125.000	60.500	37.200	115.200
75	75.000	16.000	32.000	238.000	120.000	185.000	78.000	48.000	135.750
100	90.000	18.000	32.000	293.000	120.000	245.000	95.500	56.000	151.500

Fonte: Adaptado de Jadovski (2005)

Admitindo-se uma usina de reciclagem com produção de agregados reciclados para concreto não estrutural (produção de areia e brita), e então segundo Jadovski (2005) "considera-se o custo do alimentador vibratório, calha vibratória, grelha vibratória, britador de mandíbulas, rebritador de mandíbulas, moinho de martelos, peneiras e correias transportadoras".

Já os custos das obras de construção civil, também chamada de obras civis, (C_{ob}), de acordo com Siqueira (2018) e Hosni, Cavaignac e Macedo (2019) estão associados com a construção da guarita, recepção, salas de escritórios, banheiros, área de triagem, beneficiamento dos materiais ou zona de britagem, locais de armazenamento e refeitório, sendo obtidos por meio dos Custos Unitários Básicos da Construção (CUB). Para tal, foram utilizados os dados da Tabela do CUB/m² Estadual - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado da Bahia (SINDUSCON/BA,2021) referente ao mês de dezembro de 2021.

Siqueira (2018) e Hosni, Cavaignac e Macedo (2019) também consideram os custos com a licença ambiental, ferramentas manuais, retro-escavadeira, caminhão basculante, terreno, acessórios de informática, mobílias, sendo os mesmos englobados aos custos com a infraestrutura, (C_{if}). As mobílias e acessórios de informática foram obtidos os valores de lojas situadas no município de Feira de Santana e a licença ambiental obtida através do decreto N^o 18281 DE 23/03/2018, disponível no site da Secretaria do Meio Ambiente da Bahia (SEMA).

E, por fim segundo Jadovski (2005) o capital de giro (C_{cg}) de uma usina corresponde a 15% dos custos variáveis de operação. Assim, neste estudo de caso o mesmo foi considerado por simplificação.

3.2.4 Custo Operacional

Para Siqueira (2018), os custos operacionais podem ser descritos como às despesas fixas e variáveis do processo de operacionalização de uma usina de reciclagem. Assim, tal qual Leite et al. (2010) nas despesas fixas foram consideradas gastos com energia elétrica, água, combustível, despesas administrativas e mão-de-obra administrativa e técnica, enquanto que para as despesas variáveis foi considerado a manutenção preventiva dos equipamentos e veículos, depreciação dos equipamentos, veículos e obras civis. Para os mesmos, foram considerados preços de lojas e estabelecimentos situados no município em questão. Portanto, os custos operacionais de uma usina de reciclagem podem ser descrito pela Equação 2.

$$CO = C_{mo} + C_{ee} + C_{cb} + C_{ag} + C_{da} + C_{man} + C_{de} \quad (2)$$

Em que:

CO : é o custo total para a operacionalização da usina de reciclagem;

C_{mo} : é o custo da mão de obra administrativa e técnica;

C_{ee} : é o custo da energia elétrica;

C_{ag} : é o custo da água;

C_{cb} : é o custo dos combustíveis dos veículos;

C_{da} : é o custo das despesas administrativas;

C_{man} : é o custo da manutenção dos equipamentos;

C_{de} : é o custo da depreciação das máquinas e equipamentos;

Para os custos com mão de obra técnica, C_{mo} , conforme Ministério do Meio Ambiente (2010) no Manual para Implantação de Sistema de Gestão de Resíduos de Construção Civil em Consórcios Públicos, são necessários cerca de 4 a 12 funcionários para mão de obra técnica durante o processo de reciclagem de RCC classe A.

Enquanto que Jadovski (2005) define a mão de obra técnica conforme a capacidade de produção diária de agregados da usina, descrito na Tabela 3.

Tabela 3 – Equipe Requerida para Operação de Usinas de Reciclagem RCC.

EQUIPE DE OPERAÇÃO			
Capacidade Operação	Encarregado	Operador de Equipamentos	Auxiliar de Produção
até 10t/h	1	1	3
até 30t/h	1	1	4
até 50 t/h	1	1	6
até 75 t/h	1	2	8
até 100 t/h	1	2	10
acima de 100 t/h	1	3	12

Fonte: Adaptado de Jadovski (2005)

Ao considerar os dados apresentados por Jadovski (2005), e tendo em consideração que a capacidade de produção atribuída para a usina de reciclagem RCC de Feira de Santana é de 30 t/h, logo ficou definida uma equipe técnica de 01 encarregado, 01 operador de equipamentos e 04 auxiliares de produção. No entanto, para estudo de caso decidiu considerar, além dos já citados, mais 02 motoristas e 02 auxiliares administrativos compondo a mão de obra administrativa. Portanto, foi admitido um total de 10 funcionários, com uma jornada de trabalho de 8 h/dia e 22 dias/mês. O salário praticado foi o mesmo para a jornada de 44 horas semanais da construção civil praticado pelo SINDUSCON-BA (SINDUSCON, 2021). Foi considerado encargos sociais da mão de obra em 80% sobre os salários e os encargos complementares incluindo: refeição, transporte, cesta básica, EPI's, exames admissionais e demissionais, seguro de vida e plano de saúde).

Conforme Leite et al. (2010), os custos com a energia elétrica, C_{ee} , foram definidos através do consumo médio dos equipamentos de operação com 40 kWh e

para os equipamentos do setor administrativo com 5 kWh, sendo o seu custo unitário, de acordo com a Tabela de Tarifas da Coelba, de R\$ 0,39/kW.hora. Supõe-se que a usina funcionará 8 horas/dia, 22 dias/mês.

Para os custos com água, C_{ag} , Jadovski (2005) e Ramires (2014) estabelecem que tais custos são obtidos conforme a Equação 3.

$$C_{mensal} = Capacidade_{deproducao} * 0,08 * Tarifa \quad (3)$$

Onde:

Custo mensal: é o custo da água utilizada mensalmente pela usina;

Capacidade de produção: é a produção da usina em t/h;

0,08: é o coeficiente baseado no consumo das usinas de reciclagem RCC do município de Belo Horizonte;

Tarifa: é a tarifa de água e saneamento estipulada pela concessionária (neste caso a EMBASA).

Os custos com os combustíveis dos veículos (retro-escavadeira e caminhão basculante), foram obtidos seguindo os moldes de Jadovski (2005), sendo estabelecido o consumo de 8 litros/h para a retro-escavadeira e uma previsão de 1800 km rodados para o caminhão basculante, além de um consumo de 9 litros/h. O custo do óleo diesel considerado foi de R\$ 5,59/litro². Foi arbitrado uma jornada de trabalho para as máquinas de 4 horas/dia, aos moldes de Leite et al. (2010).

Siqueira (2018) define as despesas administrativas como os gastos anuais com contabilidade, limpeza, material para escritório, telefone, internet e vigilância, fixadas em R\$ 60.000,00 anuais. Entretanto, para este estudo de caso foi estimado um reajuste das despesas em 30% para os dias atuais, logo estima-se que as despesas administrativas anuais sejam de R\$ 78.000,00.

Para os custos com a manutenção dos equipamentos, foi estipulado uma taxa anual de 3% do investimento inicial ao ano, conforme adotado por Siqueira (2018) e Hosni, Cavaignac e Macedo (2019).

E, por fim conforme Jadovski (2005 apud GRECO; AREND, 1998) o custo da depreciação das máquinas e dos equipamentos foi estipulado em 10% do custo de aquisição ao ano.

3.2.5 Receita Bruta Anual da Usina RCC

Segundo Siqueira (2018), a receita bruta anual da usina de reciclagem é dada pela Equação 4.

² valor obtido em jan/2022

$$ReceitaBrutaAnual = h * p * NDT * MA * V_{ag} \quad (4)$$

Onde:

h é quantidade de horas trabalhadas por dia;

p é a produção de agregados em t/h;

NDT é o número de dias trabalhados por mês;

MA é o número de meses trabalhados por ano;

V_{ag} é o valor unitário do agregado reciclado;

Para tal empreendimento, com uma produção estimada de agregados de 30 t/h, foi estipulado uma jornada de produção com 6 horas/dia, perfazendo uma produção de 180 t/dia.

Em relação ao valor unitário da venda do agregado reciclado, segundo Jadovski (2005) o preço do agregado reciclado para uso em concreto não deve exceder 80% do valor praticado, no município, para o agregado natural.

Para tal, foi realizado uma pesquisa de mercado em três fornecedores distintos³ do município. E, então foi encontrado a média dos preços praticados e fixado o preço de venda dos agregados reciclados em 60% da média encontrada.

3.2.6 Receita Líquida Anual da Usina RCC

Para obter a receita líquida anual da usina foi subtraído da receita bruta anual os custos de operação com um acréscimo de 1,88% ao ano.

3.2.7 Análise Econômica

Esta etapa seguiu os princípios da engenharia econômica, onde para verificar a viabilidade da implantação de uma usina foi necessário o cálculo de indicadores financeiros como o Valor de Presente Líquido (VPL), Tempo de Retorno do Investimento, *Payback*, e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Seguindo os moldes de Siqueira (2018), para encontrar tais índices foi utilizado o valor de investimento inicial, juntamente com dados de entrada e saída de caixa para um período de 15 anos.

Todos os cálculos realizados para os índices financeiros deste estudo de caso foram feitos no software Microsoft Office Excel, devido a eficiência e praticidade para cálculos financeiros.

³ Pedreira Impectra, Pedreira Rio Branco e Areal Santos

3.2.7.1 Valor Presente Líquido - VPL

Para o cálculo do VPL, foi utilizada a Equação 5, adaptada de Urtado et al. (2009).

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad (5)$$

Onde:

VPL : é o valor presente líquido;

FC_j : é o valor de entrada em cada período de tempo;

FC_0 : é o valor do investimento inicial;

i : é a taxa de desconto do projeto ou taxa mínima de atratividade (TMA);

j : é o período de tempo do projeto;

Assim, para o projeto em questão foi determinado um período de 15 anos, e uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 9% ao ano, devido a proximidade com a taxa básica da economia brasileira SELIC de 9,25% para 2022. Visto que a "TMA é a taxa que representa o mínimo que um investimento deve remunerar para que seja considerado viável economicamente"(MARTINS; JORGE, 2017).

Em seguida, foi verificada a viabilidade do projeto através da regra, do valor presente líquido, dada pela Equação 6:

$$\begin{cases} VPL > 0 : \text{Aceitar o projeto} \\ VPL < 0 : \text{Rejeitar o projeto} \end{cases} \quad (6)$$

3.2.7.2 Taxa Interna de Retorno - TIR

Já a TIR foi calculada através da equação 7, adaptada de Urtado et al. (2009)

$$FC_0 = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (7)$$

Onde:

FC_j : é o valor de entrada em cada período de tempo;

FC_0 : é o valor do investimento inicial;

i : é a taxa de desconto do projeto ou taxa mínima de atratividade (TMA);

j : é o período de tempo do projeto;

No presente estudo, foram utilizados os valores de fluxo de caixa do projeto durante o período de 15 anos e o investimento inicial. E, por fim comparada com a TMA de 9%, adotada para este projeto.

3.2.7.3 Payback

Já para o *Payback*, foi utilizada a equação 8, adaptada de Siqueira (2018)

$$PB = \frac{\sum \frac{FC_0}{FC_j}}{(1 + i)^j} \quad (8)$$

Onde:

PB: é o *Payback*;

FC_j: é o valor de entrada em cada período de tempo;

FC₀: é o valor do investimento inicial;

i: é a taxa de desconto do projeto ou taxa mínima de atratividade (TMA);

j: é o período de tempo do projeto;

Para a tomada de decisão foram adotados os seguintes critérios: Se o tempo de retorno for menor que o período de tempo do projeto (*j*), aceita-se o projeto. Porém, se tempo de retorno for maior que o tempo do projeto (*j*), rejeita-se o projeto Siqueira (2018 apud GITMAN, 2010)

3.2.7.4 Cenário Econômico

Para este estudo em questão foi definido o seguinte cenário, com uma taxa de crescimento do empreendimento (receita bruta e custo operacional) vinculada ao crescimento populacional do município atendido, aos moldes de Siqueira (2018) e Macari (2019).

4 Resultados e Discussões

4.1 Levantamento da Gestão dos RCC no Município de Feira de Santana-BA

O município de Feira de Santana conta com um Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS) onde consta o diagnóstico da conjuntura dos RCC gerados no município, também apresenta o perfil dos geradores de resíduos, identifica as áreas favoráveis para disposição, as possibilidades de soluções para prevenção de riscos ambientais, além de sugerir a implantação de programas que propiciem a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de RCC. Este plano foi elaborado no ano de 2016, 6 anos após a vigência da PNRS (BRASIL, 2010), pela EnvEx Engenharia e Consultoria com um cenário de 20 anos.

De posse do PMGIRS, juntamente com informações obtidas com os representantes da Secretaria de Serviços Públicos e da empresa Sustentare, foi possível conhecer a atual gestão de RCC do município de Feira de Santana, em que foi verificado que a mesma consiste em basicamente práticas de limpeza urbana, coleta manual e mecanizada de entulhos, e destinação final desses resíduos em aterro licenciado.

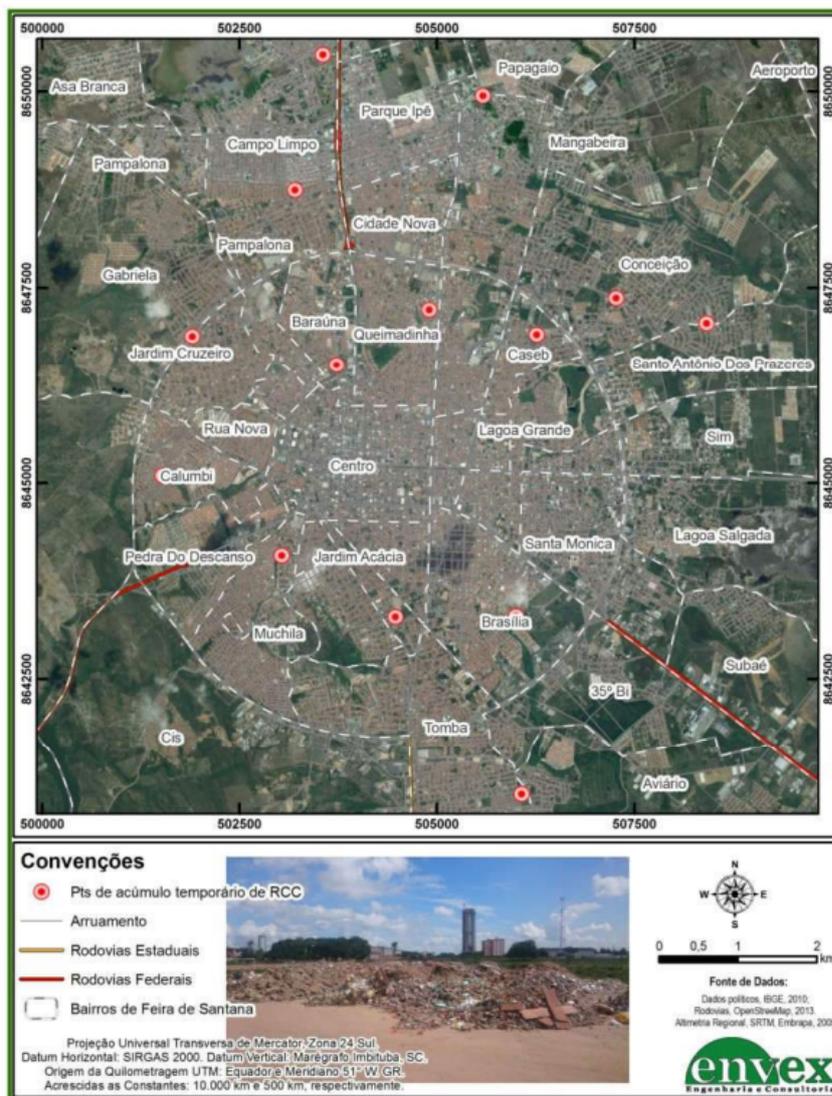
Atualmente, a gestão dos resíduos da construção civil acontece sob a responsabilidade da Secretaria de Serviços Públicos, por meio de contrato de terceirização com a empresa Sustentare Ambiental S.A. E então, fica a cargo da empresa Sustentare Ambiental, juntamente com a Prefeitura, a coleta, o transporte manual e mecanizado dos RCC, enquanto que o tratamento e disposição final dos RCC é realizado somente pela Sustentare Ambiental S.A, em seu aterro privado .

De acordo com Feira de Santana (2017), o município conta com seis pontos de entulho limpo (locais de descarte exclusivamente de RCC), anteriormente nomeados de ecopontos, dotados de caçambas tipo *roll on*, cada uma com 26 m³ de capacidade de armazenamento e do tipo *roll off*, com capacidade de armazenamento de 5 m³. Os pontos de entulho limpo estão instalados nos seguintes bairros: Cidade Nova, Parque Ipê, Santa Mônica, Feira X e Estação Nova.

Além dos pontos de entulho limpo, o município também conta com 15 pontos de acúmulo temporário de RCC. Estes pontos consistem de terrenos baldios designados pela SESP, de modo a concentrar a destinação dos pequenos geradores do município em locais pré-estabelecidos e assim facilitando a coleta dos mesmos, sendo feita de forma manual pela Sustentare Ambiental e mecanizada pela Prefeitura. Os pontos de

acúmulo estão catalogados no mapa da Figura 5.

Figura 5 – Localização dos Pontos de Acúmulo Temporário de RCC do Município de Feira de Santana-BA.



Fonte: Feira de Santana (2017)

Apesar de contar com locais de destinação como os pontos de entulho limpo e locais designados para descarte dos materiais, a cidade ainda conta com a geração excessiva e diversos pontos de descarte irregular dos RCC, evidenciando uma gestão não efetiva desses resíduos, como demonstrados nas Figuras 6, 7 e 8.

Deposições irregulares de RCC acarreta uma série de consequências negativas para o município, uma vez que obstrui passeios e vias, acarreta riscos de acidentes para a população, contribui para proliferação de insetos e roedores, bloqueia elementos de drenagem pública, além de ocasionar danos ao meio ambiente e a saúde populacional (SOUSA, 2015). A Figura 8 evidencia a problemática da disposição irregular dos RCC, misturado inclusive com resíduos sólidos urbanos (RSU).

Figura 6 – Ponto de Destinação Irregular de RCC no Bairro São João.



Fonte: O Autor (2022)

Figura 7 – Ponto de Destinação Irregular de RCC no Bairro Centro.



Fonte: O Autor (2022)

Figura 8 – Ponto de Destinação Irregular de RCC no Bairro Tomba.



Fonte: O Autor (2022)

Quanto aos resíduos gerados pelas construtoras que operam no município de Feira de Santana, o governo municipal relaciona a liberação do alvará de funcionamento com o fornecimento de plano de gerenciamento dos resíduos, visto que as mesmas devem se responsabilizar pela gestão dos seus resíduos, priorizando a não-geração, a redução, a reciclagem e sua reutilização (SOUSA, 2015).

Com intuito de fiscalizar o efetivo cumprimento do plano de gerenciamento por parte das construtoras a prefeitura municipal realiza inspeções nos canteiros de obras visando coibir as práticas de disposição irregular dos RCC no município.

Segundo Feira de Santana (2017), o município em questão assume um custo com a empresa Sustentare de aproximadamente R\$ 89,04 pela coleta e transporte de RCC, sendo R\$ 32,41/t pela coleta manual, R\$ 29,21/t pela coleta mecanizada e R\$ 27,42/t nas caixas brooks presentes nos pontos de entulho limpo. Tais custos são advindos de recursos do seu próprio orçamento, visto que a administração pública do município não prevê políticas de taxaço pelo serviço de limpeza urbana.

4.1.1 Geração de RCC do município de Feira de Santana

Conforme Feira de Santana (2017) não é conhecida a total geração dos resíduos da construção civil do município, entretanto "estima-se que um valor médio de 0,50 t por habitante de RCC é gerado anualmente em algumas cidades brasileiras"(IPEA, 2012).

Ao projetar esse parâmetro de geração para a população do município foi encontrado uma geração estimada de RCC de 312.053 t/ano, 26.004 t/mês e 866,815 t/dia.

Contudo, nem todo o RCC gerado no município é coletado e corretamente destinado para o aterro licenciado. De acordo Coordenador Comercial (2022), da empresa Sustentare, são coletados cerca de 5.000 t/mês de resíduos da construção civil provenientes dos pontos de entulho limpo e dos locais de acumulo temporário de RCC. Além dos coletados pela empresa, tomou-se conhecimento da recepção de cerca de 2.000 t/mês dos RCC provenientes das grandes geradoras do município. Caracterizando uma correta destinação de cerca de 7.000 toneladas mensais, correspondente a 26,91% do total gerado pelo município.

Portanto, para este empreendimento foi considerada a disponibilidade de cerca de 7.000 toneladas mensais de resíduos da construção, com uma taxa de aproveitamento de 80% de todo material entregue a usina, ou seja, 5.600 t/mês ou 186,67 t/dia.

Com base nessas informações foi arbitrada a implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção com uma produção de 30 t/h, operando 6 horas por

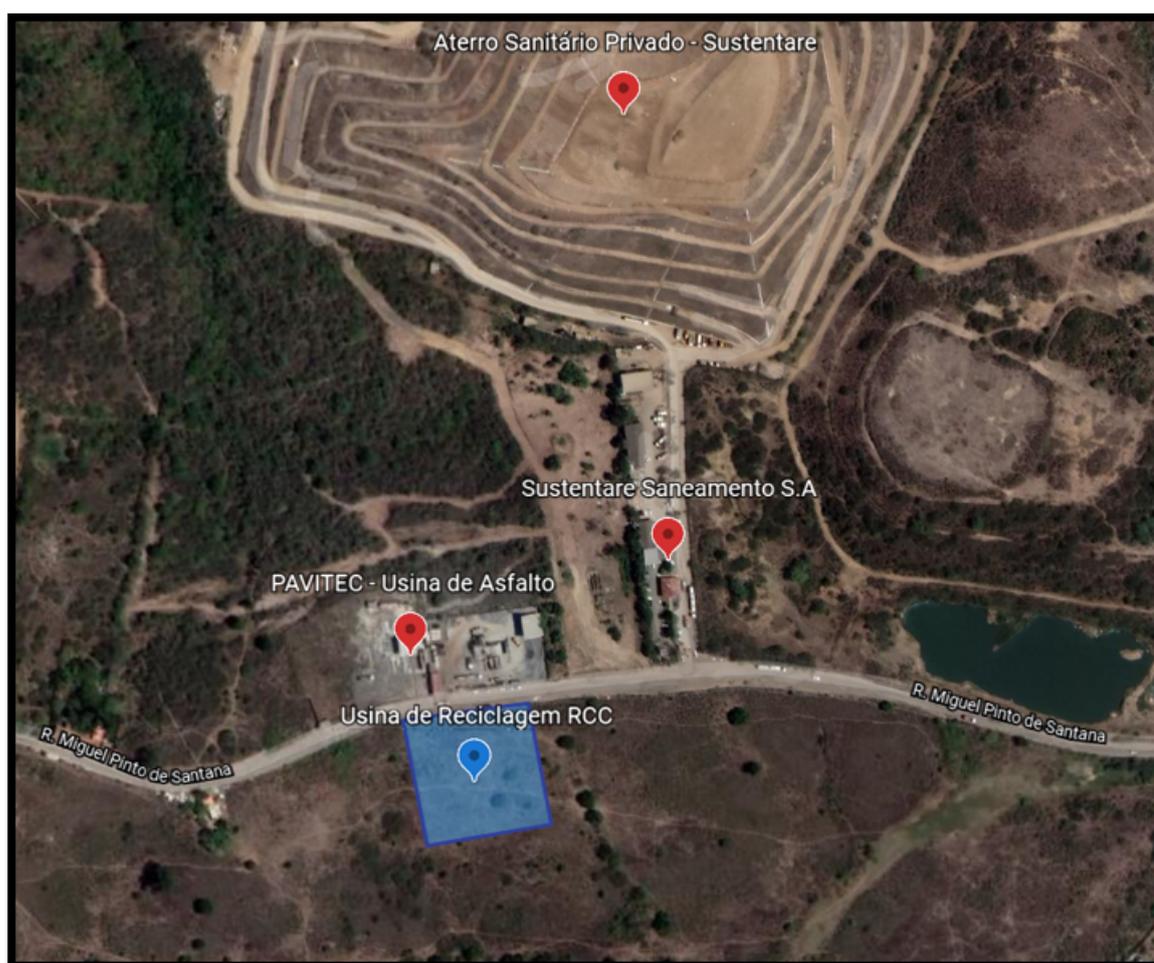
dia.

4.2 Espaço Físico

Para a implantação da usina de reciclagem com a produção de 30 t/h, foi requerido um terreno com a área útil de 8.000 m².

Com os levantamentos de locais adequados para implantação da usina de RCC em Feira de Santana, feitos de acordo com a área requerida, as diretrizes do Plano Diretor Municipal e em conformidade com a NBR 15114, assim ficou definido a implantação na Rua Miguel Pinto de Santana - Bairro Nova Esperança, devido a proximidade com empreendimentos de mesma categoria, como a Usina de Asfalto do município e ao aterro sanitário da empresa Sustentare, onde é realizada a destinação dos resíduos sólidos do município. Como mostrado na Figura 9,

Figura 9 – Local Escolhido para Implantação da Usina de Reciclagem RCC



Fonte: Google Earth (2022)

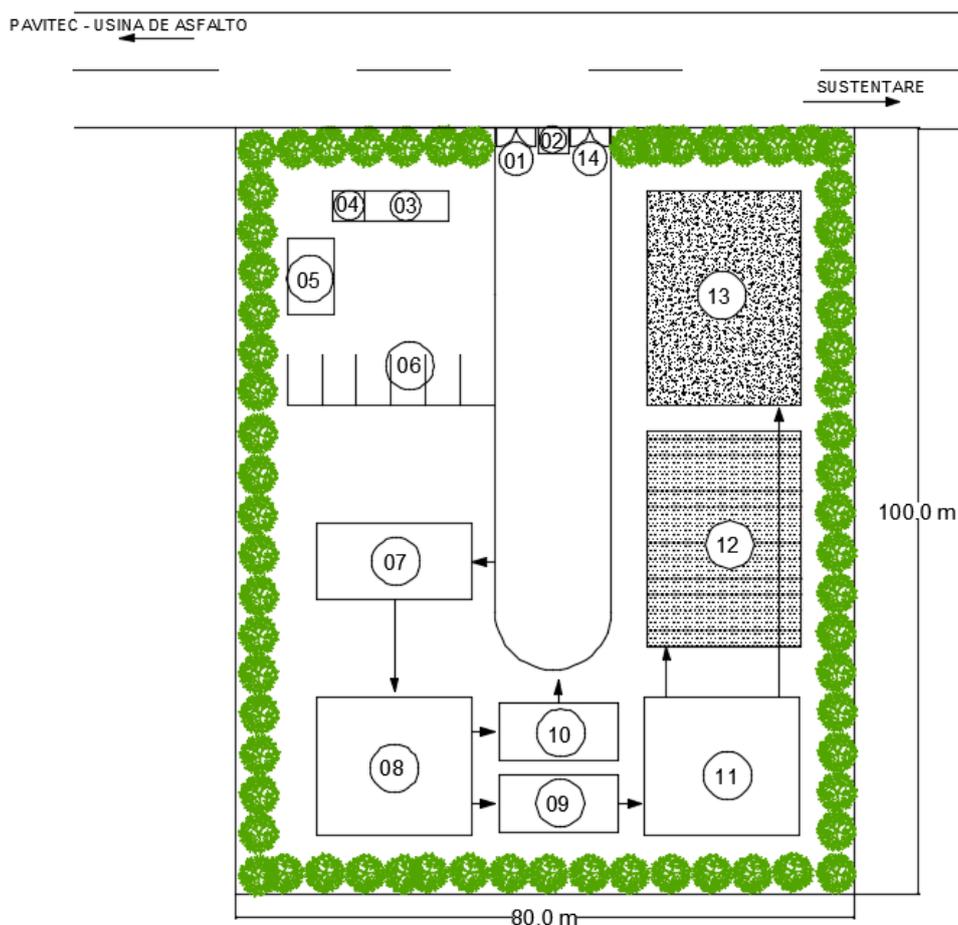
A proximidade com o aterro sanitário do município facilitará um possível descarte dos RCC que não serão aproveitados pela usina, visto que é somente aceito na área

de reciclagem os RCC de classe A (ABNT, 2004b).

4.2.1 Arranjo Físico

O croqui do arranjo físico da usina de RCC, mostrado na Figura 10, demonstra o processo logístico de funcionamento do empreendimento. Em que os RCC, provenientes dos pontos de entulho limpo, construtoras e locais de destinação temporárias do município, devem ser encaminhados para a Usina em caminhões basculantes, passam pela guarita de acesso e são dispostos no pátio de recepção para pesagem e análise visual dos resíduos recebidos, seguidamente vão para o galpão de triagem onde é feita a separação dos resíduos para reuso e retirada dos contaminantes, daí os RCC passíveis de reciclagem são armazenados e os demais descartados. Em seguida, os RCC armazenados se destinam ao galpão de britagem sendo reduzidos a frações de agregados, e por fim são armazenados até sua destinação final.

Figura 10 – Arranjo Físico da Usina de Reciclagem de Feira de Santana/BA.



Fonte: Adaptado de Leite et al. (2010)

Legenda:

01 = Entrada ;

02 = Guarita de Acesso - 13,4 m² ;

03 = Escritórios - 44 m²;

04 = Banheiros - 16 m²;

05 = Refeitório - 60 m²;

06 = Estacionamento funcionários e clientes - 175,2 m²;

07 = Pátio de Recepção RCC - 200 m²;

08 = Zona de Triagem - 360 m² ;

09 = Armazenamento dos resíduos para reciclagem - 114,3 m²;

10 = Armazenamento temporário dos resíduos para descarte - 114,3 m²;

11 = Área de Britagem - 360 m²;

12 = Armazenamento do agregado miúdo (areia) - 560 m²;

13 = Armazenamento do agregado graúdo (brita) - 560 m²;

14 = Saída;

4.3 Investimento Inicial

Para encontrar o investimento o inicial foram analisados os custos com os equipamentos, obras civis, infraestrutura e o capital de giro do empreendimento, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Investimento Inicial para Implantação de Usina RCC.

INVESTIMENTO INICIAL		
ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)
1.0	EQUIPAMENTOS	R\$ 1.127.281,63
2.0	OBRAS CIVIS	R\$ 1.676.592,23
3.0	INFRAESTRUTURA	R\$ 650.930,19
4.0	CAPITAL DE GIRO	R\$ 109.809,52
	TOTAL	R\$ 3.564.613,57

Fonte: O Autor, 2022

4.3.1 Equipamentos

Os custos com equipamentos para uma planta fixa com produção de 30 t/h foram orçados em R\$ 1.127.281,63, levando em conta os custos para uma usina com produção de agregados para concreto (areia e brita).

Através de Jadovski (2005) foram obtidos os valores médios para aquisição de equipamentos de britagem, e logo após realizado a correção dos valores para o ano de 2022, por meio da calculadora de correção de valores⁴, devido desvalorização do valor

⁴ iDinheiro-Calculadora Correção de Valores por Índice. Disponível em: <<https://www.idinheiro.com.br/calculadoras/calculadora-correcao-de-valor-por-indice/>>

ao longo do tempo. Tais preços unitários, para os equipamentos listados no item 3.2.2 Investimentos Iniciais estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Equipamentos para Usina de Reciclagem com produção de areia e brita.

1.0 - EQUIPAMENTOS			
ITEM	DESCRIÇÃO	Jadovski (2005) (R\$)	Autor (2022) (R\$)
1.1	Alimentador Vibratório	R\$ 40.000,00	R\$ 103.000,00
1.2	Calha Vibratória	R\$ 8.000,00	R\$ 20.723,95
1.3	Grelha Vibratória	R\$ 32.000,00	R\$ 82.895,80
1.4	Britador de Mandíbulas	R\$ 136.000,00	R\$ 352.307,15
1.5	Rebritador de Mandíbulas	R\$ 73.800,00	R\$ 191.178,44
1.6	Moinho de Martelos	R\$ 37.000,00	R\$ 95.848,27
1.7	Peneiras	R\$ 35.000,00	R\$ 90.667,68
1.8	Transportadores de Correia	R\$ 73.600,00	R\$ 190.660,34
TOTAL EQUIPAMENTOS		R\$ 435.400,00	R\$ 1.127.281,63

Fonte: O Autor, 2022

4.3.2 Obras Civis

As obras civis, foram orçadas em R\$ 1.676.592,23 através dos Custos Unitários Básicos de Construção (CUB/m²). Para a guarita de acesso, refeitório e banheiros foi considerado o valor unitário de R\$ 1.206,63/m² referente a projetos interesse social (PIS) residenciais de baixo padrão. Enquanto que para os escritórios foi considerado valor unitário de R\$ 1.781,44/m² referente a comércios normais (CSL-16). Os galpões de recepção, triagem, britagem foi considerado o valor unitário de R\$ 1.007,31/m² referente a galpão industrial (GI) e por fim para as áreas de armazenamento foi considerado, por simplificação, devido a ausência de coberturas metálicas, o valor unitário referente a 50% do valor unitário para GI, ou seja R\$ 503,66, como descrito na Tabela 5.

Tabela 6 – Custos das Obras Civis.

2.0 - OBRAS CIVIS				
ITEM	DESCRIÇÃO	ÁREA (m ²)	R\$/m ²	TOTAL (R\$)
2.1	Escritórios	44,00	R\$ 1.781,44	R\$ 78.383,36
2.2	Refeitório	60,00	R\$ 1.206,63	R\$ 72.397,80
2.3	Guarita	13,00	R\$ 1.206,63	R\$ 15.686,19
2.4	Banheiros	16,00	R\$ 1.206,63	R\$ 19.306,08
2.5	Galpão Pátio de Recepção	200,00	R\$ 1.007,31	R\$ 1.007,31
2.6	Galpão Triagem	360,00	R\$ 1.007,31	R\$ 362.631,60
2.7	Galpão de Britagem	360,00	R\$ 1.007,31	R\$ 362.631,60
2.8	Armazenamento 1	560,00	R\$ 503,66	R\$ 282.046,80
2.9	Armazenamento 2	560,00	R\$ 503,66	R\$ 282.046,80
TOTAL OBRAS CIVIS				R\$ 1.676.592,23

Fonte: O Autor, 2022

4.3.3 Infraestrutura

Na Tabela 7 estão apresentados todos os valores obtidos para o custo da infraestrutura do empreendimento.

Tabela 7 – Custos para Infraestrutura da Usina de Reciclagem.

3.0 - INFRAESTRUTURA				
ITEM	DESCRIÇÃO	QTD	R\$/Und	TOTAL (R\$)
3.1	VEÍCULOS/EQUIPAMENTOS			
3.1.1	Retro-Escavadeira	1	R\$ 340.000,00	R\$ 340.000,00
3.1.2	Caminhão Basculante	1	R\$ 220.000,00	R\$ 220.000,00
			Sub-Total 3.1	R\$ 560.000,00
3.2	MOBILIA E UTENSÍLIOS			
3.2.1	Mesa	3	R\$ 399,00	R\$ 1.197,00
3.2.2	Cadeira	8	R\$ 288,00	R\$ 2.304,00
3.2.3	Armário	2	R\$ 511,00	R\$ 1.022,00
3.2.4	Sofá	1	R\$ 899,00	R\$ 899,00
3.2.5	Geladeira	1	R\$ 1.851,00	R\$ 1.851,00
3.2.6	Fogão	1	R\$ 899,00	R\$ 899,00
			Sub-Total 3.2	R\$ 8.172,00
3.3	INFORMÁTICA			
3.3.1	Computador	2	R\$ 2.150,00	
3.3.2	Impressora	1	R\$ 1.115,00	R\$ 1.115,00
			Sub-Total 3.3	R\$ 5.415,00
3.4	LICENÇA AMBIENTAL			
3.4.1	Licença Prévia	1	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00
3.4.2	Licença de Instalação	1	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00
3.4.3	Licença de Operação	1	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00
			Sub-Total 3.4	R\$ 75.000,00
3.5	FERRAMENTAS MANUAIS			
3.5.1	Carro de Mão	4	R\$ 199,90	R\$ 799,60
3.5.2	Pá	3	R\$ 45,19	R\$ 135,57
3.5.3	Martelo	3	R\$ 28,90	R\$ 86,70
3.5.4	Alicate	2	R\$ 62,90	R\$ 125,80
3.5.5	Jogo de Ferramentas	1	R\$ 999,00	R\$ 999,00
3.5.6	Soquetes	2	R\$ 7,73	R\$ 15,46
3.5.7	Enxada	3	R\$ 24,32	R\$ 72,96
3.5.8	Peneiras 60 cm	5	R\$ 21,62	R\$ 108,10
			Sub-Total 3.5	R\$ 2.343,19
			TOTAL INFRAESTRUTURA	R\$ 650.930,19

Fonte: O Autor, 2022

O licenciamento ambiental⁵ para uma Usina de Reciclagem, introduzida em empreendimentos do Grupo E - Serviços, possui a taxa de Licença Prévia, Licença de Instalação e Licença de Operação fixada em R\$ 25.000 cada, totalizando R\$ 75.000 (SEMA, 2021).

As ferramentas manuais descritas por: carros de mão, pá, martelo, alicate, jogo de ferramentas, soquetes, enxadas e peneiras, foram orçadas em três diferentes estabelecimentos do município em questão, sendo considerado a de menor preço. Para as ferramentas foi considerado uma vida útil de 5 anos, baseado na normativa nº 162, de 31 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998).

A retro-escavadeira foi orçada diretamente em sites de revendedores de máquinas da Bahia, sendo escolhida uma semi-nova da marca CASE ano 2018, no valor de R\$ 340.000. O caminhão basculante escolhido foi um semi-novo 6x4 da marca CARGO ano 2009, no valor de R\$ 220.000.

O valor do terreno foi desconsiderado dos custos de infraestrutura devido ser de

⁵ Nos custos com licenciamento não está incluso o serviço de consultoria ambiental.

patrimônio do município de Feira de Santana/BA.

Os acessórios de informática foram orçados em uma empresa do ramo, situada no município de Feira de Santana. Foi considerado computadores e impressora, sendo um computador para cada auxiliar administrativo.

Os valores de mobílias para os escritórios, refeitório, e recepção foram obtidos em empresas do município e considerado o menor preço. Para os escritórios foram definidas 2 mesas, 4 cadeiras, 1 sofá e 1 armário, já para o refeitório foi definido 1 mesa, 4 cadeiras, 1 fogão e 1 geladeira.

4.3.4 Capital de Giro

O capital de giro foi fixado em 15% dos custos operacionais do empreendimento. A usina de RCC apresentou custos operacionais de R\$ 746.784,51, assim o capital de giro do empreendimento é de R\$ 112.017,68, obtido através da Fórmula 4.1.

$$CO * 15\% = R\$109.809,52 \quad (9)$$

4.4 Custos Operacionais

Para encontrar os custos operacionais para operacionalização da usina RCC foram estudados os custos com mão de obra, consumo de energia elétrica, consumo de água, consumo de combustível, despesas administrativas, manutenção e depreciação dos equipamentos, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Custos Operacionais da Usina de Reciclagem.

CUSTOS OPERACIONAIS		
ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)
1.0	Mão de Obra	R\$ 495.662,42
2.0	Energia Elétrica	R\$ 36.685,44
3.0	Água	R\$ 646,56
4.0	Combustível	R\$ 100.351,68
5.0	Despesas Administrativas	R\$ 6.500,00
6.0	Manutenção Equipamentos	R\$ 106.938,41
7.0	Depreciação	R\$ 168.728,16
TOTAL		R\$ 746.784,51

Fonte: O Autor, 2022

4.4.1 Custo com Mão de Obra

A mão de obra foi orçada em R\$ 495.662,42 anuais, considerando 10 funcionários, sendo 02 auxiliares administrativos, 01 encarregado, 01 operador de equipamentos, 02 motoristas e 04 auxiliares de produção, em que segundo Jadovski (2005) seria

suficiente para este empreendimento. Para encontrar o custo da mão de obra foi utilizado do salário base praticado pelo SINDUSCON-BA, encargos sociais (INSS, FGTS, Férias, Descanso Remunerado, e entre outros) fixados em 80% sobre os salários e os encargos complementares de R\$ 1.078,25, descrito pela Tabela 9.

Tabela 9 – Encargos Complementares por Funcionário.

CUSTO POR FUNCIONÁRIO - 12 MESES				
ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR UNITÁRIO	VALOR MÊS	VALOR ANUAL
1.0	Refeição	R\$ 20,97	461,34	5.536,08
2.0	Transporte	R\$ 4,00	220,00	2.640,00
3.0	Cesta Básica	R\$ 346,16	346,16	4.153,92
4.0	EPI's	R\$ 441,00	36,75	441,00
5.0	Exames - Admissionais e Demissionais	R\$ 60,00	10,00	120,00
6.0	Seguro de Vida	R\$ 4,00	4,00	48,00
TOTAL GERAL			R\$ 1.078,25	R\$ 12.939,00

Fonte: O Autor, 2022

Para tal foi considerada 2 refeições diárias, o café da manhã = R\$ 5,20 e o almoço R\$ 15,73. No transporte foi definido R\$ 10,00/dia e a cesta básica de R\$ 346,16. Para os EPI's foram considerados bota, fardamento, capacete, óculos, protetor auricular, luva e capa, descritos na Tabela 10⁵.

Tabela 10 – Equipamentos de Proteção Individual.

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR 01 MÊS	VALOR ANUAL
1.0	Bota	R\$ 35,00	R\$ 140,00
2.0	Fardamento (R\$ 60,00/UND) - 02 Fardas Iniciais	R\$ 100,00	R\$ 100,00
3.0	Capacete	R\$ 20,00	R\$ 20,00
4.0	Óculos	R\$ 5,00	R\$ 15,00
5.0	Protetor Auricular + Respirador	R\$ 5,00	R\$ 30,00
6.0	Luva	R\$ 8,00	R\$ 96,00
7.0	Capa	R\$ 20,00	R\$ 40,00
TOTAL - 12 MESES - POR FUNCIONÁRIO			R\$ 441,00

Fonte: O Autor, 2022

Assim, a Tabela 11 expressa os custos com a mão de obra para o primeiro ano do empreendimento.

Tabela 11 – Custos de Mão de Obra.

1.0 - MÃO DE OBRA						
ITEM	DESCRIÇÃO	QTD	SALARIO BASE	ENCARGOS SOCIAIS (R\$)	ENCARGOS COMPLEMENTARES (R\$)	TOTAL (R\$)
1.1	AUX. ADMINISTRATIVO	2	R\$ 1.890,94	R\$ 1.512,75	R\$ 1.078,28	R\$ 8.963,94
1.2	ENCARREGADO	1	R\$ 2.884,50	R\$ 2.307,60	R\$ 1.078,28	R\$ 6.270,38
1.3	OPERADOR DE EQUIPAMENTOS	1	R\$ 1.874,41	R\$ 1.499,53	R\$ 1.078,28	R\$ 4.452,22
1.4	MOTORISTA	2	R\$ 1.874,41	R\$ 1.499,53	R\$ 1.078,28	R\$ 8.904,44
1.5	AUXILIAR DE PRODUÇÃO	4	R\$ 1.166,82	R\$ 933,46	R\$ 1.078,28	R\$ 12.714,22
TOTAL MÃO DE OBRA/mês						R\$ 41.305,20
TOTAL MÃO DE OBRA/ano						R\$ 495.662,42

Fonte: O Autor, 2022

4.4.2 Custo com Energia Elétrica

O gasto anual com energia elétrica calculado foi de R\$ 36.685,44, sendo R\$ 32.609,28 referente aos equipamentos de operação com consumo de 40 kWh e R\$

⁵ Valores praticados por construtora no município de Feira de Santana

4.076,16 para os equipamentos do setor administrativo com consumo estimado de 5 kWh, considerando uma tarifa unitária de R\$ 0,39 kW.hora⁶ em uma jornada de trabalho de 8 horas diárias (administrativo) e 6 horas diárias (operacional).

4.4.3 Custo com Consumo de Água

O gasto anual com água encontrado foi de R\$ 646,56, possuindo tarifa da concessionária de R\$ 22,43 para empreendimentos do setor industrial⁷.

4.4.4 Custo com Combustível

O gasto anual com combustível encontrado foi de R\$ 100.351,68. Para a retro-escavadeira foi calculado um gasto anual de R\$ 47.224,32 considerando um consumo de 8 litros/h, com a jornada de 4 horas/dia, durante 22 dias e o óleo diesel custando R\$ 5,59.

Para o caminhão basculante foi calculado um gasto anual de R\$ 53.127,36 devido consumo de 9 litros/h, com a jornada de 4 horas/dia, durante 22 dias e o óleo diesel custando R\$ 5,59.

4.4.5 Custos com Despesas Administrativas

As despesas administrativas com contabilidade, limpeza, material para escritório, internet e vigilância, foram fixadas em R\$ 6.500 mensais, perfazendo um total de gastos de R\$ 78.000 anuais.

4.4.6 Custos com Manutenção dos Equipamentos

Os custos com a manutenção dos equipamentos obtido foi de R\$ 106.938,41, visto que corresponde a 3% do investimento inicial de R\$ 3.566.821,73.

4.4.7 Custos com Depreciação de Equipamentos e Veículos

O custo da depreciação dos equipamentos e veículos foram calculados de forma linear sendo 10% do valor de aquisição, como foram gastos R\$ 1.127.281,63 para adquirir os equipamentos, tem-se uma depreciação de R\$ 112.728,16 anual para os equipamentos de britagem.

Já para os veículos foram gastos R\$ 560.000, logo tem-se uma depreciação de R\$ 56.000 ao ano, sendo R\$ 24.000 referente ao custo da retro-escavadeira e R\$ 22.000 referente ao caminhão basculante.

⁶ Tabela de Tarifa da Coelba - Vigência de 22/04/2021 a 22/04/2022.

⁷ Em localidades com a presença de redes de esgoto, o mesmo deve ser considerado nos custos.

4.5 Cenário Econômico

4.5.1 Receita Bruta Anual

Feito o levantamento dos preços de agregados naturais com a finalidade de encontrar o preço de venda dos agregados reciclados, foi constatado que a venda dos agregados do município está sendo praticado com um preço médio de R\$ 47,50, conforme Tabela 12.

Tabela 12 – Preço de agregado natural em Feira de Santana/BA .

AGREGADO NATURAL	R\$/t
Areia	R\$ 67,00
Brita 0	R\$ 35,00
Brita 1	R\$ 44,00
Brita 2	R\$ 44,00
VALOR MÉDIO	R\$ 47,50

Fonte: Feira de Santana, 2022

A partir de Jadovski (2005) constata-se que o preço do agregado reciclado não deve ser superior a R\$ 38,00/t. Neste empreendimento, foi definido a comercialização dos agregados a um preço unitário de R\$28,50/t, um valor de 40% a menos do que é praticado para os agregados naturais.

E assim, foi possível calcular a receita bruta anual deste empreendimento para um horizonte de 15 anos, considerando um crescimento de receita de 1.88% a.a, conforme o crescimento populacional do município de Feira de Santana (IBGE, 2021).

Tabela 13 – Receita Bruta Anual da Usina de reciclagem RCC para um Horizonte de 15 anos.

ANO	RECEITA BRUTA ANUAL
2022	R\$ 1.354.320,00
2023	R\$ 1.379.781,22
2024	R\$ 1.405.721,10
2025	R\$ 1.432.148,66
2026	R\$ 1.459.073,05
2027	R\$ 1.486.503,63
2028	R\$ 1.514.449,90
2029	R\$ 1.542.921,55
2030	R\$ 1.571.928,48
2031	R\$ 1.601.480,73
2032	R\$ 1.631.588,57
2033	R\$ 1.662.262,44
2034	R\$ 1.693.512,97
2035	R\$ 1.725.351,02
2036	R\$ 1.757.787,61

Fonte: O Autor, 2022

4.5.2 Receita Líquida Anual

De posse da receita bruta foi possível calcular a receita líquida, demonstrando os valores de entrada e saída de caixa para um período de 15 anos. Tal informação é de grande importância para demonstrar o fluxo de caixa do empreendimento e indispensável para analisar a viabilidade deste estudo de caso, conforme apresentado pela Tabela 14.

Tabela 14 – Receita Líquida da Usina de Reciclagem RCC para um Horizonte de 15 anos.

ANO	RECEITA BRUTA ANUAL	CUSTO DE OPERAÇÃO	RECEITA LIQUIDA ANUAL
2022	R\$ 1.354.320,00	R\$ 746.784,51	R\$ 607.535,49
2023	R\$ 1.379.781,22	R\$ 760.824,06	R\$ 618.957,16
2024	R\$ 1.405.721,10	R\$ 775.127,55	R\$ 630.593,55
2025	R\$ 1.432.148,66	R\$ 789.699,95	R\$ 642.448,71
2026	R\$ 1.459.073,05	R\$ 804.546,31	R\$ 654.526,75
2027	R\$ 1.486.503,63	R\$ 819.671,78	R\$ 666.831,85
2028	R\$ 1.514.449,90	R\$ 835.081,61	R\$ 679.368,29
2029	R\$ 1.542.921,55	R\$ 850.781,14	R\$ 692.140,41
2030	R\$ 1.571.928,48	R\$ 866.775,83	R\$ 705.152,65
2031	R\$ 1.601.480,73	R\$ 883.071,21	R\$ 718.409,52
2032	R\$ 1.631.588,57	R\$ 899.672,95	R\$ 731.915,62
2033	R\$ 1.662.262,44	R\$ 916.586,80	R\$ 745.675,63
2034	R\$ 1.693.512,97	R\$ 933.818,64	R\$ 759.694,34
2035	R\$ 1.725.351,02	R\$ 951.374,43	R\$ 773.976,59
2036	R\$ 1.757.787,61	R\$ 969.260,27	R\$ 788.527,35

Fonte: O Autor, 2022

4.5.3 Indicadores Econômicos

4.5.3.1 Valor Presente Líquido - VPL

O primeiro indicador avaliado foi o VPL para cada ano através da Equação 5 descrita anteriormente, com a finalidade de determinar, ou não, a aceitação do projeto. Para um horizonte de 15 anos e uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 9% ao ano foi encontrado um VPL positivo de R\$ 1.870.567,58. A Tabela 15 mostra os valores encontrados mediante o método do VPL.

Como apresentado na Tabela 15, o empreendimento começa a apresentar valores positivos de VPL a partir do oitavo ano, mantendo-se positivo até o final do horizonte de 15 anos, onde $R\$ 1.870.567,58 > 0$, portanto o projeto pode ser considerado economicamente viável.

Tabela 15 – Método do Valor Presente Líquido.

ANO	FLUXO DE CAIXA	VPL	VPL ACUMULADO
0	-R\$ 3.564.613,57	-R\$ 3.564.613,57	-R\$ 3.564.613,57
1	R\$ 607.535,49	R\$ 557.372,01	-R\$ 3.007.241,56
2	R\$ 618.957,16	R\$ 520.963,86	-R\$ 2.486.277,70
3	R\$ 630.593,55	R\$ 486.933,92	-R\$ 1.999.343,78
4	R\$ 642.448,71	R\$ 455.126,86	-R\$ 1.544.216,92
5	R\$ 654.526,75	R\$ 425.397,48	-R\$ 1.118.819,44
6	R\$ 666.831,85	R\$ 397.610,04	-R\$ 721.209,40
7	R\$ 679.368,29	R\$ 371.637,72	-R\$ 349.571,68
8	R\$ 692.140,41	R\$ 347.361,93	-R\$ 2.209,75
9	R\$ 705.152,65	R\$ 324.671,87	R\$ 322.462,12
10	R\$ 718.409,52	R\$ 303.463,95	R\$ 625.926,07
11	R\$ 731.915,62	R\$ 283.641,35	R\$ 909.567,41
12	R\$ 745.675,63	R\$ 265.113,58	R\$ 1.174.681,00
13	R\$ 759.694,34	R\$ 247.796,07	R\$ 1.422.477,07
14	R\$ 773.976,59	R\$ 231.609,76	R\$ 1.654.086,83
15	R\$ 788.527,35	R\$ 216.480,75	R\$ 1.870.567,58

Fonte: O Autor, 2022

4.5.3.2 Taxa Interna de Retorno - TIR

Já para o cálculo do método da Taxa Interna de Retorno (TIR), através da Equação 7, foi preciso dos valores de fluxo de caixa para cada ano analisado, o horizonte do projeto e o investimento inicial. E, assim foi encontrado uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 17% por ano.

Segundo Siqueira (2018) o método de análise TIR é amplamente aconselhável quando se trata de avaliar a viabilidade econômica de um projeto particular como este de implantação de uma usina de reciclagem RCC.

Posteriormente, foi verificado a viabilidade e visto que este empreendimento apresenta uma taxa de retorno superior a TMA fixada para este empreendimento de 9% ao ano, e então garantindo a viabilidade econômica do empreendimento.

4.5.3.3 Payback

Para o cálculo do tempo de retorno, ou *Payback*, foi utilizada a Equação 8. Por consequência, os valores usados foram o investimento inicial e o fluxo de caixa anual do empreendimento, durante o horizonte de 15 anos. Logo, o *Payback* sucedeu em 5 anos e 6 meses.

A Tabela 16 demonstra os valores acumulados para o *Payback*, demonstrando onde ocorreu a anulação do custo inicial, alterando-se para valores positivos.

Tabela 16 – Método do Payback.

ANO	FLUXO DE CAIXA	SALDO
0	-R\$ 3.564.613,57	-R\$ 3.564.613,57
1	R\$ 607.535,49	-R\$ 2.957.078,08
2	R\$ 618.957,16	-R\$ 2.338.120,92
3	R\$ 630.593,55	-R\$ 1.707.527,37
4	R\$ 642.448,71	-R\$ 1.065.078,66
5	R\$ 654.526,75	-R\$ 410.551,91
6	R\$ 666.831,85	R\$ 256.279,93
7	R\$ 679.368,29	R\$ 935.648,22
8	R\$ 692.140,41	R\$ 1.627.788,63
9	R\$ 705.152,65	R\$ 2.332.941,29
10	R\$ 718.409,52	R\$ 3.051.350,81
11	R\$ 731.915,62	R\$ 3.783.266,43
12	R\$ 745.675,63	R\$ 4.528.942,06
13	R\$ 759.694,34	R\$ 5.288.636,40
14	R\$ 773.976,59	R\$ 6.062.612,99
15	R\$ 788.527,35	R\$ 6.851.140,34

Fonte: O Autor, 2022

4.6 Comparativo dos Indicativos Financeiros

Para este estudo de caso o parâmetro de lucratividade do empreendimento foi fundamentado em fluxos de caixa descontado. Para tal foi considerado todo o fluxo de caixa envolvendo os valores positivos e negativos para toda a vida útil desse projeto.

Portanto, para verificar a viabilidade econômica da usina de RCC para o município de Feira de Santana/BA foi utilizado de indicadores financeiros, seus respectivos resultados estão apresentados concisamente na Tabela 17.

Tabela 17 – Comparativo dos Indicadores Financeiros.

TMA de Projeto	9%
TIR	17%
VPL	R\$ 1.870.567,58
<i>Payback</i>	5,6

Fonte: O Autor, 2022

Admitindo uma TMA de 9% a.a, calculou-se o VPL, TIR e o *Payback*, em que a proposta alcançou bons resultados financeiros:

- O investimento foi aceito, visto que apresentou um fluxo de caixa positivo em R\$ 1.870.567,58 (VPL).
- O capital aplicado será recompensado em 17% a.a, superando o seu custo de 9% a.a.

- O capital aplicado no empreendimento será recuperado em 5,6 anos, um prazo atraente quando comparado ao horizonte de projeto (15 anos).

5 Considerações Finais

Na análise da gestão dos RCC identificou-se que o município conta com deficiências quanto ao gerenciamento dos resíduos da construção civil, o que ficou evidenciado pela presença de diversos pontos de disposição irregular dos resíduos em sua área urbana, além da ausência de políticas que induzam os grandes geradores de resíduos as práticas de redução, reutilização e reciclagem em seu Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos e por fim, faltam instrumentos eficazes para a gestão em conformidade com a PNRS.

A maior limitação quanto a implantação de um empreendimento desta natureza na cidade de Feira de Santana/BA, se dá pela ausência de dados atualizados referentes a geração real dos RCC do município de Feira de Santana, já que segundo Feira de Santana (2017) não se sabe efetivamente o quanto é gerado de resíduo da construção.

Em síntese, os resultados encontrados para usina de reciclagem RCC foram o VPL de R\$ 1.870.567,58 considerando um horizonte de 15 anos, comprovando a viabilidade econômica do empreendimento. Já para o TIR foi encontrada uma taxa de retorno de 17% a.a, muito acima da adotada (9%) corroborando a viabilidade do empreendimento. O *Payback* foi de 5,6 anos, caracterizando um rápido retorno do capital investido.

Diante disso, a pesquisa teve como objetivo geral analisar a viabilidade econômica da implantação de uma usina de reciclagem para resíduos da construção civil. Percebe-se que o mesmo foi atendido, porque efetivamente este estudo de caso conseguiu identificar que o projeto da usina de reciclagem para a cidade de Feira de Santana é viável no ponto de vista econômico.

Em consonância com a proposta de uma usina de reciclagem, aconselha-se que o município exerça ações mitigadoras para reduzir os impactos sociais e ambientais causados pela excessiva geração e disposição irregular dos RCC. Tais medidas podem ser: instalação de pontos de destinação correta RCC, denominados ecopontos e conscientização da população quanto a disposição correta dos entulhos gerados.

5.1 Sugestões de Trabalhos Futuros

Recomenda-se como sugestões para trabalhos futuros:

- Elaborar uma proposta de gestão integrada dos resíduos sólidos da construção civil;

-
- Estudo para diagnosticar a real geração dos resíduos da construção civil em Feira de Santana.
 - Elaborar uma pesquisa de mercado para uso dos agregados reciclados no município de Feira de Santana/BA..

Referências

- ABENSUR, E. O. Um Modelo Multiobjetivo de Otimização Aplicado ao Processo de Orçamento de Capital. *Gestão & Produção*, SciELO Brasil, v. 19, p. 747–758, 2012.
- ABNT. *Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15113-Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes–Aterros-Diretrizes para projeto, implantação e operação*. [S.l.], 2004.
- ABNT. *Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15114-Resíduos sólidos da construção civil–Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação*. [S.l.], 2004.
- ABRECON. *A Gestão dos Resíduos da Construção e Demolição e o Papel do Engenheiro*. [S.l.], 2017.
- ABRECON. *Resíduos da Construção Civil e Operação de Usina de Reciclagem de Entulho*. [S.l.], 2017.
- ABRELPE. *Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil*. [S.l.], 2021.
- AGOPYAN, V. Números do Desperdício. *Téchne. Revista de Tecnologia e Negócios da Construção*, Editora PINI, São Paulo, v. 53, p. 30–32, 2001.
- BASTOS, C. A. M. d. F. Desafios e Perspectivas dos Resíduos Sólidos no Centro de Abastecimento de Feira de Santana-BA. Pós-Graduação em Geografia, 2018.
- BRASIL. Instrução Normativa SRF nº162, de 31 de dezembro de 1998. São Paulo, 1998.
- BRASIL. *Resolução CONAMA nº. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil*. [S.l.]: Ministério do Meio Ambiente Brasília, DF, 2002.
- BRASIL. *Política Nacional dos Resíduos Sólidos*. [S.l.], 2010.
- BRASIL. *Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos*. [S.l.], 2021.
- BRASILEIRO, L.; MATOS, J. Revisão Bibliográfica: Reutilização de Resíduos da Construção e Demolição na Indústria da Construção Civil. *Cerâmica*, SciELO Brasil, v. 61, p. 178–189, 2015.
- CARNEIRO, A. P.; BURGOS, P. C.; ALBERTE, E. P. V. Uso do Agregado Reciclado em Camadas de Base e Sub-Base de Pavimentos. *Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA/Caixa Econômica Federal*, p. 190–227, 2001.
- CARNEIRO, F. P. Diagnóstico e Ações da Atual Situação dos Resíduos de Construção e Demolição na Cidade do Recife. *João Pessoa*, v. 131, 2005.
- COORDENADOR COMERCIAL. *Sustentare Saneamento*. 2022. Entrevistador: Ellder Silva da Costa.

- COSTA, F. N.; RIBEIRO, D. V.; DIAS, C. M. R. Portland clinker with civil construction waste: influence of pellet geometry on the formation of crystalline phases. *Ambiente Construído*, SciELO Brasil, v. 20, p. 205–223, 2020.
- CUNHA, G. N. M. et al. Análise da Viabilidade Econômica de Usinas de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil a partir de Sistemas Dinâmicos. *Projeto de Graduação de Engenharia de Produção*, 2013.
- FEIRA DE SANTANA. *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Feira de Santana - BA*. Feira de Santana: SMSP, 2017.
- FERREIRA, A. R. L.; MOREIRA, H. C. Análise Crítica da Gestão de Resíduos de Construção Civil: Estudo de Caso do Município do Rio de Janeiro. *Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Monografia de Graduação)*, Rio de, 2013.
- FIEB. Federação das Indústrias da Bahia. 2015.
- GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. *Decisões de Investimentos da Empresa*. [S.l.]: Atlas, 1999.
- GITMAN, L. J. *Princípios De Administração Financeira*. [S.l.]: Pearson Education do Brasil, Edição: 12., Local de Publicação: São Paulo, 2010.
- GOMES, H. P. Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento. *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Rio de Janeiro–RJ*, 2005.
- GRECO, A. L.; AREND, L. R. *Contabilidade: Teoria e Prática Básicas*. [S.l.]: Sagra, 1998.
- HOSNI, A. S.; CAVIGNAC, A. L. de O.; MACEDO, A. N. 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-BJPE*, p. 122–134, 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico*, 2021.
- IPEA. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil*. [S.l.], 2012.
- JADOVSKI, I. Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição. 2005.
- LEITE, R. A. et al. Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição do Município de Passo Fundo-RS: Avaliação da Viabilidade Econômica. *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 12, 2010.
- LUCENA, L. d. F. L. Análise do Custo-Benefício da Reciclagem dos Resíduos Sólidos Urbanos no Recife e Jaboatão dos Guararapes. Universidade Federal de Pernambuco, 2004.
- MACARI, G. B. *Estudo de Viabilidade de Usina para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil em um Município do Interior Paulista*. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

MARTINS, C. R.; JORGE, R. L. S. A Aplicabilidade da Taxa Interna de Retorno: Um Estudo de Caso. *ANAIS CONGREGA MIC-ISBN: 978-65-86471-05-2 e ANAIS MIC JR.-ISBN: 978-65-86471-06-9*, p. 416, 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Manual para Implantação de Sistema de Gestão de Resíduos de Construção Civil em Consórcios Públicos*. Brasília. [S.l.], 2010.

NETO, J. d. C. M. *Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil*. [S.l.]: Rima, 2005.

NUNES, E. do N.; SCACABAROSSO, H.; ARAÚJO, M. N. A geografia dos Resíduos Sólidos urbanos (rsu) na sede do Município de Caroebe-RR. *Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas*, n. 8, p. 15–24, 2017.

NUNES, K. R. A.; MAHLER, C. F.; VALLE, R. Reverse Logistics in the Brazilian Construction Industry. *Journal of environmental management*, Elsevier, v. 90, n. 12, p. 3717–3720, 2009.

RAMIRES, E. Análise de Viabilidade Econômica para a Implantação de uma Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil no Município de Maringá-PR. 2014.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. de. *Análise Econômica e Social de Projetos Florestais*. [S.l.]: UFV, 2008.

RODRIGUES, F. W. d. M. et al. Indicadores e Técnicas para Análise e Decisão de Investimentos. *Revista Científica FACPED*, v. 5, n. 1, 2015.

SINDUSCON, D. Estado da Bahia–SINDUSCON–BA. *Convenção Coletiva Interior*. Disponível em: < https://www.sinduscon-ba.com.br/relacoes-trabalhistas/prg_pub_tip.cfm?tip=69 >. Acesso, 2021.

SIQUEIRA, R. R. Análise para Implementação de Usina para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil em Tucuruí-PA. 2018.

SOBRAL, R. F. C. Viabilidade Econômica de Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção civil: Estudo de Caso da usiben-João Pessoa/PB. Universidade Federal da Paraíba, 2012.

SOUSA, M. G. S. d. Resíduos da construção civil no Brasil: Uma abordagem econômica para tornar a gestão municipal mais efetiva. 2015.

SOUZA, M. I.; SEGANTINI, A. A.; PEREIRA, J. A. Tijolos Prensados de Solo-Cimento Confeccionados com Resíduos de Concreto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, SciELO Brasil, v. 12, n. 2, p. 205–212, 2008.

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. Controle Ambiental de Resíduos. *PHILIPPI JR, A*, 2004.

TRICHÊS, G.; KRYCKYJ, P. R. Aproveitamento de Entulho da Construção Civil na Pavimentação Urbana. In: *Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, São José dos Campos*. [S.l.: s.n.], 1999.

URTADO, E. S. et al. Aplicação do Método do Valor Presente Líquido (vpl) na Análise da Viabilidade Econômica de Projetos na Indústria Metal Mecânica: Um Estudo de Caso. *ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO*, v. 9, p. 1–4, 2009.

WILBURN, D. R.; GOONAN, T. G. Aggregates from Natural and Recycled Sources. *US Geological survey circular*, v. 1176, p. 36, 1998.

APÊNDICE A – Entrevista com Representantes da Empresa Sustentare do Município de Feira de Santana.

1. Qual o papel da Sustentare na coleta e destinação dos resíduos sólidos da construção civil? A Prefeitura do município, por meio da SESP, contribui de algum modo?
2. Quanto é cobrado pelo serviço de coleta e tratamento dos resíduos da construção civil? Por exemplo, qual preço em contrato para este serviço, por tonelada?
3. Existe periodicidade da coleta? Todos os bairros são atendidos?
4. Quais os meios de coleta dos resíduos da construção? Mecanizado, manual ou ambos?
5. E qual a quantidade de resíduos da construção civil coletados por mês?
6. Quanto de resíduos da construção chega ao aterro da Sustentare, incluindo os descartados por construtoras?
7. O aterro em que são feitas a destinação dos resíduos da construção civil pertence a Sustentare Saneamento?
8. Onde estão localizados os pontos de descartes para pequenos geradores do município? E qual a frequência de coleta?
9. Quais medidas adotadas para os resíduos da construção dispostos irregularmente?
10. O que é feito com os resíduos da construção civil coletados? Existe algum reaproveitamento ou reciclagem?