



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil– PROPEC



Deyvid Ricardo Ramos Gonçalves

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA VIA SIMULAÇÃO DE MONTE
CARLO PARA UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA DE ACIARIA COMO
AGREGADO NA FABRICAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS PARA A
CONSTRUÇÃO CIVIL – ECOBLOCOS**

Ouro Preto – MG, julho de 2015.

G635a

Gonçalves, Deyvid Ricardo Ramos.

Análise da viabilidade econômica via simulação de Monte Carlo para utilização da escória de aciaria como agregado na fabricação de pré-fabricados para a construção civil [manuscrito]: ecoblocos / Deyvid Ricardo Ramos Gonçalves. - 2015.

89f.: il.: color; graf; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto.

Coorientador: Prof. Dr. Guilherme Jorge Brigolini Silva.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PROPEC.

Área de Concentração: Estruturas Metálicas.

1. Escória. 2. Viabilidade Econômica. 3. Monte Carlo, Método de. 4. Sustentabilidade. I. Peixoto, Ricardo André Fiorotti. II. Silva, Guilherme Jorge Brigolini. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 624.014:502.131

Catálogo: www.sisbin.ufop.br

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA VIA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO PARA UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA DE ACIARIA COMO AGREGADO NA FABRICAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL – ECOBLOCOS

AUTOR: DEYVID RICARDO RAMOS GONÇALVES

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 10 de julho de 2015, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Ricardo André Fiorotti Peixoto, D.Sc. – UFOP (Presidente)



Prof. Guilherme Jorge Brigolini, D.Sc. – UFOP



Prof. Carlos Eduardo Sanches da Silva, D.Sc. – UNIFEI

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PROPEC

**ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA VIA SIMULAÇÃO DE MONTE
CARLO PARA UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA DE ACIARIA COMO
AGREGADO NA FABRICAÇÃO DE PRÉ-FABRICADOS PARA A
CONSTRUÇÃO CIVIL – ECOBLOCOS**

AUTOR: DEYVID RICARDO RAMOS GONÇALVES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para a obtenção de título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Engenharia Estrutural e de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo André Fiorotti Peixoto.

Ouro Preto – MG, julho de 2015.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

Madre Tereza de Calcutá

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me proporcionado esta oportunidade em poder assimilar e aprender coisas diferentes, abrindo novos caminhos, fazendo-me crescer pessoal e profissionalmente, ampliando meus conhecimentos, fazendo com que eu possa, de alguma forma, contribuir para a sociedade e a saúde de nosso planeta;

A minha família e a minha namorada Débora, que sempre me apoiaram. Obrigado por me proporcionarem o que há de mais fundamental na vida: amor, carinho, presença constante e, principalmente, por entenderem meus momentos de ausência durante a realização deste trabalho;

Ao orientador Ricardo Fiorotti, agradeço a oportunidade de fazer parte do grupo RECICLOS, que me recebeu com muito respeito, companheirismo, paciência e amizade durante toda esta caminhada;

Ao co-orientador Guilherme Brigolini, deixo meu agradecimento pela disponibilidade, auxiliando na elaboração deste trabalho e contribuindo com informações relevantes para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao professor Carlos Eduardo Sanches da Silva, pelas recomendações essenciais para aplicação da metodologia de Monte Carlo.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo;

Agradeço a todos os professores da UFOP que, de uma forma geral, contribuíram para minha formação, não só para as áreas da Engenharia, mas também para a vida;

Agradeço também ao amigo e profissional Álvaro Gabriel, pela amizade e as constantes ajudas durante o mestrado;

E não poderia deixar de agradecer a todos da República DNA, pela “igualdade, lealdade e fraternidade”, além da receptividade e companheirismo durante todo esse tempo de Ouro Preto.

RESUMO

O Brasil é detentor das maiores reservas mundiais de minério de ferro e de um avançado parque siderúrgico, o que o tem possibilitado incrementar, de forma cada vez mais acelerada, a produção de aço, tanto para o consumo interno como para a exportação. O aço é essencial como matéria-prima para obras de infraestrutura, máquinas pesadas, edificações, etc., principalmente devido às suas características intrínsecas de qualidade e relativo baixo custo de produção. Como os volumes de rejeitos aumentam na mesma proporção da produção estão sendo gerados sérios problemas de passivos ambientais. Assim, torna-se imperativo maximizar a produtividade das operações e processos, bem como minimizar os custos financeiros e ambientais para a disposição daqueles rejeitos. Isso pode ser obtido via recuperação do metal contido nas escórias, com seu posterior retorno ao processo siderúrgico, reduzindo a extração de matéria-prima, consumo de energia e destinação da fração não-metálica ao mercado passível de utilizá-la economicamente.

A Escória Bruta de Aciaria (EBA), tem composição química e granulométrica de 35% de FeO (SANTOS, 2013) e sua recuperação é economicamente viável através do processo mais usualmente de separação magnética.

Concomitantemente, é separada a fração não-metálica constituída basicamente de óxidos de Cálcio (CaO), Magnésio (MgO) e Dióxido de Silício (SiO₂). Para a fração não-metálica ser utilizada como agregado na construção civil, é necessário o tratamento, em relação à expansão, e também a britagem em tamanhos adequados.

Estudos e experimentos desenvolvidos recentemente demonstram a similaridade de propriedades físicas e mecânicas das escórias da siderurgia e dos materiais convencionais (areia e brita) para a fabricação de matrizes de cimento *Portland* e possibilidades de total substituição de um pelo outro.

O objetivo deste trabalho é quantificar os custos totais de produção para o beneficiamento de escórias de aciaria e sua utilização na fabricação de blocos de concreto de alvenaria e de pavimentação, utilizando a fração não-metálica em substituição integral dos materiais naturais convencionalmente utilizados.

A Análise da viabilidade econômica foi realizada via simulação de Monte Carlo para a quantificação dos riscos da análise de riscos e incertezas. Obteve-se a determinação do custo de produção destes artefatos, segundo diferentes configurações e possibilidades de projetos de engenharia e a garantia da viabilidade econômica do projeto.

Os resultados obtidos demonstram a viabilidade econômica do projeto com índices de cerca de 98% de viabilidade. Além disso, pode ser pago em aproximadamente 2,5 (dois anos e meio), considerando um investimento de R\$ 9.406.943,48, com uma receita anual de R\$ 10.843.651,03 e atendendo a taxa mínima de atratividade de 12,07%.

Para a configuração utilizada, é possível obter-se lucro líquido mensal da ordem de R\$ 308.000,00 descontado o imposto de renda.

Palavras chave: Escória de aciaria, recuperação metálica, viabilidade econômica, Simulação de Monte Carlo, sustentabilidade.

ABSTRACT

Brazil is holder of the world's largest reserves of iron ore and an advanced steel industry which has enabled the increase of increasingly rapidly steel production for both domestic consumption and for export. Steel is essential as a raw material for infrastructure construction, heavy machinery, constructions, etc., principally because of the intrinsic characteristics of quality and relative low cost of production. As the volumes of tailings increase in proportion to the production being generated serious problems of environmental liabilities. Thus, it is imperative to maximize the productivity of operations and processes, as well as the financial and environmental costs for the disposal of those wastes. This can be achieved through recovery of metal contained in the slag with its subsequent return to the steelmaking process, reducing the extraction of raw materials and energy consumption and disposal of non-metallic fraction, the market likely to use it economically.

The Slag Gross Steelmaking (EBA), has chemical and particle size distribution of 35% of FeO (SANTOS, 2013) and its recovery is economically feasible through the process, more usually, magnetic separation.

Concomitantly is separated from the non-metallic fraction consists primarily of calcium oxide (CaO), magnesium (MgO) and silicon dioxide (SiO₂). For non-metallic fraction be used as aggregate in construction treatment regarding the expansion and also crushing in appropriate sizes is necessary.

Studies and experiments developed recently show the similarity of physical and mechanical properties of the steel slags and conventional materials (sand and gravel) for the manufacture of Portland cement products and the possibility of complete substitution for one another.

The objective of this study is to quantify the total production costs for the steelmaking slag processing and its use in the manufacture of masonry blocks and paving using non-metallic fraction full replacement to natural materials conventionally used.

The analysis of the economic viability was performed via Monte Carlo simulation to determine the analysis of risks and uncertainties. Obtained determining the cost of production of these artifacts, according to different configurations and possibilities of engineering projects and ensuring the economic viability of the project.

The results obtained demonstrate the economic viability of the project with rates of about 98% sure. Moreover, it can be paid in approximately 2.5 (two and a half years), considering an investment of approximately R\$ 9.406.943,48, with an annual revenue of R \$ 10.843.651,03 and considering the hurdle rate of 12,07%.

For your setup, it is possible to obtain monthly net income of R\$ 308.589,90 deducted income tax.

Keywords: Steel slag, metal recovery, economic viability, Monte Carlo simulation, sustainability.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| 1.INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA..... | 3 |
| 3. OBJETIVOS | 4 |
| 3.1. OBJETIVO GERAL | 4 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 4 |
| CAPÍTULO II | 5 |
| 4. REVISÃO DE LITERATURA | 5 |
| 4.1. PANORAMA DA SIDERURGIA MUNDIAL E BRASILEIRA | 5 |
| 4.1.1. GERAÇÃO DE RESÍDUOS E COPRODUTOS..... | 7 |
| 4.2. PROCESSO DE PRODUÇÃO SIDERÚRGICO..... | 9 |
| 4.3. AGREGADO SIDERÚRGICO DE ACIARIA..... | 11 |
| 4.4. TÉCNICAS DE PÓS-PROCESSAMENTO DA ESCÓRIA DE ACIARIA | 13 |
| 4.5. PROPRIEDADES DAS ESCÓRIAS DE ACIARIA | 14 |
| 4.6. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA DISPOSIÇÃO DE RSI's..... | 16 |
| 4.7. CUSTOS DE DISPOSIÇÃO E VENDA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS | 18 |
| 4.8. LOGÍSTICA EMPRESARIAL | 20 |
| 4.8.1. FORMAÇÃO DO VALOR DO FRETE..... | 21 |
| 4.8.2. LOGÍSTICA REVERSA..... | 23 |
| 4.9. PROJETO DE VIABILIDADE | 24 |
| 4.9.1. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO | 27 |
| CAPÍTULO III..... | 30 |
| 5. METODOLOGIA | 30 |
| 5.1. VARIÁVEIS BÁSICAS | 32 |
| 5.1.1. VALOR DE COMPRA DA ESCÓRIA | 32 |
| 5.1.2. CUSTO DE PROCESSAMENTO | 32 |
| 5.1.3. VALOR DE VENDA DA FRAÇÃO METÁLICA | 33 |
| 5.1.4. VALOR DE VENDA DA FRAÇÃO NÃO-METÁLICA | 33 |
| 5.1.5. TEOR E EFICIÊNCIA DA RECUPERAÇÃO METÁLICA | 33 |
| 5.1.6. CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO | 33 |
| 5.2. INVESTIMENTO INICIAL | 34 |
| 5.2.1. ESCRITÓRIO | 34 |
| 5.2.2. GALPÕES..... | 34 |
| 5.2.3. PLANTA DE BENEFICIAMENTO..... | 34 |
| 5.2.4. PÁTIO DE ARMAZENAMENTO..... | 35 |
| 5.2.5. AQUISIÇÃO DO TERRENO..... | 35 |

| | |
|--|----|
| 5.2.6. CONSTRUÇÃO..... | 35 |
| 5.2.7. CONCEPÇÃO DO PROJETO..... | 36 |
| 5.2.8. CUSTOS AMBIENTAIS..... | 36 |
| 5.3. CUSTOS FIXOS..... | 36 |
| 5.3.1. ÁGUA E ESGOTO..... | 36 |
| 5.3.2. ENERGIA..... | 36 |
| 5.3.3. FUNCIONÁRIOS..... | 36 |
| 5.3.4. PAGAMENTO DO INVESTIMENTO..... | 37 |
| 5.4. SIMULAÇÃO ATRAVÉS DO SOFTWARE..... | 37 |
| CAPÍTULO IV..... | 39 |
| 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 39 |
| 6.1. VALOR DE COMPRA DA ESCÓRIA..... | 39 |
| 6.2. CUSTO DE PROCESSAMENTO..... | 39 |
| 6.3. VALOR DE VENDA DA FRAÇÃO METÁLICA..... | 40 |
| 6.4. VALOR DE VENDA DA FRAÇÃO NÃO-METÁLICA..... | 40 |
| 6.5. TEOR E EFICIÊNCIA DA RECUPERAÇÃO METÁLICA..... | 40 |
| 6.6. CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO..... | 41 |
| 6.7. INVESTIMENTO INICIAL..... | 42 |
| 6.8. CUSTOS FIXOS..... | 43 |
| 6.8.1. ÁGUA E ESGOTO..... | 43 |
| 6.8.2. ENERGIA..... | 43 |
| 6.8.3. FUNCIONÁRIOS..... | 43 |
| 6.8.4. PAGAMENTO DO INVESTIMENTO..... | 45 |
| 6.9. BALANÇO FINAL..... | 45 |
| 6.9.1. VIABILIDADE ECONÔMICA..... | 46 |
| 6.9.2. FLUXO DE CAIXA..... | 51 |
| 6.9.3. CUSTO DO FRETE..... | 53 |
| CAPÍTULO V..... | 55 |
| 7. CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES..... | 55 |
| 7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 55 |
| 7.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 57 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 58 |
| APÊNDICES..... | 64 |
| APÊNDICES 1 – E-MAIL SOBRE CUSTOS PARA DESTINAÇÃO..... | 64 |
| APÊNDICES 2 – LICENÇA DO SOFTWARE..... | 65 |
| APÊNDICES 3 – ORÇAMENTO PLANTA DE BENEFICIAMENTO..... | 66 |
| APÊNDICES 4 – ORÇAMENTO SHED GALPÕES..... | 74 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Distribuição setorial do consumo de produtos siderúrgicos | 6 |
| Figura 2 - Rejeitos por tipo (%)..... | 7 |
| Figura 3a - Destinação dos rejeitos siderúrgicos. | 8 |
| Figura 3b - Aplicação dos rejeitos siderúrgicos (%). | 8 |
| Figura 4 - Processo simplificado de produção de aço. | 9 |
| Figura 5 - <i>Electric Arc Furnace</i> , adaptado. | 10 |
| Figura 6 - <i>Blast Oxygen Furnace</i> | 10 |
| Figura 7 - Escória líquida no pátio de escória | 11 |
| Figura 8 - Resfriamento da escória por choque térmico..... | 12 |
| Figura 9 - Processamento da escória na planta de britagem..... | 12 |
| Figura 10 - Etapas da recuperação do FeO..... | 14 |
| Figura 11a - Bloco produzido com EAB | 15 |
| Figura 11b - Bloco produzido com EAP | 15 |
| Figura 12 - Usina de Beneficiamento | 31 |
| Figura 13 - <i>Layout</i> esquemático para usina de beneficiamento..... | 31 |
| Figura 14 - Distribuição Uniforme (Investimento Inicial) | 46 |
| Figura 15 - Distribuição Normal (Receita)..... | 47 |
| Figura 16 - Distribuição Triangular (Vida Econômica) | 47 |
| Figura 17 - Distribuição Triangular (TMA) | 48 |
| Figura 18 - Exibição de Frequência (viabilidade econômica)..... | 49 |
| Figura 19 - Análise de Sensibilidade..... | 49 |
| Figura 20 - Correlação entre VPL e Vida Econômica..... | 50 |
| Figura 21 - Correlação entre VPL e Receita..... | 50 |
| Figura 22 - Correlação entre VPL e TMA..... | 50 |
| Figura 23 - Correlação entre VPL e Investimento Inicial. | 50 |
| Figura 24 - Receita total e mensal | 52 |
| Figura 25- Gastos totais e mensais | 53 |
| Figura 26 - Lucro total e mensal..... | 53 |
| Figura 27 - <i>Print e-mail</i> , custo destinação final EAC. | 64 |
| Figura 28 - Licença do <i>Software Oracle Crystal Ball</i> | 65 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Variáveis do Projeto | 32 |
| Tabela 2 - Parâmetros da viabilidade econômica | 38 |
| Tabela 3 - Análise de investimento | 41 |
| Tabela 4 - Resultados Econômicos..... | 42 |
| Tabela 5 - Custo para aquisição do terreno (Ha)..... | 42 |
| Tabela 6 – Investimento Inicial | 43 |
| Tabela 7 - Quantitativo de funcionários, salário, cargo e montante | 44 |
| Tabela 8 - Encargos Trabalhistas e Sociais | 44 |
| Tabela 9 - Custos Fixos | 45 |
| Tabela 10 - Balanço Final do Projeto | 45 |
| Tabela 11 - Valores ótimos para viabilidade econômica..... | 51 |
| Tabela 12 - Resumo geral para os três cenários | 51 |
| Tabela 13 - Preço do frete por tonelada/km. | 54 |
| Tabela 14 - Lucro líquido descontado o frete..... | 54 |

ABREVIACOES/SIGLAS

ABM – Associação Brasileira de Metalurgia

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BOF – *Blast Oxygen Furnace*

CNI – Confederação Nacional da Indústria

EAE – Escória de Aciaria Elétrica

EAF – *Electric Arc Furnace*

EBA – Escória Bruta de Aciaria

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente

IABr – Instituto Aço Brasil

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

LD – Linz Donowitz

MMC – Método de Monte Carlo

NTC – Associação Nacional de Transportes de Carga

PNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos

RSI – Resíduos Sólidos Industriais

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio s Micro e Pequenas Empresas

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento

SIBR – Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

VPL – Valor Presente Líquido

CAPÍTULO I

“O conceito de sustentabilidade se refere à busca pelo desenvolvimento econômico e social, buscando minimizar ao máximo as interferências destrutivas ao meio ambiente, mantendo-o a salvo para as futuras gerações. (AGOPYAN, 2011).”

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Aço Brasil, o país produziu cerca de 33,9 milhões de toneladas de aço bruto em 2014, correspondendo a 2% da produção mundial e 52% da produção latino-americana do setor (IABr, 2014).

Concomitantemente, foi gerado pelo setor siderúrgico um total de 19,2 milhões de toneladas de rejeito siderúrgico, dos quais 11,5 milhões de toneladas, ou seja, cerca de 60% são constituídos por escórias.

A geração em média desses resíduos é de 600 kg por tonelada de aço bruto produzido, sendo que 25% de toda essa geração é constituída por escória de aciaria que, no Brasil, alcança a marca de 5 milhões de toneladas/ano e os gastos com a sua disposição podem chegar a R\$ 34 milhões/ano, resultando em um custo expressivo para as siderurgias (IABr, 2014).

A venda ou reaproveitamento dos grandes volumes de rejeitos gerados pela indústria siderúrgica representa ganhos interessantes, pois evita que se tenha que disponibilizar áreas para a sua disposição, além de minimizar os custos envolvidos nesse processo, bem como a criação e manutenção de passivos ambientais.

Por outro lado, a recuperação da sucata metálica, contida nessas escórias, e sua reutilização nos processos siderúrgicos contribuem para a redução dos custos de produção, relativamente ao consumo de energia, que representa aproximadamente 22 GJ (6000 kWh) em usinas integradas e 6 GJ (1650 kWh) em aciaria elétrica por tonelada de aço produzido (CASELATO, 2010).

As etapas de pós-processamento das escórias de aciaria consistem em operações unitárias de estabilização, secagem, segregação gravimétrica, britagem e segregação magnética que se estabelecem após processo de recuperação primária no pátio das siderurgias. Esse beneficiamento especializado é capaz de recuperar um conteúdo

metálico, que pode variar de 187 a 212 Kg por tonelada de escória bruta. (PEIXOTO, 2011).

Esse conteúdo metálico, também denominado *sucata metálica*, é adquirido pela siderurgia por um valor médio de R\$ 300,00/tonelada; e retorna para o processo siderúrgico de fabricação do aço, como matéria-prima. (SEBRAE, 2012) & (DIÁRIO DA REGIÃO, 2013).

O pós-processamento desse rejeito (escória de aciaria) gera duas matérias-primas: a sucata metálica, de interesse para a siderurgia e uma fração não-metálica, de interesse para a construção civil. Essa fração não-metálica surge como material potencial para a fabricação de matrizes de concreto pré-fabricados, como blocos para alvenaria e para pavimentação. Dentre outras vantagens, as escórias de aciaria pós-processadas, utilizadas como agregados, apresentam custo relativamente menor em relação ao custo dos agregados naturais. A tonelada de areia, brita 0 e brita 1 custa em média R\$ 90,00/ton.; R\$ 100,00/ton.; e R\$ 100,00/ton; respectivamente. Relativamente ao valor de mercado, a escória de aciaria, utilizada como agregado artificial em substituição aos agregados naturais, pode ser comercializada a um valor até 50% inferior ao valor de mercado dos agregados naturais. (RAMOS, POLISSENI, FREESZ, 2014). Adicionalmente, devem ser destacados também os ganhos ambientais da utilização das escórias de aciaria como agregados em substituição aos agregados artificiais. (PEIXOTO, 2011).

Tendo em vista o crescente desenvolvimento da indústria siderúrgica, bem como o aumento da demanda por consumo de recursos naturais, por parte da indústria da construção civil, assim como o aumento do poder econômico da população e urbanização cada vez mais intensos, apresenta-se, nesta proposta de trabalho, viabilidade econômica para a fabricação de produtos de base tecnológica para aplicação em construção civil, como blocos de alvenaria e pavimentação, substituindo integralmente agregados naturais por agregados artificiais obtidos do pós-processamento dos rejeitos sólidos de siderurgia – escórias de aciaria. A determinação da viabilidade está fundamentada nos custos do processo de produção dos agregados artificiais, segundo configuração industrial para produção em escala, de forma adequada e de maior eficiência para os processos industriais de pós-processamento dessas escórias de aciaria, associados ainda aos custos de produção de artefatos pré-fabricados de cimento, considerando ainda aspectos técnicos e ambientais.

2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

As exigências do mercado mundial fazem com que as empresas otimizem seus processos de produção a fim de reduzir prazos, evitar gastos e aumentar a qualidade dos produtos. Por isso, a busca por novos desafios, inovação e investimento em novas tecnologias se torna tão relevante.

O Brasil é o 10º (décimo) produtor de aço do mundo e o maior produtor de aço na América Latina, com mais de 50% da produção. O Brasil produz cerca de $34,4 \times 10^6$ toneladas de aço bruto/ano, que geram $4,5 \times 10^6$ toneladas/ano de rejeitos. Na siderurgia, em geral, apenas uma pequena parte desse volume desses rejeitos é reaproveitado e a inadequação na destinação desse material causa expressivo impacto ambiental. (SICETEL, 2013). No setor da construção civil não é diferente. E, a partir desse cenário, torna-se necessário buscar o aprimoramento e o conhecimento em materiais e técnicas de produção, como subsídio à excelência construtiva para o processo. Dessa forma, justifica-se o tema proposto e fica evidente a relevância desta pesquisa, em uma época em que tanto se discute a sustentabilidade e a redução de impactos ambientais.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Determinar a viabilidade econômica para o processamento de escórias de aciaria elétrica e LD, a partir da segregação e reutilização das frações metálicas e não-metálicas; como matéria-prima em substituição integral aos agregados naturais para a produção de pré-fabricados de concreto.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar custos relacionados ao processo de obtenção dos agregados artificiais, a partir do pós-processamento das escórias de aciaria, comparativamente aos custos dos agregados naturais;
2. Identificar receita relacionada à reutilização da fração metálica recuperada do pós-processamento da fração bruta das escórias de aciaria com matéria-prima para siderurgia;
3. Indicar viabilidade ambiental e técnica para produção de artefatos pré-fabricados de concreto, produzidos com agregados obtidos do pós-processamento das escórias de aciaria, comparativamente aos custos para produção de artefatos pré-fabricados de concreto com agregados naturais;
4. Obter resultados para a viabilidade econômica da substituição de agregados naturais por agregados de escória de aciaria na produção de artefatos pré-fabricados de concreto, a partir da aplicação de modelos computacionais baseados na Simulação de Monte Carlo, por meio de análises de Riscos e Incertezas.

CAPÍTULO II

“O desenvolvimento é a parte principal e mais extensa do trabalho ou corpo do mesmo. Consiste na fundamentação lógica do tema cuja finalidade é expor, explicar, demonstrar as suas principais idéias (sic), com objetividade, clareza e impessoalidade. (RUIZ, 1996).”

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. PANORAMA DA SIDERURGIA MUNDIAL E BRASILEIRA

Segundo relatório da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (ABM, 2008) & (SICETEL, 2013), a siderurgia mundial continua em franca expansão e, pelo que tudo indica, a produção de aço poderá atingir valores nunca considerados. A China, com 779 milhões de toneladas em 2013, aparece como a maior produtora de aço do mundo e não deverá perder esse posto. O Brasil, com 34,2 milhões de toneladas, ocupa a 9ª posição no ranking, com participação de 2,2% na produção global e de 52,5% na América Latina, mas projeta produção de 80 milhões de toneladas no horizonte de 2020, revelando a natureza estratégica do metal.

O setor siderúrgico é extremamente importante para a economia de um país, e a sua produção é diretamente proporcional ao desenvolvimento deste. A indústria de aço, no Brasil, vem gerando, anualmente, mais de R\$ 45 bilhões em valor adicionado para o país – que possui 29 usinas, com capacidade instalada para 48,4 milhões de toneladas de aço bruto por ano e emprega atualmente cerca de 124 mil funcionários. Quando considerados os impactos indiretos e induzidos, o setor é responsável por cerca de 3,1 milhões de empregos, o que reforça a sua importância socioeconômica. (IABr, 2014).

Dez estados compõem o parque produtor de aço nacional, embora a região Sudeste responda pela maior parte da produção brasileira (94%), com 22 usinas, produzindo-o em uma grande variedade de tipos e formas, cada qual atendendo, de forma eficiente, a uma ou mais aplicações, além de ser o principal material utilizado na fabricação de quase todos os componentes indispensáveis na atualidade. (IABr, 2014).

A construção civil e os setores automotivos, de máquinas e equipamentos (bens de capital) e de linha branca, representam mais de 80% do consumo de aço no Brasil e, com as obras de infraestrutura dos grandes eventos esportivos, como a Copa do Mundo e

os Jogos Olímpicos de 2016 – criam-se expectativas positivas, gerando confiança no aumento da demanda por aço. (IABr, 2012).

A importância estratégica do consumo do aço na economia brasileira pode ser visualizada no gráfico representado na Figura 1:

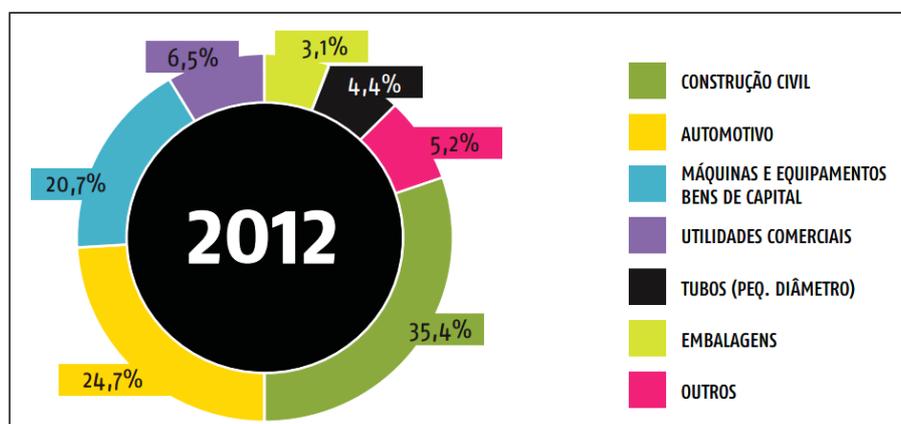


Figura 1 - Distribuição setorial do consumo de produtos siderúrgicos (IABr, 2012)

Embora o setor siderúrgico brasileiro e mundial apresente todos esses benefícios, há um conjunto de fenômenos preocupantes, em relação ao futuro da siderurgia no mundo, no que diz respeito à disponibilidade de fontes de matérias-primas e a sustentabilidade, de modo geral. (ABM, 2008).

Concomitantemente, foi gerado pelo setor siderúrgico um total de 19,2 milhões de toneladas de rejeito siderúrgico, dos quais 11,5 milhões de toneladas, ou seja, cerca de 60% são constituídos por escórias. A geração em média desses resíduos é de 600 kg por tonelada de aço bruto produzido, sendo a escória de aciaria gerada à razão de 100 a 150 kg/tonelada de aço produzido, função ainda da qualidade dos insumos utilizados no processo de fabricação do aço. (PEIXOTO, 2011).

Quando se discute a necessidade de novos processos e produtos, a utilização da escória de aciaria apresenta uma grande aplicabilidade para produção de matrizes cimentícias (pré-moldados). Esse material deve ser considerado, nos dias de hoje, um resíduo industrial, de impacto significativo na matriz energética geral e na redução da emissão de CO₂ (ABM, 2008). A fim de garantir a sustentabilidade e a competitividade, deve ser considerada a busca continuada por processos mais adequados ao sistema de restrições atuais e futuros e o desenvolvimento de aplicações dos rejeitos, transformando-os em coprodutos (ampliar o uso de escórias, inclusive com aumento do seu agregado tecnológico). (MOURA, 2000).

4.1.1. GERAÇÃO DE RESÍDUOS E COPRODUTOS

O cenário atual é marcado pelo crescimento da produção de aço, com consequente aumento de geração de rejeitos, elevação de custos das matérias-primas, elevação de custos de disposição de resíduos em aterros, endurecimento das leis de proteção ambiental e a preocupação com a preservação dos recursos naturais relacionada à sua escassez e, a partir desse contexto, torna-se indispensável a adoção de rotas de reaproveitamento de subprodutos pelo setor siderúrgico que privilegiem o conceito “disposição zero de resíduos” (ABM, 2008).

Segundo Caselato, (2010), no processo de produção do aço, uma série de rejeitos é gerada, paralelamente, e esses rejeitos, de acordo com a ISO-14040, têm a seguinte definição: um ou mais produtos oriundos do mesmo processo ou sistema produtivo.

A variedade e quantidade desses rejeitos oriundos do processo de produção do aço pode ser observado na Figura 2:

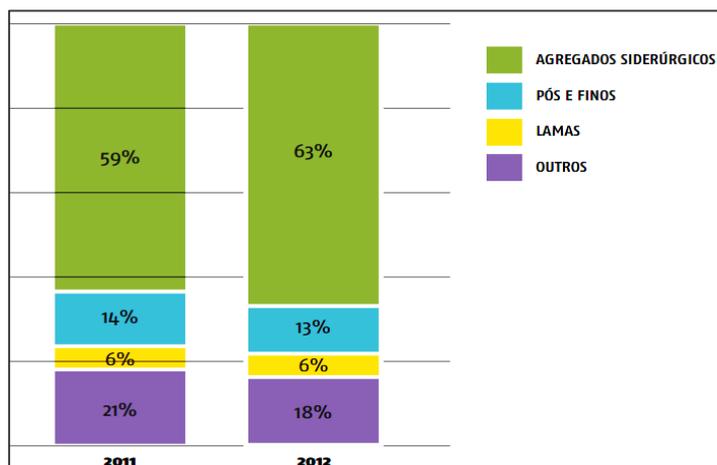


Figura 2 - Rejeitos por tipo (%) (IABr, 2012).

Os principais rejeitos são lamas e escórias brutas (alto forno e aciaria) seguidos pelo benzeno, alcatrão, BTX (benzeno, tolueno, xileno) e as escórias de alto forno e aciaria (beneficiadas) e, com isso, o setor siderúrgico enfrenta vários problemas relacionados com o volume de rejeitos, originados a partir da fabricação do aço.

Segundo Nascimento & Lange, (2005), a escória de aciaria origina-se por meio da oxidação de diversos elementos presentes no ferro-gusa, como o silício, fósforo e até mesmo uma determinada quantidade do ferro. A geração em média da escória de aciaria

é de 100 a 150 kg/tonelada de aço bruto produzido e esses valores, no Brasil, atingem uma significativa marca de 5 milhões de toneladas por ano.

Cerca de 30% da produção brasileira e 20% da produção mundial da escória de aciaria não são reaproveitadas, tendo como destino extensas áreas dos parques industriais, ocasionando custos de disposição e custos ambientais. Portanto, o reaproveitamento da escória de aciaria representa uma solução econômica e ambiental para as siderúrgicas. (IABr, 2014).

A destinação e aplicação desses rejeitos siderúrgicos aparecem nas Figuras 3a e 3b. A Figura 3a mostra como a siderurgia destina os rejeitos gerados em seu parque industrial, no Brasil, e a Figura 3b, como são aplicadas as frações comercializadas.

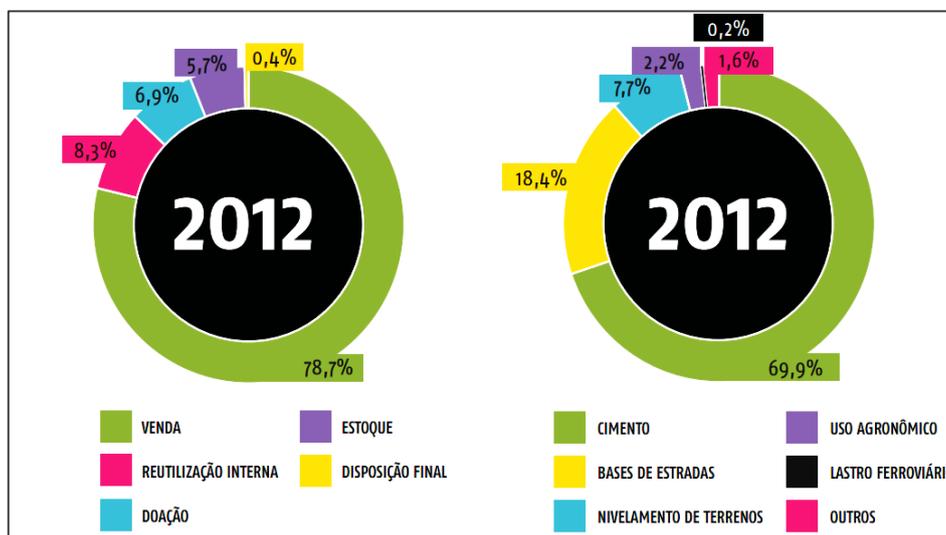


Figura 3a e Figura 3b– Destinação e aplicação dos rejeitos siderúrgicos (%) (IABr, 2012).

A escória de aciaria é um resíduo sólido classificado pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) através da NBR 10.004/04, como material não inerte (Classe II), contudo ressalta-se que o material não apresenta periculosidade para uso.

Embora existam algumas alternativas para a aplicação dos rejeitos siderúrgicos, a aplicação destes rejeitos ainda se apresenta de forma pouco clara e ainda não se tem uma consolidação dessas aplicações. No entanto, vários estudos estão em desenvolvimento no Brasil e no exterior, em relação ao desenvolvimento tecnológico, dada à importância desse tema e em razão do grande potencial de utilização destes rejeitos. (ABM, 2008).

4.2. PROCESSO DE PRODUÇÃO SIDERÚRGICO

O processo de produção do aço em uma siderúrgica é constituído de cinco etapas, sendo que a etapa do refino representa a fase em que a “aciaria” recebe o Ferro Gusa (matéria-prima principal para a fabricação do aço na aciaria) dos altos-fornos ou de cargas metálicas. (IABr, 2012).

As etapas do processo de produção em fluxograma simplificado podem ser observadas na Figura 4, em que se apresentam as duas maneiras de se produzir o aço, tanto pela aciaria elétrica quanto pela aciaria LD.

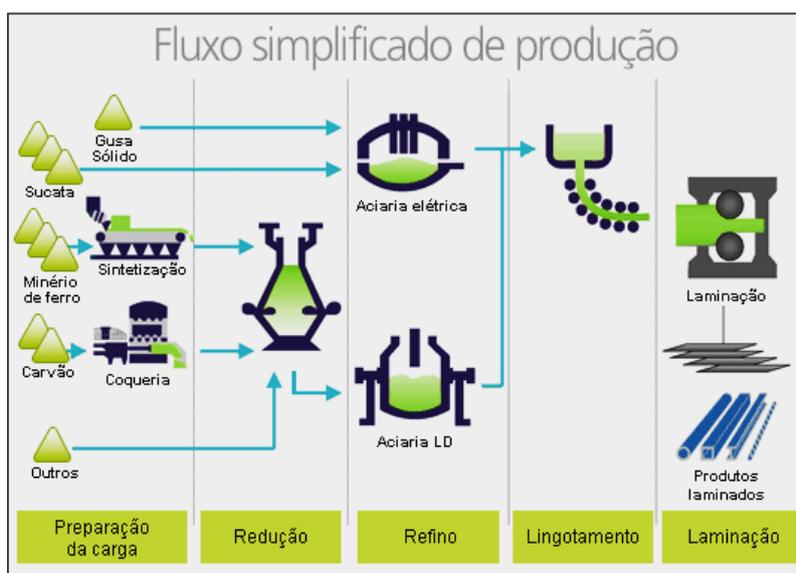


Figura 4 - Processo simplificado de produção de aço (IABr, 2012).

A etapa do *refino*, pode ser conduzida por dois processos distintos em que a escória de aciaria pode ser gerada através de Conversores Elétricos ou Conversores a oxigênio tipo LD (Linz-Donowitz). O primeiro processo é conhecido como EAF (*Electric Arc Furnace*) ou Aciaria Elétrica, no qual a carga (ferro gusa e sucatas metálicas), predominantemente sólida é inserida no convertedor elétrico. Esse processo utiliza fonte de calor externa e consiste na fusão da sucata de aço, gerada por um arco elétrico, formado entre o aço e eletrodos de grafita ou carvão amorfo. No processo de fusão, são adicionados cales (calcítica e dolomítica). As cales, juntamente com o oxigênio, atuam como agentes que removem as impurezas, tais como o carbono (C), silício (Si) e o fósforo (P) através de reações de oxidação. A adição de cal dolomítica visa proteger o recobrimento refratário do forno. Portanto, a escória de aciaria elétrica é o produto resultante da combinação dos

óxidos de cálcio (CaO) e magnésio (MgO) com os elementos a serem retirados por oxidação da sucata metálica, formando silicatos e óxidos. (MOURA, 2000).

A aciaria elétrica ou *Electric Arc Furnace* pode ser visualizada na Figura 5:

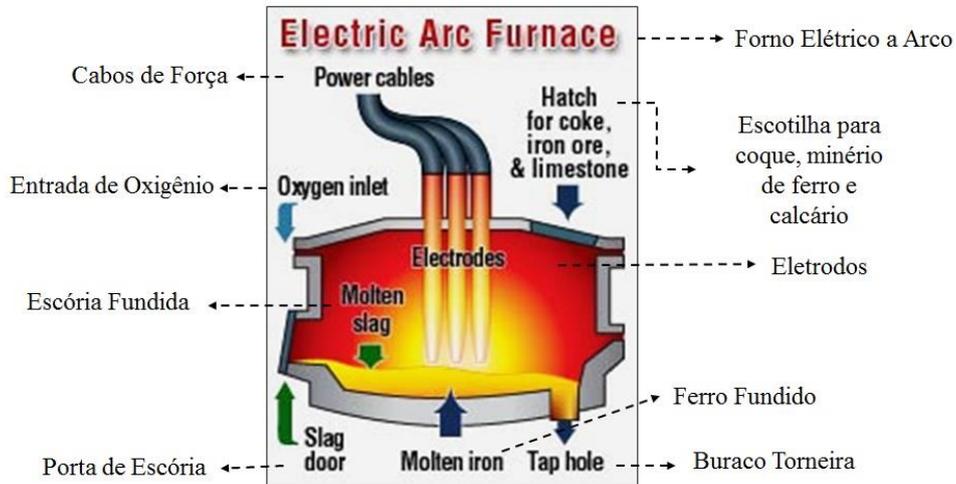


Figura 5 - Electric Arc Furnace, adaptado (NSA, 2014).

O segundo processo é conhecido como BOF (*Blast Oxygen Furnace*) ou Aciaria LD. Nesse processo, não se utiliza fonte de calor externa e o refino do aço consiste nas seguintes operações: carregamento do convertedor; injeção de oxigênio; avaliação da temperatura e composição química; re-injeção de oxigênio e formação do aço líquido e da escória, em seguida, o aço líquido segue para a fase de lingotamento e laminação. (CASTELO BRANCO, 2004). A aciaria LD ou *Blast Oxygen Furnace* pode ser visualizada na Figura 6:

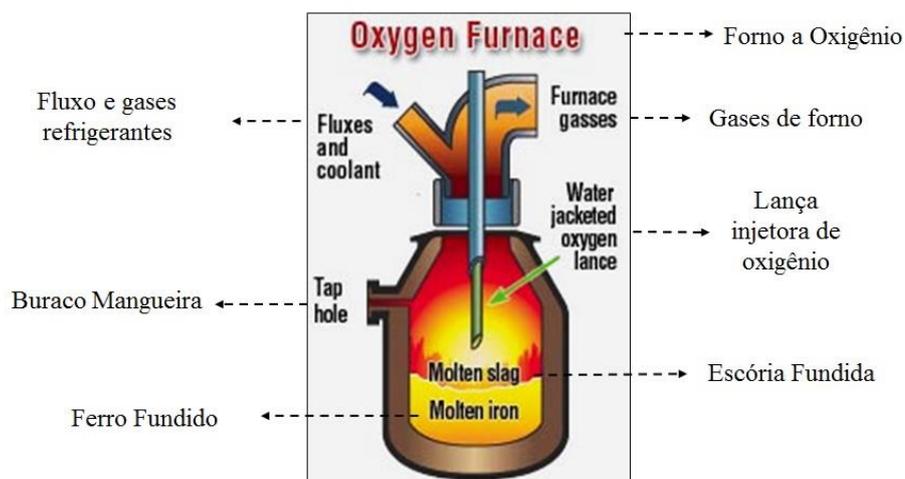


Figura 6 - Blast Oxygen Furnace (NSA, 2014).

4.3. AGREGADO SIDERÚRGICO DE ACIARIA

Na etapa de processamento e beneficiamento, a escória líquida, ao ser retirada do convertedor, com temperatura variando na ordem de 1400° e 1700° C, é transportada para um pátio, denominado pátio de escória, onde é basculada em baias previamente preparadas. O beneficiamento consiste no resfriamento da escória e no processamento de uma planta de britagem apropriada, onde é separada a fração metálica e a escória resultante é classificada em faixas granulométricas comerciais. (ARCELOR MITTAL, 2014)

A etapa em que a escória líquida é despejada no pátio de escória pode ser visualizada na Figura 7:



Figura 7 - Escória líquida no pátio de escória (GREEN METALS, 2014)

A escória, para ser beneficiada, precisa ser resfriada. Ao ser resfriada – por choque térmico com jatos de água – conforme Figura 8, ocorre uma fragmentação em blocos de escória, gerando um material denominado Escória Bruta de Aciaria (EBA). Essa escória possui considerável teor metálico e sua recuperação é economicamente viável. Parte desse material é comercializado pela siderúrgica e recebe o nome de “Escória de Aciaria LD (ELD) ou Escória de Aciaria Elétrica (EAE)”, cuja granulometria varia entre 0 e 500 mm (ARCELOR MITTAL, 2014). Após derramada no pátio de escória, a escória líquida recebe um jateamento d’água com o objetivo de granular o material.



Figura 8 - Resfriamento da escória por choque térmico (SOUSA, 2007)

Após o resfriamento, parte da Escória Bruta de Aciaria LD é processada em uma planta de britagem e peneiramento, onde é separada e classificada, tanto a fração metálica quanto não-metálica. Esse processamento, normalmente, é realizado em uma planta industrial interna a siderurgia, a fim de evitar custos com transportes, conforme apresentado na Figura 9, a seguir.

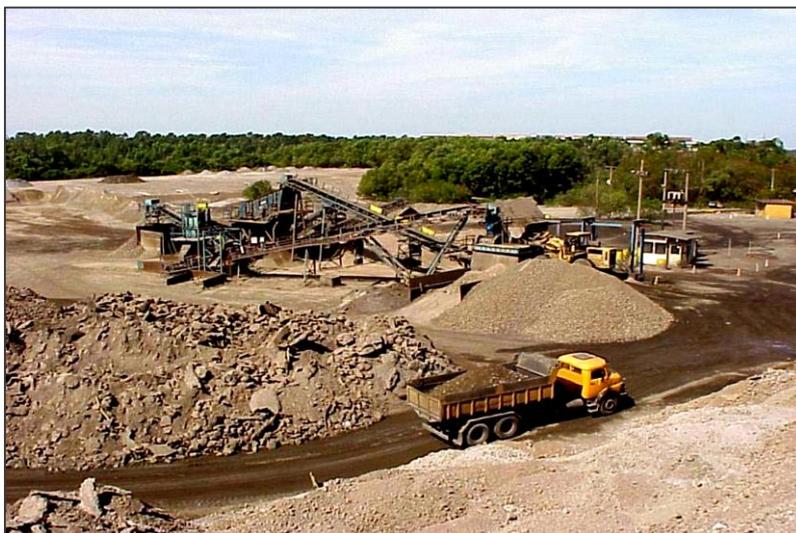


Figura 9 - Processamento da escória na planta de britagem (ARCELOR MITTAL, 2014)

As frações metálicas maiores que 25mm são devolvidas para o processo siderúrgico, enquanto o restante do material (escória britada) é separado, segundo sua granulometria e comercializada pela siderurgia para diversas aplicações, como lastro para ferrovia, agregado para asfalto e para fabricação de matrizes de cimento *Portland* para a

construção civil, lembrando que esse rejeito utilizado para a construção civil necessita de um tratamento especial, a fim de reduzir ou minimizar a sua expansibilidade volumétrica – a “Escória de Aciaria *In Natura*”, aquela proveniente da aciaria e que foi britada e peneirada, mas não foi submetida a tratamento para redução da expansão. (ARCELOR MITTAL, 2014).

É importante ressaltar que as propriedades físicas e químicas da escória de aciaria dependem do processo de fabricação do aço, do grau metalúrgico do aço produzido e do processamento do próprio material após o vazamento, sendo assim, cada material é específico e particular. (TEIXEIRA & SOLLEIRO, 2009).

4.4. TÉCNICAS DE PÓS-PROCESSAMENTO DA ESCÓRIA DE ACIARIA

Uma grande quantidade de rejeito (escória de aciaria), resultante da fabricação do aço, é comercializada para ser beneficiada e, posteriormente, utilizada como matéria- - prima para diversas aplicações. O pós-processamento consiste em um processo especializado de separação magnética, capaz de recuperar frações metálicas com $\phi \leq 25$ mm, que retornam ao processo siderúrgico e contribuem com a redução na extração de matéria-prima e consumo de energia, melhorando o desempenho da produção de aço, segundo ISO 50001/2011 – Sistema de Gestão de Energia. A separação magnética é um método de processamento de minérios para a concentração e/ou purificação de muitas substâncias minerais. A fração não-metálica, denominação dada após ser britada a EAP, é classificada segundo a fração granulométrica e vendida a terceiros para diversos fins. (RAMOS, POLISSENI, FREESZ, 2014).

Segundo Vilela, (2006), o pós-processamento da escória é dividido em 5 (cinco) etapas: recolhimento e transporte, descarga e resfriamento, britagem, separação magnética e peneiramento. Após essas etapas, obtêm-se dois produtos distintos: o agregado (fração não-metálica) e a sucata metálica (fração metálica) recuperada. Esse processo de beneficiamento pode ser realizado em uma planta instalada dentro da própria siderurgia (redução de custos logísticos) ou em um processo externo.

Essas etapas apresentam uma sequência que pode ser observada na Figura 10.

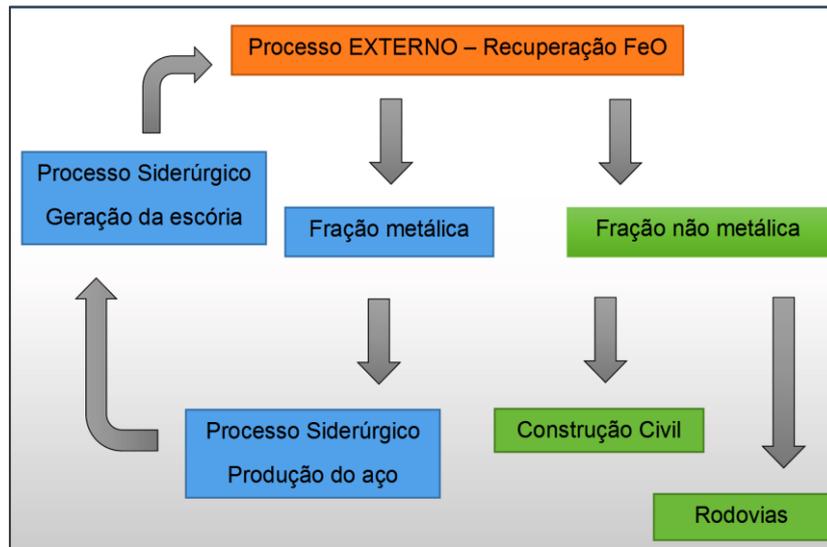


Figura 10- Etapas da recuperação do FeO (OLIVEIRA, PEIXOTO, & ALVES, 2007)

O pós-processamento das escórias de aciaria produz agregados para aplicações de engenharia com qualidade superior, com presença reduzida de frações metálicas, o que garante maior estabilidade dimensional e maior aplicabilidade destes rejeitos como agregados para construção civil, relativamente à produção de matrizes cimentícias. (OLIVEIRA, PEIXOTO, & ALVES, 2007).

4.5. PROPRIEDADES DAS ESCÓRIAS DE ACIARIA

As características físicas e mecânicas dos agregados são importantes para as aplicações a que se destinam. A composição química nas etapas de produção do aço ou a composição mineralógica da rocha de origem estão associadas e dão características aos agregados artificiais e naturais, respectivamente. Os processos de resfriamento, beneficiamento, armazenamento, amostragem, expansão e cura influenciam diretamente nas características das propriedades físicas e mecânicas das escórias de aciaria. (BALTAZAR, 2001).

As escórias de aciaria apresentam um alto peso específico (densidade relativa a granel) quando comparadas com os agregados naturais. Também são de natureza potencialmente expansiva: pela hidratação dos óxidos de cálcio e magnésio, as escórias podem apresentar variações de volume superior a 10%. A absorção de água é moderada,

inferior a 3% e sua superfície tem textura áspera e seu formato é, em geral, angular. (TEIXEIRA & SOLLERO, 2009).

Segundo Santos (2013), embora os agregados artificiais sejam mais densos que os naturais, o uso da escória de aciaria como agregado não inviabiliza a utilização do material na construção civil.

Quanto às propriedades mecânicas, as escórias de aciaria, após processadas, apresentam características favoráveis à sua utilização como agregado, incluindo: boa resistência à derrapagem (quando utilizadas como agregado em asfaltos), boas características de durabilidade e elevada capacidade de suporte. A composição química das escórias é usualmente expressa em teores de seus óxidos, determinada por análise elementar a partir da fluorescência de raios-X (TEIXEIRA & SOLLERO, 2009), em que se verificam presenças de CaO, MgO, SiO₂ e Al₂O₃, essencialmente.

Essa abordagem pode ser considerada relativamente eficiente, mas se deve lembrar que o emprego dessas escórias na construção civil apresenta limitações quanto ao controle de qualidade deficiente e à forma de utilização do produto, ainda não padronizada tecnicamente. A caracterização física das amostras de escórias de aciaria indica características semelhantes aos materiais naturais e, embora os materiais pós-processados apresentem-se fora dos padrões normativos, é possível corrigir esses desvios a partir do processamento (britagem), misturas ou adições destes mesmos materiais, ocupando as faixas ótimas, indicadas pela normatização. (SANTOS, 2013).

A utilização da escória de aciaria bruta, diretamente como agregado para a construção civil, pode apresentar sérios problemas à durabilidade das matrizes de cimento *Portland*. A presença de teores elevados de metálicos (>5%) pode provocar manifestações patológicas indesejáveis. (PEIXOTO, 2011) & (SANTOS, 2013). A Figura 11^a, apresentada a seguir, ilustra um bloco de concreto pré-fabricado, produzido com escória de aciaria bruta (EAB) em substituição ao agregado natural, sem nenhum tratamento e a Figura 11b ilustra um bloco de concreto produzido com escória de aciaria pós-processada (EAP), ou seja, com teores de metálicos inferiores a 5%.



Figura 11a - Bloco produzido com EAB



Figura 11b - Bloco produzido com EAP

4.6. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, a Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010a) instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, inaugurando um importante marco regulatório ambiental e estabelecendo princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações a serem adotados no país, visando à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Essa lei foi regulamentada pelo decreto nº 7.405/2010, também conhecido como Pró-Catador (IPEA, 2012).

A partir daí, importantes instrumentos previstos na PNRS foram elaborados, como “Plano Nacional de Resíduos Sólidos” e o “Plano de gestão em resíduos sólidos”, uma iniciativa do Ministério do Meio Ambiente, em parceria com os governos locais pela sustentabilidade.

A Lei nº 12.305/2010 obriga os grandes empreendedores a fazer uma opção entre a redução, o reuso e a reciclagem dos resíduos, reconhecendo o seu valor econômico e incentivando a integração das indústrias com as cooperativas de catadores de materiais reciclados.

No que tange à implantação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, esta não poderá prescindir de inovação e competitividade industrial nas áreas de produção mais limpa, logística reversa e recuperação energética dos resíduos como solução tecnológica. A estratégia de desenvolvimento produtivo-tecnológico nessas áreas demandará a articulação entre o planejamento realizado em nível nacional e os planos estaduais e municipais previstos no Decreto nº 7.404/2010 (Brasil, 2010b).

Em termos de ações da CNI, orientadas para a gestão de resíduos industriais, destaca-se a rede de resíduos e o Sistema Integrado de Bolsas de Resíduos (SIBR). A rede de resíduos tem a participação de federações de indústrias e associações setoriais de âmbito nacional. O SIBR pode vir a ser um importante aliado no gerenciamento dos Resíduos Sólidos Industriais (RSIs) no país, é patrocinado pela CNI e tem a participação de bolsas de resíduos de várias federações das indústrias. Essas bolsas são ambientes na *internet* que permitem a compra, venda, troca ou doação de sobras de processos industriais. (CNI, 2011).

Vale ressaltar que a recuperação de energia de resíduo de processo deve ser realizada somente após esgotar o reaproveitamento dos resíduos na reciclagem, ou seja,

seria uma forma de tratamento dos rejeitos oriundos de uma prévia reciclagem. De acordo com a PNRS, a reciclagem não é considerada um tipo de tratamento, mas sim uma etapa na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos – Artigo 9º da Lei nº 12.305/2010. Assim, os programas de reciclagem possibilitam reduzir substancialmente o volume dos resíduos a serem tratados ou dispostos e permitem a recuperação de valores neles contidos, mesmo considerando as suas limitações. (Brasil, 2010a).

A valorização dos resíduos também permite a extração de materiais que podem ser comercializados ou utilizados na geração de energia. A implantação de tecnologias com esses objetivos reduz custos e o volume de resíduos a serem dispostos, bem como os custos de produção. Entre os resíduos que oferecem maior potencial de valorização, destacam-se os metais, óleos, solventes, alguns minerais não metálicos e carvões ativados. Essa valorização, quando bem administrada, permite que o resíduo de uma empresa seja utilizado como matéria-prima para outra. (IPEA, 2012).

Segundo Tocchetto (2005), a recuperação tem como objetivo adquirir frações ou algumas substâncias que possam ser aproveitadas no processo produtivo e os metais constituem bons exemplos de recuperação a partir de seus resíduos. Através da recuperação de materiais reaproveitáveis, consegue-se redução de volume de resíduos e, conseqüentemente, disposição, redução do custo do tratamento e aumento da vida útil das jazidas dos minerais menos comuns na natureza (fato que, por consequência, contribui para reduzir a poluição causada pelas atividades mineradoras).

As ações, listadas a seguir, são necessárias para auxiliar na destinação da escória de aciaria (TOCCHETTO, 2005):

1. Entender que a siderurgia tem um produto a vender e não um material indesejável a dispor;
2. Estabelecer acordos e parcerias para desenvolver novos mercados;
3. Buscar apoio de órgãos ambientais para que sejam adotadas políticas e mecanismos de incentivo a reciclagem de materiais, tendo por base o conceito de ecoeficiência;
4. Evitar o círculo vicioso atual: produto (resíduo) sem qualidade assegurada = material depreciado = desconfiança e preconceito do potencial usuário;
5. Desenvolver testes e ensaios para as condições brasileiras, da expansibilidade e do desempenho das escórias de aciaria na construção de estradas, materiais para construção civil (pré-moldados), entre outros;

6. Elaborar normas técnicas da escórias de aciaria para as diversas aplicações, buscando o reconhecimento do Governo e da sociedade como sendo um coproduto da siderurgia;
7. Pleitear incentivos para utilização mais intensiva da escória de aciaria, com base nas vantagens ambientais decorrentes, diversificando mercados e agregando mais valor à escória.

Segundo (Baltazar, 2001), a possibilidade de utilização de um resíduo não deve ser avaliada somente pelo ponto de vista de suas características técnicas para a aplicação que se planeja, como também pela perspectiva de um possível impacto que possa vir a causar no meio ambiente, quando se avalia o contato entre o material sólido (resíduo) e um líquido. Alguns de seus componentes podem se dissolver em menor ou maior extensão, tornando interessante saber o grau de dissolução para cada constituinte, individualmente. A lixiviação dos materiais pode ocorrer no lugar em que está sendo aplicada a escória, por infiltração natural das águas, pelas chuvas, exposição da água do mar, etc.

A utilização da escória de aciaria é benéfica ao meio ambiente por diversas razões, na medida em que se pode substituir minerais não-metálicos – cuja extração impacta o meio ambiente, como brita, areia, calcário, rocha fosfática, dentre outros. Primeiramente, o uso da escória de aciaria reduz as necessidades de consumo de recursos naturais primários e não renováveis. Por outro lado, usar escória significa reduzir a quantidade de material a dispor em aterros ou estocar em pilhas. Adicionalmente, em algumas aplicações, o emprego de escória de aciaria promove outros benefícios ao meio ambiente, além de reduzir ou eliminar os custos relacionados à disposição desses resíduos sólidos. (KALYONCU, 2000).

4.7. CUSTOS DE DISPOSIÇÃO E VENDA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos industriais, gerados pela atividade siderúrgica, são quantificados e destinados de acordo com a classificação e em conformidade com o proposto em condicionante da licença ambiental para a operação do processo de fabricação do aço.

Durante o processo de beneficiamento da escória, os resíduos gerados são a “sucata metálica”, que é gerada em diferentes tamanhos. Essa sucata é recuperada e

reenfornada, e a “escória”, que é destinada ao reaproveitamento, comercializada com indústrias cimenteiras, indústrias de pré-moldados ou ainda doada para prefeituras locais. (VDL Siderurgia Ltda, 2012).

A relação entre impacto e custos ambientais pagos por esse processo é significativamente relevante para as indústrias e impacta negativamente em suas receitas. Em relação as emissões, tem-se o custo de R\$ 87,50/Kg de gases ou matérias particuladas, para efluentes o custo é de R\$ 92,00/Kg e, em relação aos resíduos sólidos, o custo é de R\$ 85,00/Kg de resíduo (MARCA AMBIENTAL, 2014).

Na indústria siderúrgica, gera-se uma elevada quantidade de resíduos industriais, resíduos estes que, para serem descartados, apresentam inúmeros inconvenientes, tais como: agressão ao meio-ambiente, necessidade de grandes áreas para o descarte e, conseqüentemente, elevados custos para a preparação da área que receberá o rejeito, e o custo para disposição do resíduo chega a valores entre R\$ 45,00 e R\$ 65,00 por tonelada de resíduo. (MARCA AMBIENTAL, 2014).

Segundo Oliveira J. R.,(2005), os custos para tratamentos de Resíduos Classe I em incineradores podem variar entre R\$ 1000,00 e R\$ 2000,00 por tonelada; e os custos para tratamento de Resíduos Classe I, II e III. Em fornos de cimento, podem variar entre R\$ 150,00 a R\$ 600,00 por tonelada, sendo os custos para disposição final de Resíduos Classe II e III em aterros industriais compreendidos entre R\$ 60,00 e R\$ 130,00 por tonelada, lembrando que a escória de aciaria, de acordo com a ABNT, através da NBR 10.004/04 é um resíduo sólido classificado como material não inerte (Classe II).

Para algumas empresas, esses coprodutos já são uma fonte de receita relevante e, além da receita extra para as siderurgias, os coprodutos também representam uma economia para os clientes. Enquanto a tonelada de brita custa em média R\$ 54,00 a escória de aciaria utilizada como agregado artificial (areia: escória de aciaria com ϕ entre 0 e 4mm e Pedriscos: escória de aciaria com ϕ entre 4 e 10mm) em substituição aos agregados naturais (areia natural e brita natural), é vendida por R\$ 5,00 a tonelada. (IABr, 2014).

A ArcelorMittal Tubarão é reconhecida como *benchmark* no grupo ArcelorMittal, por conta da gestão de resíduos e coprodutos industriais. A empresa possui uma gerência para o desenvolvimento técnico desse tipo de material, sendo responsável pela comercialização e desenvolvimento de novos mercados, além de centralizar ações que vão do beneficiamento até a aplicação final. A unidade comercializou 2,2 milhões de

toneladas de coprodutos no ano de 2010, registrando receita de R\$ 69 milhões. (ARCELOR MITTAL, 2014).

A Gerdau, maior produtora de aços longos das Américas, reaproveitou 2,4 milhões de toneladas de resíduos, ou 80% de tudo que gerou no ano de 2012. A empresa faturou R\$ 71 milhões com a venda dos resíduos da produção. Esses rejeitos foram vendidos a R\$ 5,00 por tonelada, além disso, esses resíduos ou coprodutos permitiram uma economia de R\$ 5 milhões, ao serem utilizados em obras realizadas na própria sede da companhia. (GERDAU, 2013).

Segundo Oliveira, Peixoto, & Alves, (2007), a escória de aciaria beneficiada pode ser utilizada como matéria-prima para diversos setores industriais. Entre esses setores, destaca-se a utilização na construção civil e agregados para pavimentações. Esse reaproveitamento reduzirá a utilização de recursos naturais, diminuirá o acúmulo de resíduos em pátios e aumentará o desenvolvimento tecnológico e regional, além de agregar valores a um subproduto do processo siderúrgico.

A inovação tecnológica, a partir do emprego da escória de aciaria, resíduo industrial da siderurgia, como agregado na fabricação de matrizes de cimento *Portland* representa possibilidade de destinação ambientalmente correta ao resíduo sólido gerado nas aciarias, além de representar elementos com preços extremamente baixos, uma vez que a tonelada de escória tem custo de R\$ 0,50; enquanto a tonelada de agregados naturais apresenta preço médio de R\$ 95,00 (BAUER, 2007). O reaproveitamento dos rejeitos da siderurgia se vale do uso do conceito “Logística Reversa”, que busca reaproveitar rejeito de um determinado processo em um outro segmento industrial.

4.8. LOGÍSTICA EMPRESARIAL

A logística empresarial estuda um modelo de conhecimento de mercado e administração aplicados no desenvolvimento de estratégias capazes de melhorar o nível de lucratividade nos serviços de distribuição entre os clientes e consumidores, através de planejamento, organização e controle efetivo das atividades de movimentação e armazenagem que visam facilitar o escoamento de produtos. (BALLOU, 1993).

No cenário atual, as empresas buscam cada vez mais se evidenciar de forma competitiva mediante a capacidade de agregar valor aos produtos e serviços a um menor custo. Nesse sentido, (CHRISTOPHER, 2007, p. 6) salienta que a empresa se “baseia na

ligação triangular entre uma companhia, seus clientes e os seus concorrentes”, essencial para alcançar o sucesso empresarial.

A partir da década de 90, surgiu o *Supplyace Chain Management* – SCM como ferramenta gerencial de grande importância no que diz respeito ao planejamento, fornecimento e controle de todas as atividades logísticas e atividades de movimentação entre os fornecedores e clientes nos mais variados canais da cadeia de valor. (FARIA & COSTA, 2008).

A formação e identificação do valor do frete é uma peça importante para se mensurar a viabilidade de um projeto, pois os custos relacionados com o transporte influenciam no custo final de um produto.

4.8.1. FORMAÇÃO DO VALOR DO FRETE

Segundo Ballou, (1993), o transporte é o elemento mais importante que compõe os custos, na maior parte das empresas, e essa atividade de movimentação de produtos/serviços representa um importante fator de competitividade entre elas.

O transporte mais utilizado no Brasil é o transporte rodoviário, por ser flexível e ágil no acesso às cargas, pois permite integrar regiões, mesmo aquelas mais afastadas, bem como o interior do país, principalmente quando não há outros modais disponíveis.

De acordo com dados da Associação Nacional de Transportes de Cargas (NTC, 2014), os custos de uma empresa de transporte compõe-se de duas vertentes principais: de transferência e de despesas administrativas.

Segundo Valente, Novaes, Passaglia, & Vieira, (2001), os custos podem ser classificados como diretos (custos fixos e variáveis) e indiretos ou administrativos.

Direto: correspondem aos custos fixos + variáveis;

Custos fixos: Não variam de acordo com o volume transportado ou a quantidade que o equipamento é usado, são eles:

1. Remuneração mensal do capital empatado (RC);
2. Salário do motorista (SM);
3. Salário de oficina (SO);
4. Reposição do veículo (RV);
5. Reposição do equipamento (RE);
6. Licenciamento (LC);

7. Seguro do veículo (SV);
8. Seguro de equipamento (SE);
9. Seguros de responsabilidade civil facultativo (SCF).

Custos variáveis: são proporcionais à utilização, tais como:

1. Peças, acessórios e materiais de manutenção (PM);
2. Despesas com combustíveis (DC);
3. Lubrificantes (LB);
4. Lavagens e graxas (LG);
5. Pneus e recauchutagens (PR).

Custos indiretos ou administrativos: são os custos que mantêm o sistema de transporte da empresa, como:

1. Salários, ordenados e honorários da diretoria;
2. Aluguéis;
3. Tarifas de serviços públicos;
4. Serviços profissionais; podendo ser de serviços de manutenção, conservação, limpeza, serviços de terceiros, de processamento de dados e de atendimento ao cliente;
5. Impostos e taxas.

Conhecidos todos os custos do transporte, diretos e indiretos, é possível efetuar o cálculo do frete por peso, através da Equação 1:

$$F=(A+B.X+DI).(1+L/100)$$

onde;

F=Frete-peso (R\$/tonelada)

X= Distância da viagem (percurso) em km

A= Custo do tempo de espera durante a carga e descarga (A= CF.T/CAP.H)

CF= Custo fixo diário do veículo

T= Σ da tonelada de ida + carga de retorno

CAP= Capacidade do veículo

H= Horas

B= Custo de transferência (Σ dos custos fixos e variáveis do veículo) (R\$/t.km)

$B = (CFV/T).X$

CFV= Σ Custo fixo e variável do veículo

DI= Despesas indiretas (R\$/tonelada)

L= Lucro Operacional (%)

O resultado dessa equação é capaz de apresentar ao cliente a possibilidade de conhecer o real valor do frete e ao transportador a porcentagem exata de lucro que vai obter com determinado frete e, a partir daí, compreender informações relevantes para o seu propósito.

Uma variável de grande relevância para as empresas e que influencia os custos relacionados ao transporte, consiste na disponibilidade dos modais de transporte no país, principalmente na região Sudeste, onde está localizada a grande maioria da produção de aço do país e, conseqüentemente, a maior geração de rejeito siderúrgico.

4.8.2. LOGÍSTICA REVERSA

Segundo [Lacerda, \(2008\)](#), logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoques em processo e produtos acabados do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado.

Apresentado como um dos instrumentos na PNRS, a Logística Reversa é definida no Art. 3º, inciso XII da PNRS como: “o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimento e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivo, ou outra destinação final ambientalmente adequada”.

A logística reversa pode ser analisada por duas perspectivas: *Negócio*, que se refere ao papel da Logística no retorno de produtos, reduzindo de uso de matéria-prima, no uso da reciclagem, na substituição de materiais, no reuso de materiais, na disposição de resíduos, no acondicionamento, no reparo e no remanufaturamento de produtos; e

Engenharia, que diz respeito ao gerenciamento dos processos em um modelo sistemático de negócios, conciliando as metodologias de engenharia e administração, a fim de obter lucratividade no ciclo reverso da Cadeia de Suprimentos. (PEREIRA et al., 2013).

Segundo Souza e Fonseca, (2008), a logística reversa apresenta dois grandes enfoques: o econômico e o social. O econômico refere-se aos ganhos financeiros obtidos a partir de práticas que envolvem a logística reversa. Por exemplo, uma empresa pode reduzir seus custos reutilizando materiais que seriam descartados pelos clientes finais, como retorno de garrafas *pet* que, após utilizadas, voltam às fábricas para que o material pelo qual ela é feita, possa ser reciclado e, após passar por todo um processo, possa ser novamente utilizado. O âmbito social diz respeito aos ganhos recebidos pela sociedade, por exemplo, ao se depositar menos lixo em aterros sanitários. Adotando-se a reciclagem, reduz-se a chance de contaminação de lençóis freáticos e elimina a possibilidade de corte de árvores.

Esse conceito pode ser facilmente explorado pelas siderúrgicas, pois, segundo Caselato, (2010), durante o processo siderúrgico, uma grande quantidade de rejeito (escória de aciaria), é produzida e esta pode ser beneficiada, passando por um processo de separação metálica e, posteriormente, retornar para a aciaria, reduzindo, assim, custos significativos para o processo. Tudo isso está relacionado com a logística reversa que é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoques em processo e produtos acabados do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado, seguindo as recomendações da ISO 14001/2004 que trata do Sistema de Gestão Ambiental.

4.9.PROJETO DE VIABILIDADE

Em um projeto de viabilidade, preocupa-se em definir os custos e benefícios do empreendimento, quantificando de início a vida útil e o alcance do projeto. O tempo de vida útil do projeto é de acordo com a durabilidade dos seus equipamentos, de modo que, nesse tempo, o projeto consiga pagar os investimentos iniciais e, a partir de um momento, seja possível obter lucratividade, pois esse é o objetivo final do estudo de viabilidade econômica e financeira de empresas.

Segundo Assaf Neto (2009), os métodos de estudo de toda operação financeira consistem em avaliar fluxos de caixa esperados em uma linha do tempo e compará-los com valores presentes, segundo o regime de juros compostos, a partir de determinada taxa

de juros, das saídas e entradas de caixa. Além da durabilidade dos equipamentos, outro fator de suma importância é a capacidade financeira, ou seja, em caso de impactos negativos na receita, o empreendimento consiga, por meio de alguma forma de financiamento ou recursos próprios, cobrir suas despesas.

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

1. Custos de investimento e implantação

Esses custos iniciais estão relacionados à aquisição de equipamentos e escolha da própria área física para a adequada instalação da usina que precisa ter um tamanho adequado para o manejo e instalação dos equipamentos de processamento de resíduos como também recepção, escritório, portaria, área para triagem e transbordo (ATT) (SOBRAL, 2012).

2. Custos de operacionalização

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

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

3. Métodos de avaliação econômica de projetos

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

Os métodos e indicadores rotineiramente e mais adequados para projetos são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Tempo de Retorno de Capital (TRC). (SOBRAL, 2012).

4. Método do valor presente líquido

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

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

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

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

5. Método da taxa interna de retorno

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

Esse método é altamente recomendado para analisar a viabilidade de um projeto isolado, sem comparação com alternativas excludentes. A TIR, juntamente ao VPL, é um dos métodos mais utilizados. (SOBRAL, 2012).

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

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

4.9.1. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

O Método de Monte Carlo (MMC) é uma ferramenta matemática comumente utilizada em diversos segmentos da ciência e da engenharia para simular problemas que podem ser representados por processos estocásticos. Devido ao fato de as simulações por esse método estarem fundamentadas em eventos que ocorrem aleatoriamente e, ainda, por terem uma similaridade com jogos de azar, durante o projeto Manhattan na Segunda Guerra Mundial – Ulam e Von Neumann denominaram “Monte Carlo”, fazendo referência à famosa cidade de Mônaco, conhecida mundialmente como a capital dos jogos de azar. (GARCIA, LUSTUSA & BARROS, 2010).

Um processo estocástico é uma família de variáveis aleatórias indexadas por elementos “t” pertencentes a determinado intervalo temporal. Intuitivamente, se uma variável aleatória é um número real que varia aleatoriamente, um processo estocástico é uma função temporal que varia aleatoriamente.

De forma simplificada, podemos dizer que processos estocásticos são processos aleatórios que dependem do tempo.

Simulações estatísticas contrastam com métodos convencionais de discretização, que são tipicamente aplicados em sistemas de equações diferenciais, parciais ou ordinárias, que descrevem o processo físico.

Em muitas aplicações prática do MMC, o processo físico é simulado diretamente, sem necessidade de se descreverem as equações matemáticas que representam o comportamento do sistema, sendo que o único requisito é que o processo possa ser descrito por funções de probabilidade. (ANDRADE, 2009),

O método de Monte Carlo tem como base de sua metodologia um gerador de números aleatórios, utilizado para a amostragem dos vários fenômenos que ocorrem durante os processos de interesse. Essas amostragens são realizadas por meio das distribuições de probabilidades conhecidas e que caracterizam os processos referentes. (YORIYAZ, 2009).

O método de Monte Carlo (MMC) pode ser descrito como um método estatístico, no qual se utiliza uma sequência de números aleatórios para a realização de uma simulação. Essa análise de risco e sensibilidade ocorre por meio da construção de modelos

de possíveis resultados, substituindo com um intervalo de valores – uma distribuição de probabilidade – todo fator com incerteza inerente. (ANDRADE, 2009).

Ao usar distribuições de probabilidade, as variáveis podem apresentar diferentes probabilidades de ocorrência de diferentes resultados. As distribuições de probabilidade representam uma forma muito mais realista de descrever incerteza em variáveis de análises de risco. As distribuições de probabilidade mais comuns são:

Normal – também referida como “curva do sino”. O usuário simplesmente define a média aritmética ou o valor esperado e um desvio padrão para descrever as variações em relação à média. Os valores no meio, perto da média, são os que apresentam maior probabilidade de ocorrência. Essa distribuição é simétrica e representa muitos fenômenos naturais, como altura de pessoas. Exemplos de variáveis representadas por distribuições normais: taxas de inflação, preço de energia.

Uniforme – nessa distribuição, todos os valores têm probabilidade igual de ocorrência; o usuário simplesmente define o mínimo e o máximo. Exemplos de variáveis que poderiam apresentar uma distribuição uniforme: custos de fabricação, receitas de vendas futuras de um novo produto.

Triangular – o usuário define os valores mínimo, provável e máximo. Os valores ao redor do valor mais provável têm maior probabilidade de ocorrer. Variáveis que poderiam ser representadas por uma distribuição triangular: histórico de vendas passadas, por unidade de tempo, e níveis de estoque.

PERT – o usuário define os valores mínimo, mais provável e máximo, da mesma forma que na distribuição triangular. Os valores ao redor do valor mais provável têm maior probabilidade de ocorrer. Contudo, os valores que se encontram entre o valor mais provável e os dois extremos têm maior probabilidade de ocorrência do que na distribuição triangular, isto é, os extremos não são tão enfatizados. Exemplo do uso de uma distribuição PERT: descrever a duração de uma tarefa em um modelo de gerenciamento de projeto.

Durante uma simulação de Monte Carlo, as amostras dos valores são obtidas aleatoriamente das distribuições de probabilidade de *inputs* (entradas). Cada conjunto de amostra é chamada de iteração, e o resultado produzido a partir da amostra é registrado.

A simulação de Monte Carlo faz isso centenas ou milhares de vezes, e o produto disso é uma distribuição de probabilidade dos resultados possíveis. Dessa forma, a simulação de Monte Carlo fornece um quadro muito mais abrangente do que poderá

acontecer. Ela não só informa o que poderá ocorrer, mas também a probabilidade de ocorrência.

A simulação de Monte Carlo proporciona uma série de vantagens em relação à análise determinística ou de estimativa de um único ponto. (ANDRADE, 2009).

1. **Resultados probabilísticos:** Os resultados, além de mostrar o que poderia ocorrer, também mostram a probabilidade de cada ocorrência.
2. **Resultados gráficos:** Graças aos dados gerados pela simulação de Monte Carlo, é fácil criar gráficos dos diferentes resultados e suas probabilidades de ocorrência. Isso é importante para poder comunicar as informações obtidas às partes interessadas.
3. **Análise de sensibilidade:** Como a análise determinística é baseada em apenas alguns casos, é difícil ver quais são as variáveis que mais afetam os resultados. Com a simulação de Monte Carlo, é fácil ver que *inputs* têm maior efeito nos resultados finais.
4. **Análise de cenário:** Nos modelos determinísticos, é muito difícil modelar diferentes combinações de valores para diferentes *inputs*, para ver os efeitos em cenários efetivamente diferentes. Ao usar a simulação de Monte Carlo, o analista pode ver exatamente quais *inputs* tinham quais valores na ocorrência de determinado resultado. Essa informação é valiosíssima para aprofundar a análise.
5. **Correlação de input:** Na simulação de Monte Carlo, é possível modelar relações interdependentes entre as variáveis de *input*. Isso é importante para fins de exatidão, para representar como, na realidade, quando certos fatores sobem outros também sobem ou caem, conforme o caso.

CAPÍTULO III

“Escolher o método adequado nem sempre é tarefa fácil para o pesquisador, já que este deve ter o devido cuidado na determinação da pertinência dos caminhos a percorrer de modo que os resultados possam ser cientificamente confiáveis pelo uso correto dos critérios metodológicos, mas, que, por outro lado, que estes procedimentos não se sobreponham em importância como parâmetro de validação e certificação da qualidade do estudo realizado (BASTOS, 2004).”

5. METODOLOGIA

Este estudo se desenvolveu a partir da constatação de que a indústria siderúrgica não possui uma política bem definida em relação à destinação dos resíduos gerados e da necessidade de se analisar a eficácia da aplicação de tais resíduos, já que essas siderurgias se apresentam como um dos maiores geradores de resíduos da civilização moderna. Como a produção do aço está intimamente vinculada ao desenvolvimento dos países, os quadros nacional e mundial mostram-se basicamente irreversíveis em relação ao aumento de sua produção e conseqüente acúmulo de resíduos. De forma direta, sustentável e apoiado em uma visão moderna, buscou-se propor soluções para o aproveitamento desses resíduos e conseqüente minimização dos efeitos negativos da sua geração e disposição como passivos ambientais.

Dentro da sistemática da pesquisa, foram feitas, inicialmente, pesquisas bibliográficas sobre o tema e, posteriormente, visitas às empresas siderúrgicas para a familiarização com os problemas de geração de escórias de aciaria quanto a volumes, características físicas, químicas e outras características que fornecessem subsídios para proposição dos métodos aplicados neste estudo.

Verificaram-se que as escórias de aciaria são basicamente compostas de uma fração metálica, cujos teores podem ser significativos e outra não-metálica, composta basicamente de óxidos de sílica, de cálcio e de magnésio. Examinando a literatura pertinente a esse assunto, foi possível verificar que o conteúdo de metal das escórias é passível de recuperação mediante o processo de beneficiamento de recuperação magnética em uma planta cujo esquema está apresentado nas Figuras 12 e 13:



Figura 12 - Usina de Beneficiamento (ZENITH, 2014)

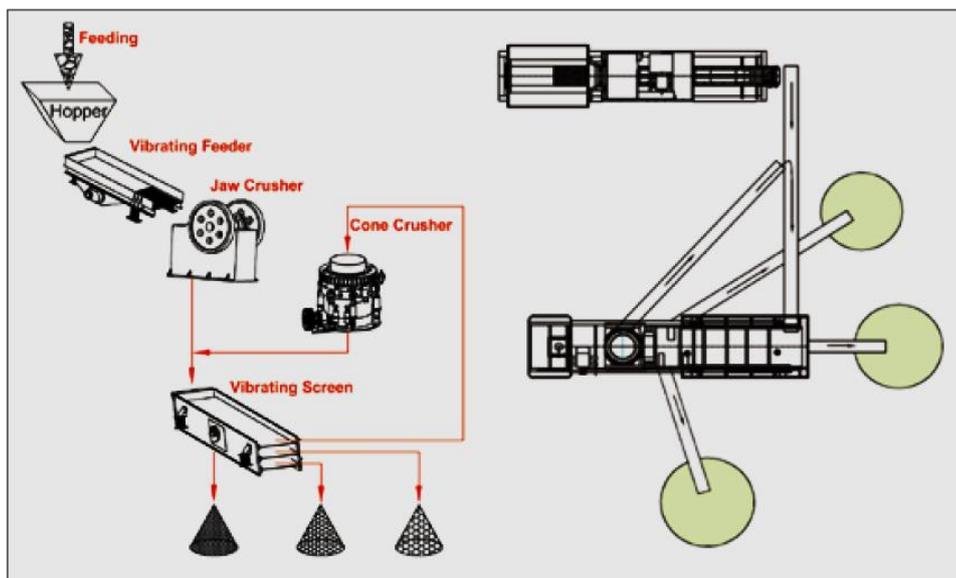


Figura 13 - Layout esquemático para usina de beneficiamento (ZENITH, 2014)

A fração metálica presente nas escórias de aciaria pode ser reaproveitada pelo processo siderúrgico gerando ganhos de produção e produtividade, bem como redução no consumo de energia. Por outro lado, a fração não-metálica pode ser utilizada como matéria-prima para a construção civil (agregados artificiais), substituindo satisfatoriamente os agregados naturais utilizados para a fabricação de matrizes de cimento *Portland*.

A segunda etapa do estudo constitui no levantamento das informações do setor siderúrgico e do mercado, a fim de identificar as variáveis do projeto, cujos passos estão demonstrados na Tabela 1, apresentada a seguir.

A Tabela 1 representa as variáveis utilizadas para a construção dos fundamentos desta proposta de trabalho de pesquisa.

| Variáveis Básicas | Investimento Inicial | Custos Fixos | Custos Ambientais |
|---|-----------------------|----------------------|-------------------------|
| Valor de compra da escória | Escritório | Água e Esgoto | EIA/RIMA |
| Custo de Processamento | Galpões | Energia | Licenciamento Ambiental |
| Valor de venda da fração metálica | Planta Beneficiamento | Funcionários | Taxas |
| Valor de venda da fração não-metálica | Pátio Armazenamento | Pagamento Investidor | |
| Teor Metálico e Eficiência da recuperação | Aquisição Terreno | Juros BNDES | |
| | Construção | | |

Tabela 1 - Variáveis do Projeto

Na Tabela 1, as variáveis foram identificadas a partir da qualificação de sua relevância, para composição dos parâmetros essenciais e fundamentação das análises para a pesquisa proposta. O ranqueamento dessas variáveis fundamentou-se em sua relevância conforme dados coletados de publicações e informações sobre o setor siderúrgico, de forma sistêmica, produzindo, dessa forma, um embasamento teórico capaz de cumprir com os objetivos propostos neste trabalho.

5.1. VARIÁVEIS BÁSICAS

5.1.1. VALOR DE COMPRA DA ESCÓRIA

O valor de comercialização da escória foi definido a partir de informações obtidas nas siderurgias, no mercado e em publicações sobre o setor siderúrgico.

5.1.2. CUSTO DE PROCESSAMENTO

Para identificação e determinação do custo referente ao processamento do rejeito siderúrgico (escória de aciaria), foram realizadas pesquisas em empresas que realizam

processos de beneficiamento similares. Como balizador das informações coletadas, elaborou-se um levantamento sobre os custos que envolvem o beneficiamento (custo com energia, água e investimento com a planta de beneficiamento) para a definição ponderada dos valores possíveis para o processamento da escória de aciaria.

5.1.3. VALOR DE VENDA DA FRAÇÃO METÁLICA

Considerando que a fração metálica retorna para a siderurgia como matéria-prima no processo de fabricação do aço, é preciso considerar também o mercado local e os cenários nacional e mundial, dado que esse valor atribuído pode sofrer variações devido a sazonalidades e quantidades disponibilizadas, variando de acordo com a demanda para a comercialização. (SEBRAE, 2012) & (DIÁRIO DA REGIÃO, 2013).

5.1.4. VALOR DE VENDA DA FRAÇÃO NÃO-METÁLICA

Para definição do valor de venda da fração não-metálica das escórias de aciaria (agregado artificial) foi determinado o valor para venda percentual **50%** inferior ao valor do agregado natural comercializado, a fim de que pudesse ser viabilizada a inserção do novo produto no mercado.

5.1.5. TEOR E EFICIÊNCIA DA RECUPERAÇÃO METÁLICA

O teor metálico e a eficiência da recuperação metálica para as escórias de aciaria foram definidos por meio de análises realizadas em laboratório (Laboratório de Materiais de Construção Civil – Imc2/UFOP) na Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. As escórias de aciarias utilizadas para essa determinação foram fornecidas por siderurgias da região Sudeste do Brasil. A determinação em laboratório se fez necessária devido à indisponibilidade de dados de eficiência para os processos industriais.

5.1.6. CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO

A capacidade de processamento das plantas industriais foi determinada a partir de pesquisa em campo, junto a empresas que desenvolvem processos de beneficiamento similares e em empresas que produzem matrizes de cimento Portland para a construção civil, considerando ainda que a quantidade de escórias de aciaria beneficiadas e livres de

seu conteúdo metálico fosse capaz de suprir o fornecimento de agregados para a fabricação das matrizes de cimento *Portland*.

A capacidade de processamento da planta de beneficiamento foi determinada, considerando jornada de trabalho diária, dividida pela quantidade de turnos trabalhados. Esse resultado foi multiplicado pela quantidade de dias trabalhados, desconsiderando os dias para realização de manutenção e limpeza dos equipamentos.

Finalmente, para determinação do investimento inicial, foram consideradas as necessidades básicas para implantação da unidade de processamento, a partir de informações que pudessem compor as variáveis relevantes para a construção desse valor.

5.2. INVESTIMENTO INICIAL

5.2.1. ESCRITÓRIO

Valores definidos como função das necessidades para aquisição de materiais como: conjuntos de mesas e cadeiras, computadores, impressoras, entre outros.

5.2.2. GALPÕES

O valor destinado à variável “galpões”, foi definido segundo dimensões pré-estabelecidas para a construção, de acordo com a quantidade de rejeito siderúrgico (escória de aciaria) beneficiado, de acordo com os parâmetros de viabilidade. A partir dessas informações, as instalações foram orçadas junto a empresas especializadas que trabalham com projetos de galpões (SHED, 2014). O orçamento, contendo todas as informações, preços, especificações e *layout* para os galpões encontram-se em anexo.

5.2.3. PLANTA DE BENEFICIAMENTO

Os valores relacionados à aquisição dos equipamentos que compõem a “Planta de Beneficiamento” para pós-processamento das escórias de aciaria foram definidos a partir da proposição de uma planta piloto para o pós-processamento. Após proposição dessa unidade, foi obtido orçamento junto ao fabricante, obtendo assim o detalhamento de cada máquina nas especificações previamente definidas. O orçamento contendo todas as

informações, preços, descrição dos equipamentos e o *layout* da planta de beneficiamento encontram-se em anexo (ZENITH, 2014).

5.2.4. PÁTIO DE ARMAZENAMENTO

Os valores para a variável “pátio de armazenamento” foram definidos segundo custo de preparação do terreno e gastos com máquinas, sinalização e conformação para deposição do material (escória de aciaria) a ser beneficiado.

5.2.5. AQUISIÇÃO DO TERRENO

Para definição do custo de “aquisição do terreno” foi realizada uma pesquisa em várias cidades da região sudeste do Brasil, a fim de que fosse possível identificar o custo por hectare de terra dessas regiões, considerando regiões periféricas às unidades geradoras de rejeito (escória de aciaria).

Após a identificação desses custos, foi obtida média aritmética para determinação do valor por hectare. A quantidade de hectares foi estimada em relação ao alto volume de rejeito que será processado e as dimensões dos galpões que serão construídos, além dos pátios de armazenamento e toda a estrutura em geral.

5.2.6. CONSTRUÇÃO

Os valores para os gastos referente à variável “construção”, foram estimados em função da construção dos escritórios, galpões, pátio de armazenamento e a planta de beneficiamento. Os custos de construção foram baseados no custo unitário básico (CUB) por metro quadrado. (SINDUSCON, 2014).

Mesmo sabendo que todas as variáveis citadas (escritório, galpões, pátio de armazenamento e planta de beneficiamento), já encontram com valores de construção inseridos em seus custos, a variável “construção” foi definida para suprir obras de engenharia necessárias à complementação dos serviços de implantação de cada uma das unidades indicadas.

5.2.7. CONCEPÇÃO DO PROJETO

O valor referente a concepção do projeto foi determinado como sendo o valor correspondente a **7,5%** do valor indicado para o investimento inicial.

5.2.8. CUSTOS AMBIENTAIS

O valor para o licenciamento ambiental (EIA/RIMA, Licenças Ambientais e taxas) foi determinado segundo informações do [CONAMA, \(2014\)](#), [SEMAD, \(2014\)](#) e consulta ao mercado, dadas as condições e características do empreendimento para processamento de rejeitos sólidos (escória de aciaria).

5.3. CUSTOS FIXOS

5.3.1. ÁGUA E ESGOTO

O valor por metro cúbico (m³) destinado ao custo referente à taxa de água e esgoto tratado foi definido em função de informações disponibilizadas pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais. ([COPASA, 2014](#)).

5.3.2. ENERGIA

O valor em Quilowatt-hora (kWh) destinado ao custo fixo, referente à energia, foi definido em função de informações disponibilizadas pela Companhia Energética de Minas Gerais. ([CEMIG, 2014](#)).

5.3.3. FUNCIONÁRIOS

A quantidade de funcionários e as especificações de cargos e salários foram definidas considerando o processo de beneficiamento, as dimensões das áreas do terreno e questões técnicas necessárias para que a planta industrial de beneficiamento funcione de forma a obter o melhor resultado. ([ZANLUCA, 2013](#)).

Os valores sobre os cargos e salários e encargos sociais foram definidos a partir das informações disponibilizadas pelo Ministério do Trabalho. ([MTE, 2014](#)).

5.3.4. PAGAMENTO DO INVESTIMENTO

Os valores referentes ao ressarcimento de “pagamento do investimento” foram baseados em uma simulação de financiamento contratada junto ao Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), sendo que o valor solicitado foi equivalente ao valor do investimento inicial.

5.4. SIMULAÇÃO por meio DO SOFTWARE

Determinado os valores que compõem a análise da viabilidade econômica, foi utilizada uma ferramenta computacional para a realização das simulações que compõem essa metodologia, a fim de atestar a viabilidade econômica do projeto. A ferramenta computacional utilizada foi o *software Oracle Crystal Ball* (versão 11.1.2.3.500 (64bits)) acoplado ao *Microsoft Excel* (OFFICE 2011, Home and student, W, P e X). Dessa forma, foram conduzidas as simulações fundamentadas nas premissas do modelo de Monte Carlo, levando em consideração os seguintes parâmetros: a) *Investimento inicial do projeto*; b) *receita*; c) *vida econômica*; d) *TMA (Taxa Mínima de Atratividade)*; e) *a VPL (valor presente líquido)*. Para a definição dos parâmetros de entrada, foram consideradas condições de contorno definidas como “pressupostos”, conforme distribuições de probabilidades normal, triangular e uniforme.

Para o Investimento inicial do projeto, considerou-se para o “pressuposto” do *software Oracle Crystal Ball*, uma distribuição uniforme, sendo definido um valor mínimo e outro valor máximo que representem possibilidades de igual ocorrência.

Para a receita anual, considerou-se uma distribuição normal, dado que o modelo proposto para essa distribuição não considera grandes variações para esse valor; isso ainda permite indicar um desvio padrão para caso em que sejam considerados os fatos imprevisíveis.

Para a TMA e a vida econômica, foi definida uma distribuição triangular com taxas mínimas de atratividade; considerados cenários otimista, realista e pessimista, de acordo com valores definidos no mercado.

Determinados os valores referentes às variáveis que compõem os parâmetros de entrada para a simulação do *software “Oracle Crystal Ball”*, foi conduzida a Viabilidade Econômica via Simulação de Monte Carlo, considerando os parâmetros apresentados na Tabela 2.

| | |
|----------------------------|---|
| Investimento Inicial (R\$) | Mínimo: 8.361.729,41 Máximo: 10.452.161,77 Desvio Padrão: 30.000,00 |
| Receita (R\$) | Otimista: 13.046.400,00 Realista: 10.843.200 Pessimista: 8.611.200,00 |
| Vida Econômica | Otimista: 0,5 anos Realista: 2,5 anos Pessimista: 4,5 anos |
| TMA | Otimista: 10% Realista: 12% Pessimista: 14% |
| $f(x)=VPL$ | $-\text{Investimento Inicial} +VP(\text{TMA};\text{Vida Econômica} ; \text{Receita})$ |

Tabela 2- Parâmetros da viabilidade econômica

Para os parâmetros da Tabela 2, foi definido, para cada variável, um “pressuposto”, que constitui os dados de entrada do *software*, baseados nas distribuições de probabilidades, normal, triangular e uniforme adotadas para esse projeto.

Quanto ao parâmetro da função objetivo $f(x) = VPL$, a utilização da ferramenta computacional para a simulação de Monte Carlo permitiu obter 10.000 interações, a partir das informações e entradas descritas para as variáveis.

Foram também processadas as informações obtidas após realização de simulações, considerando a criação de cenários para tomada de decisão, identificando as melhores alternativas, priorizando variáveis que influenciam diretamente na receita do projeto.

Foram considerados, prioritariamente, os preços do mercado-alvo, onde esses produtos e atividades estarão inseridos, com a finalidade de demonstrar a viabilidade da implantação e aplicação dos rejeitos de siderurgia (escória de aciaria) como materiais de construção civil para a produção de elementos pré-fabricados.

CAPÍTULO IV

“A pesquisa pode ser considerada um procedimento formal com método de pensamento reflexivo que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para se conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais.” (LAKATOS, MARCONI, 1987).

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os resultados, puderam-se identificar variáveis relevantes para determinação dos valores que compõem a viabilidade econômica para utilização de escória de aciaria como agregado artificial para obtenção de matrizes pré-fabricadas de cimento *Portland*.

6.1. VALOR DE COMPRA DA ESCÓRIA

Informações obtidas a partir de um estudo conduzido para valorização de rejeitos e (BAUER, 2007) inovação tecnológica, a partir do emprego da escória de aciaria como agregado na fabricação de matrizes de cimento *Portland*, indicaram que a tonelada de escória seria comercializada a **R\$0,50/tonelada**. Mais recentemente, o valor de comercialização do rejeito siderúrgico (escória bruta) foi publicado como sendo de **R\$5,00/tonelada**, segundo informações disponibilizadas pela GERDAU, (2013), publicadas no site “Economia.ig.com.br”

Mesmo tendo valores para a compra da escória definidos em **R\$ 5,00/tonelada**, foi definido que o valor de compra para o cenário otimista fosse de **R\$7,00/tonelada**, realista de **R\$8,50/tonelada** e para o cenário pessimista de **R\$10,00/tonelada**, os valores considerados foram superiores ao valor de mercado encontrado, assegurando ao projeto proposto a obtenção de uma margem segura para análise de viabilidade.

6.2. CUSTO DE PROCESSAMENTO

Os valores definidos para o custo de processamento, em função das operações de funcionamento da planta de beneficiamento proposta, foram de **R\$20,00/toneladas** de escória para o cenário Otimista, **R\$22,50/tonelada** para o Realista e **R\$25,00/tonelada** de

escória para o Pessimista, considerando ainda que os custos referentes à mão de obra, energia e água e esgoto. Não foi incluso gastos como “funcionários”, tendo sido inseridos a parte nos custos fixos.

6.3. VALOR DE VENDA DA FRAÇÃO METÁLICA

O valor de venda da sucata metálica foi definido a um valor médio de **R\$300,00** por tonelada, conforme prática corrente de mercado. (SEBRAE, 2012) & (DIÁRIO DA REGIÃO, 2013).

6.4. VALOR DE VENDA DA FRAÇÃO NÃO-METÁLICA

Enquanto a tonelada de areia, brita 0 e brita 1 custam em média R\$90,00/ton, R\$100,00/ton e R\$100,00/ton. respectivamente, a escória de aciaria utilizada como agregado artificial será comercializada a um valor médio (cenário realista) de **R\$55,00** por tonelada.

6.5. TEOR E EFICIÊNCIA DA RECUPERAÇÃO METÁLICA

As escórias processadas em laboratório indicaram um teor de metálicos variando entre 40% e 50% em massa, (SOUZA, 2013). Contudo, foi definido um valor para recuperação de **32%** para o cenário otimista, **30%** para o cenário realista, no qual a análise será realizada e **28%** para o cenário pessimista. Os valores definidos apresentam-se inferiores, a fim de obter uma margem de segurança, pois esses teores metálicos variam em seu processo de fabricação devido ao ajuste da composição química do aço a ser fabricado, a pedido de um determinado cliente.

A eficiência da recuperação metálica foi definida mediante garantia operacional por parte da fornecedora dos equipamentos indicados para a planta de beneficiamento. A eficiência de recuperação assegurada é **0,85** da fração metálica do rejeito (ZENITH, 2014). Mesmo tendo valores para recuperação teórica de 85%, foi definido que a recuperação metálica fosse de 70% para o cenário pessimista, 75% para o cenário realista e de 80% para o cenário otimista. Os valores considerados foram inferiores ao valor assegurado pela empresa fornecedora dos equipamentos da planta de beneficiamento, a fim de obter uma margem segura para confiabilidade.

6.6. CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO

A capacidade de processamento da planta de beneficiamento ficou em 12.000 toneladas por mês. Esse valor foi determinado a partir da jornada de trabalho diário (12 horas), dividido em dois turnos de 6 horas. A quantidade de dias trabalhados foi determinada em 20 dias por mês, deixando outros dois dias para a realização de manutenções e limpeza dos equipamentos.

O processamento do horário da planta industrial proposta (50 toneladas por hora), foi determinada a partir da pesquisa em outras empresas que fazem um processo de beneficiamento similar e em empresas que produzem matrizes pré-fabricadas de cimento *Portland* para a construção civil, fazendo com que a quantidade de rejeito beneficiado fosse capaz de suprir o fornecimento de agregado para a fabricação das matrizes de cimento *Portland*.

Justificando a quantidade total de rejeito processado por mês, a partir do processamento horário (50 ton./hora) x (12 horas) x (20 dias), totalizando em 12.000 ton./mês.

A Tabela 3 apresenta a análise de investimento, condicionadas a três cenários, com o objetivo proposto na metodologia de Monte Carlo.

| ANÁLISE DE INVESTIMENTO | | | | |
|------------------------------|----------|----------|------------|----------|
| Variáveis | Unidade | Otimista | Pessimista | Realista |
| Valor de compra Escória | R\$/Ton. | 7,00 | 10,00 | 8,50 |
| Custo processamento EAC | R\$/Ton. | 20,00 | 25,00 | 22,50 |
| Venda da Sucata Metálica | R\$/Ton. | 350,00 | 250,00 | 300,00 |
| Venda do Agregado Artificial | R\$/Ton. | 60,00 | 50,00 | 55,00 |
| Eficiência da Rec. Metálica | %/Ton. | 80% | 70% | 75% |
| Teor Metálico da Escória | %/Ton. | 32% | 28% | 30% |

Tabela 3 - Análise de investimento

Os valores apresentados na Tabela 3 estão definidos a fim de se obter as “configurações de cenários”. A variação dos valores apresentados entre os cenários Otimista, Pessimista e Realista é consequência das possíveis influências e variações de mercado.

A Tabela 4, que é composta pela quantidade, custos de processamento e receita mensal, a partir das vendas, tanto da sucata metálica quanto do agregado artificial, após a definição da capacidade de processamento, apresenta-se a seguir.

| RESULTADOS ECONÔMICOS | | | | |
|--|--------|--------------|------------|------------|
| Variáveis | Medida | Otimista | Pessimista | Realista |
| Recuperação Metálica | R\$ | 3.840.000 | 3.360.000 | 3.600.000 |
| Eficiência da Recuperação Metálica | R\$ | 3.072.000 | 2.352.000 | 2.712.000 |
| Agregado Artificial | R\$ | 8.160.000 | 8.640.000 | 8.400.000 |
| Venda do Agregado Artificial | R\$ | 489.600,00 | 432.000,00 | 462.000,00 |
| Lucro Venda Sucata Metálica | R\$ | 921.600,00 | 705.600,00 | 813.600,00 |
| Lucro Suc. Metálica com desc. Beneficiamento | R\$ | 597.600,00 | 285.600,00 | 441.600,00 |
| Receita | R\$ | 1.087.200,00 | 717.600,00 | 903.600,00 |

Tabela 4—Resultados Econômicos

As fórmulas utilizadas para obtenção dos resultados apresentados na Tabela 4, referente aos resultados econômicos, encontram-se em anexo.

6.7. INVESTIMENTO INICIAL

Após a identificação dos custos para implantação – investimentos iniciais, foi realizada uma média aritmética dos valores obtidos para o hectare de terra em regiões periféricas às unidades geradoras de rejeitos no sudeste do Brasil, a fim de que fosse determinado um valor médio por hectare.

A Tabela 5 representa o custo para aquisição do terreno e a quantidade de hectares necessária para a construção da usina de beneficiamento.

| CUSTO PARA AQUISIÇÃO DO TERRENO | | |
|---------------------------------|-----------------|------------|
| Média Aritmética | Quantidade (Ha) | Total |
| 16.455,86 | 15 | 246.837,86 |

Tabela 5 - Custo para aquisição do terreno (Ha)

A Tabela 6 apresenta todas as variáveis que compõem o valor do Investimento Inicial detalhadas nos itens anteriores com seus respectivos valores.

| INVESTIMENTO INICIAL | |
|----------------------------|---------------------|
| Variáveis | Valores |
| Escritório | 150.000,00 |
| Galpões | 900.000,00 |
| Pátio Armazenamento | 175.000,00 |
| Planta Beneficiamento | 5.000.000,00 |
| Projeto | 541.637,84 |
| Custos Ambientais | 600.000,00 |
| Construção | 250.000,00 |
| Aquisição Terreno | 246.837,86 |
| Total Investimento inicial | 7.863.475,70 |

Tabela 6 – Investimento Inicial

6.8. CUSTOS FIXOS

6.8.1. ÁGUA E ESGOTO

O valor destinado ao custo referente à taxa de água e esgoto tratado obtido foi de **R\$ 13,65/m³**; já incluído os impostos ([COPASA, 2014](#)). Dessa forma, o custo total dos serviços de água e esgoto integraliza o valor de **R\$40.000,00/mês**.

6.8.2. ENERGIA

O valor destinado ao custo fixo referente à energia obtido foi de **R\$0,56/kWh** já incluídos impostos ([CEMIG, 2014](#)). Dessa forma, o custo total dos serviços de energia integraliza o valor de **R\$200.000,00/mês**, definido como função da potência instalada das máquinas. ([ZENITH, 2014](#)).

6.8.3. FUNCIONÁRIOS

A quantidade de funcionários, o cargo, o salário e o custo final da folha de pagamento foram definidos como função do processo de beneficiamento da área do

terreno e questões técnicas relacionadas ao funcionamento da planta de beneficiamento. Adicionalmente, para a empresa, deverá ser incluído um acréscimo de **56,51%** aos salários, devido aos encargos e tributos sociais trabalhistas (ZANLUCA, 2013), conforme detalhado a seguir na Tabela 7 que demonstra a quantidade de funcionários, o cargo, o salário e o custo final da folha de pagamento.

| FUNCIONÁRIOS | | | |
|---------------------|------------|------------------|-----------|
| Cargo | Quantidade | Salário | Montante |
| Administrador | 3 | 2.569,00 | 7.707,00 |
| Encarregado | 2 | 3.146,00 | 6.292,00 |
| Operador de Maquina | 2 | 2.059,00 | 4.118,00 |
| Mecânico | 2 | 4.288,00 | 8.576,00 |
| Ajudante Mecânico | 2 | 1.126,00 | 2.252,00 |
| Ajudante Geral | 2 | 876,00 | 1.752,00 |
| Limpeza Geral | 1 | 1.128,00 | 1.128,00 |
| Engenheiro | 1 | 17.000,00 | 17.000,00 |
| Total | 15 | 48.825,00 | |

Tabela 7 - Quantitativo de funcionários, salário, cargo e montante

A Tabela 8 representa os encargos trabalhistas e sociais que incidem sobre a folha de pagamentos dos funcionários.

| ENCARGOS TRABALHISTAS E SOCIAIS | |
|--------------------------------------|---------------|
| 13° Salário | 9,75% |
| Férias | 13,00% |
| DRS - Descanso Semanal Remunerado | 16,99% |
| FGTS | 8,00% |
| FGTS/Provisão de Multa para Rescisão | 4,00% |
| Previdenciário s/13°/Férias/DRS | 4,77% |
| Total Básico | 56,51% |

Tabela 8 - Encargos Trabalhistas e Sociais

6.8.4. PAGAMENTO DO INVESTIMENTO

Os juros do BNDES foram calculados em função de uma taxa anual baseada em **0,64%** sobre o valor total financiado, durante o período de pagamento (5 anos). O período de pagamento foi determinado em função do tempo de depreciação dos equipamentos, que foi definido como 5 anos. Esse período foi definido por se tratarem de máquinas utilizadas em processos de cominuição, sujeitas a uso severo e com considerável desgaste, tendo como prazo total de 60 meses para o pagamento do investimento.

Os valores correspondentes às variáveis que compõem os custos fixos contam-se da Tabela 9.

| CUSTOS FIXOS | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Variáveis | Valores |
| Energia | 200.000,00 |
| Água e Esgoto | 40.000,00 |
| Funcionários | 87.878,41 |
| Pagamento Investidos ou Financiador | 131.057,93 |
| Juros BNDES | 39.317,38 |
| Total | 498.253,72 |

Tabela 9 - Custos Fixos

6.9. BALANÇO FINAL

Para encontrar o lucro líquido anual, considerou-se a taxa do imposto de renda para pessoa jurídica (IRPJ) como sendo **15%** sobre o lucro apurado e adicional de **10%** sobre a parcela do lucro que exceder **R\$20.000,00/mês** (RECEITA FEDERAL, 2014).

Dessa forma, os valores para o balanço final podem ser visualizados na Tabela 10.

| BALANÇO FINAL | | | | |
|----------------------|---------------|---------------|---------------------|----------------------|
| Investimento inicial | Despesa anual | Receita anual | Lucro líquido anual | Lucro líquido mensal |
| 7.863.475,70 | 6.057.679,34 | 10.843.200,00 | 4.047.692,56 | 303.974,38 |

Tabela 10 - Balanço Final do Projeto

6.9.1. VIABILIDADE ECONÔMICA

Considerando valores mensurados para o investimento inicial do projeto, os dados de entrada para simulação obtida do *software Oracle Crystal Ball* (versão 11.1.2.3.500 (64bits)) foram formatados conforme modelo para distribuição triangular, definindo-se valores mínimo, mais provável e máximo que representam os cenários pessimista, realista e otimista.

A Figura 14, apresentada a seguir, ilustra o valor mínimo do investimento inicial atribuído de **R\$7.863.475,70**; o mais provável de **R\$ 8.368.282,31** e o máximo de **R\$10.615.692,19**. O valor mínimo é resultado dos cálculos obtidos mediante as informações de mercado para um cenário otimista, sendo os outros definidos de forma análoga.

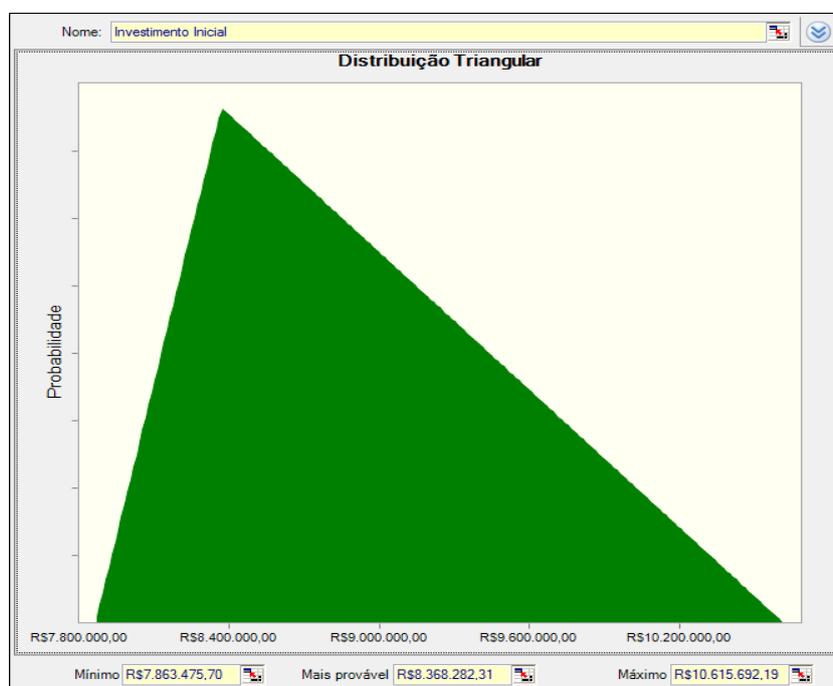


Figura 14 - Distribuição Triangular (Investimento Inicial)

Considerando valores mensurados para a receita anual, os dados de entrada para a simulação obtida do *software Oracle Crystal Ball* foram formatados conforme modelo para distribuição triangular, com o valor de **R\$ 7.200.000,00** referente ao valor anual para o cenário pessimista, o valor de **R\$ 10.843.200,00**, definido para o cenário realista e o valor de **R\$ 14.889.600**, dividido pela vida econômica do projeto (5 anos).

A Figura 15, apresentada a seguir, ilustra a definição do valor referente ao cenário realista como função da média dos valores atribuídos para o parâmetro e dos dados de entrada para a simulação computacional.

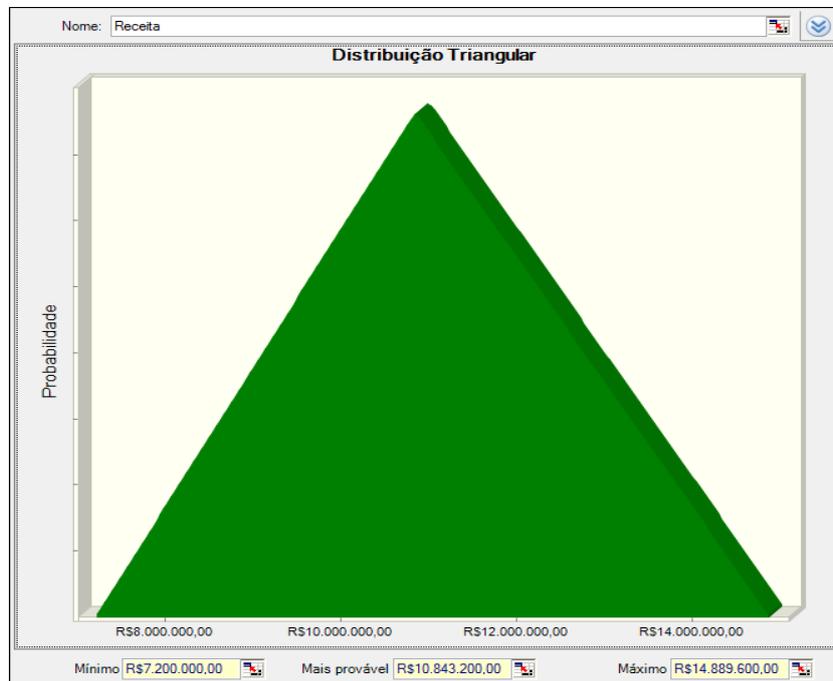


Figura 15 - Distribuição Triangular (Receita)

A Figura 16, ilustra a vida econômica do projeto, definida em uma distribuição triangular, dando ao valor ideal uma maior probabilidade de ocorrer.

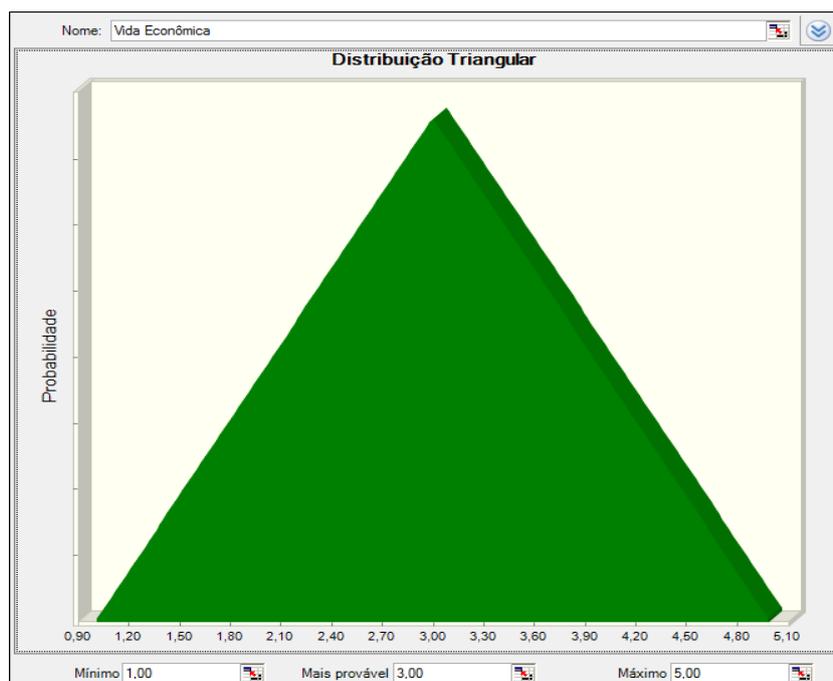


Figura 16 - Distribuição Triangular (Vida Econômica)

Considerando valores atribuídos para a vida econômica, o valor otimista, definido em 1 ano representa o primeiro ano de funcionamento da usina de beneficiamento. De forma análoga, utilizou-se valor realista para 3 anos e pessimista 5 anos. Para obtenção da TMA (Taxa Mínima de Atratividade), os dados de entrada para simulação foram formatados conforme distribuição triangular, com taxas variando em 10%, 12% e 14% respectivamente, apresentado na Figura 17.

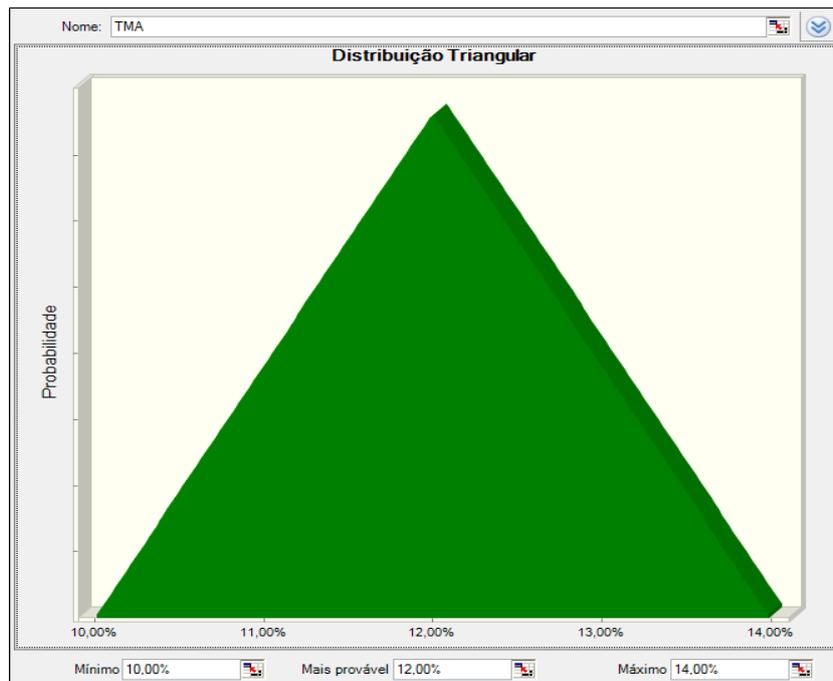


Figura 17 - Distribuição Triangular (TMA)

A Viabilidade econômica do projeto é representada por um VPL (Valor Presente Líquido) médio de **R\$6.572.870,28**, como função de 10 mil interações para o modelo proposto, em função de uma frequência de ocorrência, resultando uma probabilidade de 98%; apresentada na Figura 18 a seguir.

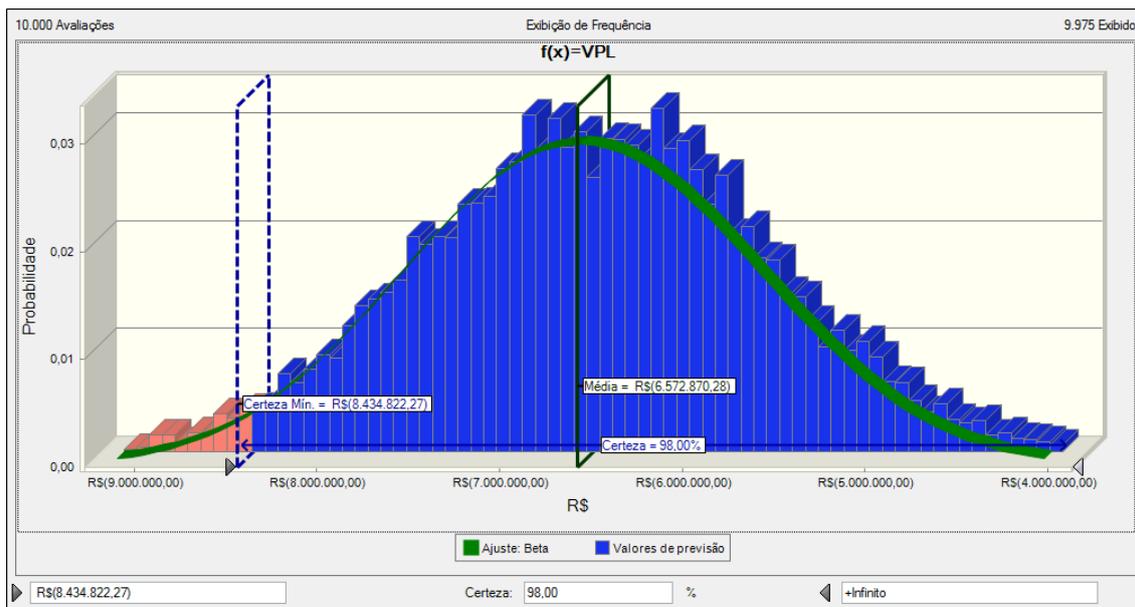


Figura 18 - Exibição de Frequência (viabilidade econômica)

Ainda em relação a viabilidade para o modelo proposto, considerando investimento inicial mínimo de **R\$ 7.863.475,70**, provável de **R\$ 8.368.282,31** e máximo de **R\$10.615.692,19**, temos a representação do parâmetro “análise de sensibilidade” para viabilidade como função do VPL, onde verifica-se uma classificação para a variável “vida econômica” de 44,6%, com riscos para investimento inicial classificado como -42,4% e TMA como -0,2%. Verifica-se ainda, de acordo com resultados obtidos em simulações, classificação de 12,8% para receita. Todos os índices para classificação representam variáveis que podem influenciar na viabilidade econômica do projeto, de forma quantitativa, conforme ilustrado na Figura 19 apresentada a seguir.

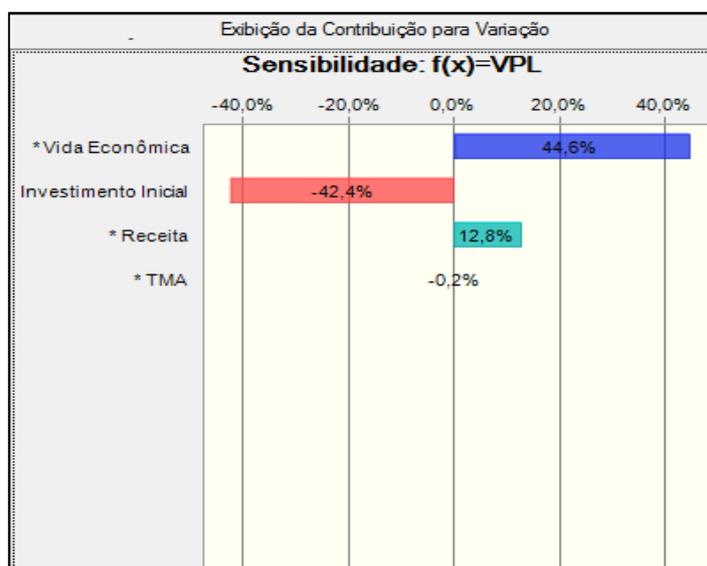


Figura 19 - Análise de Sensibilidade

O entendimento das medidas de correlações em projetos que envolvem duas ou mais variáveis relacionadas a um mesmo processo, apresenta-se eficaz quando a intenção é mostrar o que acontece com uma variável enquanto outra sofre alterações. (LIRA, 2004).

A correlação entre as variáveis consideradas nesse projeto e a importância para a viabilidade estão demonstradas nas Figuras 20 (Vida Econômica), 21 (Receita), 22 (TMA) e 23 (Investimento Inicial), por meio dos gráficos de dispersão e conjunto de hipóteses para função (VPL).

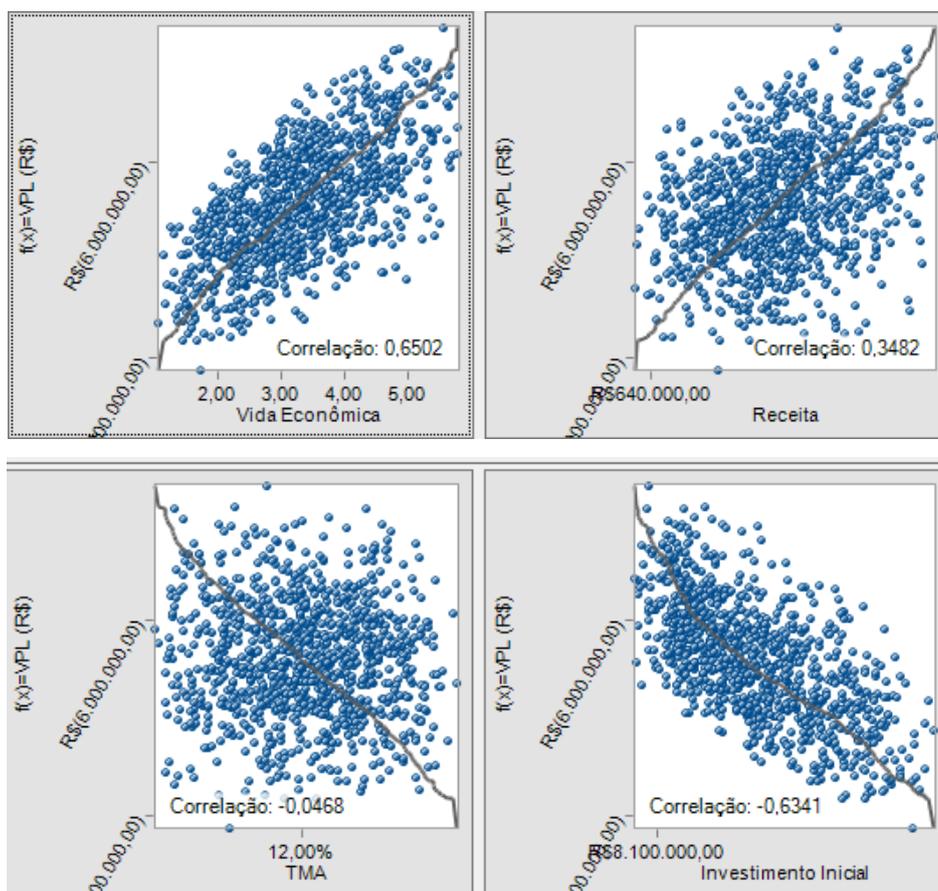


Figura 20, Figura 21, Figura 22 e Figura 23 - Correlação entre as variáveis e a função objetivo.

Segundo Lira (2004), existem diferentes formas de correlação entre variáveis e o caso mais conhecido é a correlação simples, que envolve apenas duas variáveis, uma variável dependente e a outra independente.

As correlações obtidas da simulação, a partir dos resultados de sensibilidade, mostram correlações simples, apresentando a função “VPL” como variável dependente e as variáveis “vida econômica, TMA, receita e investimento inicial” como variáveis independentes.

As correlações mostradas na Figura 20 (vida econômica) e na Figura 21 (receita) indicam, de forma consistente, uma correlação positiva de 65,02% e 34,82% para sustentação da vida econômica proposta.

As correlações obtidas entre a variável dependente “VPL” e as variáveis independentes “TMA e investimento inicial”, ilustrada na Figura 23 e Figura 24, respectivamente, mostram uma correlação negativa de -4,68%, para a TMA com uma taxa de 12% e de -63,41% para o investimento inicial.

A Tabela 11 representa o valor ótimo encontrado para cada variável.

| | |
|----------------------|-------------------|
| Investimento Inicial | R\$ 9.406.943,48 |
| Receita | R\$ 10.843.651,03 |
| Vida Econômica | 2,47 |
| TMA | 12,27% |
| f(x)=VPL | R\$ 12.545.208,18 |

Tabela 11 - Valores ótimos para viabilidade econômica

6.9.2. FLUXO DE CAIXA

Pela ótica financeira, os indicadores são utilizados para mensurar o quão atrativo é o projeto para o empreendedor, assim como as condições de sustentabilidade e solvência (FRANÇA et al. 2011) que, de forma consolidada, apresenta-se a seguir, na Tabela 12, um fluxo de caixa para cada cenário, considerada a projeção para 10 anos, considerando uma taxa mínima de atratividade de 12,27%.

| RESUMO GERAL | CENÁRIO REALISTA | CENÁRIO PESSIMISTA | CENÁRIO OTIMISTA |
|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Receita Total | R\$ 109.552.512,54 | R\$ 86.507.923,68 | R\$ 132.511.933,33 |
| Receita Mensal Média | R\$ 11.092.874,71 | R\$ 8.778.489,68 | R\$ 13.387.492,45 |
| Gastos Totais | R\$ 63.424.911,07 | R\$ 63.473.259,46 | R\$ 63.376.819,78 |
| Gasto Fixo Mensal Médio | R\$ 5.985.390,84 | R\$ 5.987.514,72 | R\$ 5.983.271,19 |
| Investimento Total | R\$ 7.863.475,70 | R\$ 7.863.475,70 | R\$ 7.863.475,70 |
| Lucro Total | R\$ 46.127.601,47 | R\$ 23.034.664,22 | R\$ 69.135.113,56 |
| Lucro Mensal Médio | R\$ 3.843.966,79 | R\$ 1.919.555,35 | R\$ 5.761.259,46 |
| Taxa Interna de Retorno | 20,90% | 12,57% | 47,68% |
| Payback Descontado(anos) | 2,8 | 4,65 | 1,21 |
| VPL | R\$ 12.157.814,44 | R\$ 5.081.023,01 | R\$ 31.122.917,90 |
| Lucratividade | R\$ 0,42 | R\$ 0,27 | R\$ 0,52 |

Tabela 12 - Resumo geral para os três cenários

Segundo França et al. (2011), os índices “Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Recuperação do Investimento (*Payback*), Lucratividade e Fluxo de Caixa, calculados como valores reais, mensuram bem as condições de atratividade de um projeto. Sendo assim, os indicadores apresentados na Tabela 12 apresentam para o cenário realista e otimista viabilidade econômica, pois o VPL apresenta-se positivo, considerando a TMA (12,27%) utilizada. A TIR para o cenário pessimista (12,57%), realista (20,90%) e otimista (47,68%), apresenta valor superior a TMA (12,27%) e isso significa que esse projeto é recomendado, pois gera ganhos reais para o investimento.

Quanto ao tempo de recuperação do investimento (*payback*) foi considerado para esta proposta o *payback* descontado, pois o mesmo considera a TMA como taxa de desconto. O valor do *payback* descontado para o cenário pessimista (4,65 anos), realista (2,8 anos) e para o otimista (1,21 anos), são valores inferiores à vida econômica do projeto, mostrando que, o investimento inicial, juntamente com as despesas geradas, serão pagas e tempo inferior ao tempo de projeto.

De forma a representar comparativamente os resultados tabelados, apresenta-se nas Figuras 24, Figura 25 e Figura 26 a seguir valores para receitas, despesas e resultados de exercícios.



Figura 24- Receita total e mensal

Os valores médios referentes à receita são compatíveis com os valores encontrados através da simulação, ou seja, o valor está dentro do intervalo mínimo e máximo apresentado mediante o fluxo de caixa.

A Figura 25 representa as despesas totais e mensais a partir do fluxo de caixa.

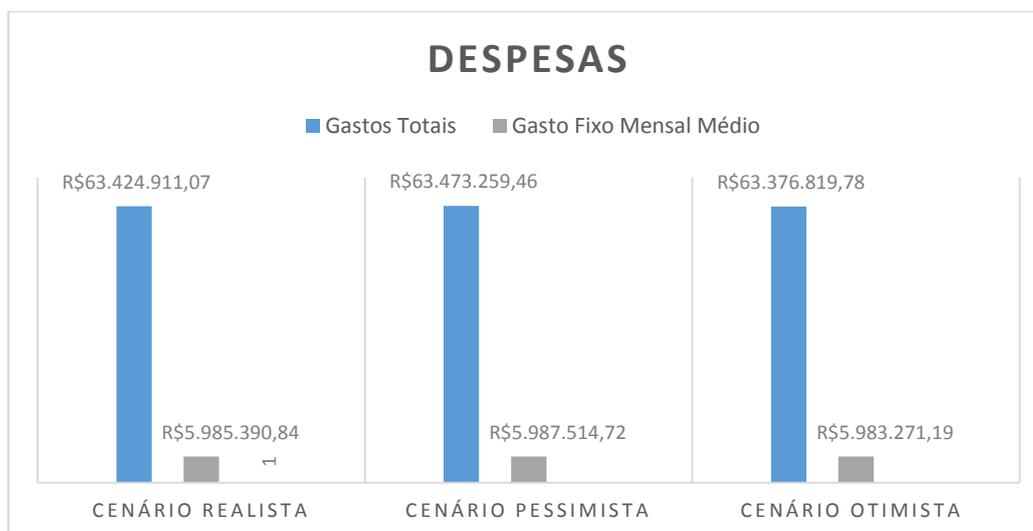


Figura 25- Gastos totais e mensais

A Figura 26 apresenta os resultados referente ao lucro total e mensal para a usina de beneficiamento.

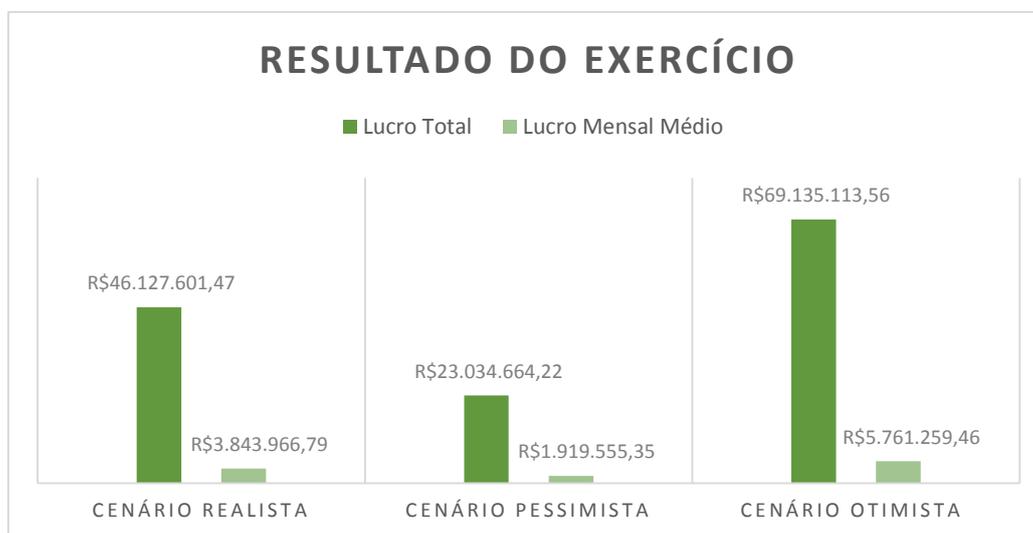


Figura 26 - Lucro total e mensal

6.9.3. CUSTO DO FRETE

Os valores obtidos para frete/ton/km encontram-se na Tabela 13, a seguir. Esses dados foram obtidos de pesquisas de mercado e em função das particularidades de cada uma das siderurgias e regiões indicadas nesta proposta. (RLV, 2014).

| Custo Frete/Ton. | | Semipesados | Pesados | Bi trem |
|------------------|-----|-------------|----------|----------|
| Km | | R\$/ton. | R\$/ton. | R\$/ton. |
| 0 | 50 | 26,65 | 25,07 | 18,64 |
| 51 | 100 | 41,71 | 32,31 | 24,89 |
| 101 | 150 | 54,38 | 39,55 | 31,14 |
| 151 | 200 | 67,06 | 46,80 | 37,39 |
| 201 | 250 | 79,73 | 54,04 | 43,63 |
| 251 | 300 | 92,40 | 61,28 | 49,88 |
| 301 | 350 | 105,08 | 68,52 | 56,13 |
| 351 | 400 | 117,75 | 75,76 | 62,38 |

Tabela 13 - Preço do frete por tonelada por km (RLV, 2014).

Todo o estudo levou em consideração que a usina de beneficiamento fosse montada dentro das próprias siderurgias, a fim de evitar custos com o transporte desse rejeito, sendo assim, a Tabela 14 mostra o impacto nos lucro da empresa, de acordo com a distância percorrida

| Quilometragem | Frete | Lucro Líquido |
|---------------|-------------|---------------|
| 50 Km | -210.000,00 | 93.576,94 |
| 100 Km | -268.800,00 | 34.776,94 |
| 150 Km | -327.600,00 | -24.023,06 |
| 200 Km | -394.800,00 | -91.223,06 |

Tabela 14 - Lucro líquido descontado o frete

Podemos observar, na Tabela 14, que o projeto apresenta viabilidade econômica para uma usina de beneficiamento instalada a até 100 km de distância da siderurgia ou do seu mercado consumidor.

Após apresentados todos os resultados, apresenta-se a conclusão deste trabalho e propostas para trabalhos futuros.

CAPÍTULO V

“A conclusão apresenta o resultado final do estudo, avaliando seus pontos fracos ou positivos, através da reunião sintética das principais idéias(sic) desenvolvidas ou conclusões parciais obtidas.” (KOOCHÉ, 1997).

7. CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES

7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As escórias de aciaria, podem ser utilizadas como agregados artificiais para fabricação de pré-fabricados para a construção civil, contudo este material precisa passar por um processo de beneficiamento para retirada de seu conteúdo metálico e passar por um processo para estabilização quanto aos óxidos de cálcio e magnésio presentes (SANTOS, 2013).

Com os parâmetros utilizados via simulação de Monte Carlo, foi possível atender aos objetivos da proposta que, por meio dos indicadores de rentabilidade, apresenta viabilidade econômica para o processamento das escórias de aciaria elétrica e LD, a partir da segregação das frações metálica e não-metálicas.

Foi possível identificar os custos relacionados ao processo de obtenção dos agregados a partir do pós-processamento das escórias de aciaria, apresentando informações que nos permitem comparar o valor comercial das escórias de aciaria beneficiadas (agregado artificial) aos valores dos agregados naturais.

A fração metálica recuperada do pós-processamento da fração bruta das escórias de aciaria é passível de recuperação, sendo que o valor médio de venda foi de R\$ 300,00/tonelada, gerando uma receita de R\$ 810.000,00, considerando a quantidade de 12 mil toneladas de escória beneficiada.

Do ponto de vista ambiental, embasado nos argumentos apresentados e nas informações levantadas, o estudo aqui citado atesta a viabilidade ambiental para a utilização da escória de aciaria, após realizado seu beneficiamento, “viável econômica e ambientalmente”, considerando não só os ganhos ambientais resultantes, mas também destacando o aproveitamento de resíduos siderúrgicos para fabricação de matrizes de

cimento *Portland*, possibilitando a diminuição da extração dos recursos naturais, utilizados para produção de agregados além de evitar ou reduzir por parte das geradores de rejeito (escória de aciaria), gastos com disposição de materiais e destinação final desses RSI's.

A pergunta que se procurou responder com esta pesquisa foi se existe viabilidade econômico-financeira de se implantar uma usina de processamento de resíduos de siderurgia (EAB), tendo como finalidade auxiliar gestores públicos ou privados que tenham interesse na gestão desses resíduos, e incentivar a reciclagem, como meio de minimizar os efeitos negativos da geração de resíduos sobre o meio ambiente.

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

O VPL encontrado, considerando um horizonte de 5 anos, em que esse valor representa a vida útil dos equipamentos, por se tratarem de máquinas que realizarão processo de cominuição da escória de aciaria bruta, foi de R\$ 12.157.814,44 em um cenário realista, que comprova a viabilidade econômica do empreendimento. Nessa mesma situação, o *Payback* ficou em 2,8 anos (33,6 meses). A TIR foi calculada em 20,90% e a Lucratividade em R\$ 0,42; reafirmando a viabilidade econômica do projeto a partir dos índices de rentabilidade. (FRANÇA et al. 2011).

O meio ambiente é um manancial de recursos latentes, pouco utilizados, importantes de serem identificados e valorizados economicamente. Não podemos esquecer que o conceito de recursos está condicionado a variáveis históricas, culturais e ao próprio desenvolvimento tecnológico (SACHS, 2013). Os recursos naturais não são constantes e com os agregados não é diferente. O que é recurso hoje não foi recurso ontem. Estamos vivendo uma nova “Revolução Industrial” e devemos nos apoiar na valorização dos recursos renováveis.

A harmonização dos aspectos econômicos, ambientais e sociais, com a criação de empregos no País, demanda grande atenção à produtividade dos recursos e não apenas à produtividade do trabalho. A economia brasileira se caracteriza pelo elevado nível de desperdício de recursos naturais e energéticos e a redução desses desperdícios constitui verdadeira reserva de desenvolvimento e fonte de bons negócios para empresas decididas a enfrentar o problema.

O Brasil, devido ao seu extraordinário potencial de recursos naturais e subutilizados da produção do aço é candidato a desempenhar papel decisivo na

consolidação de uma nova civilização industrial. Reciclar resíduos, por exemplo, é transformá-lo em produtos com valor agregado, conservar energia e reduzir custos de produção. O raciocínio vale também para recursos sólidos, recuperação e reutilização de materiais. (SACHS, 2013).

7.2.SUGESTÕESPARATRALHOSFUTUROS

- Neste estudo foi considerado que as empresas que irão beneficiar o rejeito estarão inseridas na própria siderúrgica, então, uma sugestão para trabalhos futuros seria realizar uma avaliação completa para a construção da usina de beneficiamento em cidades pré-determinadas.
- Realizar um inventário com os rejeitos de mineração, siderurgia e metalurgia que mais impactam o meio ambiente, avaliando a sua aplicabilidade para construção civil, sua viabilidade econômica, logística processual e operacional e as possibilidades técnicas e econômicas para o seu beneficiamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABM. (2008). **Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico: Panorama do Setor Siderúrgico.** Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. Fonte: http://www.abmbrasil.com.br/epss/arquivos/documentos/2011_4_18_16_42_43_32042.pdf

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. (2011). **O desafio da sustentabilidade na construção civil.** V.5, São Paulo: Blucher, 2011.

ANDRADE, E. L. (2009). **Introdução à Pesquisa Operacional - Métodos e Modelos para Análise de Decisão.** (4 ed.). LCT.

ARCELOR MITTAL. (2014). **Escória Aciaria LD.** Fonte: Arcelor Mittal: http://www.cst.com.br/produtos/co_produtos/catalogo_produtos/escoria_aciaria_ld/introducao.asp

ASSAF NETO, Alexandre (2009). **Matemática financeira e suas aplicações.** 11.ed. São Paulo: Atlas, 2009. 278p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 50001/2011 – **Sistema de Gestão de Energia.** Rio de Janeiro, ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14001/2004 – **Sistema de Gestão Ambiental.** Rio de Janeiro, ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10004 – **Resíduos sólidos.** Rio de Janeiro, 2004.

BALLOU, R. H. (1993). **Logística Empresarial: Transporte, Administração de Material e Distribuição Física.** (1ª ed ed., Vol. 1º). (H. T. Yoshizaki, Trad.) São Paulo, SP: ATLAS S.A.

BALTAZAR, R. P. (2001). Programa de Pós - Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Caracterização do fator expansão de uma escória de aciaria em diferentes processos de cura para uso em pavimentação.** Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Acesso em 16 de Julho de 2014, disponível em: <http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/RODRIGO%20PINHEIRO%20BALTAZAR.PDF>

BASTOS, M. A. R. (2004). **Avaliação de sistemas construtivos semi e/ou industrializados de edifícios de andares múltiplos por meio da perspectiva de seus usuários.** Ouro Preto, 2004. 458 p., 2 Vol. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto.

BAUER, L. A. Falcão (Coord.) (2007). **Estudo da aplicação de escória de aciaria na fabricação de blocos de concreto para pavimentação.** 14º edição. Brasil, 2007.

Brasil. (2010a). **Política nacional de resíduos sólidos**. Lei nº 12.305/2010. Brasília. Acesso em 22 de Junho de 2014, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm

Brasil. (2010b). **Decreto nº 7.404. Regulamenta a Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília. Acesso em 22 de Junho de 2014, disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm

CASELATO, L. (2010). **Panorama de Escória de Aciaria no Brasil**. Belo Horizonte, MG, Brasil. Acesso em 25 de Maio de 2014, disponível em http://www.feam.br/images/stories/arquivos/arquivosmrr/escoria/lucila_caselato.pdf

CASTELO BRANCO, V. T. (2004). **Caracterização de Misturas Asfálticas Com o Uso de Escória de Aciaria como Agregado**. Fonte: COPPE/UFRJ: <http://www.coppe.ufrj.br/ensino/teses.htm>

CEMIG. (2014). Companhia Energética de Minas Gerais. Acesso em 13 de Outubro de 2014, disponível em www.cemig.com.br

CHRISTOPHER, M. (2007). **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégias para redução de custos e melhoria de serviços**. São Paulo: Pioneira.

CNI. (2011). Confederação Nacional das Indústrias. Acesso em 22 de Junho de 2014, disponível em Meio ambiente: gerenciamento de resíduos: <http://www.cni.org.br>

CONAMA. (17 de Março de 2014). Ministério do Meio Ambiente. Fonte: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legi.cfm>

COPASA. (2014). Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Acesso em 23 de Outubro de 2014, disponível em www.copasa.com.br

DIARIO DA REGIÃO. (2013). **Sucatas geram R\$ 800 mil ao mês para ferros-velhos**. Economia/ Reaproveitamento. São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. Acesso em 07 de Outubro de 2014, disponível em [http://www.diarioweb.com.br/novoportal/noticias/economia/142879,,Sucatas+geram+R\\$+800+mil+ao+mes+para+ferrosvelhos.aspx](http://www.diarioweb.com.br/novoportal/noticias/economia/142879,,Sucatas+geram+R$+800+mil+ao+mes+para+ferrosvelhos.aspx)

FARIA, A., & COSTA, M. G. (2008). **Gestão de custos logísticos: custeio baseado em atividades (ABC), balanced scorecard (BSC) e valor econômico agregado (EVA)**. São Paulo: Atlas.

FRANÇA, F. M., JUNIOR, E. V., & NETO, J. M. (2011). **Análise da Viabilidade Financeira e Econômica do Modelo de Exploração de Ovinos e Caprinos no Ceará por Meio do Sistema Agrossilvipastoril**. Documento Técnico-Científico, Volume 42, nº 02, Edição Abril-Junho Revista Embrapa. Acesso em 01 de Julho de 2015, Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/899797/1/APIAnalisedaviabilid_adefinanceira.pdf

GARCIA, S., LUSTOSA, P. B., & BARROS, N. R. (2010). **Aplicabilidade do Método de Simulação de Monte Carlo na Previsão dos Custos de Produção de Companhias Industriais**. O caso da companhia Vale do Rio Doce, 4, 10, 152-173. São Paulo, SP: RCO - Revista de Contabilidade e Organizações. Acesso em 14 de Setembro de 2014, disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rco/article/view/34781/37519>

GERDAU. (2013). Gerdau fatura R\$ 71 milhões com venda de "restos" da produção. Acesso em 29 de Junho de 2014, disponível em <http://economia.ig.com.br/empresas/2013-03-08/gerdau-fatura-r-71-milhoes-com-venda-de-restos-da-producao.html>

GREEN METALS. (2014). **Seleção e Recuperação de Materiais**: Soluções Sustentáveis para a mineração. Fonte: Green Metals: <http://www.greenmetals.com.br/>

IABr. (2012). Instituto Aço Brasil. **A indústria do aço no Brasil** "Encontro da Indústria para a sustentabilidade". Brasília, GO. Acesso em 02 de Outubro de 2014, disponível em http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/downloads/livro_cni.pdf

IABr. (2014). Sustentabilidade "Reciclagem". Fonte: Instituto Aço Brasil: <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/sustentabilidade/reciclagem.asp>

IPEA. (2012). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: **Diagnósticos dos Resíduos Sólidos Industriais**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília. Fonte: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriospesquisa/120927_relatorio_residuos_solidos_industriais.pdf

KALYONCU, R. S. (2000). **Geological Survey Minerals Yearbook**. Slag - Iron and Steel. Estados Unidos. Acesso em 25 de Junho de 2014, disponível em http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_&_steel_slag/790400.pdf

KOOCHE, José Carlos (1997). Elementos textuais. In: KOOCHE, José Carlos. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 14. ed. rev. e ampl. Petrópolis: Vozes, 1997.

LACERDA, L. (2008). **Logística reversa**: Uma Visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. Acesso em 12 de Junho de 2014, disponível em Eco Desenvolvimento: <http://www.ecodesenvolvimento.org/biblioteca/artigos/logistica-reversa-uma-visao-sobre-os-conceitos>

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Pesquisa. In: LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Técnica de pesquisa**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Atlas, 1996. p. 15-123.

LIRA, Sachiko Araki (2004). **Análise de correlação**: Abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, Brasil: Acesso em 03 de Julho de 2015, disponível em: http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/dissertacao_sachiko.pdf

MARCA AMBIENTAL. (2014). Central de Tratamento de Resíduos. Cariacica, ES, Brasil.

MOURA, W. A. (2000). Avaliação de propriedades mecânicas de cobre como adição e como agregado miúdo para concreto. Fonte: SCIELO: <http://www.scielo.br/pdf/rem/v62n2/v62n2a14.pdf>

MTE. (13 de Junho de 2014). Ministério do Trabalho e Emprego. Fonte: MTE: www.mte.gov.br

NASCIMENTO, J. F., & LANGE, L. C. (2005). Associação dos Engenheiros do DER/MG. Acesso em 11 de Junho de 2014, disponível em ASSENDER: <http://www.assender.com.br/trabalhos/viasgerais5/escoria-de-aciaria.pdf>

NSA. (2014). National Slag Association. Acesso em 25 de Julho de 2014, disponível em <http://www.nationalslag.org/>

NTC. (2014). Associação Nacional de Transporte de Cargas e Logística. Fonte: <http://www.ntc.org.br/principal.asp>

OLIVEIRA, J. R. (2005). **Resíduos Sólidos Industriais**. Geração de Resíduos. São Paulo, SP. Acesso em 29 de Junho de 2014, disponível em <ftp://ftp.cefetes.br/cursos/MetalurgiaMateriais/Joseroberto/P%D3S/AULAS/2-Dados%20de%20gera%E7%E3o%20de%20Res%EDduos.pdf>

OLIVEIRA, T. N., PEIXOTO, R. A., & ALVES, V. d. (2007). Grupo de Pesquisa em Resíduos Sólidos Industriais (RECICLOS). Comportamento de blocos de concreto produzidos com escória de aciaria para alvenarias. Belo Horizonte, MG. Acesso em 18 de Maio de 2014, disponível em <http://www.acquacon.com.br/cobesa/apresentacoes/pap/pap002027.pdf>

PEIXOTO, R. A. (2011). Escória de Aciaria. Aspectos técnicos e ambientais da utilização de Resíduos Sólidos Industriais em construção civil. Minas Gerais, Brasil.

PEREIRA, A. L. (2013). **Logística Reversa e Sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning.

RAMOS, F. M., POLISSENI, A. E., & FREESZ, J. S. (2014). **Portal Met@lica**. Gestão ambiental da escória de aciaria. Fonte: <http://www.metalica.com.br/gestao-ambiental-da-escoria-de-aciaria>

RECEITA FEDERAL. (2014). Secretaria da Receita Federal do Brasil. Acesso em 15 de Novembro de 2014, disponível em Ministério da Fazenda: <http://www.receita.fazenda.gov.br/Aliquotas/ContribPj.htm>

RLV. (2014). RLV Soluções Empresariais - Planilhas de Preços. Fonte: Transporte e Economia: <http://www.rlvsolucoes.com.br/mapa.html>

RUIZ, João Álvaro. **As três partes lógicas do texto**. In: RUIZ, João Álvaro. Metodologia Científica. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1996. Cap. 3, p. 74-77.

SACHS, Ignacy (2013). Paradigma do Crescimento Responsável. Publicação para Organiza Consultoria (Consultoria Organizacional e Treinamento Gerencial). Publicado em (13 de Agosto de 2013). Acessado dia 14/Julho/2015 Disponível em: http://organizaconsultoria.com.br/publicacao/publicacao_detalhes.asp?id=245

SANTOS, D. H. (2013). **Monografia Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP**. Análise de blocos de concreto com escória de aciaria para uso em alvenaria modular, 79. Ouro Preto, MG, Brasil.

SEBRAE. (2012). **Centro Sebrae de Sustentabilidade**. Cresce o uso de sucata na produção de aço do país. Fonte: <http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Not%C3%ADcias/Cresce-o-uso-de-sucata-na-produ%C3%A7%C3%A3o-de-a%C3%A7o-do-pa%C3%ADs>

SEMAD. (2014). Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Fonte: Portal meio ambiente MG: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/suprams-regionais>

SINDUSCON, (2014). Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais. Fonte: <http://www.sinduscon-mg.org.br/index.php/cub/>

SHED . (2014). Shed Galpões. Fonte: <http://shed.com.br/>

SICETEL, (2013). **Produção Mundial de Aço Bruto**. Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Trefilação e Laminação de Metais Ferrosos: http://www.sicetel.org.br/download/analise_mercado_aco2013.pdf

SOUSA, G. M. (2007). **Dissertação de Mestrado**. Estudo experimental de escória de aciaria para fins de caracterização tecnológica como material de lastro ferroviário em vias sinalizadas. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. Fonte: <http://www.nugeo.ufop.br/joomla/attachments/article/19/1.%20Gustavo%20Marcal%20de%20Souza.pdf>

SOUZA, B. P. (2013). **Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP**. Pavimentos ecológicos permeáveis, 83. Ouro Preto, MG, Brasil.

SOUZA, S. F., & FONSECA, S. U. (2008). **Logística Reversa**. Oportunidades para redução de custos em decorrência da evolução do fator ecológico.

SOBRAL, Ricardo Franklin Cavalcanti Sobral. **Viabilidade econômica de usina de reciclagem de resíduos da construção civil**, João Pessoa-PB, 2012. Dissertação de Mestrado, UFPB.

TEIXEIRA, D. L., & SOLLERO, L. P. (2009). **Usina de asfalto com base em agregado siderúrgico**. Modelos de localização, 104. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Acesso em 25 de Julho de 2014, disponível em <http://www.petroleo.ufrj.br/lorde/?q=node/2313>

TOCCHETTO, M. R. (2005). Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais. Santa Maria. Acesso em 21 de Junho de 2014, disponível em <http://www.blogdocancado.com/wp-content/uploads/2012/04/gerenciamento-de-residuos-solidos-industriais.pdf>

VALENTE, A. M., NOVAES, A. G., PASSAGLIA, E., & VIEIRA, H. (2001). **Gerenciamento de transportes e frotas**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning. Acesso em 15 de Maio de 2014

VDL Siderurgia Ltda. (2012). **Licença Ambiental (Beneficiamento de Escória)** - parecer único nº 443/2012 - protocolo nº 1005152/2012. Superintendência Regional de Regularização Ambiental Central Metropolitana (SUPRAM CENTRAL). Itabirito, MG, Brasil. Acesso em 29 de Junho de 2014, disponível em: <http://www.semad.mg.gov.br/images/stories/61-velhas/17.2-vdl-pu.pdf>

VILELA, A. C. (2006). **Sustentabilidade do setor siderúrgico**. Geração e processamento da escória de aciaria e sua transformação em agregado siderúrgico. São Paulo, SP, Brasil. Acesso em 29 de Junho de 2014.

YORIYAZ, Hélio (2009). **Método de Monte Carlo**: princípios e aplicação em Física Médica. Artigo de Revisão, Revista Brasileira de Física Médica 2009; 3(1):141-9. Fonte: <http://www.ipen.br/biblioteca/2009/14528.pdf>

ZANLUCA, J. C. (2013). Cálculos de Encargos Sociais e Trabalhistas. Publicado (2013): <http://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/custostrabalhistas.htm> (Acesso 13 de Novembro de 2013).

ZENITH. (2014). **Shanghai Zenith and Construction Machinery Co., Ltd.** Solução e Cotação de Planta Agregado. Shanghai, China. Fonte: <http://zenithdream.en.made-in-china.com/>

APÊNDICES

APÊNDICES 1 – E-MAIL SOBRE CUSTOS PARA DESTINAÇÃO

A figura 27 refere-se ao e-mail contendo informações sobre o custo para destinação final da escória de aciaria por tonelada (MARCA AMBIENTAL, 2014).

Contato pelo Site(6)

Felipe Costa Silva

Para Eu

Hoje em 11:21 PM

Boa Noite, Deyvid.

O Valor por tonelada para destinação final é de R\$40,00 por tonelada. Caso a quantidade seja por um longo período, poderemos trabalhar melhor o preço.

Fico à disposição.

Atenciosamente,



Felipe Costa Silva.
Supervisor de Contratos
felipe.silva@marcaambiental.com.br | www.marcaambiental.com.br
+ 55.27 | 2123.7700 | 9942.5311

LinkedIn Facebook

Rodovia BR 101 - Km 282 - Estrada do Contorno
Bairro Nova Rosa da Penha - Caracacia - ES - CEP 29157-400

Integrated Waste Management

RESSOCIALIZAÇÃO PELO TRABALHO
A CADA ALMOÇA SEMA SEM

ANTES DE IMPRIMIR
pense em seu compromisso
com o meio ambiente.

Figura 27 - Print e-mail, custo destinação final EAC (MARCA AMBIENTAL, 2014).

APÊNDICES 2 – LICENÇA DO SOFTWARE

A Figura 28 é a licença do *software Oracle Crystal Ball* utilizado para comprovar os resultados da viabilidade econômica do projeto.



Figura 28 - Licença do Software Oracle Crystal Ball

APÊNDICES 3 – ORÇAMENTO PLANTA DE BENEFICIAMENTO



SHANGHAI ZENITH COMPANY
MINING & CONSTRUCTION EXPERT



SOLUÇÃO E COTAÇÃO de PLANTA AGREGADO

Capacidade: 50TPH

Tipo: Fixo

Attn: Deyvid Ricardo Ramos Gonçalves

Location: Brazil

DATE: 2014/9/17



Shanghai Zenith Mining and Construction Machinery Co., Ltd.

Add: No.416 Jianye Road, Shanghai, China

Tel: (11)96076 2109 Fax: 0086-15821590137

E-mail: americatina2@zenithcrusher.com

| Part 1 COTAÇÃO RESUMO LISTA | | |
|---|------------------------------|----------------------|
| ITEM | DESCRIÇÃO | Preço Subtotal (USD) |
| PART-1 | Principal Machinery Preço | 391,542 |
| PART-2 | Peças de desgaste (Opcional) | 9,040 |
| PART-3 | Estrutura de aço (Opcional) | 57,288 |
| PART-4 | Commercial Terms detalhadas | |
| Original Custo FOB Shanghai | | 391,542 |
| <p>Nota: Os produtos acima, incluindo as peças livres com certificado CE e seguem o padrão ISO9001; Desenhe sua atenção para as Motors (Alemanha Siemens Brand); Rolamentos (marca americana Timken); Fornecedor de aço: chinês Bao Steel.www.baosteel.com)</p> | | |





Shanghai Zenith Mining and Construction Machinery Co., Ltd.

Add: No.416 Jianye Road, Shanghai, China

Tel: (11)96076 2109 Fax: 0086-15821590137

E-mail: americalatina2@zenithcrusher.com

PART-1 Main Machinery Preço

A planta foi projetada com base no seguinte:

1. Material: Escória de Aciaria
2. Capacidade da planta: 50 toneladas por hora
3. Tipo de planta: Fixo
4. Tamanho final:0-4.8mm (tamanhos finais pode ser ajustado)

| No. | Item | Modelo | Potencia | Preço | Qty | Preço Total |
|-----|--|-----------------|----------|-----------|-----|------------------|
| | | | (kw) | (USD) | | (Set) |
| 1 | Alimentador vibratório | GZD850×3000 | 4.4 | \$9,487 | 1 | \$9,487 |
| 2 | Britador de mandibula | PE500*750 | 55 | \$33,034 | 1 | \$33,034 |
| 3 | Britador Conico | S36"(std) | 75 | \$82,162 | 1 | \$82,162 |
| 4 | Peneira Vibratoria | 2YK1848 | 18.5 | \$24,109 | 1 | \$24,109 |
| 5 | tritador de rolo | 2PGS-1500Y(ore) | 180 | \$112,052 | 1 | \$112,052 |
| 6 | Separador Magnético | CTL-0818 | 11 | \$14,903 | 1 | \$14,903 |
| 7 | Polia Magnética | TLYL-0607 | | \$9,284 | 1 | \$9,284 |
| 8 | Polia Magnética | TLYL-0609 | | \$12,215 | 1 | \$12,215 |
| 9 | 1#correia transportadora | B650×22M | 15 | \$11,089 | 1 | \$11,089 |
| 10 | 2#correia transportadora | B800×(21+8)M | 15 | \$20,081 | 1 | \$20,081 |
| 11 | 1#correia transportadora | B500×20M | 15 | \$8,943 | 1 | \$8,943 |
| 12 | 2#correia transportadora | B500×18M | 15 | \$8,228 | 1 | \$8,228 |
| 13 | 3#correia transportadora | B500×15M | 7.5 | \$7,154 | 1 | \$7,154 |
| 14 | 4#correia transportadora | B500×15M | 5.5 | \$7,154 | 4 | \$28,616 |
| 15 | Sistema de Controle (Siemens Componentes) | | 416.9 | \$10,185 | 1 | \$10,185 |
| 16 | Preço total para as máquinas principais | | | | | \$391,542 |

Add: No.416 Jianye Road, South Jinjiao Area, Pudong, Shanghai, China Zip: 201201
Tel: 0086-21-58386258 0086-21-58386258 Fax: 0086-21-58385867

[Http://www.zenithcrusher.com](http://www.zenithcrusher.com)

E-mail: info@zenithcrusher.com





Shanghai Zenith Mining and Construction Machinery Co., Ltd.

Add: No.416 Jianye Road, Shanghai, China

Tel: (11)96076 2109 Fax: 0086-15821590137

E-mail: amerialatina2@zenithcrusher.com

| PART-2 Peças de desgaste (opcional) | | | | | | |
|--|--|---|-------|---------------|----------------|---|
| No. | Item | Modelo | Qty | Preço Unidade | Preço total | Foto |
| | | | (Set) | (USD) | (USD) | |
| 1 | Peças de desgaste de britador de mandíbula PE500×750 | Placa de mandíbula fixa 1pc/set | 1 | \$1,373 | \$1,373 |  |
| 2 | | Placa de mandíbula móvel 1pc/set | 1 | \$1,373 | \$1,373 |  |
| 3 | | Placas laterais (direito e esquerdo) 2pc/set | 1 | \$855 | \$855 |  |
| 4 | | Placa de alternância 1pc/set | 1 | \$196 | \$196 |  |
| 6 | Peças de desgaste de britador Conico S36"(std) | Mental e bacia 2pc/set | 1 | \$3,042 | \$3,042 |  |
| 9 | Peças de desgaste de peneira | Tela 2YK1848 2pcs/set | 6 | \$367 | \$2,202 |  |
| 10 | Preço total para peças de desgaste | | | | \$9,040 | |



Shanghai Zenith Mining and Construction Machinery Co., Ltd.

Add: No.416 Jianye Road, Shanghai, China

Tel: 0055(11)96076 2109 Fax: 0086-15821590137

E-mail: americalatina2@zenithcrusher.com

| PART-3 Aço Estrutura Base (Opcional) | | | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------|-------|------------|---------------|-------------|
| No. | Item | Modelo | Peso da unidade | Qty | Peso Total | Preço Unidade | Preço Total |
| | | | (T) | (Set) | (T) | (USD) | (USD) |
| 1 | Saltador | LC3000X4000 | 3.5 | 1 | 3.5 | 7,125 | 7,125 |
| 2 | GZD930PE575 | Apoiar Chassis | 10.608 | 1 | 10.608 | 21,596 | 21,596 |
| | | Manter plataforma com trilhos | | | | | |
| | | Output Hopper | | | | | |
| | | Covers de aço | | | | | |
| | | Escada com corrimão | | | | | |
| 3 | Symons cone crusher S31"(std) | Apoiar Chassis | 6.036 | 1 | 6.036 | 12,288 | 12,288 |
| | | Manter plataforma com trilhos | | | | | |
| | | Covers de aço | | | | | |
| | | Output Hopper | | | | | |
| | | Escada com corrimão | | | | | |
| 4 | Steel Structure for Screen 3YK1860 | Apoiar Chassis | 7.996 | 1 | 7.996 | 16,279 | 16,279 |
| | | Manter plataforma com trilhos | | | | | |
| | | cobertura superior | | | | | |
| | | Hopper sob peneira | | | | | |
| | | Cauda Tela Hopper Escada com corrimão | | | | | |
| 5 | Preço total para o aço base de estrutura | | | | | | 57,288 |



Shanghai Zenith Mining and Construction Machinery Co., Ltd.

Add: No.416 Jianye Road, Shanghai, China

Tel: (11)96076 2109 Fax: 0086-15821590137

E-mail: americalatina2@zenithcrusher.com

PART-4 Commercial Terms detalhadas

1. Tempo de entrega: dentro de 50 dias úteis após receber o depósito. Carregando data está com 10 dias úteis após o recebimento do pagamento integral. O Vendedor não será responsável por falhas ou atrasos da entrega em consequência de quaisquer incidentes força maior ou qualquer fator antrópico grave causada pelo comprador.

2. Termos de preço: FOB Shanghai Porto

3. Embalagem: Os produtos devem ser processados para ser rustproof ea umidade prova antes da entrega. As peças pequenas são embalados em caixas de madeira; as grandes peças são envolvidos por folhas de plástico.

4. Pagamento: T / T ou L / C. em dinheiro (20% do valor total), a ser pago após a assinatura do contrato de venda, o valor restante a ser pago pelo irrevogável na vista L / C inaugurado pelo Banco Mundial ou pelo famoso TT antes da entrega dos bens.

5. Documentos: O Vendedor deve apresentar documentos técnicos e comerciais relevantes para o comprador afte recibo do depósito. Incluir: Desenho do trabalho da Fundação.

6. Inspeção: O comprador pode enviar as pessoas para vir para a fábrica do vendedor para a inspeção do processo de produção após o pagamento do depósito, a venda pode ser responsável pelo alojamento. Quando os bens prontos, nenhuma inspeção terceiros também muito bem vindos.

7. Instalação: Pelo menos dois dos técnico geral qualificado (s) para supervisionar a montagem, instalação, comissionamento e treinar o operador local será fornecido após o vendedor confirma a preparação para a instalação está pronta no local do comprador. O técnico com o chinês Inglês ou habilidade língua chinesa árabe. O comprador deve preparar os materiais necessários, ferramentas, trabalhos humanos e oferecer a assistência necessária. (Mas as ferramentas básicas como chave especial; Chave inglesa ajustável; etc será fornecido em conjunto, como de costume). O custo local razoável de que o técnico (s) durante o período de instalação, incluindo o alojamento, bilhete de ida e volta, seguro, taxa de comunicação, etc são na conta para o buyer. In os primeiros 30 dias, o comprador deve pagar 30USD por dia por pessoa para os técnicos; Mas USD 60 dólares para os dias extras por dia por pessoa.

O vendedor tem a obrigação de instalar as máquinas de sourcing de outro fornecedor a pedido do comprador.

8. **Garantia:** A.All equipamento é garantido livre de defeitos ou falhas de material e fabricação por um período de operação de 12 meses ou 15 meses de fábrica sair do vendedor (o que ocorrer primeiro); B.During o período de garantia, se houver defeito de qualidade sério ser encontrado nas máquinas contratuais, o vendedor deve negociar e resolver o problema por reparar ou substituição por peças novas. Se os defeitos são fatais e não podem ser recuperados, o vendedor deve aceitar o retorno de máquina correspondente e reembolso para o comprador, sem tomar qualquer outra responsabilidade ou despesa; garantia C.This exclui danos causados por negligência, falta de cuidado, manutenção incorreta, lubrificação ou operação, ou qualquer modificação não autorizada; D. O vendedor não vai garantir a qualidade das máquinas ou outros bens sourcing de outro fornecedor a pedido do buyer.E. Pós-Venda centro serviço 24 horas linha quente para resolver a dificuldade que o comprador talvez encontrar; e quando em situação de emergência, engenheiro de Dubai Filial também estará disponível para o serviço pós-venda.

9. **Tempo válido:** Esta citação será eficaz no prazo de 30 dias após a emissão.

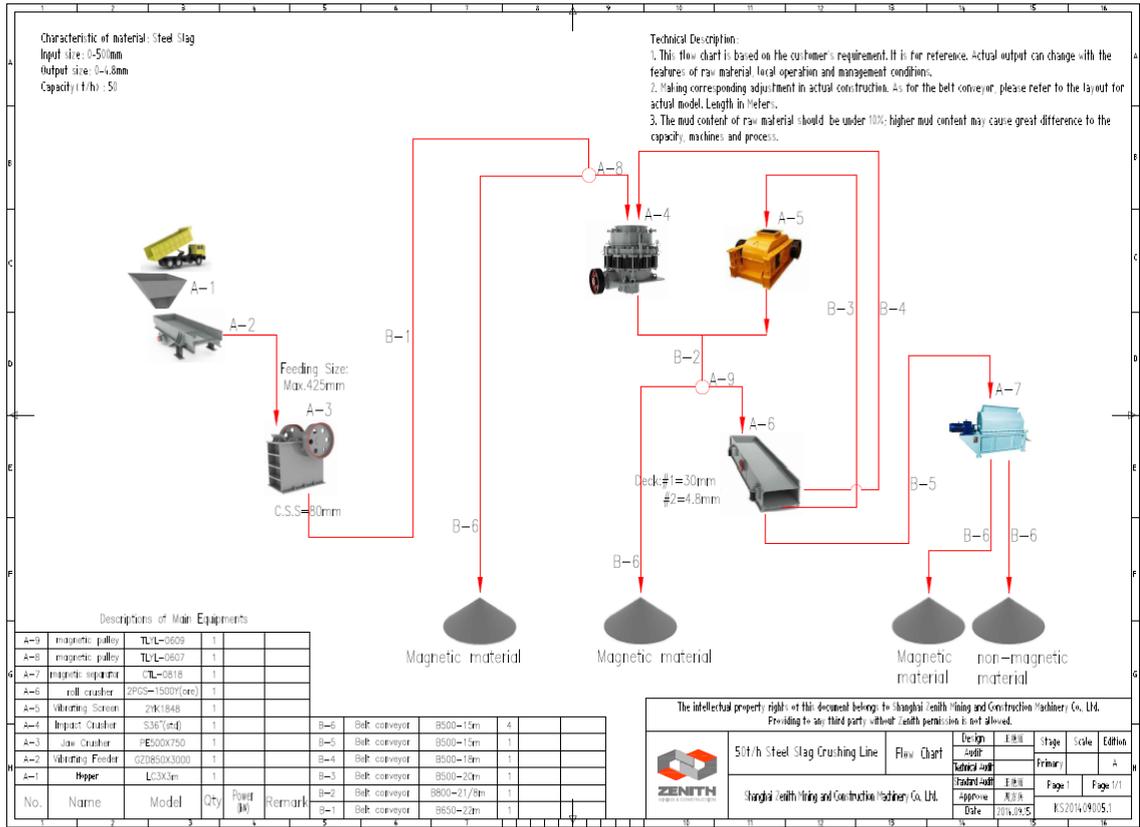
Production-based Advantage



Over **300,000** square meters
Influential in the Yangtze River Delta region



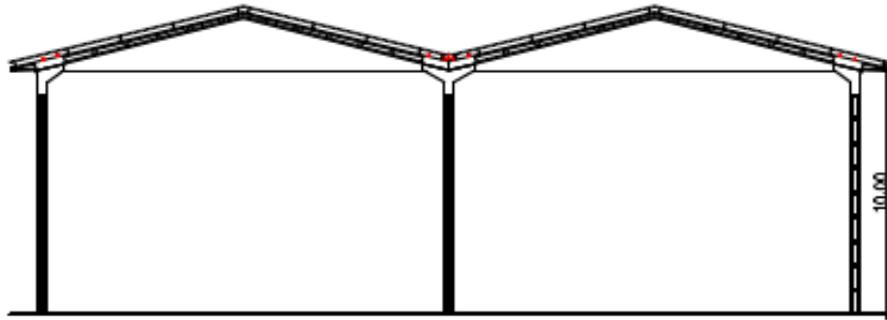
www.zenithcrusher.com



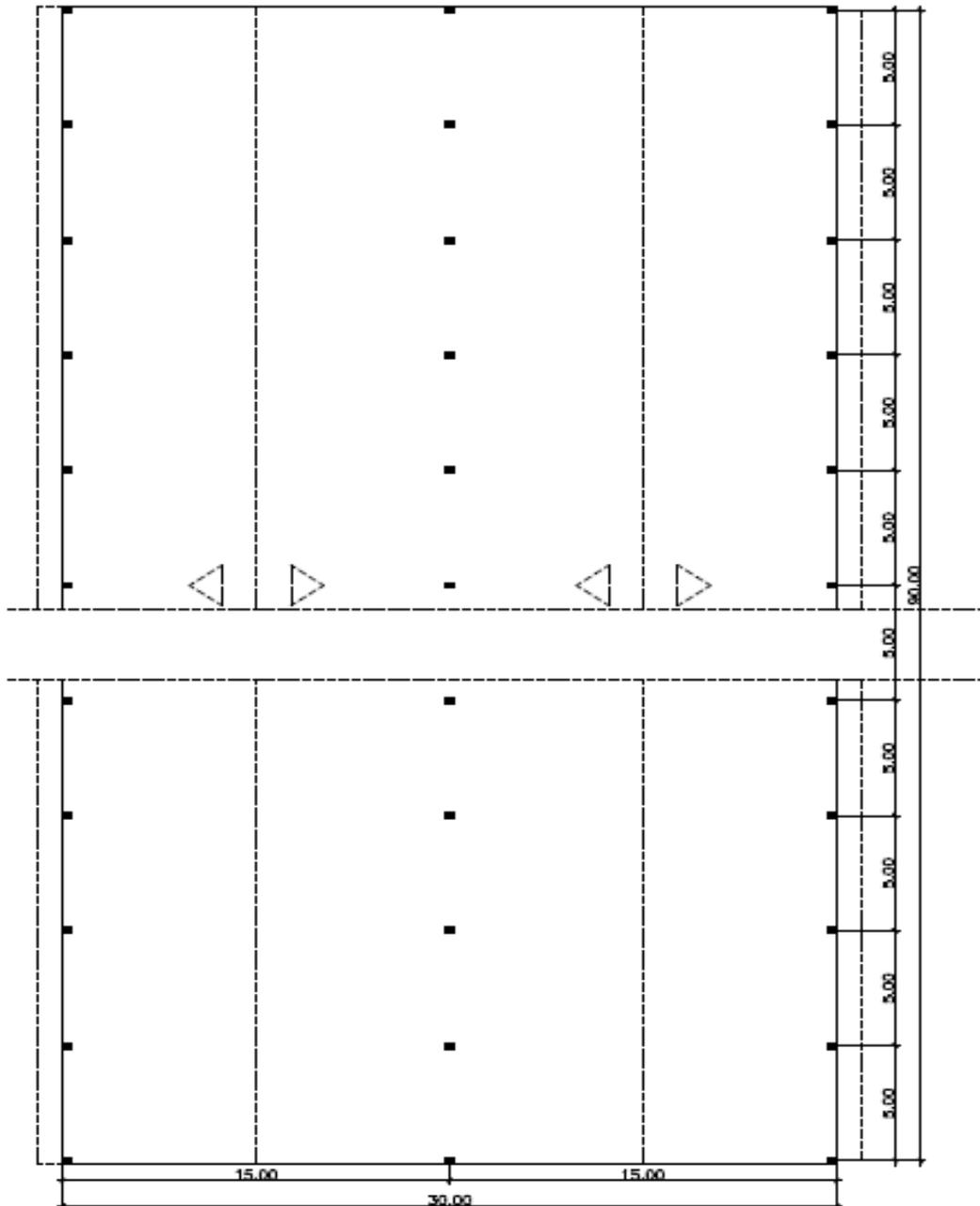
APÊNDICES 4 – ORÇAMENTO SHED GALPÕES

| | | | | | | | |
|--|--|---------------------------------------|--------------------|----------------------|--|--------------|---|
| Shed | | <h1>ORÇAMENTO</h1> | | | | | |
| Galpões | | GALPÃO PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO | | Nº: P121/2015 | | | |
| Contratante | Nome: Deyvid Ricardo Ramos Gonçalves | | | | | | |
| | Endereço: Rua Alfa, 164A | | | | | | |
| | Bairro: Bauxita | | Cidade: Ouro Preto | | UF: MG Cep: 35400-000 | | |
| | Telefone: (31)3551-7266 (31)9251-6813 | | Fax: | | | | |
| | Contato: Sr. Deyvid | | Cel: | | Contato: | | |
| | e-mail: deyvid.ricardo@yahoo.com.br | | | | | | |
| Obra | Endereço: Preço para montagem dentro do estado do Rio de Janeiro | | | | Bairro: | | |
| | Cidade: Rio de Janeiro | | UF: RJ | | Cep: | | |
| Especificações | Descrição | Quant. | Largura | Comp. | Altura | TOTAL | Espaç. entre Pórticos: 5,00 x 5,00m |
| | Galpão Duplo | 01 | 30,00 | 90,00 | 10,00 | 2.700,00 | Terça: CONCRETO |
| | Beiral Lateral | 02 | 1,00 | 90,00 | x.x.x. | 180,00 | Telha: Fornecida pelo cliente |
| | x.x.x.x.x.x.x.x.x.x | x.x.x | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | Sobrecarga do Mezanino: x.x.x. |
| | x.x.x.x.x.x.x.x.x.x | x.x.x | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | Misula P/ Ponte Rolante: x.x.x. |
| | x.x.x.x.x.x.x.x.x.x | x.x.x | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | Seção do Pilar do Galpão: x.x.x. |
| | x.x.x.x.x.x.x.x.x.x | x.x.x | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | |
| | x.x.x.x.x.x.x.x.x.x | x.x.x | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | |
| | x.x.x.x.x.x.x.x.x.x | x.x.x | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | x.x.x. | |
| | TOTAL M² DA OBRA | | | | | | 2.880,00 |
| Observações | 1) A fundação da obra será executada considerando-se a resistência mínima do terreno de 2 Kg/cm ² . A CONTRATADA, poderá exigir a realização de sondagem por firma especializada à custos do CONTRATANTE, sempre que houver suspeita de que o terreno não apresente tal resistência; | | | | | | |
| | 2) Ficará a cargo do cliente o fornecimento de todo concreto usinado necessário para a realização da fundação. | | | | | | |
| | 3) O cliente deverá fornecer laudo de sondagem, para a exata dimensão da fundação. Se necessário o uso de martelo, será fornecido pelo cliente. | | | | | | |
| | 4) O presente orçamento inclui: Mão de obra e ferragens de fundação, cobertura (mão de mão e material de fixação), transporte e ART/CREA. | | | | | | |
| | 5) O presente orçamento não inclui: Estaqueamento, legalização, piso, laje, fechamento lateral e frontal | | | | | | |
| | 6) O presente orçamento inclui: 90 metros de calha galvanizada 0,50mm s/ duto de dsvida. | | | | | | |
| Preços | Galpão: R\$ 550.800,00 (Quinhentos e cinquenta mil, oitocentos Reais) | | | | | | |
| | Calha: R\$4.050,00(Quatro mil, cinquenta Reais) | | | | | | |
| | x.x.x.x.x.x x.x.x.x.x. | | | | | | |
| Valor Total da Obra: R\$ 554.850,00 (Quinhentos e cinquenta e quatro mil, oitocentos e cinquenta Reais) | | | | | | | |
| Cond. Pagamento | 1ª Parcela - Sinal | | R\$ | 164.850,00 | 7ª Parcela - 180 dd | | R\$ 65.000,00 |
| | 2ª Parcela - 30dd | | R\$ | 65.000,00 | | | |
| | 3ª Parcela - 60dd | | R\$ | 65.000,00 | | | |
| | 4ª Parcela - 90dd | | R\$ | 65.000,00 | | | |
| | 5ª Parcela - 120dd | | R\$ | 65.000,00 | | | |
| | 6ª Parcela - 150dd | | R\$ | 65.000,00 | | | |
| ATENÇÃO | Fornecimento de pontos de água e energia; WC (banheiro); Guarda de materiais e equipamentos; Acesso ao local para trânsito de veículos pesados; O terreno deverá estar terraplenado, nivelado e desobstruído; Estaqueamento se necessário; Demolições de edificações, contra-pisos, pisos, etc., no local da montagem. | | | | | | FINANCIAMENTOS |
| | | | | | | |  |
| Representante | <i>Jane Dester</i> | | | | Validade do Orçamento: 05 dias | | |
| | _____ JANE DESTER (24) 7836-4925 81*47952 | | | | Início da Obra: 90/120 dias montado | | |
| | | | | | Data: Piraí, 04 de Julho de 2015 | | |
| Estrada PI-22, s/nº (Condomínio industria II) - Arrozal - Piraí - RJ - Cep: 27185-000 - CNPJ: 10.431.192/0001-44 INSC. EST.: 78.682.434 - TELEFAX: (24) 3333-2005 - e-mail.: galpoes@shed.com.br - Site: www.shed.com.br | | | | | | | |

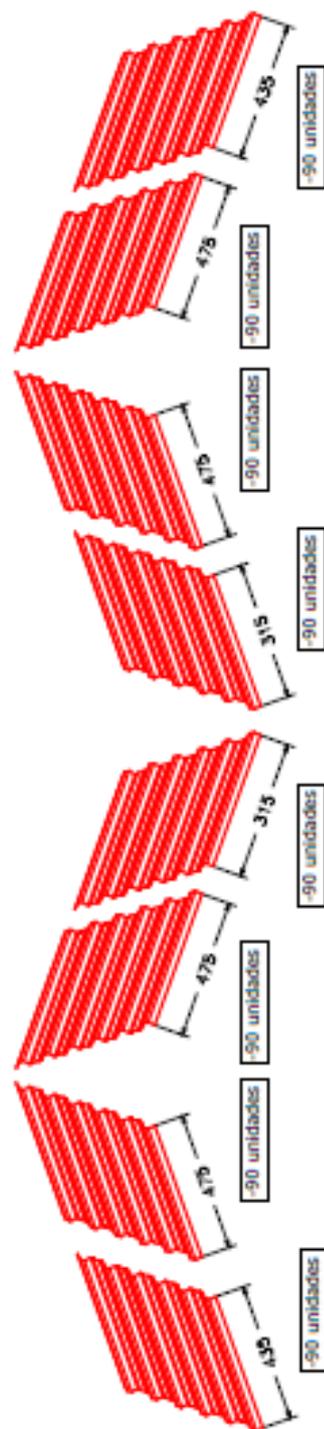
Cliente: Deyvid Ricardo Ramos Gonçalves
Orçamento nº: P121/2015



Elevação Frontal



Cliente: Deyvid Ricardo Ramos Gonçalves
Relação de Telhas para Cobertura do Galpão



Modelo da Telha: Telha Galvalume 0,50mm
-180 cumeleiras aba 40 sem preenchimento de EPS

Quantitativo: TELHA GALVALUME TRAPEZIO RT-40/1020

Dimensões:

- 435cm - 180 Unidades
- 475cm - 360 Unidades
- 315cm - 180 Unidades

CUMEEIRA GALVALUME TRAPEZIO RT-40/1020 ABA 40 X 400 MM -180 Unidades

-Cotas em cm
Shed - 04/07/2015