



AVALIAÇÃO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM RESÍDUOS SIDERÚRGICOS¹

Márcio Zamboti Fortes²
Marcos Vernei Brum Ferreira³
Carlos Jesivan Marques Albuquerque⁴

Resumo

O descarte de resíduos é ação humana crescente nos dias atuais. Porém, a sociedade como um todo, e mais especificamente as indústrias, vêm buscando alternativas para redução da geração e do descarte de resíduos, utilizando-os de forma eficiente e rentável. Este trabalho avalia a possibilidade de utilização do resíduo industrial gerado através da reciclagem da sucata, como uma oportunidade de fonte química para geração de energia elétrica. Tal possibilidade revela oportunidades de ganho com expectativas futuras de utilização da tecnologia envolvida. É apresentado estudo de viabilidade, sob os pontos de vista técnico e econômico, em que se abordam questões de custos como movimentação, tratamento e manutenção de aterros sanitários para estocagem, além de investimentos e custos para produzir a energia. O trabalho aborda ainda, avaliação da viabilidade e aspectos ambientais envolvidos na proposição feita.

Palavras-chave: Geração; Resíduos siderúrgicos; Reciclagem.

EVALUATION OF ELECTRIC ENERGY GENERATION WITH METAL SCRAPS

Abstract

Nowadays, the discarding of waste is increasing due human act. However, the whole society, in special the industrial group has looking for alternatives to reduce de generation and discard of residues using them in an efficient and profitable way. This paper analyzes the opportunities that the industrial residues reuse can have, once it became a chemistry supply for electrical generation. This possibility shows us a great gain in the future due to new technology. This paper presents a study about viability considering technical and economic aspects, presenting aspects about moving, treatment and maintenance of landfill deposits to stock unusual materials. Besides it analyzes investments and costs to generate energy. This paper treats viability and environmental aspects of this proposal.

Key words: Generation; Metal scraps; Recycling.

¹ Contribuição técnica ao 31º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 25º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 17 a 20 de agosto de 2010, Foz do Iguaçu, PR

² Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Federal Fluminense.

³ Engenheiro Eletricista, Universidade Severino Sombra.

⁴ Mestre em Engenharia Elétrica, Universidade Severino Sombra.



1 INTRODUÇÃO

O tema central deste trabalho trata da busca de uma solução para a geração de energia elétrica a partir da utilização da impureza gerada na reciclagem da sucata, matéria prima essencial básica na fabricação do aço, com contribuição também na redução do passivo ambiental da biomassa agregada. A idéia busca tornar real o conceito da reutilização no processo produtivo de parte da matéria prima a princípio descartada. O cenário que se apresenta a partir idéia aqui exposta pode representar um novo modelo para empresas que vêm reforçando profundas mudanças na indústria do aço, com significativos diferenciais competitivos transferidos ao produto final que chega à mão do consumidor. Outro fator que serve de elemento motivador para a reciclagem da sucata é a reutilização de materiais que praticamente estariam inutilizados para a sociedade consumidora e que de alguma forma retornam à cadeia produtiva, criando também uma nova vertente na qualificação de profissionais e geração de empregos.

A sucata, desde sua compra, processamento e preparação para o consumo, como matéria-prima básica no processo de fabricação do aço em algumas plantas siderúrgicas compõe, muitas vezes, parte considerável do custo de produção do aço. Pode-se afirmar que ela representa em algumas organizações o maior custo individual para o segmento de fabricação de aço.

De forma genérica, a sucata usada no processo siderúrgico é obtida pela eliminação de rejeitos industriais e a partir da obsolescência de bens de consumo e de capital. Pode ser gerada internamente à usina ou ser adquirida no mercado. Neste caso, antes de ser reaproveitada industrialmente e inserida na linha de produção da siderúrgica, a sucata precisa ser coletada e beneficiada, por meio de equipamentos, tais como: oxi-corte, prensas hidráulicas, tesouras móveis e shredders, entre outros. No processo de sua reciclagem, busca-se a conformação do material em dimensões padronizadas e a separação do componente ferroso da impureza, classificada como flufy. A impureza gerada neste processo ainda não é na atualidade utilizada para geração de algum bem consumível sendo disposta em pátios de resíduos como passivo ambiental de elevado custo de manutenção e sem perspectiva animadora para utilização. A cada ano, a siderurgia mundial utiliza cerca de 200 milhões de toneladas de sucata, sendo aplicadas em diversas formas e dimensões.⁽¹⁾ Estas sucatas, na maior parte das vezes, são entregues via rodovia ou ferrovia nos setores de conformação e reciclagem dentro da siderúrgica, seguindo padrões de inspeção visual e medição de radiação em seu recebimento com o objetivo de garantir a segurança operacional e a saúde ocupacional no ambiente industrial.

Dentro do cenário de beneficiamento, encontra-se a sucata de obsolescência, definida como bem de consumo de aço, inutilizado pelo fim de sua vida útil e, portanto, descartado pela sociedade: automóveis, eletrodomésticos, sucata de arame, armações, grades, retalhos de chapa finas, telas, cabos de aço, etc.

Dentro do aspecto físico da sucata, impureza é a designação de todos os componentes não ferrosos presentes e podem ser classificadas da seguinte forma:

- impurezas intrínsecas, que são aquelas necessariamente estão agregadas à sucata e que fazem parte das peças conforme sua natureza; como exemplo de impureza intrínseca pode-se citar: a pintura sobre a superfície, os revestimentos leves, a oxidação, os tratamentos químicos, entre outras; e

- impurezas extrínsecas, que são aquelas que podem estar agregadas ou apenas soltas em meio às sucatas; como exemplo de impureza extrínseca pode-se citar: a madeira, o plástico, a borracha, a lã de vidro etc.

Os processos de industrialização da sucata apresentam três objetivos principais. Em resumo:

- aumentar a densidade da sucata;
- retirar as impurezas como terra, concreto, vidro, madeira, borracha, lã de vidro, plásticos etc.; e
- reduzir o nível de residuais como Cu, Sn, Pb, entre outros.

Ao enfrentar a carência de locais adequados ou os altos custos para lançar os resíduos industriais, como também pelo fato de permitir minimizar os impactos ambientais por esses resíduos, considera-se a busca por soluções mais eficazes do que a simples dispersão no meio ambiente. Ao invés da simples disposição desses resíduos, passou-se a procurar alternativas mais lógicas, que se propõem a tratar, reaproveitar, minimizar ou até mesmo eliminar a geração dos resíduos. Cada alternativa pode contribuir para uma solução mais adequada ao problema.

O termo reciclagem significa de forma genérica trazer de volta ao ciclo produtivo matérias-primas, substâncias e produtos extraídos dos resíduos. Entretanto, quando se fala em reaproveitamento dos materiais, três enfoques distintos são considerados, quais sejam, a reciclagem, a recuperação e a reutilização, descritas de forma básica como se segue:

- reciclagem - quando há o reaproveitamento cíclico (volta ao ciclo produtivo) de matérias-primas de fácil purificação como, por exemplo, papel, vidro, alumínio etc.
- recuperação - no caso da extração de algumas substâncias contida nos resíduos, como, óxidos, metais etc.
- reutilização - quando o reaproveitamento é direto, sob a forma de um produto, tal como as garrafas retornáveis e certas embalagens reaproveitáveis, como sacos de linhagem, sacos de açúcar etc. Pode ser também o reaproveitamento do resíduo de uma indústria como matéria-prima para outra.

1.1 Classificações da Siderúrgica em Função da Matéria Prima e Aspectos Gerais sobre a Utilização da Sucata no Processo Siderúrgico

As usinas siderúrgicas podem ser divididas em dois grandes grupos: usinas integradas e usinas semi-integradas. Usina integrada é aquela cujo aço é obtido a partir de ferro primário, isto é, a matéria-prima é o minério de ferro, que é transformado em ferro na própria usina, nos altos-fornos; o produto dos altos fornos, chamado ferro-gusa, é transformado em aço através da operação de conversão. Usina semi-integrada é aquela cujo aço é obtido a partir do ferro secundário, isto é, a matéria-prima é sucata de aço, não havendo necessidade da etapa de redução do minério de ferro. A sucata é transformada novamente em aço comercial, por meio do emprego no Forno Elétrico a Arco (FEA). A Figura 1 mostra um *layout* simplificado de uma usina semi-integrada.



Figura 1. Cadeia produtiva de uma usina semi-integrada.

Durante o processo de produção e transformação do aço tem-se a geração de diversos tipos e em grande quantidade de resíduos gasosos e sólidos. Com a tendência das siderúrgicas buscarem o aumento de produtividade sem aumentar suas áreas de redução, as empresas têm aumentado a carga sólida nas aciarias. Muitas empresas estão optando por aciarias elétricas com eliminação de unidades de redução, por questões de custo e restrições ambientais, tornando imperativo desenvolver materiais que possam suprir estas aciarias. Na Europa e EUA, a tendência é de desativar as áreas de reduções por questões já mencionadas, aumentando a compra de semi-acabados, placas, blocos, tarugos e pães de gusa dos países em desenvolvimento, ampliando a produção de suas aciarias elétricas a partir de sucata. Este quadro implicará na elevação do preço de sucata e produtos semi acabados. Portanto, todo o esforço no melhor aproveitamento de resíduos que possam vir a gerar sucata alternativa, com emprego na própria geração de energia, através dos mesmos, será de enorme contribuição na questão econômica e viabilidade na operação das unidades. A Tabela 1 apresenta processos nos dias atuais já com reutilização de resíduos.

O rendimento metálico de uma aciaria semi-integrada operando com FEA chega a ser da ordem de 89% a 90%, ou seja, para a produção de 1.000 kg de aço bruto com correção de ligas metálicas (vanádio, ferro-silício, níquel, cromo etc.) emprega-se da ordem de 1.130 kg de sucata.

A busca contínua na melhoria dos processos converge para o conceito da reutilização e desta forma a utilização dos resíduos sólidos. Neste caso, a biomassa, oriunda da reciclagem da sucata pode desempenhar papel central na busca de melhores padrões de produtividade e eficiência, que contribuam para assegurar a solidez e prosperidade do negócio.

Tabela 1. Quadro de resíduos e suas reutilizações

Processo	Substancia Gerada	Reutilização
Caldeiras	Vapor de Processo	Refino Secundário
Limpeza de Gases de Alto-Forno	Lama de Alto-Forno	Produção de Sínter
Laminação	Carepa	Produção de Sínter
Lingotamento	Carepa	Produção de Sínter
Coqueria	Finos de Coque	Produção de Sínter
Coqueria	COG	Aquecimento de Painelas
Coqueria	Alcatrão	Produção de Piche
Fusão do Aço	Escória	Pavimentação de Estradas

1.2 Biomassa Alinhada ao Reaproveitamento

O termo biomassa abrange a matéria vegetal produzida através da fotossíntese e os seus derivados, como: resíduos florestais e agrícolas, resíduos animais e a matéria orgânica contida nos resíduos industriais, domésticos, etc. A biomassa é um tipo de matéria que pode ser utilizada na produção de energia a partir de processos como a combustão de material orgânico produzido e acumulado em um ecossistema. Parte dessa energia acumulada é empregada pelo ecossistema para sua própria manutenção. As vantagens na produção de energia a partir de combustão de material orgânico são o baixo custo, ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos e ser menos poluente que outras formas de energias, como a obtida a partir da utilização de combustíveis fósseis.

O uso da biomassa para geração de eletricidade tem sido alvo de vários estudos e aplicações, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. Razões como a busca de fontes mais competitivas de geração, redução das emissões de dióxido de carbono, diversidade da matriz energética, inclusão social e qualidade de vida, representam também oportunidades crescentes na utilização destas tecnologias.

No presente trabalho, a biomassa (aqui denominado *fluffy*) é oriunda do processo de reciclagem da sucata usada no processo.

1.3 Geração de *Fluffy* na Siderurgica Semi-Integrada

O resíduo industrial sólido gerado na reciclagem da sucata é denominado *fluffy* (Figura 2). Este resíduo é constituído de lã de vidro, madeira, plástico, borracha, nylon, partículas de vidro, entre outros componentes. O processo de geração do *fluffy* advém da reciclagem da sucata através de equipamento especial, o Shredder.

Este equipamento é composto basicamente de uma esteira que ao movimentar-se abastece com a sucata um moinho de martelos movido por um motor e controlado por um reostato líquido que ajusta a velocidade do sistema. Após o processo de fragmentação, um sistema de despoeiramento, composto por dois ventiladores e um lavador de gases, é responsável pela captura e retirada das impurezas e como consequência, através de um conjunto de separadores magnéticos a sucata metálica de interesse é obtida. A sucata é fragmentada na busca de maiores densidades e menores dimensões com níveis extremamente baixos de impurezas, proporcionando um desempenho diferenciado na operação do FEA em comparação aos fornos que não utilizam este tipo de material em suas cargas ou planilhas de carga fria (PCF). O desempenho diferenciado neste caso é caracterizado a partir de um menor consumo de energia, redução do consumo de

eletrodo na fusão da sucata e um menor consumo de refratário. Todos estes benefícios surgem em função da preparação da sucata com a retirada da impureza.



Figura 2. Fluffy gerado a partir da reciclagem da sucata.

Após o processo de separação magnética a sucata fragmentada é transportada através de correia até o pátio de preparação de cestões (PPC) para ser empregada no FEA, completando-se assim o processo de reciclagem da sucata e atendimento aos requisitos internos de qualidade.

A etapa seguinte é o descarte dos sólidos indesejáveis e sem função na obtenção do aço. Os resíduos gerados no fim desta cadeia são divididos e classificados em materiais nobres (alumínio, manganês, cobre, aço inox etc.) e a impureza denominada *fluffy* com granulométricas diversas.

A destinação do *fluffy* passa, a partir de então, a ser um problema dentro deste cenário siderúrgico, devido aos elevados custos na estocagem, investimentos em novos aterros e a falta de perspectiva na utilização do mesmo.

O gráfico da Figura 3 apresenta um histórico da geração de *fluffy* na empresa estudada neste trabalho.

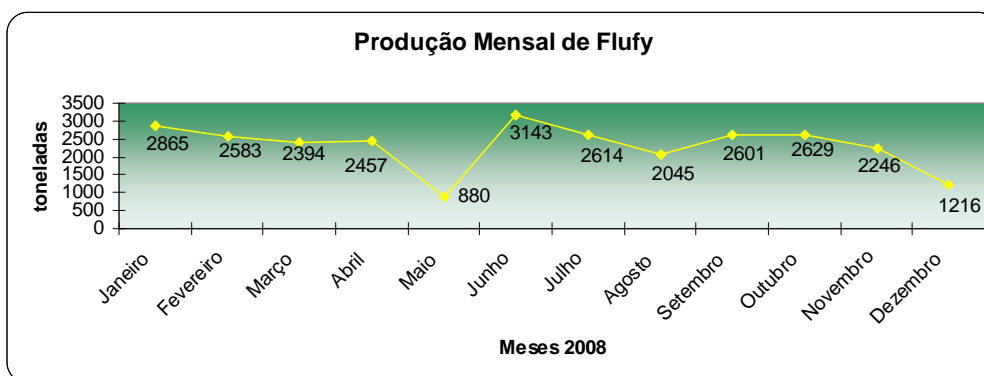


Figura 3. Geração de fluffy no ano de 2008.⁽²⁾

2 MATERIAL E MÉTODOS

Quando se trata de resíduos urbanos a técnica mais conhecida e aplicada é a incineração, rota secular de destinação final do lixo urbano (doméstico e industrial). O 1º incinerador foi construído na Inglaterra por volta de 1870.⁽³⁾ Esta é a rota tecnológica de destinação de resíduos urbanos mais testada no Mundo e a que obtém a maior redução de peso/volume (cerca de 90%).

Atualmente, mais de 130 milhões de toneladas de resíduos urbanos são tratados por ano em cerca de 650 unidades de incineração com recuperação de energia implantada em 35 Países gerando mais de 10.000 MW de energia elétrica ou térmica. Entre 1996 e 2001, 117 novas plantas de incineração de resíduos urbanos com recuperação de energia foram construídas, com destaque para países em desenvolvimento da Ásia (Coréia do Sul, China, Taiwan, Malásia e Singapura), ampliando em 7,8 milhões de toneladas a capacidade anual de tratamento de resíduos urbanos.⁽³⁾ A Figura 4 retrata um cenário macro mundial de oportunidades e tecnologia para incineração de resíduo.

Neste trabalho, o poder calorífico que se propõe utilizar na geração de energia elétrica é proveniente da biomassa que será queimada em caldeira e depois reaproveitada em turbina a vapor.

PAIS/ REGIÃO	INSTALAÇÕES EM OPERAÇÃO	CAPACIDADE DE TRATAMENTO (TON/ANO RSU)	POTENCIA INSTALADA
UNIÃO EUROPEIA	301 instalações	50,2 milhões	8800 MW (30% energia elétrica e 70% térmica)
Observações: Mais de 20% do Lixo Urbano destinados em plantas com recuperação de energia. Holanda, Suíça e Dinamarca já tratam assim mais de 40% do lixo urbano. Fonte: European Incineration Profile, 2000			
JAPÃO	189 instalações	39 milhões	847 MW (energia elétrica e térmica)
Observações: 79% do Lixo Urbano é destinado em mais de 1900 instalações de tratamento térmico. O Governo projeta produção de 4170 MW com 'combustível' lixo em 2010. Fonte: Natural Resources & Energy Agency			
EUA	98 instalações	29,4 milhões	2760 MW (90% energia elétrica e 10% térmica)
Observações: 13% do total de Lixo Urbano é tratado em plantas com recuperação de energia. Fonte: ISWA, Julho de 2002			
FATOR RELEVANTE: a partir de 1995, 49 plantas de geração de energia à partir do lixo foram instaladas na Ásia, 19 na Coréia do Sul, 19 em Taiwan, 7 na China e 4 em Singapura.			

Figura 4. Cenário mundial de oportunidades e tecnologias.⁽³⁾

3 RESULTADOS

3.1 Cálculos Energéticos

A técnica utilizada para análise do poder calorífico da biomassa em estudo (*fluffy*) foi realizada em laboratórios. A primeira amostra, composta aproximadamente de 17 toneladas de resíduos foi ensaiada no laboratório da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) que de uma forma direta chegou a um resultado de um Poder

Calorífico Inferior (PCI) igual a 2.635 kcal/kg. Utilizando a mesma quantidade de resíduo, porém separando em diversas granulométricas, conforme Tabela 2, o segundo teste foi realizado no laboratório da Empresa CAF QUÍMICA, traduzindo um resultado com maior fidelidade já que em função da separação granulométrica pode-se observar diferentes valores energéticos das amostras.

Tabela 2. Resultado do poder calorífico do Flufy (kcal/kg)

Parâmetros	Resíduo - Eddy Current					
	1a > 50 mm	1a entre 20 e 50 mm	1a < 20 mm	1b > 50 mm	1b entre 20 e 50 mm	1b < 20 mm
Percentual da massa total	9,52	42,85	47,62	21,97	31,86	46,16
Percentual de ferro	20	28,88	1,20	10	15,51	2,38
Percentual de plástico	40	-	-	30	-	-
Corrosividade	Não corrosiva	Não corrosiva	Não corrosiva	Não corrosiva	Não corrosiva	Não corrosiva
Poder calorífico superior (Kcal/Kg)	8672	5887	6586	8497	6038	4019

De posse dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais, optou-se por uma condição mais conservadora utilizando para o cálculo da capacidade de geração de energia elétrica o menor valor encontrado que foi um Poder Calorífico Superior (PCS) de 4.019 kcal/kg.

Apresenta-se na Tabela 3 a memória de cálculo em função do poder calorífico da biomassa em questão, utilizando informações técnicas de um conjunto turbo gerador do fornecedor de turbinas simulados através do software WASPIN desta empresa.

Tabela 3. Cálculo da energia nominal

CÁLCULO UTILIZANDO PCS			
1	Disponibilidade de Combustível		
	Kg	Horas	Kg/h
	128000	24	5.333,33
2	Carga Térmica		
	Kg/h	PCS	Kcal/h
	5.333,33	4019	21.434.666,67
3	Entalpia do Vapor (tabela)		
	777,8 Kcal/kg		
4	Entalpia Líquida		
	777,8 - 110 = 667,8 kcal		
5	Geração de Vapor Bruta (kg/h)		
	21.434.666,67	667,8	32.097,43
6	Geração de Vapor Líquida (kg/h)		
	32.097,43	42,00%	13.480,92
7	Geração de Energia Nominal (kWh)		
	13.480,92	4,7	2.868,28

3.2 Custos Base Envolvidos no Estudo

Um dos fatores que viabilizam ou não um projeto é o custo. O levantamento dos custos do projeto em questão envolve: um conjunto turbo-redutor, uma caldeira, um gerador síncrono, serviço de instalação e start-up da planta e o custeio de manutenção apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Cálculos Preliminares base para o estudo⁽²⁾

TABELA DE CÁLCULOS DE CUSTOS PRELIMINARES DO PROJETO		Custo (R\$)
1	Conjunto Turbo-Gerador - Composto de Turbina e Redutor de Velocidade com Potência do Eixo do Gerador de 3500 kW	2.650.000,00
2	Caldeira Configuração Aquotubular - 42 kgf/cm ² x 420 °C - 20 ton/h	1.850.000,00
3	Gerador Síncrono 4,4 MVA (3,5 MW) - 13,8 kV	1.050.000,00
4	Serviço de Campo Start-Up (dez dias) - Composto de: Engenheiro Mecânico, Técnico Mecânico Especialista, Encanador e Soldador.	38.400,00
5	Custo Total de Manutenção em Dez Anos de Operação (com programação de três grandes paradas)	1.800.000,00
TOTAL		7.388.400,00

3.3 Critérios para Tomada de Decisão

As análises utilizando critérios para tomada de decisão permitem traduzir a atratividade de um investimento. Dentre estes critérios destacam-se o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR) e o tempo de retorno de capital (TRC) ou payback. A utilização de um padrão no modelamento do problema, através de um fluxo de caixa, permite um melhor entendimento e assim avaliar economicamente o projeto.

3.3.1 Valor presente líquido

Este método é bastante interessante quando se deseja comparar alternativas mutuamente excludentes, de modo que todos os benefícios e custos em seus diversos instantes no tempo sejam traduzidos para o presente. A alternativa que oferecer o maior valor presente líquido será, dentro deste critério, a mais atraente. A fórmula abaixo permite a obtenção deste critério.

$$VPL = I + CO.FVP(i, n_c)$$

onde:

VPL = Valor Presente Líquido;

I = Soma de todo o investimento;

CO = Valor correspondente aos custos de operação e manutenção; e

FVP = Vida Econômica do Equipamento ou Taxa adotada de acordo com o mercado financeiro.

3.3.2 Taxa interna de retorno (TIR)

Critério com grande aceitação, principalmente quando se analisa um projeto por si mesmo, com seus custos e benefícios. A TIR é a taxa de juros que zera o valor líquido presente, ou anual, do empreendimento. De uma forma mais direta é a taxa que torna nulo o valor presente líquido do projeto dentro de um período de tempo estipulado. Abaixo formulação para obtenção da TIR.

$$A \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} = 0$$

onde:

A = Retorno Anual;

i = taxa adotada; e

n = números de anos de análise.

3.3.3 Tempo de retorno de capital composto

O critério do tempo de retorno de capital, ou payback, é, sem dúvida, o mais difundido no meio técnico para análises de viabilidade econômica, principalmente devido à sua facilidade de aplicação. Um procedimento de cálculo onde não se leva em consideração o custo de capital, ou seja, a taxa de juros. Esta análise é feita apenas dividindo-se o custo da implantação do empreendimento pelo benefício auferido.

$$n = - \frac{\ln(1 - I / A \cdot i)}{\ln(1 + i)}$$

onde:

A = retorno anual.

3.3.4 Critérios aplicados na utilização da taxa de investimentos e demonstração das despesas e receitas

Em meados de 2009, devido à crise mundial, o BNDES reduziu a taxa de financiamento praticada de 12,7% a.a. para valores entre 5% a 8,85% a.a. Estes valores foram tomados como base neste estudo (referencia) de acordo com a média de investimento dos últimos 12 meses e para a consolidação dos cálculos, neste estudo adotou-se uma taxa de 8,85% a.a..

Segundo Lora,⁽⁴⁾ com o passar do tempo, em virtude do uso, os equipamentos sofrem deterioração física e desta forma estabelece-se para os mesmos taxas diferentes de depreciação, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Taxa anual e vida útil dos equipamentos⁽⁴⁾

	Taxa Anual (%)	Vida Útil (anos)
Edifícios	4	25
Máquinas e Equipamentos	10	10
Instalações	10	10
Móveis e Utensílios	10	10
Veículos	20	5
Sistema de Processamento de Dados	20	5

Após o conhecimento e definição das taxas, a apresentação das despesas e receitas se faz presente através da Tabela 6. No campo das despesas são demonstradas duas parcelas, sendo o valor de R\$ 653.873,40 a parcela paga anualmente em função da taxa de 8,85% adotada no financiamento do BNDES e a segunda parcela de R\$ 738.840,00 refere-se ao valor da depreciação de máquinas e equipamentos mencionados na Tabela 5. As parcelas de R\$ 600.000,00 inseridas nos anos 3,6 e 9, correspondem a verba prevista para grandes manutenções específicas do equipamento, conhecidas por revisões tipo A, B e C e executadas em períodos pré-determinados pelo fabricante do equipamento.

Tabela 6. Despesas x receitas do projeto

Tabela Receita x Despesas				
	Despesas (R\$)	Receitas (R\$)		
Ano 1		604.456,68		(R\$)
		9.034.282,80	Saldo	9.638.739,48
Ano 2		715.173,68		
	653.873,40	9.034.282,80		
	738.840,00		Saldo	17.995.482,56
Ano 3		604.456,68		
	653.873,40	9.034.282,80		
	738.840,00			
	600.000,00		Saldo	25.641.508,64
Ano 4		604.456,68		
	653.873,40	9.034.282,80		
	738.840,00		Saldo	33.887.534,72
Ano 5		604.456,68		
	653.873,40	9.034.282,80		
	738.840,00		Saldo	42.133.560,80
Ano 6		604.456,68		
	653.873,40	9.034.282,80		
	738.840,00			
	600.000,00		Saldo	49.779.586,88
Ano 7		604.456,68		
	653.873,40	9.034.282,80		
	738.840,00		Saldo	58.025.612,96
Ano 8		604.456,68		
	653.873,40	9.034.282,80		
	738.840,00		Saldo	66.271.639,04
Ano 9		604.456,68		
	653.873,40	9.034.282,80		
	738.840,00			
	600.000,00		Saldo	73.917.665,12
Ano 10		604.456,68		
	653.873,40	9.034.282,80		
	738.840,00		Saldo	82.163.691,20

Com relação às receitas, destaca-se inicialmente o valor de R\$ 604.456,68 que corresponde à redução de 80% no volume de estocagem do *flufy* em função da redução do mesmo ao ser queimado na caldeira. O valor total desta disposição é de R\$ 755.582,10 e pode ser visto na Tabela 7. Avaliou-se este custo na empresa em estudo, baseando-se no histórico de armazenagem de *flufy*. O outro valor de receita está relacionado com o retorno em R\$ da energia gerada e vendida seguindo o seguinte comportamento: na Tabela 3 é informado o valor do potencial de geração de energia com o resíduo *flufy* que corresponde a um valor bruto de 2.868,28 kWh.

Descontando-se a energia necessária para operação da planta, de 675,15kW, resta uma energia potencial de 2.193,13 kWh que multiplicado por R\$ 0,3433 (valor conservador para o custo energia), chega-se ao valor anual de retorno de R\$ 9.034.282,80.

Tabela 7. Tabela de custos disposição do resíduo *Flufy*

CUSTO DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS FLUFY - EXERCÍCIO 2008					
	Custo Operacional (R\$/ton)	Custo de Investimento (R\$/ton)	Custo (R\$/ton)	Total Gerado (ton)	Custo Total (R\$/ton)
Disposição Interna	12,88	14,42	27,30	27.677	755.582,10
Projeção Disposição Externa			84,33	27.677	2.234.001,41

4 DISCUSSÃO

De uma forma conservadora, utilizou-se neste estudo o menor valor de PCS encontrado nos ensaios para tornar os cálculos uma tradução fiel do potencial energético do material. Diante deste cenário, realizou-se uma avaliação e especificação técnica de um conjunto turbo-gerador composto por uma caldeira, uma turbina e um gerador. Ressalta-se as consultas estabelecidas com pronto atendimento a empresa Texas Turbinas que garantiram a possibilidade de realização do estudo de viabilidade econômica através das informações de custo fornecida do equipamento e então, chegar a uma descrição técnica de um conjunto turbo-redutor de condensação com potência elétrica nos bornes do gerador de 4,4 MVA, uma Caldeira Aquotubular - 42 kgf/cm² x 420 °C - 20 ton/h e um gerador síncrono 4,4 MVA (3,5 MW) - 13,8 kV. Os custos operacionais foram também inseridos neste cenário, sendo considerados neste estudo equivalentes ao já praticado e indicado na Tabela 7.

Apresenta-se o estudo que demonstra a atratividade do investimento. Este fato foi possível, através da aplicação de conceitos para análise econômica, associando despesas, receitas a taxa de juros praticada no mercado.

Utilizaram-se índices que permitam esta análise dentre eles o Valor Presente Líquido (VPL). Por este critério compararam-se duas alternativas excludentes. Comparou-se assim o VPL do investimento com o VPL da disposição do resíduo no interior na Usina.

VPL INVESTIMENTO

$$VPL = R\$ 5.588.400,00 + R\$ 1.8000.000,00 \times 0.0885$$

$$VPL = R\$ 653.873,40$$

VPL DISPOSIÇÃO INTERNA RESÍDUO

$$VPL = R\$ 755.582,10 \times 0.0885$$

$$VPL = R\$ 66.869,02$$

De forma conceitual o melhor investimento é aquele que apresenta o maior valor. Dentro deste critério, pode-se comprovar a viabilidade econômica do projeto proposto, pois VPL INVESTIMENTO > VPL DISPOSIÇÃO INTERNA RESÍDUO.

Outra forma de comprovação empregada foi a Taxa Interna de Retorno (TIR), com o objetivo de apresentar a taxa de retorno do investimento no período



anualizado, com resultados de 30,45 % a.a.. Este critério utiliza-se de comparações entre taxas normalmente utilizadas no mercado e a taxa encontrada no cálculo do projeto. Uma comparação feita foi com a poupança que no ano de 2008 teve um rendimento de 5,8% a.a., e em 2009 até o mês de outubro de 8,75% a.a.. Outra referência utilizada foi o Certificado de Depósito Bancário (CDB) que no período deste estudo estava com taxa de 10,34% a.a. Assim, através deste critério, pode-se considerar viável o investimento, pois i (poupança) < i (TIR) e i (TIR) > i (CDB).

Um terceiro e último critério foi utilizar para demonstração da viabilidade econômica: o Tempo de Retorno de Capital Composto ou *payback*, que tem como objetivo demonstrar o tempo de retorno do investimento.

$$n = \frac{-\ln\left(1 - \left(\frac{R\$7.388.400,00}{R\$9.638.739,48.0,885}\right)\right)}{\ln(1 + 0,885)} = 0,83 \text{ anos ou } 9,96 \text{ meses}$$

Diante da prática de mercado que apresenta valores entre 1,5 a 2 anos como um tempo bom para retorno do investimento, pode-se comprovar viabilidade também por este critério.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo técnico baseou-se na aplicação de um conjunto turbo-gerador para produção de energia elétrica a partir da queima de resíduo siderúrgico, utilizando o seu potencial energético/calorífico.

Comprovou-se através de análises econômicas que a reutilização do rejeito *fluffy* é viável, principalmente quando se incorpora na análise a manutenção do pátio de rejeitos.

Do exposto, pode-se verificar a importância do trabalho para os conceitos de desenvolvimento sustentável e desta forma qualidade de vida para gerações futuras, além de sua contribuição na matriz energética como uma fonte alternativa de geração de energia.

Uma consideração final deve ser feita: apesar de não haver estudos específicos neste trabalho, deve-se considerar em desenvolvimentos futuros uma análise do impacto ambiental com a minimização do pátio de rejeitos e a criação do pátio de estocagem de cinzas oriunda da queima do resíduo.

REFERÊNCIAS

- 1 RIZZO, E.M.S. Introdução aos Processos Siderúrgicos. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2005.
- 2 FERREIRA, M.V.B. Análise da Viabilidade Técnica de Geração de Energia com Resíduos Siderúrgicos (FLUFY). Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Elétrica. Vassouras: Universidade Severino Sombra, 2009.
- 3 O Lixo e o Meio-Ambiente. Disponível em: www.usinaverde.com.br. Acesso em 15 jun. 2009;
- 4 LORA, E.E.S., NASCIMENTO, M.A.R. Geração Termelétrica: planejamento, projeto e operação – volumes 1 e 2, Ed. Interciência, 2004.