

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO DE TERMOELÉTRICA A BASE DE CASCA DE ARROZ EM CACHOEIRA DO SUL - RS

Lucas Alvarez Nogueira
Curso de Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Cachoeira do Sul, RS, Brasil
lukas_noguera@hotmail.com

Maicon Jaderson Silveira Ramos
Departamento de Engenharia Elétrica - DELET
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Porto Alegre, RS, Brasil
maicon.jaderson@ufrgs.br

Laura Lisiane Callai dos Santos
Curso de Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Cachoeira do Sul, RS, Brasil
laura.callai.santos@gmail.com

Abstract—The industrial process and production of rice requires a correct management of the residues generated by them, for the best use of them, proper disposal, and reduction of environmental impacts. In this context, when perceiving the potential of rice production in the city of Cachoeira do Sul - RS, the present project proposes the economic viability analysis in the implantation of a thermoelectric power plant with the generation of energy from the rice husk biomass in the municipality of Cachoeira do Sul. For the present work, a survey of rice production in the main mills of the city was prepared and the amount of rice husk that could be used as fuel in the biomass-based thermoelectric plant was defined. The costs necessary for the implementation of the thermoelectric plant and the revenues from the sale of the produced energy were evaluated, making it possible to obtain economic viability analysis of the project. The values found in the minimum attractiveness rate, net present value, internal rate of return and payback calculations show that the use of rice husk for power generation in a thermoelectric plant is viable for Cachoeira do Sul-RS.

Keywords—Economic Analysis, Biomass, Rice Husk, Generation.

I. INTRODUÇÃO

O contexto mundial energético indica a grande necessidade de buscar meios alternativos para obter energia e utilizar menos as fontes fósseis, visto que a utilização das mesmas degrada ecossistemas e interferem na qualidade de vida da população devido à emissão de gases nocivos [1].

Uma das fontes alternativas para obtenção de energia é a biomassa, ou seja, matérias orgânicas utilizadas como fonte de energia. A biomassa é uma fonte renovável de energia, capaz de influenciar no desenvolvimento de projetos de energias

renováveis e criar uma sociedade ecologicamente consciente [1].

Dentre as matérias orgânicas usadas como fonte de energia se encontra a casca de arroz, resíduo agrícola obtido no Brasil e, em especial, no Rio Grande do Sul, em quantidade considerável para geração de energia elétrica. O aproveitamento da casca de arroz para geração de vapor através da combustão, utilizado como calor de processo na secagem e parboilização do grão, é empregado largamente pelas empresas do setor, consumindo até 40% do total do resíduo gerado [2]. O excedente pode ser utilizado na geração de energia.

Nesse contexto, surge como alternativa a utilização da casca de arroz como matéria-prima para esse tipo de geração de energia, visto que o estado do Rio Grande do Sul é o principal produtor de arroz no âmbito nacional [3].

Segundo dados do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), Cachoeira do Sul produziu cerca de 190 mil toneladas de arroz na safra 19/20, representando 2,42% da produção estadual, logo, a cidade de Cachoeira do Sul possui considerável participação na produção de arroz no estado do Rio Grande do Sul [4]. Contudo, não há usinas de geração de energia que utilizem a casca de arroz como fonte de energia. Desse modo, nesse trabalho é realizado um estudo de caso para avaliar as possibilidades da implantação de uma usina termoeétrica que utilize como base a casca de arroz para produção de energia. Baseado em um período de 20 anos a partir da implantação, são avaliados aspectos econômicos quanto à produção e comercialização da energia produzida, para posterior análise dos índices de viabilidade Taxa Mínima de Atratividade (TMA), Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Payback.

II. PRODUÇÃO DE ARROZ E GERAÇÃO DE ENERGIA

Considerando o subgrupo dos resíduos agrícolas, no qual está inserido a casca do arroz, percebe-se o potencial que este resíduo possui para ser utilizado como combustível na geração de bioenergia no Rio Grande do Sul devido à alta produção de arroz no estado [5].

Gerar energia através da queima da casca de arroz é uma alternativa possível de ser praticada do ponto de vista tecnológico e econômico, além de ser ecologicamente correto, visto que a tecnologia para a conversão é disponível e a matéria-prima é abundante no Brasil. Usinas dessa natureza geram um total de 53.333 kW, o que representa cerca de 0,37% do total da produção energética nacional [5]. A geração de energia elétrica utilizando a casca de arroz como matéria-prima se baseia no Ciclo Termodinâmico de Rankine como método para o acionamento dos geradores.

A. Ciclo Termodinâmico

Segundo Paro [6], quase a totalidade de centrais de geração ou cogeração termoelétrica no Brasil operam através do ciclo de Rankine, representado na Fig. 1. Para usinas que utilizam casca de arroz como combustível isso não é diferente. Este ciclo é considerado o modelo ideal para a representação de uma unidade motora simples. Trata-se de um ciclo de potência que utiliza a queima de um combustível em uma caldeira como fonte de energia [7]. O ciclo de Rankine compreende, basicamente, 4 processos:

- 1-2) Processo de compressão adiabático, na bomba;
- 2-3) Transferência de calor a pressão constante, na caldeira;
- 3-4) Expansão adiabática, na turbina;
- 4-1) Transferência de calor a pressão constante, no condensador.

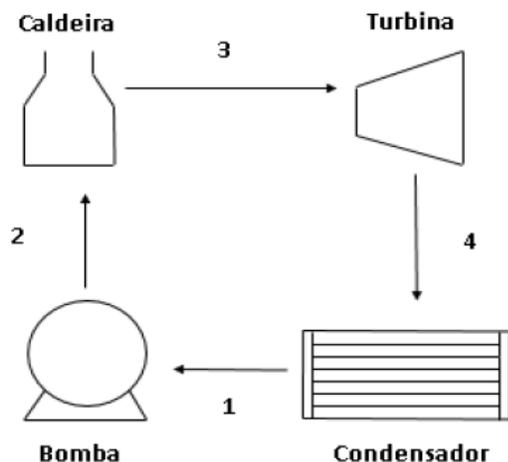


Fig. 1. Ciclo termodinâmico de Rankine.

Na Fig. 1 foram descritos cada processo do Ciclo de Rankine. Junior [8] descreveu o Ciclo de Rankine como o aproveitamento da energia de combustão a qual gera vapor e alimenta uma turbina onde o vapor é expandido gerando energia mecânica, que é convertida em energia elétrica através de um gerador. A energia gerada nessas termoelétricas são comercializadas em um ambiente denominado mercado de energia, responsável por regular o comércio entre os agentes participantes.

III. MERCADO DE ENERGIA

No atual modelo do sistema brasileiro de energia, a comercialização se dá de acordo com a função de cada um dos agentes participantes do mercado. Existem agentes de geração, distribuição/transmissão e agentes de comercialização.

A comercialização de energia pode ocorrer em dois ambientes, mercado cativo/regulado e mercado livre, sendo que os agentes responsáveis por geração podem escolher em qual mercado atuar, podendo atuar nos dois.

A. Mercado Regulado

O mercado regulado é o ambiente onde as distribuidoras compram energia em contratos de longo prazo através de leilões promovidos pelo governo. Desse modo, os geradores vendem energia elétrica às distribuidoras, que são responsáveis por atender aos consumidores cativos (residenciais, por exemplo) vinculados à distribuidora de sua região.

B. Mercado Livre

No mercado livre de comercialização de energia, os geradores negociam preços e quantidades em curto prazo diretamente com seus consumidores. Consumidores com consumo de 3MW ou mais e atendidos por 69 kV tem a opção de escolha do modo que vão contratar sua energia. Todavia, consumidores com carga igual ou superior a 2.500 kW também podem participar do mercado livre, desde que comprem energia vinda de fontes alternativas, como biomassa.

IV. METODOLOGIA E ESTUDO DE CASO

O presente trabalho tem como objetivo realizar o estudo de viabilidade econômica da implantação de uma termoelétrica a base de casca de arroz no município de Cachoeira do Sul. Para tal estudo, de acordo com a metodologia proposta na Fig. 2 é necessário realizar um levantamento da quantidade de casca de arroz disponível para a termoelétrica, pois assim é determinado o potencial de geração de energia do empreendimento e a definição dos custos necessários para a implementação do projeto. Com o conhecimento dos custos e receitas geradas pela termoelétrica, é elaborado o fluxo de caixa em que será baseado o cálculo dos índices de viabilidade econômica TMA, VPL, TIR e Payback, determinando-se assim os resultados.

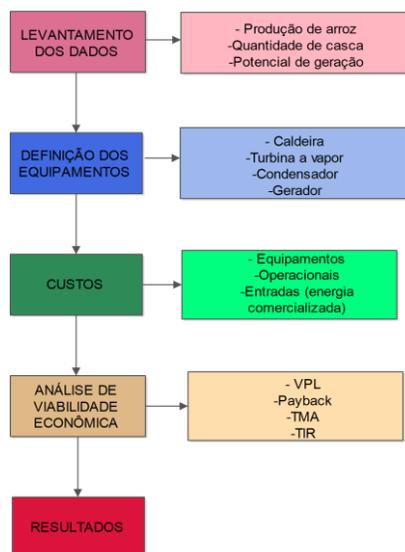


Fig. 2. Metodologia proposta.

Como pode ser observado pela Fig. 2, a metodologia proposta está dividida em 4 etapas, sendo a primeira delas o levantamento dos dados de produção de arroz.

A. Levantamento dos Dados de Produção

Para avaliar a possibilidade de implantação de uma usina termoeétrica à base de casca de arroz é realizado o levantamento de produção de casca durante determinado período de tempo com o objetivo de estimar quanto pode ser destinado à termoeétrica e assim determinar sua potência de operação. Para essa estimativa, é descontado a utilização da casca de arroz em outros processos e feita a avaliação da quantidade de energia que será possível gerar, considerando o poder calorífico inferior da casca, a eficiência dos equipamentos e o tempo de operação da termoeétrica. O ciclo termodinâmico utilizado no processo de geração de energia será o Ciclo de Rankine, que pode ser compreendido por: queima do resíduo, geração de vapor, geração de trabalho na turbina pelo vapor e acionamento do gerador de eletricidade.

O potencial energético da usina termoeétrica será baseado nos parâmetros presentes na Tabela 1, sendo seu valor apresentado na última linha da tabela.

TABELA 1. POTENCIAL DE GERAÇÃO.

| Potencial de Geração | |
|------------------------------|--------|
| Produção de Arroz (t) | 51.680 |
| Quantidade Casca (t) | 15.504 |
| Rendimento do Ciclo | 0,15 |
| Horas de Operação no Ano (h) | 8.300 |
| Potencial de Geração (MW) | 1,10 |

Para a implantação da termoeétrica à base de casca de arroz foram realizados levantamentos de custos necessários para seu funcionamento.

B. Custos de implantação

De acordo com a Fig. 2, após as definições de potencial de geração da termoeétrica, é necessário abordar a definição dos equipamentos. Os custos para aquisição da matéria-prima seriam nulos, visto que a usina receberia casca de arroz de engenhos e produtores da cidade através de doação. Foi realizado contato com a empresa A1 Engenharia e, de acordo com orçamento preliminar fornecido pela empresa, o investimento é baseado em três aspectos, conforme apresenta a Tabela 2.

TABELA 2. CUSTOS DE INSTALAÇÃO.

| Investimento | Custo |
|---|-------------------------|
| - Equipamentos que compõem a termoeétrica | R\$ 3.500.000,00 |
| - Interligações a vapor | |
| - Geração de energia | R\$ 3.000.000,00 |
| - Conexão na rede elétrica | |
| - Construção civil | R\$ 700.00,00 |
| Custo total | R\$ 7.200.000,00 |

Além dos custos de implantação, também foram realizados levantamentos a respeito de custos fixos e variáveis necessários para a operação da termoeétrica.

C. Custo Operacional

Para a operação da termoeétrica estudada, será necessário gastar certo valor mensalmente.

Esse valor será denominado de custo operacional, sendo que, este custo operacional será formado pelos custos fixos e custos variáveis associados à operação da termoeétrica, conforme apresentado na Tabela 3.

TABELA 3. CUSTOS OPERACIONAIS.

| Custo fixo | R\$ 252.336,35 |
|------------------------------|-----------------------|
| Seguros | R\$ 24.056,06 |
| Custo de mão-de-obra anual | R\$ 108.000,00 |
| Custo com manutenção anual | R\$ 120.280,29 |
| Custo variável | R\$ 24.929,00 |
| Custo com tratamento de água | R\$ 24.929,00 |
| Total | R\$ 277.265,35 |

Com base nos levantamentos de custos de implantação e custos operacionais para uma usina termoeétrica à base de casca de arroz, no tópico a seguir foi realizado um estudo de caso para a implantação de uma usina desse tipo na cidade de Cachoeira do Sul.

D. Estudo de Caso

O primeiro contato foi realizado com o principal engenheiro da cidade, onde a quantidade de arroz recebida foi em torno de 43.680 toneladas por ano. Após, realizou-se contato com o terceiro maior engenheiro de Cachoeira do Sul, onde cerca de 8 mil toneladas de arroz são recebidas por ano. Desse modo, a

quantidade de arroz considerada no presente estudo de caso foi em torno de 51.680 toneladas por ano.

A partir do conhecimento da quantidade de arroz recebida nos engenhos (tArroz), consegue-se determinar a quantidade de casca de arroz ao efetuar uma multiplicação por 0,3, obtendo-se desse modo uma quantidade de aproximadamente 15504 toneladas de casca de arroz, a qual será utilizada em (1) para o cálculo de geração de energia elétrica.

$$P(MW) = \frac{(tArroz \cdot 0,3) \cdot PCI \cdot (kcal / kg) \cdot n}{860 \cdot h} \quad (1)$$

Além da quantidade de casca de arroz, são considerados o Poder Calorífico Inferior (PCI) da casca de 3384 kcal/kg e a conversão de kcal/kg para kWh/kg sendo dada pela divisão por 860, além do rendimento de 15% (n) para o ciclo termodinâmico e 8300 horas (h) de operação por ano [9]. Por meio de (1) obteve-se uma potência de geração de 1,1 MW.

Com posse dos dados do potencial de geração da termoeletrica e horas de operação da mesma, é calculada a energia total gerada, sendo que, parte dessa energia gerada será consumida pela própria termoeletrica, conforme está apresentado na Tabela 4.

TABELA 4. RECEITA ANUAL DA TERMOELÉTRICA.

| Receita Anual | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Potência gerada (MW) | 1,1 |
| Horas trabalhadas (h) | 8300 |
| Energia total gerada (MWh/ano) | 9.150,96 |
| Energia consumida (MWh/ano) | 1.142,04 |
| Energia vendida (MWh/ano) | 8.008,92 |
| Valor MWh (leilão 2018) | R\$ 450,00 |
| Receita anual | R\$ 3.604.016,28 |

O excedente gerado será comercializado de acordo com os valores do leilão realizado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) no ano de 2018, gerando assim a receita da usina.

E. Receita

A receita obtida através da implantação de uma termoeletrica a base de casca de arroz provém da comercialização de energia elétrica com as distribuidoras de energia no mercado de energia.

A comercialização de energia elétrica é feita através de leilões realizados pela CCEE, por competência da ANEEL, com o intuito de regular o mercado. Para esse trabalho, o preço considerado por MWh foi de R\$ 450,00, de acordo com o leilão realizado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica em 2018 [10].

F. Fluxo de Caixa

Para a execução da metodologia proposta na Fig. 2, a Tabela 5 apresenta os demonstrativos de fluxo de caixa para a termoeletrica a base de casca de arroz no seu ano de implantação.

TABELA 5. FLUXO DE CAIXA NO ANO DE IMPLANTAÇÃO.

| Ano 0 | |
|----------------------------|---------------|
| Investimento (R\$) | 7.200.000,00 |
| Vendas (R\$) | - |
| (-) Custos variáveis (R\$) | - |
| (-) Custos fixos (R\$) | - |
| (-) Depreciação (R\$) | 324.000,00 |
| (=) Lucro bruto (R\$) | -7.524.000,00 |
| (-) Impostos (R\$) | - |
| (=) Lucro líquido (R\$) | -7.524.000,00 |

O estudo de caso foi realizado em um cenário de 20 anos, a Tabela 6 apresenta o fluxo de caixa do empreendimento 20 anos após sua implantação.

TABELA 6. FLUXO DE CAIXA NO ANO 20.

| Ano 20 | |
|----------------------------|---------------|
| Investimento (R\$) | - |
| Vendas (R\$) | 3.604.016,285 |
| (-) Custos variáveis (R\$) | 24.929,00 |
| (-) Custos fixos (R\$) | 252.336,35 |
| (-) Depreciação (R\$) | 324.000,00 |
| (=) Lucro bruto (R\$) | 3.002.750,935 |
| (-) Impostos (R\$) | 840.770,26 |
| (=) Lucro líquido (R\$) | 2.161.980,67 |

Com base na análise do fluxo de caixa, será realizada a análise de viabilidade econômica para a implantação da termoeletrica na cidade de Cachoeira do Sul-RS.

G. Análise de Viabilidade Econômica

A determinação de viabilidade econômica de um empreendimento é realizada com base na determinação e concordância, segundo critérios de avaliação, dos índices de viabilidade econômica, que no presente trabalho foram definidos TMA, VPL, TIR e Payback.

A TMA consiste na taxa de desconto mínima que torna o investimento atrativo ao investidor. É definida previamente aos métodos de cálculo de viabilidade e retorno estipulado pela empresa [11]. Para este estudo foi considerada uma taxa mínima de atratividade de 10%.

O VPL foi calculado com base nos ganhos econômicos da usina, dos custos fixos e variáveis. O cálculo do VPL, como apresentado em (2) é representado pela soma dos fluxos de caixa, descontado do valor investido inicialmente.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - FC_0 \quad (2)$$

Para obtenção do tempo de retorno do investimento foi utilizado o método de Payback descontado, que determina o tempo necessário para que o investimento retorne um resultado econômico positivo descontado pela TMA definida [11]. Assim, o Payback indicará o número de períodos que zera o valor presente líquido do investimento, determinando o tempo em que o capital investido estará recuperado, conforme (3).

$$n = \frac{\log \frac{P_{mt}}{P_{mt} - V_p i}}{\log(1 + i)} \quad (3)$$

A TIR é um índice responsável por indicar a aceitabilidade de um investimento. É definida como a taxa (K) que anula o VPL do fluxo de caixa de projetos de investimento, ou seja, é a taxa calculada para o investimento, em um determinado período de tempo, que zera as entradas menos as saídas do fluxo de caixa [12]. O cálculo da TIR se fundamenta em (4).

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} - FC_0 \quad (4)$$

Para determinação dos índices de viabilidade econômica citados foi utilizado o software Microsoft Office Excel 2016, onde foi obtida a Tabela 7. A seguir são apresentados os valores dos índices de viabilidade econômica calculados para a implantação da termoeletrica na cidade de Cachoeira do Sul

TABELA 7. ÍNDICES DE VIABILIDADE ECONÔMICA.

| | |
|--------------------|-------------------|
| TMA | 10% |
| VPL | R\$ 10.882.160,22 |
| TIR | 29% |
| Payback descontado | 4,5 anos |

No próximo tópico são calculados os mesmos índices de viabilidade econômica, porém em cenários com diferentes características. Essas análises em diferentes cenários é chamada análise de sensibilidade.

V. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A partir do estudo de caso apresentado para Cachoeira do Sul, é possível observar que cada fator considerado nas tabelas de potencial de geração, receita da termoeletrica e custos de instalação implicam em alterações na tabela de fluxo de caixa e consequentemente ocorrem modificações no resultado dos índices de viabilidade econômica.

Com a finalidade de observar como a análise de viabilidade se comportaria para diferentes cenários, é realizada uma análise de sensibilidade econômica considerando cinco diferentes cenários, sendo cada cenário alterado em algum parâmetro que foi considerado no estudo de caso com o intuito de observar o impacto gerado em sua análise de viabilidade econômica.

No primeiro cenário é reduzido a quantidade de casca de arroz disponível para a termoeletrica, no cenário 2 são reduzidos os impostos sobre a termoeletrica, no terceiro cenário é reduzido o preço de venda da energia produzida na termoeletrica, no cenário 4 o rendimento do ciclo de geração de energia é reduzido e no quinto cenário é reduzido o peso considerado da casca do arroz.

A. Cenário 1

Primeiramente, no cenário 1 foram realizados os cálculos dos índices de viabilidade considerando a falta de casca de arroz em aproximadamente 8 períodos analisados, o que

ocasionaria uma redução na produção de energia e menores receitas com a venda da mesma. Na Tabela 8 são apresentados os índices calculados para o cenário I.

TABELA 8. ÍNDICES DE VIABILIDADE PARA O CENÁRIO 1.

| | |
|--------------------|-------------------|
| TMA | 10% |
| VPL | R\$ -3.255.123,58 |
| TIR | 3% |
| Payback descontado | 31,4 anos |

B. Cenário 2

Supondo no cenário 2 uma redução dos impostos a serem pagos pela usina termoeletrica de 28% para 18% sobre o lucro bruto do empreendimento, é apresentada na Tabela 9.

TABELA 9. ÍNDICES DE VIABILIDADE PARA O CENÁRIO 2.

| | |
|--------------------|-------------------|
| TMA | 10% |
| VPL | R\$ 13.438.571,36 |
| TIR | 33% |
| Payback descontado | 3,83 anos |

C. Cenário 3

No cenário 3 foi estimado uma redução no valor do MWh de energia de R\$ 450,00 para R\$ 230,00. A Tabela 10 apresenta os índices de viabilidade econômica após alteração do valor da energia comercializada.

TABELA 10. ÍNDICES DE VIABILIDADE PARA O CENÁRIO 3.

| | |
|--------------------|--------------------|
| TMA | 10% |
| VPL | R\$ - 4.118.438,47 |
| TIR | 1 % |
| Payback descontado | 34,2 anos |

D. Cenário 4

Para o cenário 4 foi considerada uma redução no rendimento do ciclo termodinâmico no qual opera a usina termoeletrica. O rendimento do estudo de caso é 15% e o considerado nesse cenário foi de 10%, conforme indica a Tabela 11.

TABELA 11. ÍNDICES DE VIABILIDADE PARA O CENÁRIO 4.

| | |
|--------------------|------------------|
| TMA | 10% |
| VPL | R\$ 3.518.234,87 |
| TIR | 16% |
| Payback descontado | 9,1 anos |

E. Cenário 5

No cenário 5, o peso da casca do arroz é considerado 25% do peso total do grão, valor menor que o utilizado no estudo de caso, onde era determinado o peso da casca como sendo 30%

do peso do grão de arroz. A Tabela 12 expõem os valores dos índices de viabilidade após a alteração relatada anteriormente.

TABELA 12. ÍNDICES DE VIABILIDADE PARA O CENÁRIO 5.

| | |
|--------------------|------------------|
| TMA | 10% |
| VPL | R\$ 7.200.197,55 |
| TIR | 23% |
| Payback descontado | 6 anos |

Para sintetizar a comparação entre os cenários avaliados, a Tabela 13 expressa os valores dos índices de viabilidade econômica dos 5 cenários.

TABELA 13. ÍNDICES DE VIABILIDADE DOS CENÁRIOS ANALISADOS.

| | TMA | VPL | TIR | Payback descontado |
|-----------|-----|---------------|-----|--------------------|
| Cenário 1 | 10% | R\$ -3,25 mi | 3% | 31,4 anos |
| Cenário 2 | 10% | R\$ 13,43 mi | 33% | 3,83 anos |
| Cenário 3 | 10% | R\$ - 4,11 mi | 1% | 34,2 anos |
| Cenário 4 | 10% | R\$ 3,518 mi | 16% | 9,1 anos |
| Cenário 5 | 10% | R\$ 7,200 mi | 23% | 6 anos |

Após a realização do estudo de caso para a instalação de uma termoeletrica na cidade de Cachoeira do Sul e da análise de sensibilidade para cinco diferentes cenários de análise, a seguir são apresentados as principais conclusões e resultados alcançados com a realização deste trabalho.

VI. CONCLUSÃO

O presente trabalho propôs uma avaliação de viabilidade econômica na implantação de uma termoeletrica que usa a casca de arroz como combustível para a geração de energia. Para tal estudo foram realizadas considerações a respeito do ciclo termodinâmico de transformação de energia, características dos equipamentos e propriedades da casca de arroz. Após todas as informações necessárias, foi realizado o estudo de engenharia econômica, considerando os índices de viabilidade econômica de projeto TMA, VPL, TIR e Payback.

Para a implantação da termoeletrica a base de casca de arroz em Cachoeira do Sul, com um investimento inicial de R\$ 7.200.000,00, o projeto se mostrou viável economicamente perante a análise do resultado do conjunto de indicadores de viabilidade econômica presentes neste trabalho. A partir do resultado encontrado para o VPL, verificou-se a atratividade causada pelo indicador, visto que o valor obtido foi positivo. Outro indicador estudado, a TIR, semelhantemente ao VPL, demonstrou percentual viável ao investimento, pois é maior quando comparada à TMA, fator de referência necessário ao estudo de viabilidade econômica do projeto. Por fim, o tempo necessário de recuperação do investimento se demonstrou viável, sendo em torno de 4 anos e meio.

Cabe salientar a relevância da análise de sensibilidade realizada, pois se percebe que a ausência de casca de arroz em

determinados períodos (cenário 1) tornariam o investimento inviável, porém, com a redução dos impostos incidentes sobre o lucro do empreendimento (cenário 2), os índices de viabilidade seriam mais atrativos ao investidor e o tempo de recuperação de capital seria menor, quando comparado ao estudo de caso.

Com a redução do rendimento do ciclo termodinâmico de operação (cenário 4) e do peso considerado da casca do arroz (cenário 5), os índices de viabilidade econômica se reduziram mais ainda deixariam o investimento viável. No pior cenário analisado (cenário 3), a redução do preço da energia vendida tornou o investimento inviável.

O resultado deste trabalho demonstra a ampla dependência do estudo de viabilidade econômica para investimentos requeridos na implantação de uma termoeletrica baseada em biomassa casca de arroz. Tal fato indica a necessidade de buscar informações cada vez mais específicas de custos e ganhos com a finalidade de realizar um estudo de viabilidade econômica mais preciso.

REFERÊNCIAS

- [1] LEMOS ELIANA G. M., S. N. R. Bioenergia: desenvolvimento, pesquisa e inovação. 1. ed. [S.l.]: Editora UNESP, 2012. ISBN 9788579832567.
- [2] AMATO, G. W. Casca: Agregando valor ao arroz. IRGA, Porto Alegre, n. 50810, 2003.
- [3] CONAB. Perspectivas para a agropecuária. 2018/2019. <<https://www.conab.gov.br/images/arquivos/outros/Perspectivas-para-a-agropecuaria-2018-19.pdf>>. Acessado em: 21/04/2019.
- [4] IRGA. Produtividades Municipais – Safra 2019/2020. 2020. <<https://irga.rs.gov.br/upload/arquivos/202007/23141617-produtividade-municipios-safra-19-20.pdf>> Acessado em: 26/09/2020
- [5] ANEEL. Informações gerenciais. 2017. <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Inf+orma%C3%A7%C3%B5es+Gerenciais+1%C2%BA+trimestre+de+2017/798691d2-990b-3b36-1833-c3e8c9861c21>>. Acessado em: 21/04/2019.
- [6] PARO, A. d. C. Uma metodologia para gestão da eficiência energética de centrais de cogeração a biomassa: aplicação ao bagaço de cana. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2011.
- [7] WYLEN, G. J. V.; SONNTAG, R. E.; BORGNACKE, C. Fundamentos da termodinâmica clássica. [S.l.]: Edgard Blucher, 2006.
- [8] JUNIOR, C. T. G. L. Análise Termodinâmica Comparativa entre um Ciclo Rankine Tradicional e um Inovador Utilizando Gases Residuais do Processo Siderúrgico como Combustível. Dissertação (Mestrado) — Dissertação de Mestrado, PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil, 2007.
- [9] COELHO, S. T. Panorama do potencial de biomassa no Brasil. [S.l.]: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2002.
- [10] CCEE. Preço Médio da CCEE. 2019. <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/oquefazemos/como_ccee_atua/precos/precos_medios?_afLoop=1034569859402118&_adf.ctrlstate=193q3n646c_1#%40%40%3F_afLoop%3D1034569859402118%26_adf.ctrlstate%3D193q3n646c_5>. Acessado em: 21/04/2019.
- [11] ETGES, A. P. B. D. S.; SOUZA, J. S. D. Estruturação de uma metodologia para análise do risco financeiro envolvido em empreendimentos imobiliários. Revista Espacios, v. 37, n. 9, p. 22–37, 2016.
- [12] LIZOTE, S. A. et al. Análise de investimentos: um estudo aplicado em uma empresa do ramo alimentício. In: XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Anais XI SEGET. [S.l.: s.n.], 2014.