

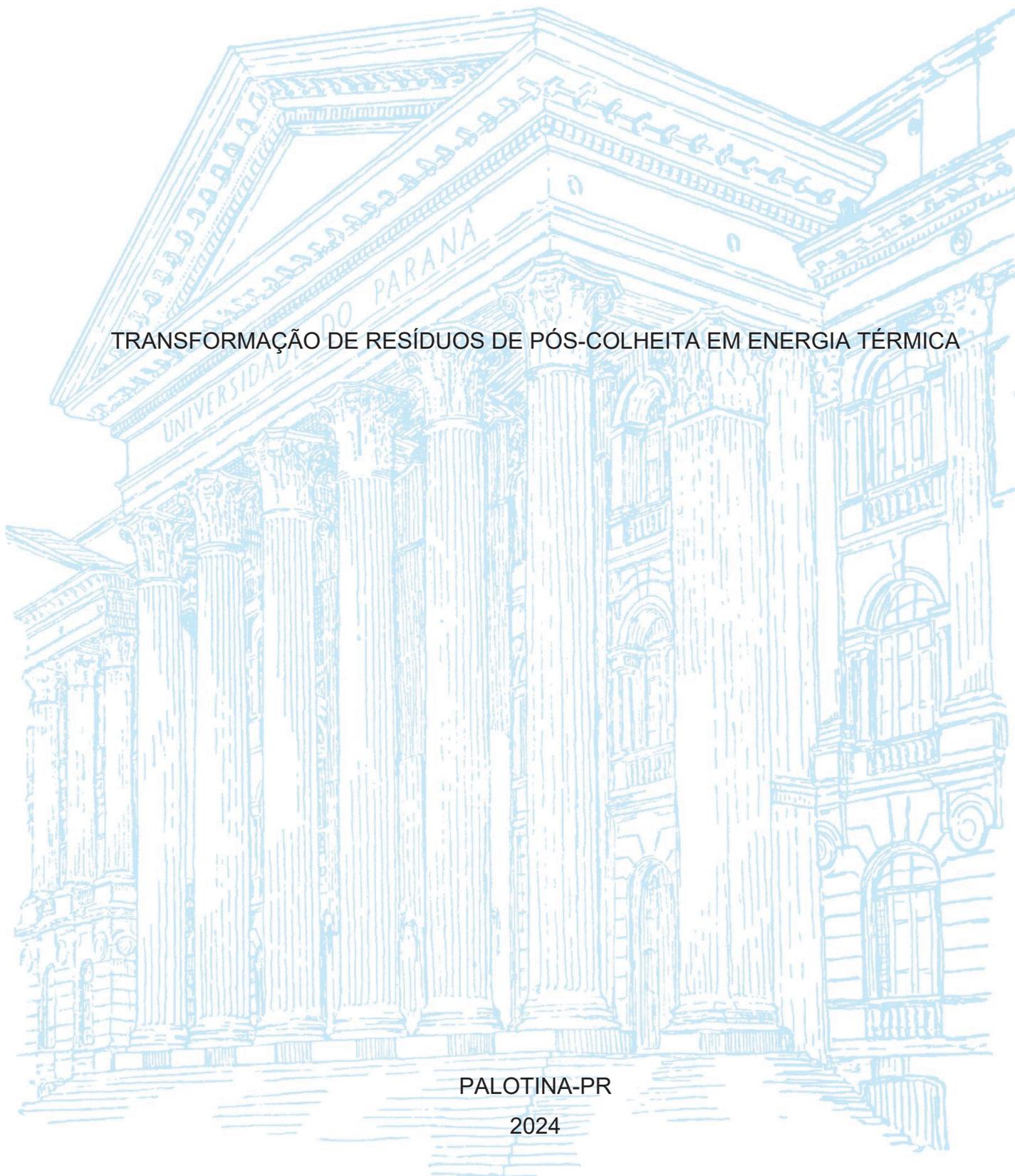
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CÍNTIA KOECHE

TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS DE PÓS-COLHEITA EM ENERGIA TÉRMICA

PALOTINA-PR

2024



CÍNTIA KOECHE

TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS DE PÓS-COLHEITA EM ENERGIA TÉRMICA

Artigo apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista, Curso de MBA em Gestão Estratégica do Agronegócio, Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Guy de Andrade

PALOTINA-PR

2024

## **RESUMO**

O projeto tem por objetivo a transformação de resíduos agrícolas (soja e milho) das unidades de beneficiamento em energia térmica, por meio da utilização de briquetes, para a queima em fornalhas e caldeiras da Cooperativa. A adoção de briquetes como fonte de energia traz benefícios ambientais, sociais e econômicos. Atualmente encontramos desafios em relação a destinação correta dos resíduos agrícolas, licenciamento e disponibilidade de compradores. A proposta prevê a instalação de uma planta central em Palotina, Paraná, para processamento e transformação desses materiais com capacidade de 6,7 t/h. Com base na análise o projeto apresenta de viabilidade econômica. Recomendamos a utilização da biomassa de eucalipto alinhada à adoção de briquetes, sendo uma abordagem viável para a geração de energia térmica.

**Palavras-chave:** Briquetes, Energia sustentável, Viabilidade econômica

## **ABSTRACT**

The project aims to transform agricultural waste (such as soybeans and corn) from processing units into thermal energy using briquettes for combustion in furnaces and boilers at the Cooperative. The adoption of briquettes as an energy source brings environmental, social, and economic benefits. Currently, challenges include proper disposal of agricultural waste, licensing, and availability of buyers. The proposal involves setting up a central plant in Palotina, Paraná, for processing and transforming these materials, with a capacity of 6.7 t/h. Based on the economic viability analysis, we recommend using eucalyptus biomass in conjunction with briquettes, as a viable approach for thermal energy generation.

**Keywords:** Briquettes, Sustainable energy, Economic viability.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....  | 5  |
| 1.1 APRESENTAÇÃO/PROBLEMÁTICA .....   | 5  |
| 1.2 OBJETIVO GERAL DO TRABALHO .....  | 6  |
| 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO TRABALHO .....                                 | 6  |
| 1.4 JUSTIFICATIVAS DO OBJETIVO .....  | 6  |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO .....   | 7  |
| 2.1 AGRICULTURA NO BRASIL .....   | 7  |
| 2.2 ASPECTOS ECONÔMICOS DA SOJA E MILHO .....                               | 7  |
| 2.3 RESÍDUOS AGRÍCOLAS .....  | 7  |
| 2.4 BIOMASSA .....  | 8  |
| 3 DIAGNÓSTICO E DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA .....                        | 10 |
| 3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA COOPERATIVA.....                                     | 10 |
| 3.2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA .....                                  | 11 |
| 4 PROPOSTA TÉCNICA PARA A SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA.....                 | 12 |
| 4.1 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA: .....                                      | 12 |
| 4.2 PLANO DE IMPLANTAÇÃO: .....   | 12 |
| 4.3 RECURSOS: .....   | 15 |
| 4.4 VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA .....                                  | 26 |
| 4.5 RESULTADOS ESPERADOS .....  | 28 |
| 4.6 RISCOS OU PROBLEMAS ESPERADOS E MEDIDAS PREVENTIVO-<br>CORRETIVAS ..... | 29 |
| 5 CONCLUSÃO.....  | 31 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 32 |

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO/PROBLEMÁTICA

A produção agrícola tem avançado muito nos últimos anos, aumentando a produtividade e sendo uma das responsáveis pela movimentação econômica do país e fazendo o Brasil um grande fornecedor de alimentos (CNA, 2024).

A agricultura sendo uma grande responsável pela economia do país, ela também é uma grande responsável pelo volume de resíduos produzidos, o que pode causar diversos problemas ambientais se forem descartados de forma incorreta, contudo não é admitido que os resíduos sejam considerados como lixo, pois possui um valor agregado (Pedrosa et al., 2013). A reutilização dos resíduos agrícolas representa uma ótima maneira para minimizar os impactos ambientais feitos a partir do descarte incorreto, além de proporcionar uma fonte de renda a partir dos produtos gerados (Cordeiro et al; 2020).

Com a crescente procura energética e a possibilidade imediata do esgotamento das fontes de origem fóssil onde se baseia o consumo mundial, provoca a discussão de novas fontes de energia. Uma alternativa que vem crescendo é a utilização de biomassa, como um grande potencial (GRAÇA, 2017).

Nesse contexto, o Brasil exibe uma posição favorável tanto naturais como geográficos para a produção de biomassa. Além de possuir uma grande quantidade de terras agricultáveis, com boas condições climáticas e solos férteis que favorece a produção de biomassa produzida pela produção agrícola (GRAÇA, 2017).

A produção de energia pode ser considerada como a prática de gerar trabalho através da alteração da matéria. Desta forma a bioenergia é atingida por meio da transformação da biomassa ou matéria vegetal gerada através dos resíduos animal, ou orgânicos. No cenário atual, a produção da bioenergia vem apresentando amplos negócios, sendo uma delas a produção de briquete, que geram uma fonte de energia renovável através de resíduos (SILVA et al, 2017).

O briquete por ser um biocombustível sólido e compactado, pode substituir várias formas de energia como o carvão vegetal, gás natural, lenha, tanto ao poder calorífico quanto na relação custo benefício, tendo assim muitas vantagens ambientais

e econômicas fazendo dele uma forte alternativa para a substituição da lenha (FERNANDES, 2012).

## 1.2 OBJETIVO GERAL DO TRABALHO

Transformar os resíduos de produtos agrícolas (Soja e Milho) da pós-colheita em energia térmica, utilizando no processo produtivo da C. Vale.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO TRABALHO

Utilizar os resíduos do processo produtivo de Pós-Colheita da C. Vale para gerar briquetes, utilizando para a queima nas unidades de grãos e indústrias.

## 1.4 JUSTIFICATIVAS DO OBJETIVO

O processo de pós-colheita de grãos na etapa de beneficiamento (Soja, Milho) gera resíduos que hoje são destinados para a venda para produtores/associados ou descartados em alguns casos onde não existe comércio.

As vendas do material como resíduos necessitam de destinação com algumas regras, como exemplo a licença ambiental do comprador, comprovação da destinação dos resíduos, MTR (Movimentação de transporte do resíduo).

Solução:

Como oportunidade temos a possibilidade de transformar os resíduos em energia térmica, utilizando tecnologias de secagem, trilhagem, moagem, peneiramento, mistura de aglutinante, prensagem e estocagem (Briquetes), sendo utilizado para a queima nos processos produtivos da C. Vale. O material energético pode ser aplicado em caldeiras das indústrias (Abatedouro de Aves e Esmagadora de Soja). Também vemos possibilidade de utilizar nos secadores de grãos das unidades de beneficiamento que geram os resíduos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 AGRICULTURA NO BRASIL

Nos últimos anos, com a grandeza dos recursos naturais juntamente com a ciência, políticas públicas e a sabedoria dos agricultores, impulsionaram o Brasil a se tornar um grande agente na produção e exportação de produtos agrícolas, esse desenvolvimento da agricultura contribui imensamente com o desenvolvimento econômico, social e ambiental do Brasil. (EMBRAPA, 2018). Segundo a projeção apresentada pelo MAPA em 2021 a soja e o milho estão entre os produtos de maior crescimento nos próximos 10 anos.

### 2.2 ASPECTOS ECONÔMICOS DA SOJA E MILHO

A soja é a oleaginosa de maior relevância produzida e consumida no mundo sendo ela o carro chefe do agronegócio brasileiro (OLIVEIRA et al, 2019), segundo o 4º Levantamento da Conab publicado em janeiro de 2024 referente a Safra 2023/2024 a estimativa de produção é de 155.269,3 milhões de toneladas de grãos. Assim como a soja o milho tem um papel muito importante para o agronegócio brasileiro, a importância deste cereal se dá pela utilização na alimentação animal até mesmo na indústria de alta tecnologia. (DUARTE, 2021). Para o ano de 2024 a CONAB informou que a produção estimada é de 117,6 milhões de toneladas de milho.

O estado com maior produção de soja no Brasil é o Mato Grosso com 45.600,5 milhões de toneladas, e em segundo lugar o Paraná com uma produção de 22.384,9 milhões de toneladas e uma produtividade média de 3.860 kg/há. Outros produtos que contribuem para o faturamento do agronegócio no Paraná são a criação de frangos e as lavouras de milho. (CONAB, 2024)

### 2.3 RESÍDUOS AGRÍCOLAS

O processo de armazenamento de grão consiste em preservar o produto até o momento da venda. Essa pratica possui sua importância para a redução das perdas

pós colheita e favorecer a comercialização quando o mercado estiver em alta. (Krzyzanowski et al, 2023)

No processo de recebimento de grão a porcentagem de impurezas varia de empresa para empresa, porém é corriqueiro a comercialização com 1% de impureza. Para que não tenha diversos materiais contaminantes como erva daninha, grão danificados, material inerte e entre outros é fundamental o processo de limpeza. (Weber, 2005)

Com a contínua evolução da produção agrícola brasileira, um dos resultados é a produção de resíduos agrícolas em grande escala. Estudos vem sendo realizado a fim de utilizar os resíduos agrícolas como fonte energética. (Oliveira, 2011)

Os objetos e materiais que resultam de operações agrícolas e não se encontra mais utilização são conhecidos como resíduos agrícolas, os quais os produtores rurais e empresas agrícolas querem se desfazer. O Brasil avista uma grande tendencia no crescimento de energia originário da biomassa como substituta do petróleo. Deste modo os resíduos agrícolas possuem uma condição atrativa de biomassa a ser explorada. (Saiter, 2008)

## 2.4 BIOMASSA

Com a grande preocupação relacionado as fontes de energia, a expressão biomassa vem sendo muito utilizada nos últimos tempos. (Mossande, 2022)

Segundo ANEEL (2009), citada por Freitas (2016), A biomassa, pode ser definida como qualquer matéria orgânica transformada em energia térmica, mecânica ou elétrica, ela vem sendo utilizada desde o começo da civilização humana como uma fonte de energia. A madeira é a biomassa mais abundante e simples encontrada na natureza, grandes saltos na evolução se deram devido a mesma.

Uma forma barata e viável para a produção de energia é o aproveitamento da biomassa vegetal, como os resíduos de bagaço de cana de açúcar, resíduo de soja e milho. Para isso é necessário a realização da briquetagem, que é o processo de compactação de resíduos sólidos, uma vez que a biomassa não compactada ocupa o espaço de 4 a 6 vezes mais em comparação aos briquetes. As vantagens dos briquetes começa pela logística, pois o tamanho facilita o transporte, um combustível

mais homogêneo e de maior densidade energética, tornando-se assim uma transformação de energia com maior eficiência (Silva. Et al. 2021).

### 3 DIAGNÓSTICO E DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

#### 3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA COOPERATIVA

A falta de locais para armazenar a produção, as dificuldades para o escoamento da safra e a ausência de crédito e assistência técnica levaram um grupo de 24 agricultores a fundar, em 7 de novembro de 1963, a Cooperativa Agrícola Mista de Palotina Ltda (Campal). Em 1969 aconteceu o início efetivo das atividades da cooperativa com o recebimento de trigo em armazém de um moinho de Palotina. Em 1970 teve início a construção do primeiro armazém da cooperativa, que ficou pronto no início do ano seguinte.

A C.Vale é uma cooperativa agroindustrial com atuação no Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul e Paraguai. Possui 189 unidades de negócios, mais de 27 mil associados e 13.500 mil funcionários. Destaca-se na produção de soja, milho, trigo, mandioca, leite, frango, peixe e suínos, e atua na prestação de serviços, com mais de 429 profissionais que dão assistência agrônômica, veterinária, comercial e operacional aos associados. Para manter os cooperados atualizados tecnologicamente, a C.Vale desenvolve cursos, palestras, treinamentos e dias de campo.

No segmento industrial, a C.Vale produz amido modificado de mandioca e rações. Neste mesmo segmento, a cooperativa mantém um complexo avícola com capacidade de abate de 615 mil frangos/dia. É o primeiro sistema de integração avícola brasileiro, em escala comercial, a utilizar processos automatizados para o controle de ambiente. No ano de 2023 foi inaugurada a esmagadora de Soja, com capacidade diária 60.000 sacas/dia de esmagamento, transformando em farelo e óleo degomado.

##### Desempenho da C.Vale em 2023

- Produção total recebida: 6,1 milhões de toneladas
- Número de associados: 27,333
- Número de funcionários: 13.886
- Faturamento: R\$ 24,421 bilhões
- Impostos e contribuições: R\$ 642 milhões

C.Vale no Brasil, está entre as duas maiores cooperativas singulares do Brasil.

### 3.2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Com o crescimento da produção brasileira de grãos aliada a maior geração de resíduos no processo de beneficiamento de grãos, é necessária buscar alternativas sustentáveis e econômicas para a destinação.

Os resíduos gerados principalmente da cultura da soja em função do ciclo indeterminado, vem demonstrando grandes desuniformidades das plantas e aumento significativo de vagens no processo de beneficiamento. Em função desse grande volume gerado nas safras temos dificuldades de destinação desse material, tendo a possibilidade de utilizar esses materiais no processo produtivo da cooperativa gerando energia térmica.

Os trabalhos realizados internamente mostram que cerca de 1,5% desses resíduos gerados no beneficiamento de grãos poderiam ser aproveitados como energia térmica, desde que devidamente processados. Como a quantidade de grão recebida pela cooperativa é bem expressiva, os resíduos aproveitados ganham escalas compatíveis com uma planta indústria destinada, trabalhando 24 horas por dia, durante o ano todo.

Observa-se a falta de disponibilidade de biomassa (Eucalipto) para a geração de energia térmica na região, podendo os resíduos serem uma opção para complementar o processo. Os solos agrícolas do oeste do Paraná têm elevada fertilidade, sendo aptos para culturas anuais como soja e milho, o que dificulta a adesão do produtor a culturas perenes e menos rentáveis, como o eucalipto.

Contudo o presente projeto busca implementar uma planta de produção de briquetes de resíduos de grãos (Soja e Milho) que serão utilizados para a queima em consórcio com cavacos de eucaliptos nas caldeiras e queimadores de secadores de grãos.

## **4 PROPOSTA TÉCNICA PARA A SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA**

### **4.1 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA:**

- **Problema**

O problema identificado foi a destinação de resíduos gerados no processo de pós colheita de grãos nas unidades C.Vale. No processo de beneficiamento de grãos (Soja e Milho) são gerados resíduos que hoje são destinados para a venda para produtores/associados ou descartados em alguns casos em que não existe comércio.

As vendas do material como resíduos necessitam de destinação com algumas regras, como exemplo a licença ambiental do comprador, comprovação da destinação dos resíduos, MTR (Movimentação de transporte do resíduo).

- **Solução**

Como oportunidade temos a possibilidade de transformar os resíduos em energia térmica, utilizando tecnologias de secagem, trilhagem, moagem, peneiramento, mistura de aglutinante, prensagem e estocagem (Briquetes), sendo utilizado para a queima nos processos produtivos da C.Vale. O material energético pode ser aplicado em caldeiras das indústrias (Abatedouro de Aves e Esmagadora de Soja). Também vemos possibilidade de utilizar nos secadores de grãos das unidades de beneficiamento que geram os resíduos.

### **4.2 PLANO DE IMPLANTAÇÃO:**

- **Consumo de biomassa**

Para a operacionalização do projeto foi necessário analisar a demanda de biomassa (lenha e cavaco) interna para o consumo das indústrias e unidades de grãos. Houve diminuição da área plantada de biomassa de eucalipto, sendo necessário estudo de alternativas para a geração de energia térmica.

- **Mapeamento dos resíduos gerados nas unidades de grãos**

Foi mapeado a quantidade de resíduos gerados (FIGURA 1) nas duas micro regiões do oeste do paraná, nas unidades de beneficiamento de grãos em um raio de até 100 km do local de instalação da planta de produção de briquetes. Sendo as cidades de Alto Piquiri, Assis Chateaubriand, Brasilândia do Sul, Francisco Alves, Guaíra, Maripá, Nova Santa Rosa, Palotina e Terra Roxa designada como Base I (FIGURA 2) e as cidades de Toledo, Tupãssi, São Pedro do Iguaçu, Marechal Candido do Rondon e Cascavel como Base II (FIGURA 3)

FIGURA 1 - Quantidade de resíduos gerados por ano



FONTE: C.Vale (2023)

FIGURA 2 - Região Oeste – Base I



FONTE: C.Vale (2023)

FIGURA 3 - Região Oeste – Base II



FONTE: C.Vale (2023)

- **Quantidade de produção de briquetes**

Análise da quantidade produzida de briquetes, utilizando biomassa de resíduos de soja e milho.

- **Implementação do projeto (Planta)**

Análise dos tipos de plantas/projetos para a produção de biomassa de resíduos. Definição do tipo de projeto é aderente a demanda C.Vale. Definição da local de instalação da planta (Estrutura física).

- **Análise do risco da matéria prima**

A produção de grãos é sazonal, portanto, existe risco de quebra de safras, faltando matéria prima para a produção.

- **Viabilidade do projeto (Custo e Balanço energético)**

Análise do custo de produção em relação a biomassa utilizada atualmente. Verificando o balanço energético gasto no processo x quantidade produzida.

- **Aprovação do projeto.**

Apresentar o projeto e buscar a aprovação do projeto perante a diretoria analisando a viabilidade econômica. O projeto está em estudo na Cooperativa.

#### 4.3 RECURSOS:

Para a execução do projeto será utilizado equipamentos da empresa RCA Máquinas Industriais. O escopo prevê:

- Fornecimento de 01 Sistemas de Secagem Rotativo completo, com capacidade de produção 5,0 t/h de água evaporada na secagem resíduos de grãos, com a respectiva fornalha de queima de biomassa.
- Atendendo as seguintes solicitações:
- Local de Instalação: Central de Resíduos em Palotina – PR.
- Combustível: Cavaco padronizado com PCI 2500 kcal/kg.
- Produto a ser seco: Resíduos da classificação e processamento principalmente de soja e milho.

#### **Abaixo características principais do conjunto:**

- Dados dos resíduos:
  - Umidade do produto: melhor condição 35% a 40% / pior condição 50%.
  - Umidade desejada: 14 a 16%.
  - Jornada: 50 dias / 24h dia / 6 dias/semana - Capacidade desejada: 6,7 t/h (base úmida)

#### **Características específicas dos resíduos de Soja**

- Análises em relação aos resíduos de soja com umidade superior ao acima apresentado, seguem os dados de processo:
  - A soja com umidade acima de 35% a 40% terá a umidade reduzida a 28%, necessitando repassar no secador para chegar aos 14%, após resfriar e

trilhar. O produto na saída do secador necessita ser resfriado, a soja costuma sair do secador com uma temperatura em torno de 50°C, não resfriar implica perda do produto.

- O projeto conta com um sistema de resfriamento mecânico, que permite a redução da temperatura na linha.
  
- Abaixo a condição de operação quando o produto apresentar a umidade inicial acima do exposto na condição inicial.
  - Umidade da vagem verde: consideramos 50% - podendo chegar a 55 a 61%.
  - Produção por hora: 6,67 t/h
  - Umidade extraída na primeira secagem: limitada a 25% Temperatura do produto na saída do secador: 55 a 60°C Obs. Necessita ser resfriado e seco novamente.
  - Segunda secagem para esta condição acima apresentada:
  - Umidade residual após secagem para a soja que ocorreu após trilhagem: 14% Temperatura do produto na saída do secador; 55 a 60° C. Obs.: Necessita ser resfriado.

## **Secagem**

Apresentamos a secagem em duas fases para o processamento do resíduo da soja na condição de soja a 35 / 50% de umidade dependendo da proveniência.

### **Pós Secagem:**

Todo o produto entra na secagem com capacidade de 3000 l/h de água evaporada. Considerando ingresso no secador com 35 a 40% de umidade e saída do secador com 15% de umidade.

Após a secagem conjunta do produto, na sequência do processo, o produto é resfriado, no projeto, através de um resfriador contínuo marca Chavantes, com capacidade de 20 t/h, trilha para separação da vagem e grão, sendo o grão

direcionado para a armazenagem, e recomendado a armazenagem em um silo aerador. A vagem podendo ser destinada a moagem e destinação (TABELA 1).

TABELA 1 - Dados técnicos – Secagem resíduos de Soja

| Dados                           | Quantidade Secador 1 Resíduo de vagem | Quantidade sec 2 após trilhado ressecagem soja | Unidade   |
|---------------------------------|---------------------------------------|--|-----------|
| Volume hora entrada do secador  | 7,667                                 | 2,66   | t/h       |
| Umidade de Entrada              | 50                                    | 28   | %         |
| Umidade Desejada                | 13                                    | 13   | %         |
| Volume hora na saída do secador | 4,406                                 | 2,204  | t/h       |
| Água Evaporada                  | 3,261                                 | 0,459  | t/h total |
| Energia para Evaporar a Água    | 750                                   | 750  | Kcal/kg   |
| Potência da fornalha            | 2.445.402,30                          | 344.418,10                                     | Kcal/h    |
| Poder calorifico biomassa       | 2.500,00                              | 2.500,00                                       | Kcal/kg   |
| Consumo de biomassa fornalha    | 978,16                                | 137,76   | Kg/ h     |

FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

### Características específicas dos resíduos de Milho

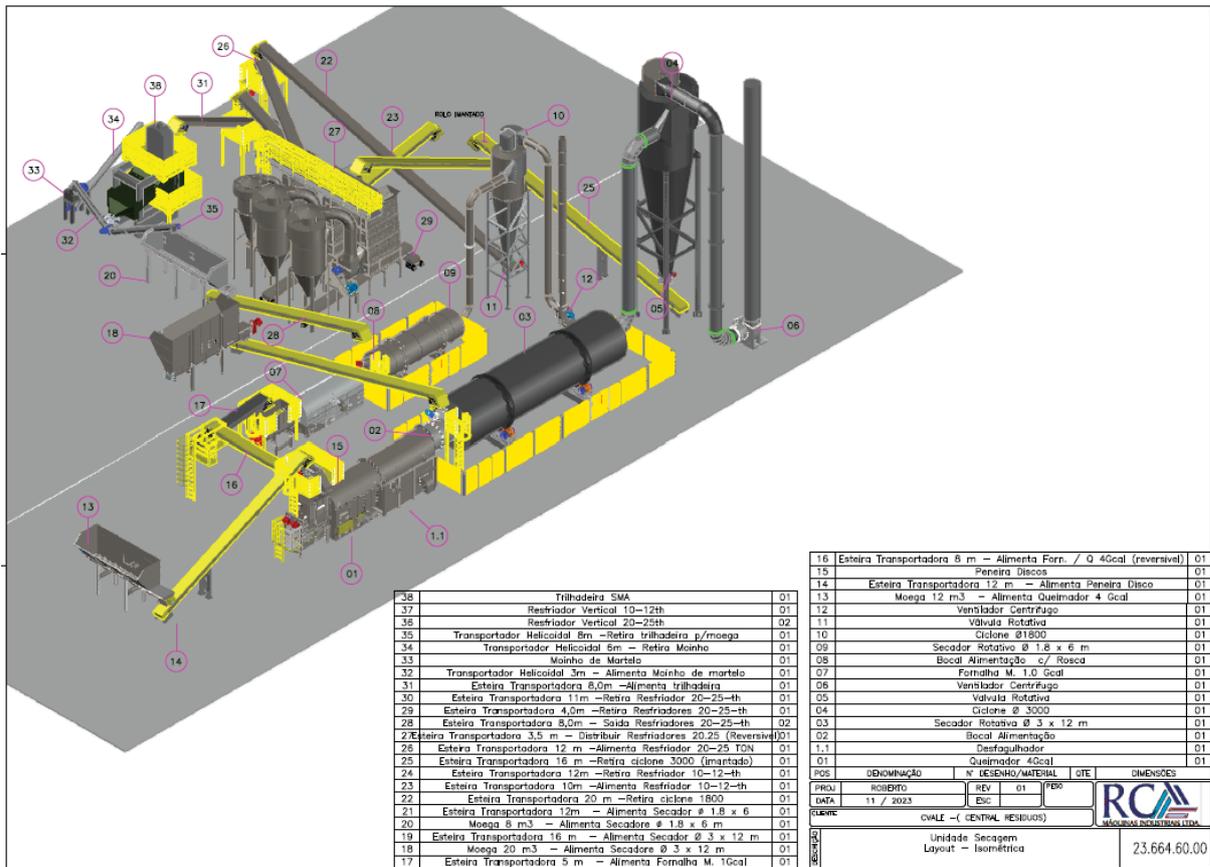
Análise em relação ao resíduo de milho apresentam os seguintes dados (TABELA 2):

TABELA 1 - Dados técnicos – Secagem resíduos de Milho

| Dados                           | Produção total | und       |
|---------------------------------|----------------|-----------|
| Volume hora entrada do secador  | 11,5           | t/h       |
| Umidade de Entrada              | 35             | %         |
| Umidade Desejada                | 11             | %         |
| Volume hora na saída do secador | 8,3            | t/h       |
| Água Evaporada                  | 3,01           | t/h total |
| Energia para Evaporar a Água    | 750            | Kcal/kg   |
| Potência da fornalha            | 2325.842       | Kcal/h    |
| Poder calorifico biomassa       | 2.500,00       | Kcal/kg   |
| Consumo de biomassa fornalha    | 930,34         | Kg/ h     |

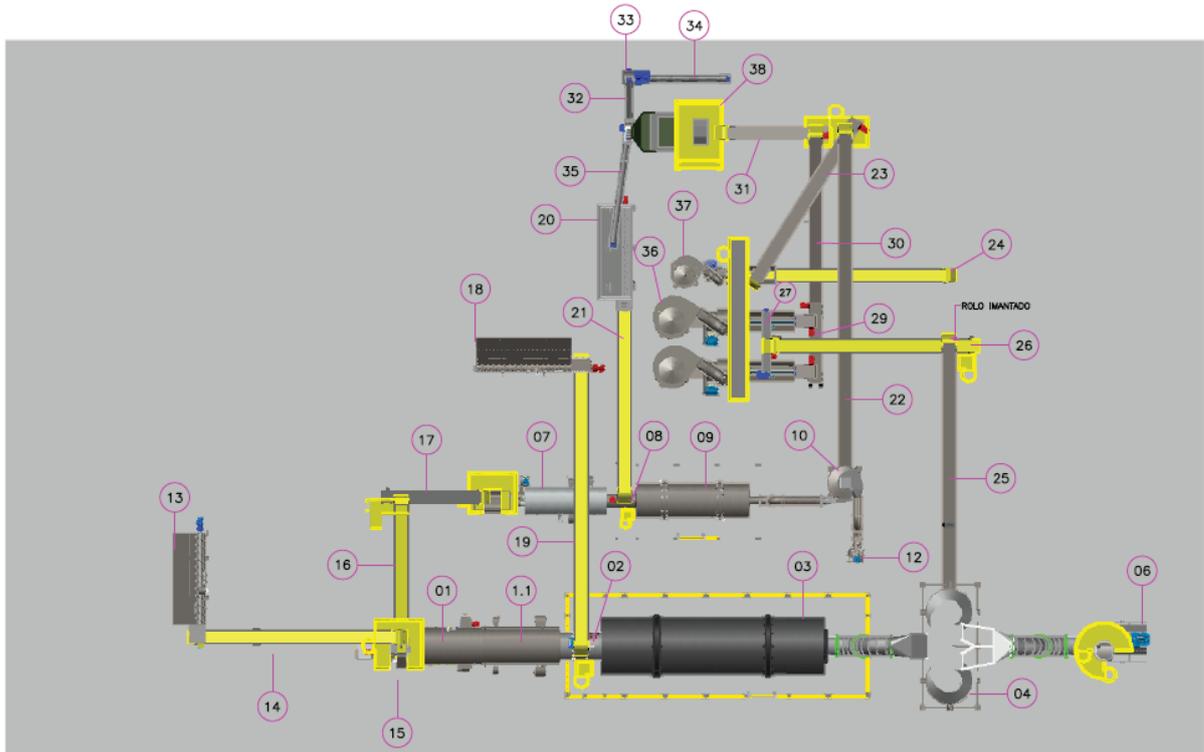
FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

FIGURA 4 - Layout – Vista Isométrica



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

FIGURA 5 - Layout – Vista Superior



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **Descrição – Principais equipamentos mecânicos**
- **MOEGA DOSADORA TRANSPORTADORA DUPLA**

Depósito de produto a ser seco, equipamento número 18 do projeto. Equipamento destinado ao armazenamento e dosagem do produto que será transformado posteriormente em briquetes (FIGURA 6).

FIGURA 6 - Moega dosadora transportadora dupla



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **QUEIMADOR DE BIOMASSA**

Equipamento número 01 do projeto, destinado a geração de calor por queima de biomassa. O queimador, incorporará um sistema de combustão do tipo grelhas móveis com movimentação por um conjunto hidráulico, própria para a queima de combustíveis sólidos (FIGURA 7).

FIGURA 7 - Queimador de biomassa



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **SILO DOSADOR**

Silo dosador com sistema duas alimentações de roscas com diâmetro e passo progressivo para garantir a uniformidade da alimentação, as quais farão a retirada do combustível de dentro do silo para alimentar um transportador de segurança que este alimenta o queimador (FIGURA 8).

FIGURA 8 – Silo dosador



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **DESFAGULHADOR**

Equipamento número 1.1 do projeto, responsável por alimentação do ar secundário na chama da saída do queimador chamado de câmara 1 (FIGURA 9).

FIGURA 9 – Desfagulhador



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **SECADOR ROTATIVO – RESÍDUOS**

Equipamento número 3 do projeto, tambor rotativo 3 fases, desenvolvido para atender o sistema como a câmara de secagem do produto, dando a condição para o produto permanecer maior tempo, contribuindo para a curva de secagem, operando em temperaturas mais baixas, capacidade 3.265 litros de água evaporada (FIGURA 10).

FIGURA 10 – Secador rotativo

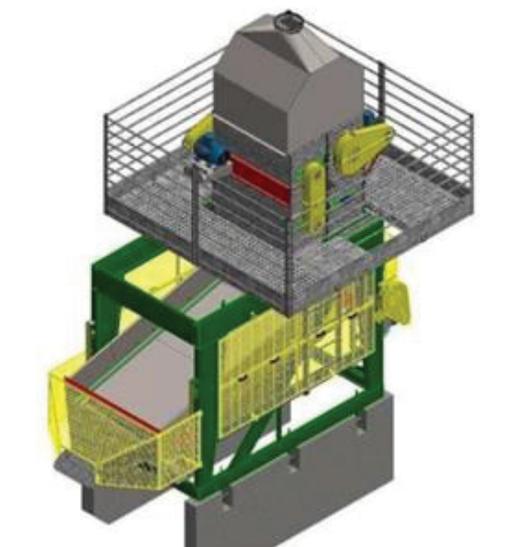


FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **TRILHADEIRA (FIGURA 11)**

Equipamento número 38 do projeto SMA TR 120, que será destinado a separação da vagem e do grão (FIGURA 11).

FIGURA 11 – Trilhadeira



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **PICADOR MARTELOS**

Equipamento número 33 do projeto que será destinado moer a vagem verde após a secagem. Capacidade de 6 toneladas por hora.

- **MOEGA DOSADORA TRANSPORTADORA**

Deposito de grãos que passaram pela trilhadeira, equipamento número 20 do projeto, destinado ao armazenamento e dosagem do produto no secador rotativo de grãos (FIGURA 12).

FIGURA 12 – Moega dosadora transportadora



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **RESFRIADOR VERTICAL**

Equipamento número 37 – recebe e resfria o produto após a secagem. Aplicado em produto Oleoginoso, por ter uma característica de elevar a temperatura no processo de secagem.

- **FORNALHA DE QUEIMA**

Equipamento número 7 do projeto. Capacidade de geração de calor: 0,5 Gcal /H, alimentação e dosagem da biomassa automática. Alimentação do secador para os grãos oriundos do processo de trilhagem (FIGURA 13).

FIGURA 13 – Fornalha de queima



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **SECADOR – GRÃOS PÓS TRILHADEIRA (FIGURA 14)**

Equipamento número 09 do projeto. Secador rotativo com 3 fases, onde a secagem do produto ocorre com temperaturas mais baixas. Sistema de secagem para os grãos oriundos do processo de trilhagem (FIGURA 14).

FIGURA 14 – Secador – Grãos pós trilhadeira



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **CICLONE**

Equipamento número 10 do layout. Ciclone de alta eficiência na captação de particulados, destinado a separação e captação de particulados (FIGURA 15).

FIGURA 15 – Ciclone



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **MOEGA DOSADORA – CAVACOS**

Deposito de produto para a alimentação do secador rotativo, equipamento número 13 do projeto. Equipamento destinado ao armazenamento e dosagem de cavacos para queima no secador de resíduos e também no secador de grãos após processo de trilhagem (FIGURA 16).

FIGURA 16 – Moega Dosadora



FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **BRIQUETADEIRAS**

Briquetadeira mecânica para biomassa com capacidade de 750 quilos por hora, para briquetes de até 60mm. A planta contará com dois (2) equipamentos, totalizando 1.500 quilos de briquetes por hora. A briquetadeira realiza a prensagem e o corte do material já devidamente seco e triturado. Será instalado após o equipamento 34 do projeto (FIGURA 17).

FIGURA 17 – Briquetadeiras



FONTE: RUF Briquetting Systems (2024)

#### 4.4 VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

## IMAGEM 18 – Viabilidade Econômica financeira

| INVESTIMENTOS   |  | R\$                      | RECEITAS               | R\$ | CUSTOS                  | R\$/Tonelada/Ano | OBSERVAÇÕES |
|---|--|--------------------------|------------------------|-----|-------------------------|------------------|-------------|
| <b>MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS</b><br>ITENS - LINHA DE SECAGEM - (RESÍDUOS) R\$ 2.706.652,00<br>ITENS - RESFRIAMENTO E PROCESSAMENTO R\$ 775.699,00<br>ITENS - LINHA DE SECAGEM 2 (GRÃO DE SOJA) R\$ 841.906,00<br>ITENS - ALIMENTAÇÃO BIOMASSA (GERAÇÃO DE CALOR) R\$ 252.470,00<br>MONTAGEM R\$ 192.500,00<br>RESFRIADORES (GRÃOS E RESÍDUOS) R\$ 1.020.000,00<br>TRILHADEIRA (GRÃOS SOJA) R\$ 165.110,00<br>BRIQUETADEIRA R\$ 1.500.000,00<br>TOTAL R\$ 7.454.337,00<br><b>ESTRUTURA CÍVIL</b><br>ÁREA DA INSTALAÇÃO (72.000 M2) R\$ 1.500.000,00<br>BARRACÃO R\$ 1.000.000,00<br>TOTAL R\$ 2.500.000,00<br><b>TOTAL DE INVESTIMENTOS R\$ 9.954.337,00</b> |  |                          |                        |     |                         |                  |             |
| RETIRADA DE GRÃOS DE SOJA (1.000 Toneladas, equilibrando a umidade do grão) R\$ 1.800.000,00<br>ECONOMIA DE BIOMASSA (CAVACOS) = 11.500 toneladas (ano) x R\$ 220,00 R\$ 2.530.000,00<br>REDUÇÃO DE ÁREA DE PLANTIO DE EUCALIPTO (AVALIAR)  |  |                          |                        |     |                         |                  |             |
| CUSTOS FIXOS (R\$/t) R\$ 50,00<br>R\$ 500.000,00<br>Depreciação<br>Mão de Obra Fixa<br>Seguros<br>CUSTOS VARIÁVEIS (R\$/t) R\$ 33,00<br>R\$ 330.000,00<br>Mão de Obra Temporária<br>Energia Elétrica<br>Energia Térmica   |  |                          |                        |     |                         |                  |             |
| Grande quantidade de resíduos gerados no beneficiamento de grãos, sem destinação sustentavelmente correta<br>Restrição de oferta de biomassa na região (Cavacos)<br>Demanda interna crescente (industrialização, automação e expansão)<br>Terras férteis do Oeste Paranaense dificultam o fomento de áreas de reflorestamento junto aos associados da cooperativa<br>Poder calorífico desses materiais se torna altamente interessante após processo de briquetagem   |  |                          |                        |     |                         |                  |             |
| <b>TOTAL DE RECEITAS ANUAIS</b>   |  | <b>R\$ 4.330.000,00</b>  | <b>TOTAL DE CUSTOS</b> |     | <b>R\$ 830.000,00</b>   |                  |             |
| <b>TOTAL DE RECEITAS (10 anos)</b>  |  | <b>R\$ 43.300.000,00</b> | <b>TOTAL DE CUSTOS</b> |     | <b>R\$ 8.300.000,00</b> |                  |             |

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE GRÃOS (T)  | 16.553 |
| GERAÇÃO ESTIMADA DE BRIQUETES (T) | 10.000 |

PLANTA COM CAPACIDADE DE 6,7 tonelada/hora

FONTE: O Autor

- Payback = Estimativa de 3 anos.

#### 4.5 RESULTADOS ESPERADOS

Com a implantação do projeto de transformação de resíduos de pós-colheita de grãos em energia térmica, espera-se os seguintes benefícios:

- **Destinação correta dos resíduos gerados no processo de beneficiamento de grãos:**

No processo de beneficiamento de grãos (Soja e Milho) são gerados resíduos que hoje são destinados para a venda para produtores/associados principalmente para alimentação animal ou descartados em alguns casos em que não existe comércio. Esses resíduos, geralmente, não possuem qualidade comprovada, principalmente para utilização a médio e longo prazo, podendo ser prejudicial aos animais e ambiente. Transformando esses resíduos em energia térmica, mitigamos os danos a animais e ao ambiente, utilizando internamente os briquetes na cooperativa, o que fomenta temas voltados ao escopo ESG (Ambiental, Social e Governança), como sustentabilidade, agricultura regenerativa e economia circular.

- **Suprir o déficit de energia térmica nas regiões de atuação da cooperativa:**

A principal fonte de energia térmica utilizada na cooperativa é a biomassa de eucalipto, na forma de lenha em metro ou cavacos. Por se tratar de uma cultura perene, o eucalipto leva em torno de 6 a 7 anos para atingir seu estágio ótimo de produção, necessitando assim de um escalonamento de plantio/colheita muito bem definido. Além disso, a cooperativa atua em área de produção de culturas anuais, principalmente de soja e milho, que exigem uma fertilidade natural de solos, o que incentiva o produtor a optar por essas culturas ao invés do eucalipto. Somado a isso, temos a expansão produtiva e industrial da cooperativa, aumentando cada vez mais a demanda de biomassa para utilização na secagem de grãos e caldeiras. Todos os itens citados acima, fazem com que a demanda por biomassa seja cada vez maior,

enquanto a oferta se mantenha estável, gerando o déficit. Dessa forma, a expectativa é que a utilização de briquetes oriundos de resíduos de beneficiamento de pós-colheita venha a se tornar uma opção de biomassa para suprir esse déficit.

- **Melhorar a eficiência energética de secadores de grãos e caldeiras:**

Secadores de grãos e caldeiras utilizam a energia térmica para evaporar água da massa de grãos e/ou fornecer vapor para processos agroindustriais. A utilização dos briquetes em consórcio com biomassa de eucalipto irá promover a melhora na eficiência térmica dos processos, visto que sendo mais secos e compactados, possuem poder calorífico maior, proporcionando ganhos de até 15% ao processo de secagem ou geração de vapor.

- **Aproveitamento dos grãos de soja oriundos da trilhagem de vagens:**

A vagem de soja será uma das principais matérias primas para a produção de briquetes. Grande quantidade dessas vagens que são retiradas pelas máquinas de pré e pós limpeza nas unidades de beneficiamento possuem grãos de soja em seu interior. A planta sugerida foi prevista com equipamentos para secar e retirar os grãos de soja, que ainda tem qualidade e valor comercial. O valor obtido dos grãos de soja ajudará a dar viabilidade econômica ao projeto.

#### 4.6 RISCOS OU PROBLEMAS ESPERADOS E MEDIDAS PREVENTIVO-CORRETIVAS

Analisando de maneira integrada todas as ações e soluções apresentadas, foram levantados alguns riscos potenciais do projeto que podem comprometer o resultado do projeto. Dentre os riscos apresentados, podemos listar:

- **Condições Climáticas (quebras de safra):**

Quando ocorrerem eventos climáticos adversos, como redução da precipitação nas áreas de atuação da cooperativa, provavelmente será reduzido a

quantidade de recebimento e, conseqüentemente, a quantidade de resíduos gerados no processo também será menor. Para mitigar esse problema, iremos buscar também fornecimento desses resíduos em outras empresas da região, garantindo a quantidade de matéria prima;

- **Balço energético:**

Relação em consumo de energia e energia gerada. Como medida corporativa, iremos garantir para a cooperativa através de monitoramentos diários que a energia utilizada para produzir os briquetes de resíduos de grãos não será maior que a disponibilizada na queima dele, garantindo a viabilidade do negócio;

- **Sazonalidade do fornecimento de matéria prima:**

A matéria prima para produção de briquetes é produzida basicamente duas vezes por ano: de janeiro a março na safra de soja, e de junho a agosto na safra de milho. Para mitigar esse risco, a sugestão é de ter estrutura de armazenagem para essa matéria prima, postergando o período útil de fabricação dos briquetes. Além disso, buscar matérias primas alternativas para os períodos de entressafra, de subprodutos do portfólio da cooperativa, como resíduos florestais (galhos não aproveitados no reflorestamento, etc.), lodos flotado dos abatedouros, entre outros.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho elabora uma viabilidade econômica/financeira da transformação de resíduos da pós-colheita (soja e milho) em energia térmica. Pode-se concluir que o valor investido pela cooperativa terá um tempo de retorno assertivo.

A região da cooperativa em que será desenvolvido o projeto possui um alta demanda de resíduos agrícolas, o que muitas vezes ocorre um descarte incorreto.

O estudo torna-se de grande valia e apresentou possíveis soluções para a cooperativa de um recurso energético, que é o uso de briquete, que tem um alto poder calorífero sendo muito maior que o da biomassa utilizada atualmente. Com a destinação correto dos resíduos ocorrerá uma maior sustentabilidade da cooperativa. Outro ponto positivo a ser considerado é o fácil manuseio dos briquetes.

Para os anos em que ocorrerá quebra de safra, onde não terá uma quantidade significativa de resíduos agrícolas, recomenda-se que a cooperativa utilize a transformação de outros tipos de resíduos para que o projeto implantado não fique detido.

Finalmente, indicar que se trata de um estudo preliminar a respeito do tema, é aconselhável a cooperativa seguir com o projeto apresentado pois será útil utilizar fontes alternativas de energia térmica, colaborando para o desenvolvimento sustentável da região.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acesso em: 18 de fevereiro de 2024.

CNA Brasil. **Panorama do Agro**. Publicado em fevereiro de 2024. Disponível em <<https://www.cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>>. Acessado em 26 de março de 2024.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira. Grãos safra 2023/2024, 4º Levantamento**. Brasília, DF, janeiro, 2024, p. 10 – 12. E-book. Disponível em <[file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/E-book\\_BoletimZdeZSafrasZ-Z4Zlevantamento.pdf](file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/E-book_BoletimZdeZSafrasZ-Z4Zlevantamento.pdf)>. Acessado em 22 de janeiro de 2024.

CORDEIRO, N. K; Cardoso, K. P. S; MATA, T. C; BARBOSA, J. A; JR, A. C. G. **Gestão de resíduos agrícolas como forma de redução dos impactos ambientais**. Revista de ciências ambientais - RCA (ISSN 1981-8858), Canoas, v. 14, n. 2, 2020.

C.VALE. **História da C. Vale**. Disponível em <<https://www.cvale.com.br/site/nossa-empresa/historia-da-cvale>>. Acessado em 15 de janeiro de 2024.

DUARTE, J. O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Milho. Importância socioeconômica**. EMBRAPA, 2021. Disponível em <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica>>. Acessado em 24 de janeiro de 2024.

EMBRAPA. **Visão 2030. O futuro da agricultura Brasileira**. Brasília, DF, 2018.

FERNANDES, C. R. P; AUGUSTO, A. P; SANTOS, I. J. S; SOUZA, S. C. **Produção de briquete industrial: energia limpa e sustentável**. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012.

FREITAS, G. M; **Biomassa, uma fonte de energia**. Universidade Federal Do Rio De Janeiro. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

GRAÇA, C. H; CALDAS, CALDAS, R. M. F. **Estimativa da quantidade de resíduos (casca e polpa) produzidos durante o processo de beneficiamento do café no município de Varginha – MG**. Revista Geonorte, V.8, N.30, p.104-117, 2017.

KRZYZANOWSKI, F. C; OLIVEIRA, M. A. O; LORINI, I; FRANÇA-NETO, J. B; HENNING, F. A. **Armazenamento do grão de soja com qualidade: princípios importantes a serem observados**. Circular Técnica 196. EMBRAPA, Londrina, PR, julho, 2023, p. 2. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1155426/1/Circ-Tec-196.pdf>> Acessado em 26 de janeiro de 2024.

MAPA. **Projeções do agronegócio. Brasil 2020/21 a 2030/31. Projeções de Longo Prazo**. Brasília, DF, 2021, p. 28 – 40.

MOSSANDE, A. **Estudo preliminar sobre o potencial energético da biomassa dos resíduos da cultura do milho (zea mays I.) Na região de kissomeira, angola.** Universidade do Algarve. Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2022.

OLIVEIRA, A. B; LEITE, R. M. V. B. C; JUNIOR, A. A. B; SEIXAS, C. D. S; KERN, H. S. **O produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF, EMBRAPA, 2019, p 15.

OLIVEIRA, Luiz Gustavo Silva. **Aproveitamento energético de resíduos agrícolas – o caso da agro eletricidade distribuída.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2011. p. 4 – 5.

PEDROSA, T. D; FARIAS, C. A. S; PEREIRA, R. A; FARIAS, E. T. R. **Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais.** Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB, Brasil. Revista Nativa, Sinop, v.01, n.01, p.44-48, out./dez.2013.

SAITER, O. **Utilização de resíduos agrícolas e florestais como fonte de energia para a secagem de grãos de Coffea canephora var. Conilon.** Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro. Instituto De Florestas. Curso De Engenharia Florestal. Seropédica, RJ, 2008. p. 2.

SILVA, C. N; CONTI, C; PADILLA, E. R. D; CONTI, A. C. **Caracterização e Densificação Energética de Blendas de Resíduos Agroindustriais.** Revista virtual de química., 2021, 13 (6), 1251-1256. São Paulo. ©2021 Sociedade Brasileira de Química

SILVA, J. W. F; CARNEIRO, R. A. F; LOPES. J. M. **Da Biomassa residual ao briquete: viabilidade técnica para produção de briquetes na microrregião de Dourados-Ms.** Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.6, n.4, p.624-646, 2017.  
WEBER, É. A. **Excelência em Beneficiamento e Armazenagem de Grãos.** Niterói: Editora Salles, 2005.