

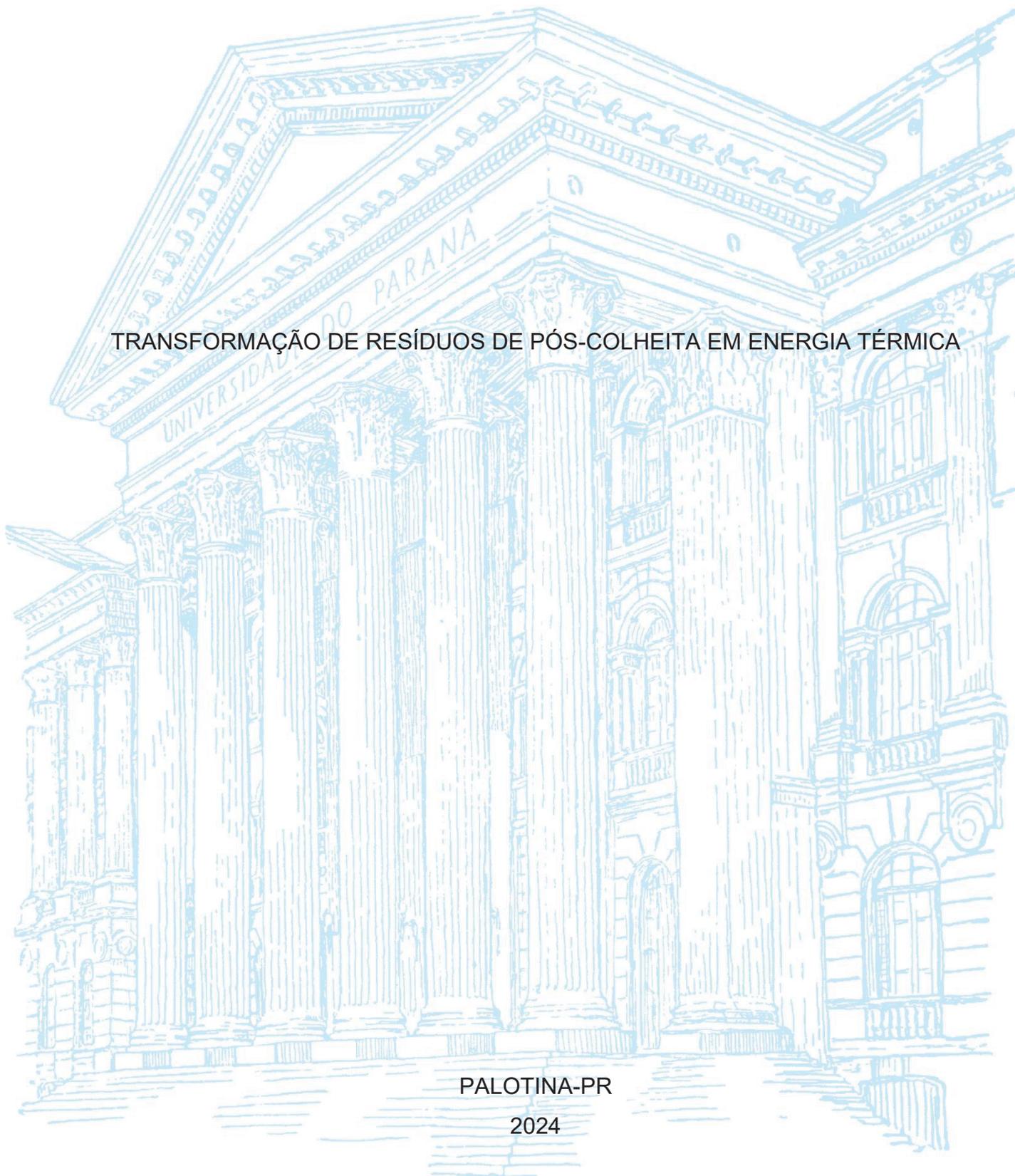
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUIS ANTONIO PICOLI VOLPATO

TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS DE PÓS-COLHEITA EM ENERGIA TÉRMICA

PALOTINA-PR

2024



LUIS ANTONIO PICOLI VOLPATO

TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS DE PÓS-COLHEITA EM ENERGIA TÉRMICA

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

Orientador: Prof. Dr. Maurício Guy de Andrade

PALOTINA-PR

2024

RESUMO

Os resíduos vegetais gerados no processo de pós-colheita de grãos, como vagem de soja e sabugo de milho, têm se mostrado um problema para cooperativas e empresas do ramo, visto que não se tem uma legislação vigente e clara, a quantidade gerada representa um percentual significativo do produto grão recebido e a umidade do material dificulta o tratamento e armazenagem. O presente trabalho se propôs a analisar a viabilidade técnico-econômica de uma planta de briquetagem de resíduos de pós-colheita de grãos na cooperativa C.Vale, para utilização como energia térmica nas caldeiras industriais e secadores de grãos. Tecnicamente a planta se mostrou alternativa interessante, pois proporcionará destinação correta dos resíduos, sendo o briquete de alto poder calorífico e complementar a biomassa atualmente utilizada. Da mesma forma economicamente, pois a planta apresentou um playback aproximado de 3 anos, valor que tem a colaboração da retirada de até 6,25% de grãos de soja das vagens, utilizadas para fabricação dos briquetes.

Palavras-chave: Briquetes, Resíduos Vegetais, Biomassa, Pós-Colheita de Grãos.

ABSTRACT

The vegetable waste generated in the post-harvest process of grains, such as soybean pods and corn cobs, has proved to be a problem for cooperatives and companies in the sector, since there is no clear legislation in force, the amount generated represents a significant percentage of the grain product received and the humidity of the material makes treatment and storage difficult. The aim of this study was to analyze the technical and economic viability of a briquetting plant for post-harvest grain waste at the C.Vale cooperative, to be used as thermal energy in industrial boilers and grain dryers. Technically, the plant proved to be an interesting alternative, as it will provide a correct destination for the waste, with the briquette having a high calorific value and complementing the biomass currently used. Economically, too, as the plant has an approximate payback of 3 years, a figure that is helped by the removal of up to 6.25% of soybeans from the pods, which are used to make the briquettes.

Keywords: Briquettes, Vegetable Wast, Biomass, Post-Harvest of Grain.

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
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	27
4.5 RESULTADOS ESPERADOS	28
4.6 RISCOS OU PROBLEMAS ESPERADOS E MEDIDAS PREVENTIVO- CORRETIVAS	29
5 CONCLUSÃO.....	31
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO/PROBLEMÁTICA

A alguns anos o Brasil é destaque no panorama econômico por ser um dos maiores produtores de grãos do mundo. Extensão territorial, clima favorável, tecnologias de produção e políticas de incentivo fazem com que as perspectivas sejam ainda mais otimistas para os próximos anos. Segundo a CONAB (2024), a produção nacional de grãos deve superar as 300 milhões de toneladas.

Toda essa produção agrícola *“in-natura”* necessita ser beneficiada para ser comercializada como commodities, ou processada e industrializada para se transformar em um produto de maior valor agregado. Para ambas as situações, é necessária a utilização de energia térmica no processo.

Para que os grãos sejam beneficiados, existem basicamente dois processos: limpeza e secagem. O processo de limpeza consiste na retirada de impurezas e matérias estranhas presentes na massa de grãos, oriundas do sistema de colheita no campo. O processo de secagem consiste na redução da umidade da massa de grãos a teores desejáveis e adequados para o armazenamento.

SANTOS, et.al (2018) cita que o processo de beneficiamento contribui para melhorar a qualidade de grãos, sendo de suma importância para a cadeia de produção, pois é através desse processo que os grãos de enquadrar nos padrões comerciais.

Porém, o processo de beneficiamento de grãos gera resíduos e/ou subprodutos, podendo se tornar um problema, inclusive ambiental. A grande quantidade de material, alta umidade, falta de local adequado para armazenagem, dificuldade em comercialização e facilidade de deterioração, são alguns fatores que nos fazem buscar uma alternativa viável para esses materiais.

Para FIGUEIRA et. al. (2015), briquetagem de resíduos do beneficiamento de grãos é uma alternativa para utilização como energia térmica. Além de apresentar-se superior a lenha em alguns aspectos técnicos, tem viabilidade econômica e são ecologicamente corretos.

Segundo PAIVA (2022) os briquetes aparecem como alternativa energética, devido ao seu alto poder calorífico, obtido pela compactação de resíduos vegetais de

diversas naturezas, trazendo maior densidade energética, forma regular, umidade baixa e constituição homogênea. A autora ainda cita que a utilização de briquetes diminui a dependência de combustíveis não renováveis, assim como reduzem a emissão de gases causadores do efeito estufa.

O presente trabalho consiste em levantar o potencial energético e de produção de briquetes provenientes da secagem e compactação de resíduos de beneficiamento de grãos, principalmente soja e milho, assim como a avaliação da viabilidade econômica. O objetivo central é analisar a viabilidade de uma planta central de briquetagem desse resíduos na cooperativa C.Vale, localizada no município de Palotina, no Oeste do Paraná. Na cooperativa em estudo, a principal fonte de energia térmica é a biomassa de eucalipto.

Considerando que o aumento da produção de grãos acarretará, conseqüentemente, em uma maior geração de resíduos de pós-colheita, e o processo de pós-colheita para beneficiamento dessa maior produção necessitará de maior demanda de energia térmica, observa-se com esse trabalho uma oportunidade da utilização de um material complementar a biomassa de eucalipto para geração de energia térmica.

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

Segunda a CONAB (2024), o Brasil deve produzir cerca de 300 milhões de toneladas de grãos, com destaque para as culturas de soja e milho, respectivamente.

Após a colheita, os grãos devem ser direcionados a uma unidade de beneficiamento de grãos, onde passarão por processos de pós-colheita. Tais processos garantem que os grãos sejam beneficiados, permanecendo com índices aceitáveis de impurezas a umidade, adequados para o armazenamento, com foco na comercialização no melhor período. PUPO (2012) cita que a atividade de colheita e beneficiamento de produtos agrícolas gera resíduos que são provenientes das matérias primas produzidas no campo, como exemplo o sabugo de milho e vagem de soja.

Para MORAES et.al. (2017) as biomassas são as fontes mais importantes de energias renováveis do mundo. Quando utilizadas para fins energéticos, podem ser classificadas em: biomassa energética florestal (produtos e subprodutos), biomassa energética agrícola (culturas energéticas, resíduos e subprodutos agrícolas, agroindustriais e de produção animal) e resíduos urbanos (poda e varrição).

Os resíduos gerados na produção agrícola e agroindustrial podem ter vários destinos, como geração de energia térmica, utilização fertilizantes orgânicos e compostagem, alimentação animal, entre outros. MARTINS (2015) ainda cita que as vagens, geradas pelo cultivo da soja, possui propriedades lignocelulósicas e podem servir como matéria prima para a produção de painéis aglomerados.

Para FIGUEIRA et. al. (2015), briquetagem de resíduos do beneficiamento de grãos é uma alternativa para utilização como energia térmica. Além de apresentar-se superior a lenha em alguns aspectos técnicos, tem viabilidade econômica e são ecologicamente corretos. Já para GROFF & LAURANI (2009), a utilização do resíduo de beneficiamento de soja e milho permite a redução de custo na produção de bovinos.

Na cooperativa em questão, onde se estuda a viabilidade de implantação de uma planta de briquetagem de subprodutos do beneficiamento de grãos, a fonte de energia térmica predominante é a biomassa de eucalipto, em forma de lenha em metro ou cavacos. Por estar localizada em um centro produtivo e de terras férteis, os volumes de beneficiamento de grãos são representativos, e, conseqüentemente, a geração de subprodutos também. Por esse mesmo motivo, a cooperativa encontra dificuldade de aumentar sua área de reflorestamento, visto que as florestas de eucalipto concorrem com as culturas anuais de soja, milho e trigo. Nesse contexto, apresenta potencial de aproveitamentos desses resíduos para geração de energia térmica, reduzindo a dependência da biomassa de eucalipto.

A briquetagem é a tecnologia capaz de transformar a biomassa em sua forma moída em blocos compactos, de diversas dimensões e prontos para queima, visando o aproveitamento energético de resíduos, que antes seriam descartados. O processo não altera a composição química da matéria prima de origem e visa o aumento da concentração energética, uniformidade de tamanho e formato dos produtos, facilidade de armazenamento e agregação de valor à biomassa residual. O poder calorífico dos briquetes é geralmente superior ao da matéria-prima devido a secagem prévia, podendo chegar a 17,64 MJ/kg na faixa entre 7 e 12% de umidade (EMBRAPA, 2012).

Ainda segundo EMBRAPA (2012) a fabricação de briquetes para autoconsumo pode ter grande vantagem econômica, devido a substituição de combustíveis como lenha ou óleo combustível e energia elétrica.

Avaliar a viabilidade de uma planta de briquetagem é de fundamental importância para a tomada de decisão da instalação da mesma. Devem ser avaliados aspectos voltados a disponibilidade de matéria prima, sazonalidade da atividade, mercado consumidor, investimento estrutural, localização, custos operacionais, entre outros.

Fluxo de caixa (projeção de entradas e saídas de recursos financeiros em um determinado período), VPL (considera o valor do investimento no tempo), T.I.R. (rendimento de uma atividade em um determinado período) e Pay Back (tempo necessário para que a atividade retorne o valor investido) são alguns dos principais indicadores de viabilidade que servem para subsidiar a tomada de decisão em novos projetos ou expansão de um já existente. (SOLDERA & KÜHN, 2018).

Em análises realizadas sobre a viabilidade econômica de uma planta de briquetagem de resíduos vegetais, FILIPPETTO (2008) apresenta VPL de R\$ 23.711,00, T.I.R. de 21,2% e Pay Back de 4,91 anos. Já FIGUEIRA et.al. (2015) apresenta VPL de R\$ 98.793,73 e T.I.R. de 11,77% para uma planta de briquetagem de resíduos de grãos beneficiados.

Para SANTOS (2015), além dos fatores econômicos, operacionais e energéticos, a fabricação de briquetes a partir da compactação da biomassa residual auxilia na preservação do meio ambiente e proporciona a estruturação de um modelo energético, que leva em consideração os princípios aplicáveis a sustentabilidade ambiental. Segundo o autor, o Brasil utiliza apenas uma pequena parcela dos subprodutos gerados para a fabricação de briquetes e cita a falta de incentivo e ações governamentais como um dos principais fatores.

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 consorcio 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:

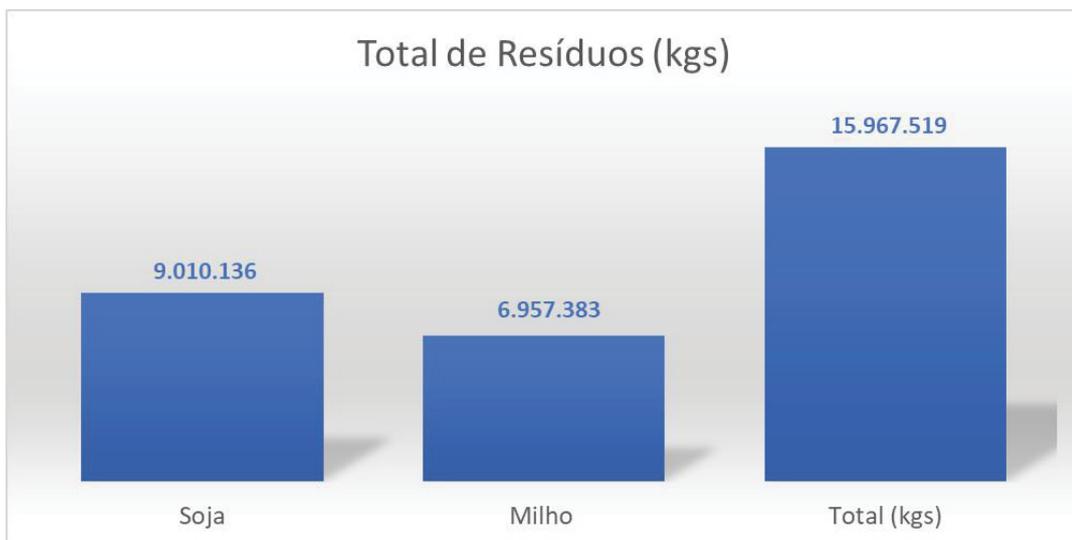
- **Consumo de biomassa**

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 gr os em um raio de até 100 km do local de instala o da planta de produ o de briquetes. Sendo as cidades de Alto Piquiri, Assis Chateaubriand, Brasilândia do Sul, Francisco Alves, Guaíra, Marip , Nova Santa Rosa, Palotina e Terra Roxa designada como Base I (FIGURA 2) e as cidades de Toledo, Tup ssi, 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

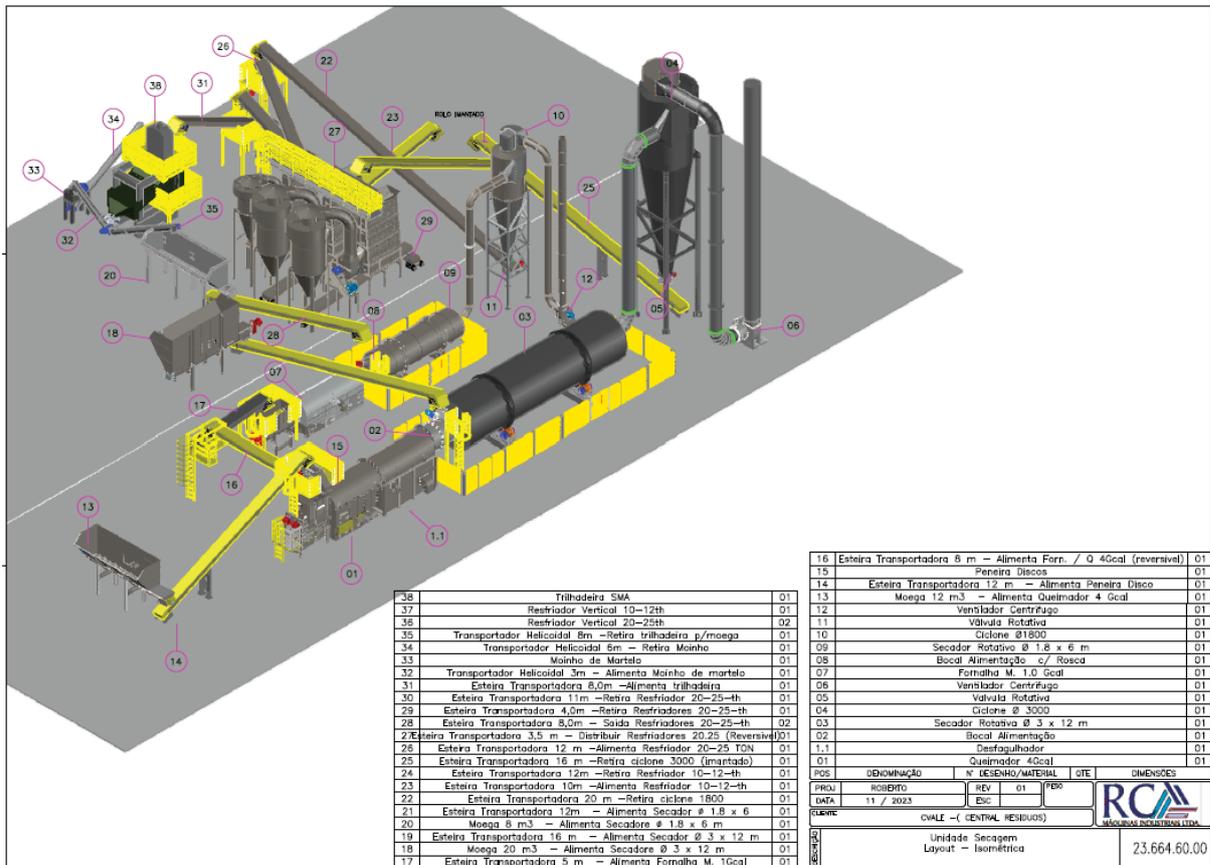
Análise em relação ao resíduo de milho apresentam os seguintes dados (TABELA 2):

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

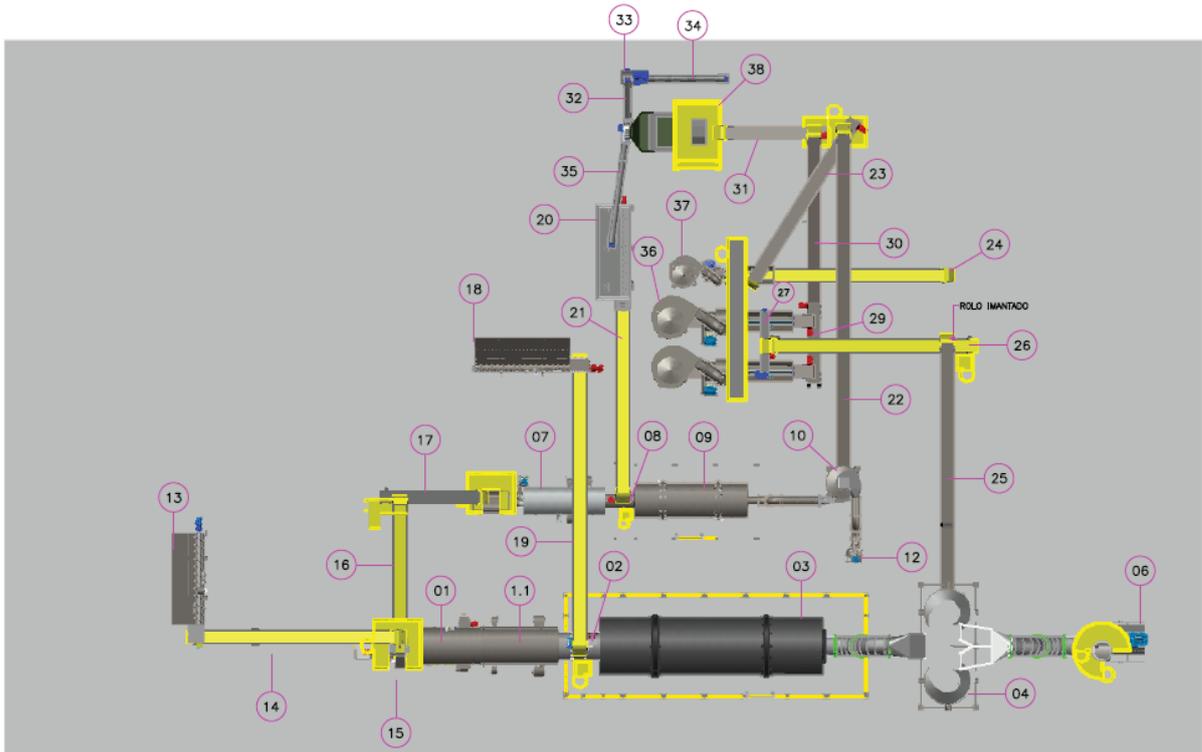
FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

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

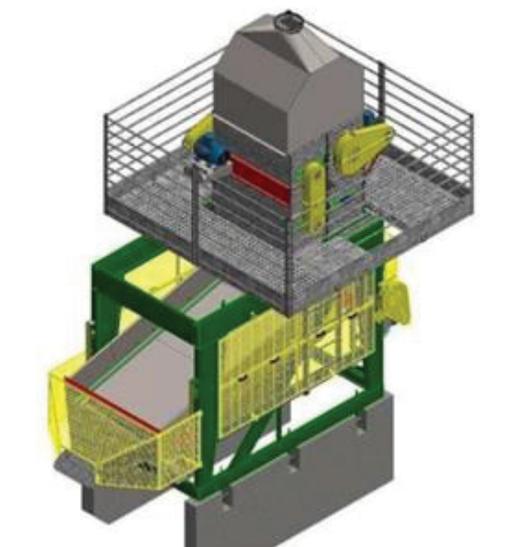


FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

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

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, forma 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;

- **Balanco 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

Após a realização do estudo de viabilidade técnica e econômica da transformação de resíduos de pós colheita em energia térmica, conclui-se que uma planta centralizada para a cooperativa apresenta uma alternativa interessante, pois tem um período de pay-back atrativo, estimado em três anos.

Tecnicamente também se justifica a implantação, possibilitando a destinação adequada desses resíduos, com viés sustentável, além dos briquetes serem alternativa a biomassa utilizada na cooperativa atualmente, que vem encontrando dificuldades para suprir suas necessidades. Quando pensamos no ponto energético, o projeto também se sustenta, pois o briquete tem poder calorífico útil superior a biomassa utilizada atualmente, além de densidade energética maior e melhor homogeneidade, podendo melhorar o rendimento térmico de caldeiras industriais e secadores de grãos.

Quando o resíduo a ser utilizado na planta for a vagem de soja, a cooperativa ainda conseguirá recuperar os grãos presentes nas vagens, podendo chegar até em 6,25% da quantidade de resíduo gerada anualmente, devidamente equilibrados a umidade comercial. Esse valor contribui significativamente para o pagamento do investimento e custos operacionais da planta.

Todavia, recomenda-se a cooperativa buscar materiais alternativos aos resíduos de pós colheita de grãos, como resíduos industriais e florestais, garantindo funcionamento da planta em períodos de entressafra.

Por fim, depois de todas as análises realizadas, é seguro dizer que a cooperativa deve seguir com o projeto de transformação de resíduos de pós colheita de grãos em energia térmica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Tabela de dados – Produção e balanço de oferta e demanda de grãos. Fevereiro 2024. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Agroenergia - Briquetagem e peletização de resíduos agrícolas e florestais. Brasília. Agosto, 2012.

FIGUEIRA, F, V; MARTINAZZO, A, P; TEODORO, C, E, S. 2015. Estimativa da viabilidade econômica da produção de briquetes a partir de resíduos de grãos beneficiados. ENGEVISTA, V. 17, n. 1, p. 95-104, Março 2015.

FILIPPETTO, D. 2008. *Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GROFF, A, M; & LAURANI, M. V. 2009. Composição química e uso dos resíduos de beneficiamento de soja e milho na alimentação de bovinos. III Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. Campo Mourão, 2009.

MARTINS, E. H. Aproveitamento do resíduo do processamento da soja para a produção de painéis aglomerados. Universidade Estadual de Goiás – Jataí, Goiás, 2015 (Dissertação).

MORAES, L. M, et.al. Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. Artigos técnicos. Revista IPT – Tecnologia e Inovação. V.1.n.4. Abril 2017. p. 58-73.

PAIVA, M. V. Tecnologia de produção de briquetes de resíduos de fruta para geração de energia. Universidade Federal de Uberlândia – Uberlândia, Minas Gerais, 2022 (Monografia).

PUPO, H. F. F. Painéis alternativos produzidos a partir de resíduos termoplásticos e da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth). Universidade Estadual Paulista – Botucatu, São Paulo, 2012 (Dissertação).

SANTOS, A. B. M., BERNARDES, J. R., MANTOAN L. M., SILVA, R. R. Beneficiamento de grãos na cultura do milho. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Votuporanga, São Paulo, 2018 (Trabalho de Conclusão de Curso)

SANTOS, J. O. dos, Santos, R. M. de S., Costa, L. M. da, Medeiros, A. C. de, Coelho, D. C., & Maracajá, P. B. (2015). Produção e utilização de briquetes no Brasil. *Revista Brasileira De Agrotecnologia*, 5(1),36–40. Recuperado de <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/4160>

SOLDERA, D., KÜHN, D. D. *Gestão e planejamento de agroindústrias familiares*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2018. p. 41-59.