

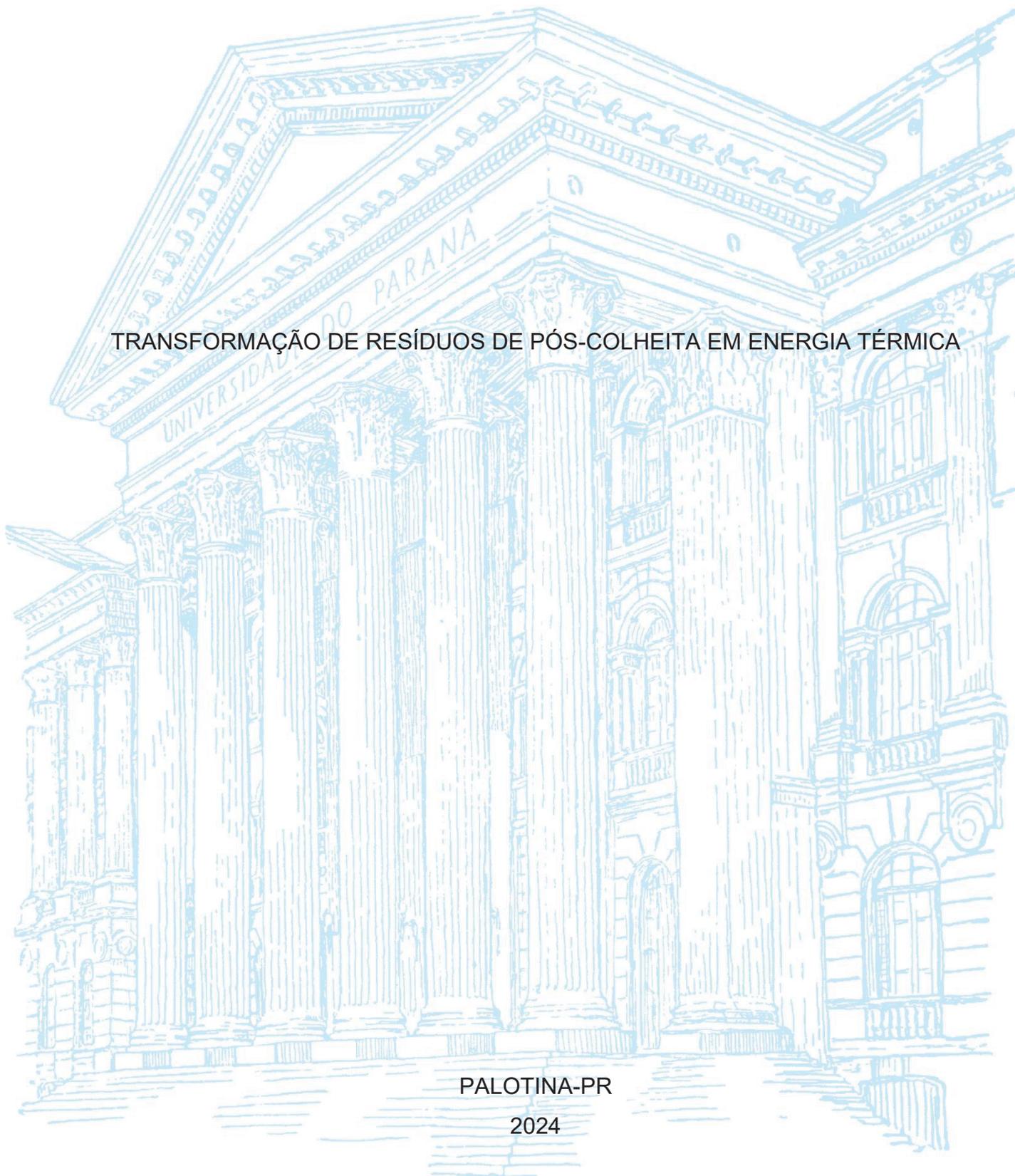
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ARNALDO BALDESSIN JUNIOR

TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS DE PÓS-COLHEITA EM ENERGIA TÉRMICA

PALOTINA-PR

2024



ARNALDO BALDESSIN JUNIOR

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**

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 PRODUÇÃO DE GRÃOS NO BRASIL .....	7
2.2 PÓS-COLHEITA DE GRÃOS.....	7
2.3 GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA .....	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 .....	27
4.6 RISCOS OU PROBLEMAS ESPERADOS E MEDIDAS PREVENTIVO- CORRETIVAS .....	28
5 CONCLUSÃO.....	30
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO/PROBLEMÁTICA

No panorama atual, o Brasil se destaca como grande produtor mundial de grãos, com expectativas de crescimento em função de novas áreas e tecnologias disponíveis. Com isso a geração de resíduos provenientes do beneficiamento irá aumentar, em função da produção e qualidade do produto.

Em relação à soja, o ciclo indeterminado de produção vem gerando grande quantidade desses resíduos. Nas unidades de recebimento de grãos, hoje é realizada a venda ou a doação deste material, porém nem sempre se encontra destinação adequada. Outro fator importante é a crescente necessidade de atender às questões ambientais.

A geração dos resíduos acontece no processo produtivo de grãos, através das máquinas de limpezas, que realizam o beneficiamento e retiram materiais como terra, vagens de soja, sabugo e talos de milho através do peneiramento.

O projeto será realizado nas unidades da cooperativa nos municípios do Oeste do Paraná, atendendo uma distância máxima das unidades de geração de 100 km. Serão destinados os materiais para a planta central, que irá realizar o processamento e a transformação.

Como alternativa, o projeto busca aproveitar esse material transformando em briquetes para a geração de energia térmica nas caldeiras das indústrias e secadores de grãos das unidades de recebimento. Também pode ser utilizado para o próprio processo de produção de briquetes. O Poder calorífico desses materiais se torna altamente interessante após processo de briquetagem, sendo superior ao cavaco de eucalipto.

Os briquetes são opções viáveis em complementação ao uso de lenha e cavaco de madeira. Na região existe restrição de oferta de biomassa de eucalipto, material que é utilizado hoje para a geração de energia térmica.

As terras férteis do Oeste Paranaense dificultam o fomento de áreas de reflorestamento junto aos associados da cooperativa, sendo necessário buscar áreas para plantio em médias distâncias, aumentando o custo.

Com a implementação do projeto a cooperativa terá os seguintes ganhos:

- Ambientais: utilização de resíduos de forma mais sustentável, fazendo a correta destinação.
- Sociais: A cooperativa com processo de inovação trás visibilidade positiva para a região e associados.
- Econômicos: redução de custos operacionais de produção, redução da necessidade de área plantada com reflorestamento.

## 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 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.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 PRODUÇÃO DE GRÃOS NO BRASIL**

Ao longo dos anos, o Brasil vem crescendo na produção de grãos e se tornando um dos maiores produtores mundiais, contribuindo para a segurança alimentar global e econômica do país. Os fatores que influenciaram nesta evolução são desde aumento da área plantada e produtividade e avanço das tecnologias CONAB (2024).

Dados divulgados pela CONAB (2024) o volume da produção brasileira de grãos deverá atingir 316,7 milhões de toneladas na safra 2023/2024. As informações levantadas indicam, que possivelmente teremos a segunda maior produção de grãos da história brasileira, podendo ser a primeira, devido ao aumento da área plantada.

A produção de grãos no Brasil segundo estudo feito Secretaria de Política Agrícola, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2022) deverá aumentar 36,8% nos próximos dez anos, chegando a um total de 370,5 milhões de toneladas na safra 2031/2032. Esse acréscimo corresponde a uma taxa de crescimento de 2,7% ao ano. Algodão, milho de segunda safra e soja devem continuar alavancando o crescimento da produção de grãos.

### **2.2 PÓS-COLHEITA DE GRÃOS**

O setor de pós-colheita é de extrema importância para a cadeia e suportar este crescimento, através das etapas de recebimento, beneficiamento, armazenamento e expedição dos grãos. A destinação normalmente é para exportação ou industrialização, transformando e agregando valor a cadeia de produção. Em todas as etapas do processo é necessário adotar boas práticas para garantir a qualidade e quantidade, sendo eficiente evitando as perdas.

As etapas do processo produtivo de pós-colheita iniciam na recepção onde é determinado a qualidade e quantidade dos grãos, passando para descarga nas moegas e posterior beneficiamento. Nesta etapa será realizada a limpeza e secagem dos grãos para armazenamento, observando a conservação através de sistemas de aeração e termometria. Após isso os grãos são expedidos após a comercialização.

O processo produtivo da atividade agrícola gera os resíduos vegetais que são provenientes de matérias-primas produzidas no campo, resultantes das atividades de colheita ou beneficiamento dos produtos agrícolas. Como exemplos: bagaço e palhiço da cana-de-açúcar, casca de arroz, sabugo de milho, vagem de soja, casca de amendoim, palha de trigo, entre outros PUPO (2012).

Observa-se disponibilidade com grande quantidade dos resíduos de biomassa vegetal, sendo uma oportunidade viável para a inserção na produção de novos produtos agregando valor reduzindo os custos de produção. Também descarte no meio ambiente que tem sido grande problemas para o setor produtivo. Portanto o aproveitamento dos resíduos vegetais para novos produtos industriais proporciona ao país benefícios tecnológicos, econômicos e ambientais.

Segundo FERREIRA LEITÃO et al. (2010) os resíduos que são produzidos tendo o aproveitamento adequado, irão reduzir os impactos de sua disposição que é uma grande preocupação ambiental, devido ao seu potencial de contaminação de rios e lençóis subterrâneos.

### 2.3 GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA

Atualmente na Cooperativa para a geração de energia térmica é utilizado a biomassa de eucalipto, que é transformada em cavaco para queima nos secadores de grãos e caldeiras das indústrias. Observa-se a falta de disponibilidade da biomassa de eucalipto, onde a área concorre com plantio de culturas como Soja, Milho e Trigo.

A utilização da biomassa de resíduos do beneficiamento de grãos é uma alternativa, pois são gerados no processo interno da unidade, sendo transferido para uma central de processamento e utilizado para geração de energia térmica.

Para VIEIRA et al. (2013) a energia contida na biomassa vegetal pode ser convertida em combustíveis. Os resíduos agrícolas armazenam grande quantidade de energia que pode ser aproveitada. O Brasil possui vários fatores tais como: dimensões

cultiváveis, solo e condições climáticas adequadas, sendo um dos maiores fornecedores de matérias primas para a produção de bioenergia, ou seja, os resíduos gerados durante o processo de produção agrícola podem ser utilizados para geração de energia térmica.

Segundo COUTO et al. (2004) a biomassa vegetal apresenta baixa densidade energética da biomassa em comparação com petróleo e carvão mineral, resultando em custos elevados de transporte e armazenamento. Portanto a necessidade do processamento para a aumentar a concentração de energia, que implicará o espectro de utilização da biomassa na transformação energética. Para isso a opção seria o processamento transformando em briquetes.

Também podemos utilizar os resíduos de beneficiamento de milho e de soja na formulação de ração para bovinos. Através da realização de análise da composição química, processamento, secagem e o armazenamento), é possível utilizar estes materiais nas condições e proporções adequadas à nutrição dos animais PRADO (2004). Hoje a resíduos a cooperativa tem como essa sua principal aplicação.

Como alternativa a Cooperativa tem buscado a utilização dos resíduos gerados nas unidades de beneficiamento por meio da compactação da biomassa vegetal pelo processo de briquetagem, para posterior queima e produção de energia térmica.

Para o melhor aproveitamento dos resíduos a briquetagem é uma das escolhas tecnológicas, consistindo num processo de compactação de material fino ou triturado que utiliza elevadas pressões, o que provoca a elevação da temperatura do processo provocando a plastificação da lignina, substância que atua como aglomerante das partículas durante a compactação. Além da lignina, as proteínas, amidos, gorduras e carboidratos solúveis também são adesivos naturais da biomassa (QUIRINO (1991); CARVALHO e BRINK (2004).

ALVES JÚNIOR (2004) confirma que os briquetes possuem maior potencial na geração de energia do que os resíduos de biomassa dos quais foram gerados, sendo a melhor escolha tecnológica para o aproveitamento destes.

### 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 microrregiões 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.
  
- 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 calorífico biomassa	2.500,00	2.500,00	Kcal/kg
Consumo de biomassa fornalha	978,16	137,76	Kg/ h

FONTE: RCA Máquinas industriais (2023)

- Características específicas dos resíduos de Milho

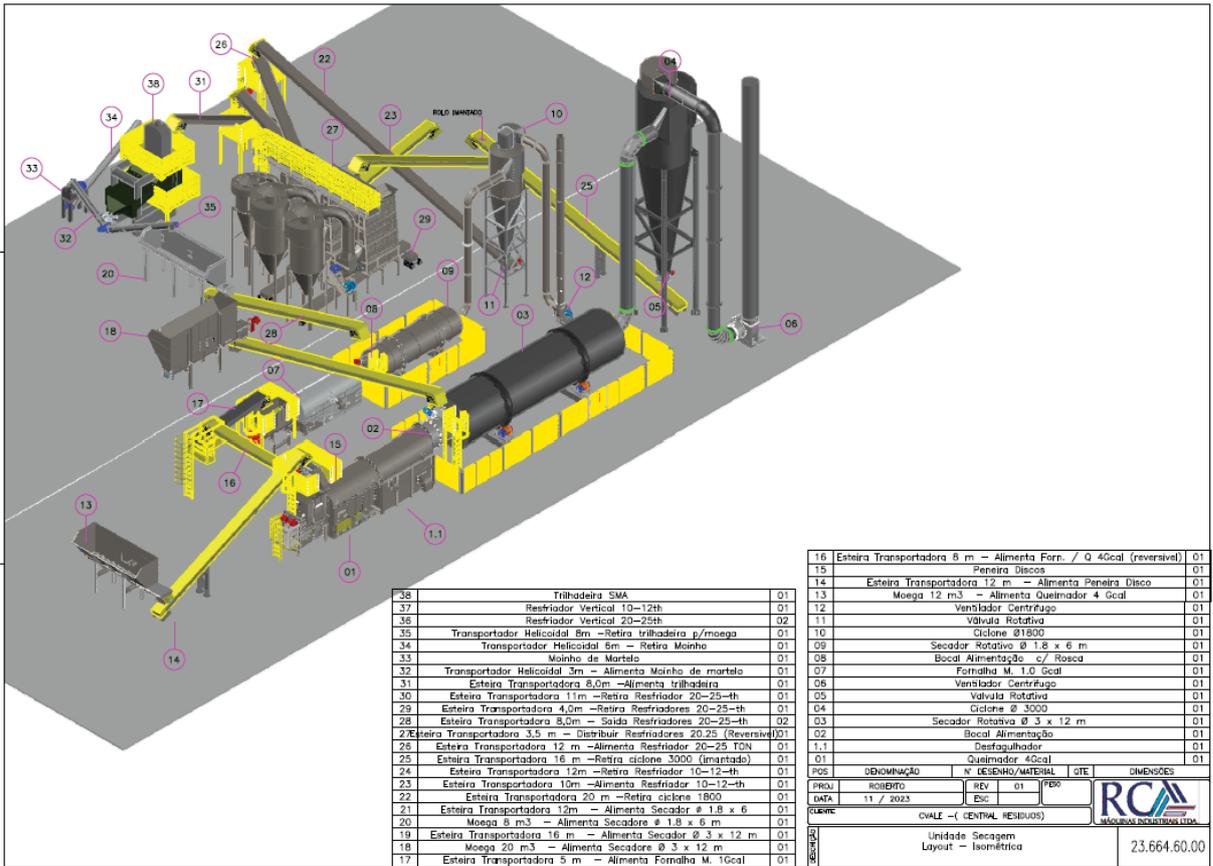
Análise em relação ao resíduo de milho apresentam os seguintes dados (TABELA 2):

TABELA 2 - 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 calorífico biomassa	2.500,00	Kcal/kg
Consumo de biomassa fornalha	930,34	Kg/ h

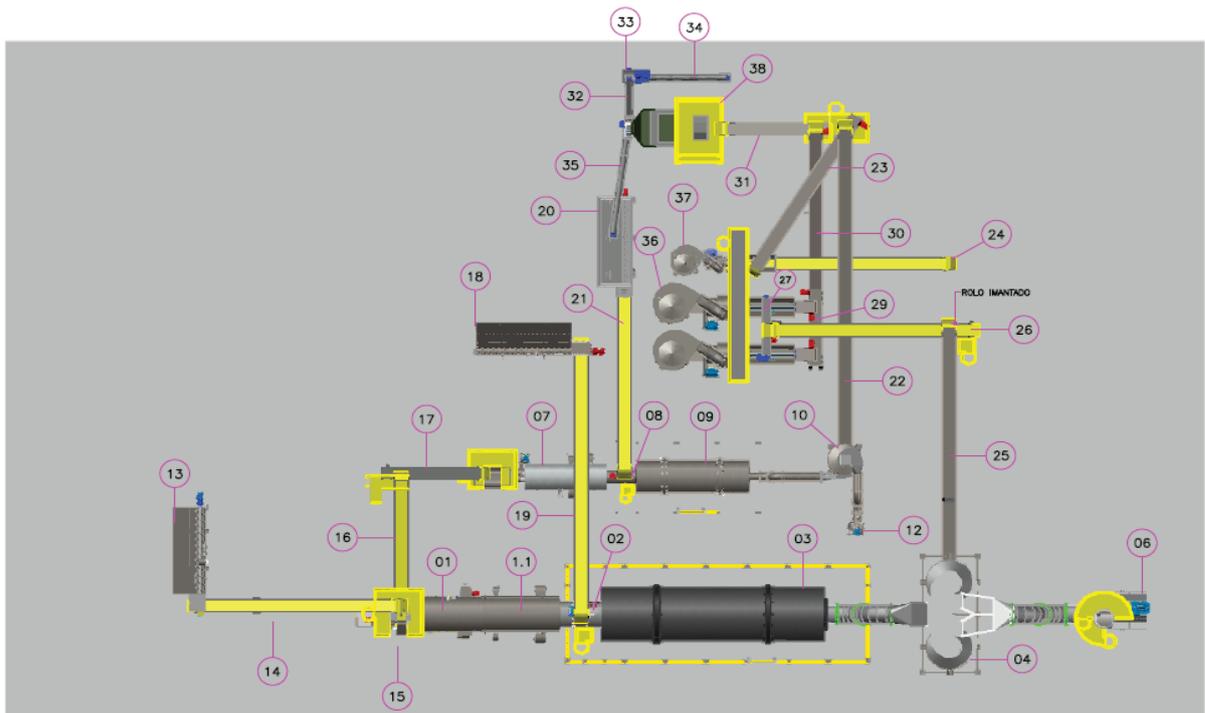
FONTE: RCA Máquinas industriais (2023)

FIGURA 4 - Layout – Vista Isométrica



FONTE: RCA Máquinas industriais (2023)

FIGURA 5 - Layout – Vista Superior



FONTE: RCA Máquinas industriais (2023)

- DESCRIÇÃO DOS 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 Máquinas 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 Máquinas 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 Máquinas 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 Máquinas 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

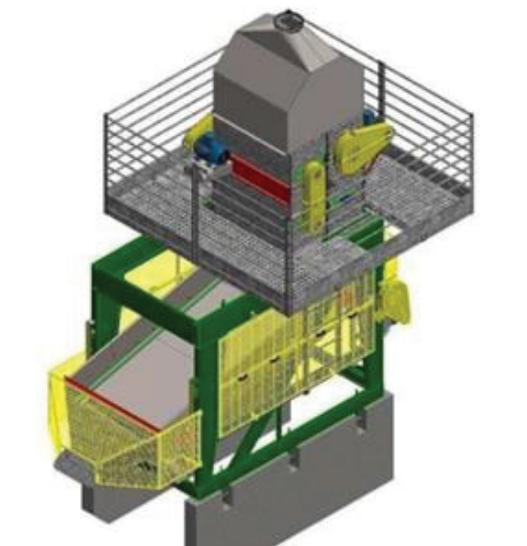


FONTE: RCA Máquinas industriais (2023)

- Trilhadeira

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 Máquinas 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 Máquinas industriais (2023)

- Resfriador vertical

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

- Resfriador vertical

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 Máquinas industriais (2023)

- Secador – Grãos após a trilhadeira

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 Máquinas 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 Máquinas 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 Máquinas industriais (2023)

- Briquetadeira

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 Econômico-financeira

INVESTIMENTOS		R\$	RECEITAS	R\$	CUSTOS	R\$/Tonelada/Ano	OBSERVAÇÕES
<b>MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS</b> 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 <b>ESTRUTURA CÍVIL</b> ÁREA DA INSTALAÇÃO (72.000 M2) R\$ 1.500.000,00 BARRAÇÃO R\$ 1.000.000,00 TOTAL R\$ 2.500.000,00 <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		CUSTOS FIXOS (R\$/t) R\$ 50,00		Grande quantidade de resíduos gerados no beneficiamento de grãos, sem destinação sustentavelmente correta
			ECONOMIA DE BIOMASSA (CAVACOS) = 11.500 toneladas (ano) x R\$ 220,00 R\$ 2.530.000,00		Depreciação		Restrição de oferta de biomassa na região (Cavacos)
			REDUÇÃO DE ÁREA DE PLANTIO DE EUCALIPTO (AVALIAR)		Mão de Obra Fixa		Demanda interna crescente (industrialização, automação e expansão)
					Seguros		Terras férteis do Oeste Paranaense dificultam o fomento de áreas de reflorestamento junto aos associados da cooperativa
					CUSTOS VARIÁVEIS (R\$/t) R\$ 33,00		
					Mão de Obra Temporária		Poder calorífico desses materiais se torna altamente interessante após processo de briquetagem
					Energia Elétrica		
					Energia Térmica		
<b>TOTAL DE RECEITAS ANUAIS</b>		<b>R\$ 4.330.000,00</b>	<b>TOTAL DE RECEITAS (10 anos)</b>	<b>R\$ 43.300.000,00</b>	<b>TOTAL DE CUSTOS</b>	<b>R\$ 830.000,00</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 reduzida 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;

- Balanço 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

O projeto de transformação de resíduos agrícolas (soja e milho) em energia térmica por meio da utilização de briquetes é, sem dúvida, uma iniciativa relevante e sustentável. A adoção de briquetes como fonte de energia pode trazer diversos benefícios para a cooperativa e a região.

No processo produtivo, a geração desses materiais tem enfrentado desafios, incluindo questões relacionadas à destinação correta, licenciamento e disponibilidade de compradores. No entanto, os benefícios são significativos:

**Ambientais:** A utilização mais sustentável dos resíduos contribui para a preservação do meio ambiente.

**Sociais:** A inovação traz visibilidade positiva para a região e seus associados.

**Econômicos:** A redução dos custos operacionais de produção e a diminuição da necessidade de áreas reflorestadas são vantagens econômicas claras.

A instalação de uma planta central em Palotina, Paraná, para processamento e transformação desses materiais atenderá à demanda da cooperativa. Com base na análise de viabilidade econômica apresentada no projeto, considerando uma capacidade produtiva de 6,7 toneladas por hora e uma produção aproximada de 10.000 toneladas de briquetes, o payback mostrou-se interessante para o investimento. Uma maneira de recuperar os custos é utilizar a soja retirada e queimar os briquetes.

Recomendamos que a cooperativa continue a utilizar biomassa de eucalipto, alinhando essa prática à sugestão de adotar briquetes para geração de energia térmica. Essa abordagem é atualmente uma das mais viáveis para os processos de queima. Com base nessas informações, sugerimos a continuidade do projeto e a aprovação do mesmo para instalação posterior.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES JUNIOR, F. T. 2004. Biomassa para briquetagem no Triângulo Crajubar. In: SILVA, M. E., AVES JUNIOR, F. T. (org.) A pluralidade da pesquisa científica na região do Cariri. Juazeiro do Norte.
- CARVALHO, E. A. & BRINK, V. 2004. Briquetagem. In: CETEM. Tratamento de Minérios. Rio de Janeiro.
- COUTO, L. C., COUTO, L., WATZLANWICK, L. F. & CÂMARA, D. 2004. Vias de valorização energética da biomassa. Biomassa & Energia, 1, 71-92.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5258-conab-atualiza-a-estimativa-da-safra-de-graos-2023-2024-que-deve-chegar-a-316-7-milhoes-de-toneladas>.
- FERREIRA-LEITAO, Viridiana et al. Resíduos de biomassa no Brasil: disponibilidade e usos potenciais. Valorização de Resíduos e Biomassa, v. 1, n. 1, p. 65–76, 2010.
- GOV.BR – Governo Federal. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2022/11/producao-de-graos-deve-crescer-36-8-nos-proximos-dez-anos>.
- QUIRINO, W. F. 1991. Características de briquetes de carvão vegetal a seco na combustão. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.
- 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).
- PRADO, G. F. Engorda em Confinamento. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 2004.
- VIEIRA, Ana Carla et al. Caracterização Da Casca De Arroz Para Geração De Energia. Varia Scientia Agrárias, v. 3, n. 1, p. 51–57, 2013.