

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FÁBIO EUGÊNIO CRESPÃO

TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS DE PÓS-COLHEITA EM ENERGIA TÉRMICA

PALOTINA-PR

2024

FÁBIO EUGÊNIO CRESPÃO

TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS DE PÓS-COLHEITA EM ENERGIA TÉRMICA

Artigo apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Especialista, Curso 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	5
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DO TRABALHO.....	6
1.4 JUSTIFICATIVAS DO OBJETIVO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	6
3 DIAGNÓSTICO E DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA.....	9
3.1 DESCRIÇÃO GERAL DA COOPERATIVA	9
3.2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA.....	10
4 PROPOSTA TÉCNICA PARA A SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA.....	11
4.1 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA:	11
4.2 PLANO DE IMPLANTAÇÃO:	11
4.3 RECURSOS:	14
4.4 VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA	26
4.5 RESULTADOS ESPERADOS	27
4.6 RISCOS OU PROBLEMAS ESPERADOS E MEDIDAS PREVENTIVO-CORRETIVAS	28
5 CONCLUSÃO.....	29
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO/PROBLEMÁTICA

Os resíduos de colheita são uma atraente matéria-prima de biomassa para a produção de bioenergia (Thiffault et al., 2015). Os resíduos da colheita podem ser usados para energia como subprodutos em forma fresca (cavacos) ou densificada (briquetes e pellets), alternativas de utilização para aquecimento de fornalhas e caldeiras para secagem de grãos. Isto é especialmente aplicado quando se considera o baixo valor dos resíduos e a transformação destes em briquetes ou pellets que são biocombustíveis potencialmente competitivo e com valor agregado (Dulys-Nusbaum et al., 2019).

No atual cenário da agricultura, a demanda por matéria prima (cavaco e lenha) está cada vez mais limitada, razão pela qual essa alternativa se tornou ainda mais atrativa.(Garcia-Maraveretal.,2015).

Os resíduos sólidos de soja e milho gerados no recebimento de safras, quando utilizados na sua forma original, possuem baixa eficiência em termos de poder calorífico para geração de energia térmica. Por esta razão, existe a necessidade de processamento envolvendo secagem e prensagem na forma de briquetes, potencializando, assim, a geração de energia desta fonte. (LIPPEL, 2014)

A transformação dos resíduos de soja e milho em briquetes de biomassa não apenas gera benefícios econômicos, mas também contribui para a redução do impacto ambiental. Essa abordagem mostra como a agricultura pode ser mais do que uma fonte de alimentos; pode ser um motor de sustentabilidade e inovação. (LIPPEL, 2014).

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 RESÍDUOS SÓLIDOS

O Brasil é o 4º maior produtor de grãos (arroz, cevada, soja, milho e trigo) do mundo, atrás apenas da China, dos Estados Unidos e da Índia, sendo responsável

por 7,8% da produção mundial. Em 2020, produziu 239 milhões e exportou 123 milhões de toneladas de grãos (GLOBO, 2021).

Apesar de ser o 4º maior produtor, o Brasil é o segundo maior exportador de grãos do mundo, com 19% do mercado internacional.

Nos últimos 20 anos, a exportação atingiu mais de 1,1 bilhão de toneladas, o que representou 12,6% do total exportado mundialmente (GLOBO, 2021).

Os cereais, após a fase de colheita, normalmente são encaminhados, ainda úmidos, a uma unidade de recebimento de cereais, onde será realizado, pré-limpeza, secagem e armazenagem segura dos grãos, gerando assim resíduos que muitas vezes são descartados sem nenhum valor econômico. (MIRANDA, 2021).

Como o país é um dos maiores produtores agrícolas e florestais do mundo, a quantidade de biomassa residual representa um depósito de energia que pode ser melhor aproveitada, especialmente na forma de briquetes e péletes (BHATTACHARYA, 2002).

Os briquetes e péletes resultam da compactação de resíduos lignocelulósicos, e são utilizados na geração de energia na forma de calor ou eletricidade. O diâmetro dos péletes pode variar entre 6 e 16 mm, enquanto os briquetes possuem diâmetro superior a 50 mm. Podem ser produzidos a partir de qualquer resíduo vegetal, como, por exemplo, serragem e restos de serraria, casca de arroz, sabugo e palha de milho, palha e bagaço de cana-de-açúcar, casca de algodão, casca de café, soqueira de algodão, feno ou excesso de biomassa de gramíneas forrageiras, cascas de frutas, cascas e caroços de palmáceas, folhas e troncos das podas de árvores nas cidades, dentre outros. As vantagens da compactação dos resíduos agrícolas e florestais são de cunho operacional, logístico, energético e ambiental (BHATTACHARYA, 2002).

No Brasil são produzidos cerca de 1,2 milhão de toneladas de briquetes por ano. Destes, 930 mil t são de madeira e 272 mil t de resíduos agrícolas como bagaço de cana, palha e casca de arroz, resíduos de caroço de algodão entre outros (BRAZILIAN ASSOCIATION INDUSTRY BIOMASS AND RENEWABLE ENERGY, 2012). A taxa de crescimento da demanda de briquete é de 4,4% ao ano, o que demonstra a importância potencial no mercado de energia renovável (SILBERSTEIN, 2011).

O reaproveitamento de resíduos de biomassa é uma das soluções para diversificar a matriz energética. No Brasil, vários elementos vegetais são apontados como ricas fontes para produzir energia elétrica e térmica (EPE, 2018).

A biomassa é uma das fontes de produção de energia com maior potencial de crescimento, segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil. Ela é apontada como alternativa para a diversificação da matriz energética em todo o mundo. Seu desenvolvimento está atrelado à necessidade de redução da dependência de resíduos fósseis, como o petróleo e o carvão, assim como de fontes renováveis que geram alto impacto ambiental, como a hidroeletricidade, além de favorecer a destinação sustentável para resíduos urbanos, industriais e agrícolas (EPE, 2018).

A fabricação de briquetes ou pellets é indicada para determinadas biomassas, o que aumenta sua densidade energética e, conseqüentemente, a eficiência geral do processo de geração elétrica. São indicados para a produção de briquetes/pellets principalmente os resíduos de madeira, além do bagaço e palhas de cana-de-açúcar, que possuem tecnologia já existente, porém pouco aplicada. Podem também ser direcionadas para este fim, de forma limitada, as palhas de soja e de milho, os resíduos (feijão, amendoim, mandioca, cacau e coco), as cascas (arroz e café) e RSU (EPE, 2018).

Por parte do setor governamental e industrial há crescente preocupação com o meio ambiente e mobilização para a criação e aplicação de políticas que diminuam os impactos negativos de resíduos agroindustriais na natureza. Como exemplo, tem-se as normas proporcionadas pela ISO 14000, que estabelece diretrizes sobre a área de gestão ambiental em empresas. Essa normativa está relacionada à preservação do meio ambiente e aos princípios que uma empresa deve ter para operar um Sistema de Gestão Ambiental. Deste conjunto, a ISO 14001 é uma das normas mais utilizadas por possibilitar a certificação ambiental de organizações corporativas para atuação mais sustentável desde a produção até a gestão do negócio (KOLLING; LAGO, 2020).

De forma geral, estima-se que a alta quantidade de resíduos em relação à produção industrializada, cerca de 34,4%, indica que grande parte da produção agrícola não é aproveitada no processo de industrialização (BRASIL, 2012).

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:

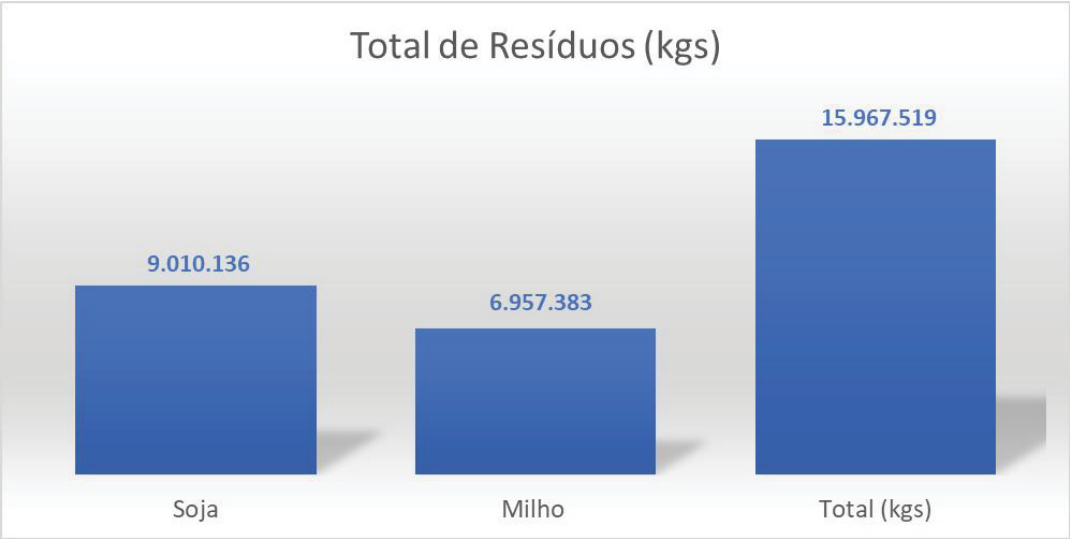
- **Consumo de biomassa**

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 gr os 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, 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



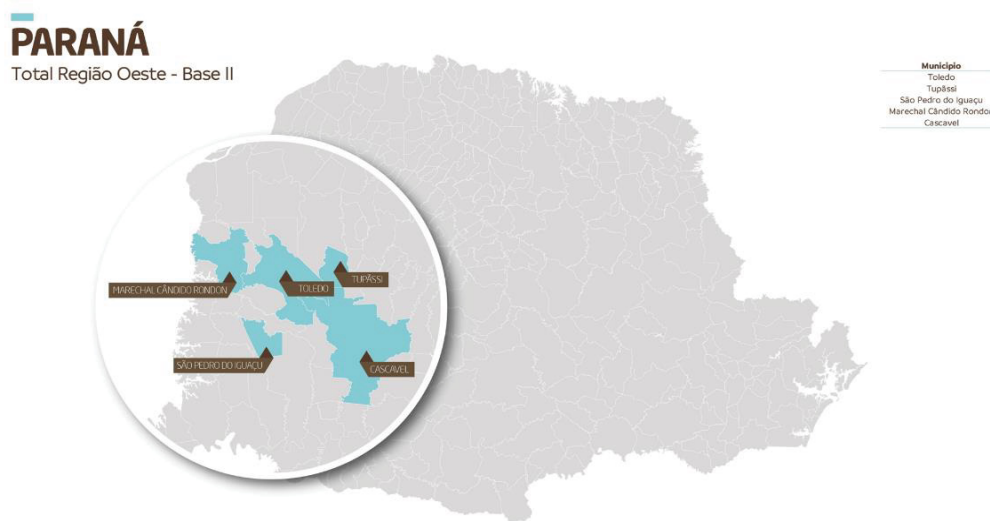
FONTE: C.Vale (2023)

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 resíduo 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 Maquinas industriais (2023)

Características específicas dos resíduos de Milho

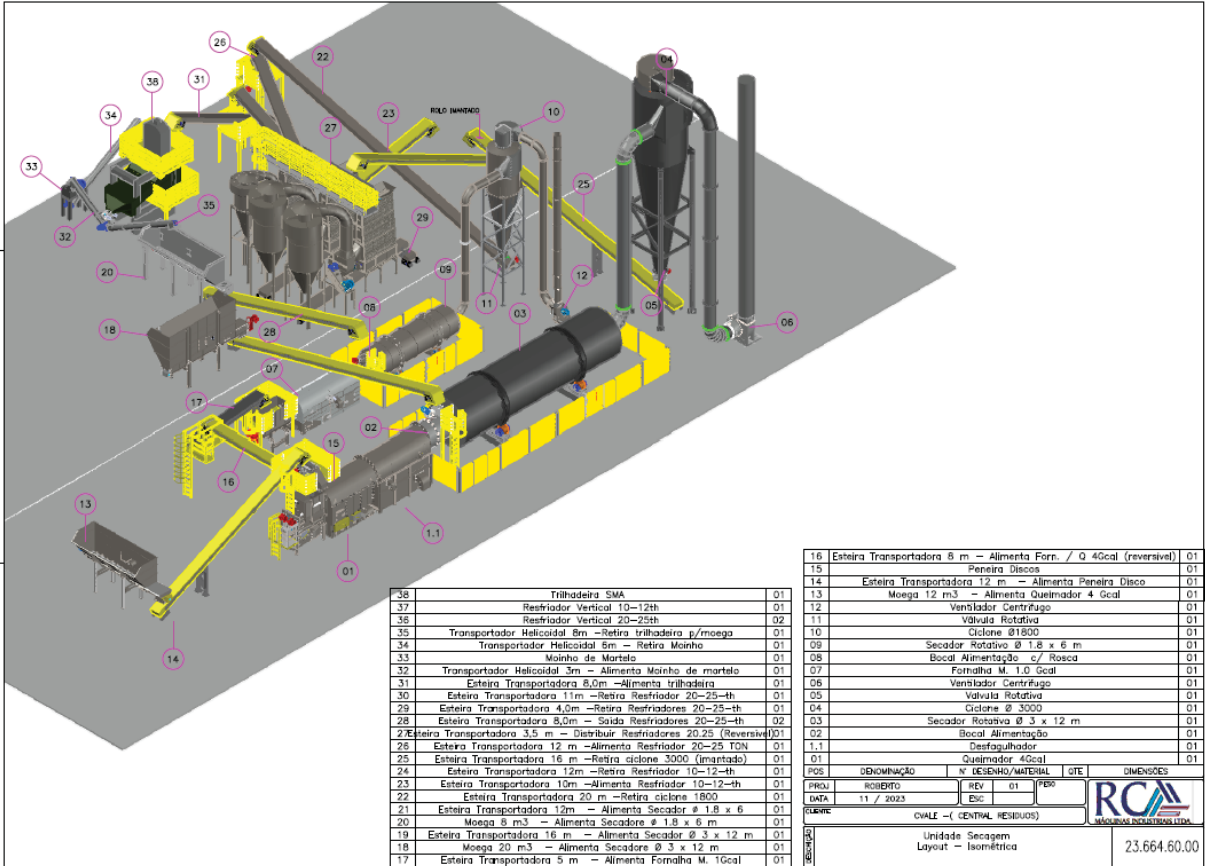
Análise em relação ao resíduo de milho apresentam os seguintes dados (TABELA 2):

TABELA 1 - Dados técnicos – Secagem resíduo 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

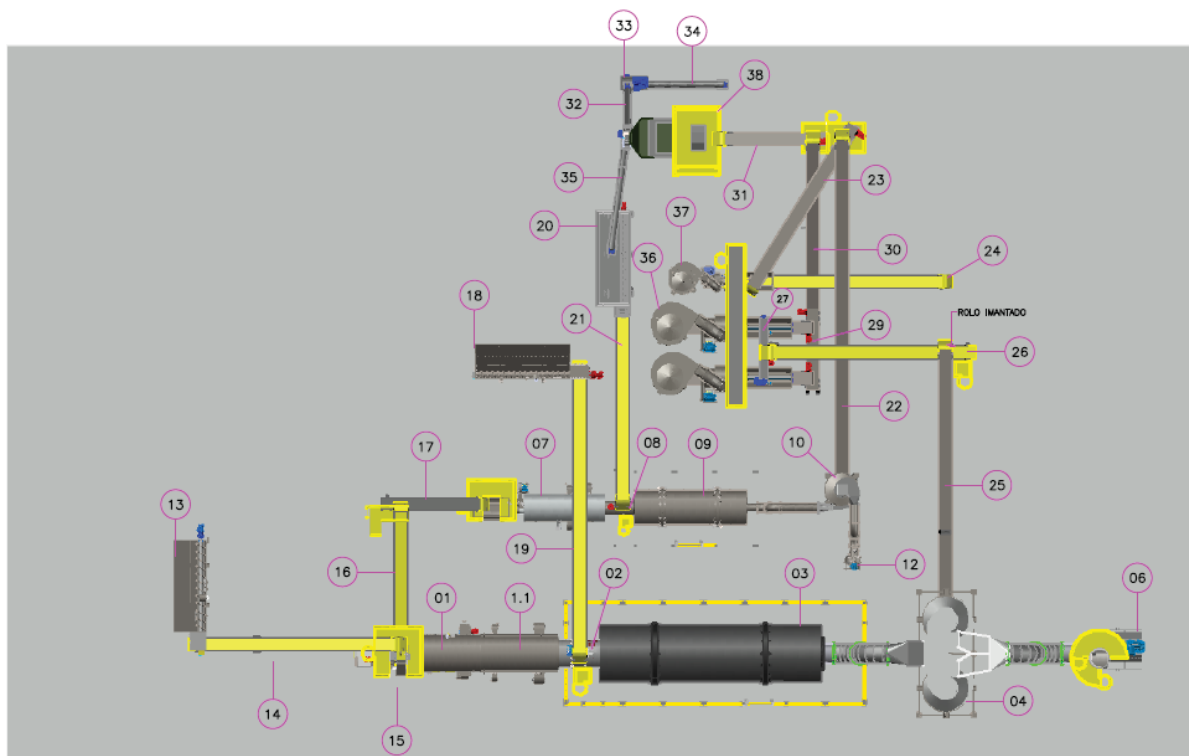
FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

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

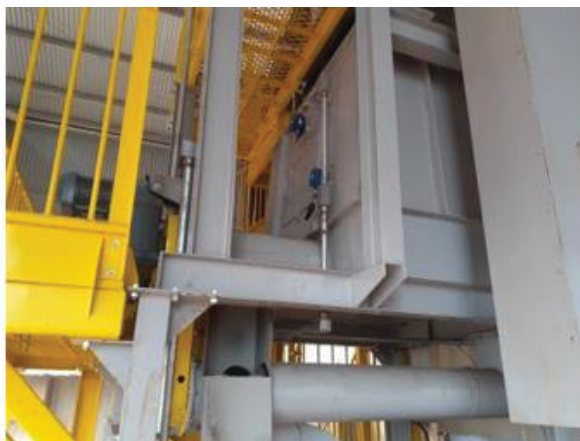


FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **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

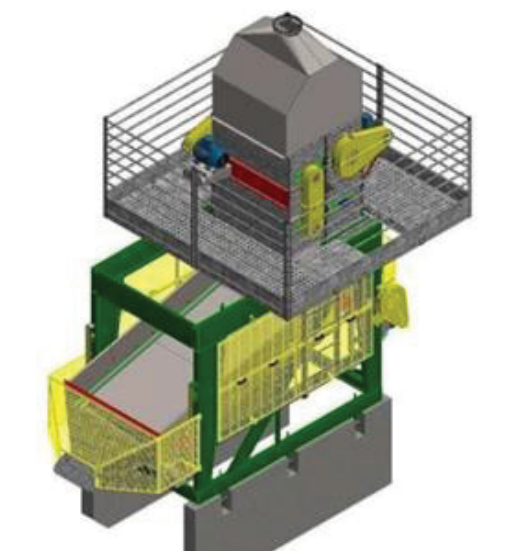


FONTE: RCA Maquinas industriais (2023)

- **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

 SESCOOP/PR SISTEMA DE COOPERATIVISMO		 ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO UFPR		VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO INTEGRADOR				
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA: Destinação de resíduos gerados no processo de pós colheita de grãos nas unidades C.Vale				Elaborado em: 23/03/2024				
SOLUÇÃO PROPOSTA: Transformar os resíduos de produtos agrícolas em energia térmica, utilizando no processo produtivo (Caldeiras e Secadores de grãos)								
PRAZO DE ANÁLISE: 10 anos								
INVESTIMENTOS		R\$	RECEITAS		R\$	CUSTOS	R\$/Tonelada/Ano	OBSERVAÇÕES
MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS								
ITENS - LINHA DE SECAGEM - (RESÍDUOS)	R\$	2.706.652,00	RETIRADA DE GRÃOS DE SOJA (1.000 Toneladas, equilibrando a unidade 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 Restrição de oferta de biomassa na região (Cavacos)
ITENS - RESFRIAMENTO E PROCESSAMENTO	R\$	775.699,00					R\$ 500.000,00	
ITENS - LINHA DE SECAGEM 2 (GRÃO DE SOJA)	R\$	841.906,00				Depreciação		Demanda interna crescente (industrialização, automação e expansão)
ITENS - ALIMENTAÇÃO BIOMASSA (GERAÇÃO DE CALOR)	R\$	252.470,00	ECONOMIA DE BIOMASSA (CAVACOS) = 11.500 toneladas (ano) a R\$ 200,00		R\$ 2.530.000,00	Mão de Obra Fixa Seguros		
MONTAGEM	R\$	192.500,00						Terras férteis do Oeste Paranaense dificultam o fomento de áreas de reflorestamento junto aos associados da cooperativa
RESFRIADORES (GRÃOS E RESÍDUOS)	R\$	1.020.000,00						
TRIPIHADERA (GRÃOS SOJA)	R\$	165.110,00						Poder calorífico desses materiais se torna altamente interessante após processo de briquetagem
BRIQUETADEIRA	R\$	1.500.000,00	REDUÇÃO DE ÁREA DE PLANTIO DE EUCALIPTO (ANUAL)			CUSTOS VARIÁVEIS (R\$/t)	R\$ 33,00	
TOTAL	R\$	7.454.337,00				Mão de Obra Temporária		
ESTRUTURA CÍVEL	R\$	1.500.000,00				Energia Elétrica		
ÁREA DA INSTALAÇÃO (72.000 M2)	R\$	1.000.000,00				Energia Térmica		
BARRAÇÃO	R\$	2.500.000,00						
TOTAL	R\$	9.954.337,00						
TOTAL DE INVESTIMENTOS		R\$ 9.954.337,00	TOTAL DE RECEITAS ANUAIS		R\$ 4.330.000,00	TOTAL DE CUSTOS		R\$ 830.000,00
			TOTAL DE RECEITAS (10 anos)		R\$ 43.300.000,00	TOTAL DE CUSTOS		R\$ 8.300.000,00
GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE GRÃOS (T)		16.593						
GERAÇÃO ESTIMADA DE BRIQUETES (T)		10.000						
PLANTA COM CAPACIDADE DE 6,7 toneladas/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;

- **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

Considerando que estamos passando por mudanças ambientais, climáticas e econômicas, a transformação de resíduos agrícolas (soja e milho) em energia térmica ajudará a reduzir a dependência de combustíveis fósseis, minimizar o impacto ambiental da agricultura e gerar novas oportunidades econômicas.

Simboliza uma solução promissora que está ganhando destaque na busca global por um futuro energético mais sustentável, visto que a planta para produção de briquetes tem viabilidade com um payback dentro de um prazo satisfatório.

A gestão de resíduos nas cooperativas também é vital para a conservação dos recursos naturais. Quando você recicla materiais, poupa recursos naturais como madeira, água e minerais. Isso é essencial para a sustentabilidade a longo prazo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHATTACHARYA, S. C. Biomass energy and densification: a global review with emphasis on developing countries. In: WORLD CONFERENCE ON PELLETS, 2002, Stockholm, Sweden. Anais... Stockholm: Swedish Bioenergy Association, 2002. p. 1-17.

Biomassa%20%C3%A9%20uma%20das%20fontes%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20com%20maior%20potencial%20de%20crescimento (EPE, 2018).

BOS, H.; ANNEVELINK, B.; van REE, R. The role of biomass, bioenergy and biorefining in a circular economy. Wageningen: Wageningen University & Research - IEA workshop, 2017. Disponível em: . Acesso em: 14 maio de 2020.

BRASIL. Plano nacional e resíduos sólidos Versão 1. Brasília: 2012. Disponível em: http://www.slu.df.gov.br/wpcontent/uploads/2017/12/plano_nacional_residuos_solido.pdf. Acesso em: 20/02/2024.

BRAZILIAN ASSOCIATION INDUSTRY BIOMASS AND RENEWABLE ENERGY. Brazil Status Report 2012: bioenergy – biomass – renewable energy. Disponível em: . Acesso em: 28 set. 2012. <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457>

Globo. Brasil é o 4º maior produtor de grãos, atrás da China, EUA e Índia, diz estudo. Disponível: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2021/06/01/brasil-e-o-4o-maior-produtor-de-graos-atras-da-china-eua-e-india-diz-estudo.ghtml>. Acesso em: 19/02/2024.

http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/13682/1/ARTIGO_Transforma%C3%A7%C3%A3o%20dos%20res%C3%ADduos%20lignocelul%C3%B3sicos%20da%20caféi

[cultura%20em%20pellets%20para%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20t%C3%A9rmica.pdf](#)

KOLLING, C LAGO, NC. ISO 14000: Contribuições Práticas e Preposição de Agenda de Pesquisa Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v.9, n. esp., p. 668 - 685, 2020. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: www.aneel.gov.br. Acesso em: 18 de fevereiro de 2024.

Miranda, T. P. de. Avaliação de procedimentos operacionais de uma unidade armazenadora coletora. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2021. Acesso: 19/02/2024. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/952626/1/DOC13.pdf>.

SILBERSTEIN, E. UnB mapeia matérias primas para a fabricação de briquetes. UnB Ciência, 19 dez. 2011. Disponível em: . Acesso em: 20 jul. 2012. Entrevista com o professor Luiz Vicente Gentil da Faculdade de Agronomia da Unb