

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO  
CENTRO PAULA SOUZA

Isabely Barboza da Silva  
João Pedro Brombati Calandria  
Raphaela Campanholo Gaetan

BRIQUETAGEM DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E  
POTENCIALIZAÇÃO DO PODER CALORÍFICO COM O ÁLCOOL  
CETOESTEARÍLICO

Fernandópolis  
2024

Isabely Barboza da Silva  
João Pedro Brombati Calandria  
Raphaela Campanholo Gaetan

**BRIQUETAGEM DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E  
POTENCIALIZAÇÃO DO PODER CALORÍFICO COM O ÁLCOOL  
CETOESTEARÍLICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Açúcar em Álcool, no Eixo Produção Industrial, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação da Professora Midian Nikel Alves de Souza.

Fernandópolis  
2024

Isabely Barboza da Silva  
João Pedro Brombati Calandria  
Raphaela Campanholo Gaetan

**BRIQUETAGEM DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E  
POTENCIALIZAÇÃO DO PODER CALORÍFICO COM O ÁLCOOL  
CETOESTEARÍLICO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como exigência parcial para  
obtenção da Habilitação Profissional Técnica  
de Nível Médio de Técnico em Açúcar em  
Álcool, no Eixo Produção Industrial, à Escola  
Técnica Estadual Professor Armando José  
Farinazzo, sob orientação da Professora  
Midian Nikel Alves de Souza.

Examinadores:

---

Joel Gouveia Baptista

---

Midian Nikel Alves de Souza

---

Tamires Cavalcante Francisco

Fernandópolis  
2024

## DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho as nossas famílias que como alicerces, nos sustentaram até o presente momento, onde nunca faltou encorajamento, amparo e suporte. A todos que de alguma maneira cooperaram para a nossa formação. E para aqueles que buscam soluções sustentáveis para um melhor e mais sustentável futuro energético.

## AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos são primeiramente a Deus, que de forma onipresente sempre esteve conosco, nos concedendo força e persistência para a superação de todos os obstáculos dessa caminhada. Aos nossos pais, que torceram por nós durante essa jornada e sempre nos depositaram muita confiança, sendo referência de amor e companheirismo desde nossos primeiros passos, nossas primeiras palavras, nossos primeiros machucados e até aqui, na conclusão deste curso. À nossa professora orientadora Midian, que nos tranquilizava em momentos de desespero, e repassava toda sua sabedoria com muita paciência e delicadeza, proporcionando o auxílio necessário para elaboração do projeto. Ao professor Joel, que em meio às dificuldades, foi luz, sempre organizando sua corrida rotina para ser suporte, se tornando essencial para o término das práticas. Aos nossos amigos, que sempre foram compreensivos em momentos de ausência, e em momentos de presença, sempre foram apoio, incluindo nossos colegas Gabriel, Márcio Leandro e Yasmim que somaram seus conhecimentos aos nossos, sendo também, grandes cooperadores nesse processo. Por fim, agradecemos a nós mesmos por nos mantermos unidos, e mesmo pensando em desistir, continuamos sendo um trio até o fim.

## EPÍGRAFE

“Não espere o futuro mudar tua vida,  
porque o futuro será a consequência do  
presente.”

Racionais MC's

# BRIQUETAGEM DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E POTENCIALIZAÇÃO DO PODER CALORÍFICO COM O ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO

Isabely Barboza da Silva  
João Pedro Brombati Calandria  
Raphaela Campanholo Gaetan

**RESUMO:** A exponencial demanda por fontes de energia renováveis que não agridam o meio ambiente tem resultado no desenvolvimento de estudos sobre biocombustíveis. Dentre as diversas opções, os briquetes produzidos a partir de resíduos, como o bagaço de cana-de-açúcar, têm se tornado relevantes. O presente trabalho apresenta uma finalidade para um dos subprodutos das usinas sucroalcooleiras, o bagaço, por meio da produção de briquetes, focando na adição do álcool cetosteárico para aumento do seu poder calorífico. Para tal, envolveu-se o preparo de uma mistura contendo bagaço, aglutinante e o álcool cetosteárico. Os briquetes deveriam ser produzidos em uma prensa, entretanto, testes físicos não foram realizados devido a falhas no desenvolvimento do produto. Este estudo conclui que o uso de álcool cetosteárico é uma estratégia que possui potencial para agregar ao briquete, contudo, sugere-se a exploração de melhores estratégias que consigam explorar esses e outros aditivos que possam agregar ainda mais as características deste produto sustentável.

**Palavras-chave:** Álcool Cetosteárico. Biocombustível. Briquetes.

**ABSTRACT:** The exponential demand for environmentally friendly renewable energy sources has resulted in the development of biofuel studies. Among the various options, briquettes produced from waste, such as sugarcane bagasse, have become relevant. This work presents a purpose for one of the by-products of sugar-alcohol plants, bagasse, through the production of briquettes, focusing on the addition of ketostearyl alcohol to increase calorific value. This involved preparing a mixture containing bagasse, binder and cetostearyl alcohol. The briquettes were to be produced in a press, however, physical tests were not carried out due to flaws in the development of the product, consequently tests could not be applied. This study concludes that the use of cetostearyl alcohol is a strategy that has the potential to add to the briquette, however, it should be suggested that better strategies be explored that can exploit these and other additives that can further add to the characteristics of this sustainable product.

**Keywords:** Cetostearyl alcohol. Biofuel. Briquettes.

## 1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que atualmente os meios de obtenção de fontes energéticas são por meio da exploração do petróleo, carvão mineral e gás natural, porém não são necessariamente as melhores. Essas técnicas são consideradas atividades extrativistas primitivas. A biomassa apresenta dificuldades na quantificação, medição e manuseio. Sua eficiência é tida como inferior, pois gera pouca energia útil (ANDRADE; BIGATON, p.1. 2016).

No mundo, entre os países que utilizam a biomassa como fonte de energia elétrica e produção de biocombustíveis, destacam-se China, Brasil e Índia, já no Oriente Médio e Europa a obtenção de biomassa é mais difícil, dificultando o uso dela. (CORTEZ et, al, 2008). No Brasil, a biomassa está bastante presente na cana, se tornando matéria-prima para diversos produtos e subprodutos.

Ao decorrer dos anos, com o fruto da grande utilização do combustível fóssil o ecossistema vem exibindo sinais de descontrole, podendo ser visto no aquecimento global, liquefação de geleiras, desordens climáticas e chuvas ácidas. Em consideração a necessidade de modificação da utilização dos combustíveis fósseis, tem-se uma grande procura em fontes de energias limpas, sendo assim, a biomassa aumenta cada vez mais visibilidade (ANDRADE; BIGATON, p.1. 2016).

O principal objetivo deste projeto é a sugestão de uma proposta sustentável com a utilização do bagaço, subproduto das usinas sucroalcooleiras, e a análise comparativa da lenha com o briquete, que propõe em tese, uma queima mais eficiente e acelerada. Ademais, aumentando o poder calorífico do briquete e o seu tempo de queima, tornando-o economicamente mais viável para o setor industrial.

Atualmente, a crise energética fica em evidência, e a técnica da briquetagem se torna uma alternativa sustentável e eficiente com o uso da biomassa para geração de energia (REIS et al., 2002). A criação de um método que converta a biomassa em briquetes certifica meios significativos para o meio ambiente, como a diminuição dos gases poluentes do resultado da queima de processos industriais. Essa técnica aumenta a concentração do teor energético do produto, resultando em uma melhor eficácia da queima (SOUZA, 2011). Dessa forma, a utilização da técnica

de briquetagem, é uma alternativa sustentável, uma vez que ela transforma um resíduo industrial em um subproduto comercial (ESTEVEES et al., 2014).

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. BAGAÇO**

O bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo fibroso resultante da trituração da cana e que pode ter abundantes tipos de usos, desde a geração de energia através do abrasamento até à inclusão ao solo ou como parte da alimentação do gado. Logo após a remoção da sacarose e demais nutrientes, o bagaço ainda se compõe de muitas substâncias orgânicas, por conseguinte a uma fonte de mais energia e de outros artigos de química fina (SOARES, 2012).

Ainda de acordo com o autor supracitado, o bagaço é composto por 50 % de fibras superficiais, da qual garantem robustez e rigor ao tecido vegetal, contrações abundantes de partículas parenquimatosas sendo elas 30% com a função de garantir o acúmulo de sacarose e transporte de nutrientes em curtas distâncias, e 15% segmentos de vasos tem a função de deslocar nutrientes por longas extensões. Em pequenas porções se encontram as células epidérmicas 5% que se originam os tecidos de revestimento tendo como característica as extremidades irregulares.

O bagaço de cana é resultado do desenvolvimento de moagem da cana-de-açúcar e, antigamente, esse substrato era descartado. Atualmente, tornou-se um insumo amplamente usado em usinas. Seu potencial como energia renovável vem ganhando evidência aos órgãos das indústrias e grandes consumidores do mercado sucroenergético (CONTENT, 2023). A fim de aprimorar seu uso, o bagaço de cana (Figura 1) é resultado de processos de tratamento, podendo eles ser químicos e/ou físicos, onde, respectivamente um abrange o uso de produtos alcalinos e o outro a etapa de moagem e etapa térmica.

Figura 1. Bagaço da cana-de-açúcar



Fonte: (Yuool, 2022)

## 2.2. BRIQUETE

Briquetes (Figura 2) são blocos roliços, comprimidos mecanicamente com elevada pressão e possuem alta densidade, sendo constituído por detritos de origem vegetal de agroindústrias (BIOMAX, [s.d]). Há dois tipos de briquetes, sendo eles o simples e o composto. O briquete simples é elaborado apenas de uma matéria-prima. O briquete composto deriva da junção de resíduos, tendo várias fontes de produção (DANTAS, [s.d]).

Briquetes podem ser gerados através de diversas matrizes de biomassas. Sendo elas biomassas de fonte de floresta, seus exemplos são as serragens e resíduos de engenhos de serras. Tendo também os resquícios rurais, constituindo-se da palha e o próprio bagaço da cana de açúcar. Juntamente as sobras urbanas, tendo como amostra os resíduos dos cortes de árvores. Já os restos de agroindústrias exemplificando são dejetos de processos de alimentos, bagaços, fibras e cascas de frutos (DIAS et al., 2012).

Os briquetes encontram-se como uma possibilidade na produção de energia sendo na forma de aquecimento ou energia. O briquete conta com um diâmetro que ultrapasse 50mm e sendo possível produzir a partir de resíduos vegetais. Também pode ser adotado de inúmeras formas, tendo como exemplo a lenha (DIAS et al., 2012).

Suas qualidades são avaliadas por seus aspectos e suas reações durante suas utilizações dentre os testes que examinam as suas características mecânicas onde os briquetes são frequentemente utilizados. Dentre eles a resistência à pressão, tendo também a taxa de fragmentação e deterioração, tendo a indicação da resistência ao desgaste no decorrer do transporte e seu manejo. Desta maneira verifica a qualidade do briquete. Levando em consideração as conclusões devem ser analisadas cuidadosamente, por conta dos tamanhos, suas formas e materiais utilizados podendo interferir nas análises. O teste mais seguro é a densidade. (QUIRINO; BRITO,1991).

Figura 2. Briquetes



Fonte: (AgriFarming, 2019)

### **2.3. BRIQUETAGEM**

A técnica da produção de briquetes, consiste em submeter a massa a uma pressão, podendo conter ou não a adição de homogeneizantes tratados. Em meio a suas diversas vantagens, uma delas é a questão de aproveitamento do bagaço, resíduo ligno-celulósico. Analisando, em específico, o carvão vegetal, em grandes escalas de produção adiciona-se aglomerantes de origens variadas que não possuem naturezas específicas, já que este é um método mais viável economicamente. Sob outra perspectiva, tal prática exige conhecimentos relevantes

sobre a potência de ligação que o componente ligante possui seu comportamento em meio as misturas, e principalmente, as transformações das propriedades físicas e químicas das partículas quando aquecidas (SALEME, 1992). A partir disso, de acordo com Quirino (1991), tal processo de compactação, ainda assim, pode apresentar um valor de 5 vezes mais energético comparado a sua forma não compactada, já que seus níveis de potencial energético são obtidos por unidade de volume presente.

Os ligantes são uma parte essencial da briquetagem econômica. Teoricamente, frações de matérias-primas rígidas, se sofrerem aplicação de altas pressões, são capazes de se compactarem sem que seja necessário o uso de aglutinantes. Segundo Saleme (1992), o ligante deve acrescentar uma ação adesiva que incorpore distintas superfícies que necessitem do efeito de alguma força externa, promovendo uma liga com o carvão, estimulando a junta das partículas.

De acordo com Quirino (1991) e Benício (2011), existe uma subdivisão dos aglutinantes, são elas: tipo matriz, tipo filme e químico. Os quais, respectivamente abrangem baixa resistência, alta resistência (se livre de umidade) e dependente dos tipos das reações químicas para estabelecer resistência. Em específico, os aglutinantes do tipo “matriz”, recebem esse nome, justamente por criar uma matriz contínua que envolve completamente o material, aglomerando todas as partículas. Os aglutinantes tipos “filme” incluem soluções, como a água ou álcoois que acabam por atuar como solventes, aqui se enquadram o amido e melaço. Por fim, os aglutinantes químicos dependem das reações químicas ocorrentes dos materiais presentes, podendo ser entre suas próprias aglomerações, ou entre o aglomerante e o aglomerado. Nessa etapa, os aglutinantes químicos podem se transformar no tipo matriz ou filme. Além disso, não há restrições para o uso de ambos os tipos em um único componente.

O fluxograma abaixo (figura 3) mostra as etapas do processo de briquetagem, desde o estoque de matéria-prima até o estoque o briquete finalizado.

Figura 3. Fluxograma do processo de Briquetagem



Fonte: (de Souza; Pandolfi; Coimbra, 2018)

Para melhor descrever a fabricação de briquetes, segundo Pancieri (2009), o processo de briquetagem passa por oito principais etapas, podendo elas resumirem-se em: recepção da matéria-prima, armazenamento em um pátio de silo úmido, pós estocagem, ele prossegue para a trituração no moinho para sua homogeneização. Posteriormente, esse material recebe jatos de calor para que seque e que a umidade não interfira em sua qualidade. Em seguida, ele é novamente armazenado, porém em um pátio de silo seco, que futuramente se encaminhará para a briquetadeira, aparelho específico para a produção dos briquetes, em que o material residual é compactado a elevadas temperaturas, ativando, assim, a lignina e a plastificando a fim de se tornar uma coisa só. Pós-etapa de produção, o produto é embalado para a preservação da qualidade, encerrando, então, as etapas básicas que fazem parte da confecção dos aglomerados.

## 2.4. AGLUTINANTE

Um aglutinante ou fator de concentração é qualquer material ou elemento que mantém ou une outros elementos para produzir uma acumulação de coeso mecanicamente, quimicamente, por adesão ou coesão um aglutinante ou agente de ligação é qualquer material ou substância que mantém ou une outros elementos para fazer uma acumulação de coeso prontamente, quimicamente, por adesão ou coesão (INSTITUTO ITAÚ CULTURAL, [s.d])

A combinação dos conhecimentos do objeto a ser briquetado é uma das etapas mais considerável da briquetagem. É de grande importância que o aglutinante seja distribuído também por toda extensão do material a ser briquetado (BRINCK; CARVALHO; CAMPOS, [s.d]).

Outro fator importante é o teor de umidade do material antes da adição do aglutinante. A aquosidade ideal segue do material e do tipo de aglutinante utilizado, além de influenciar no valor da pressão a ser aplicada. Para estabilizar e melhorar a umidade nos briquetes é considerável que sejam utilizados cuidados especiais com o comando do processo. O ajuste de acúmulo de líquido na mistura torna-se ainda mais importante quando se aglomera materiais termoplásticos e no momento que são utilizados aglutinantes solúveis em água. Para carvões minerais, o teor de umidade normalmente utilizado é de 1,5-2%  $\pm$  0,5%, sendo que quanto maior for a umidade, menor será o poder calorífico do briquete (BRINCK; CARVALHO; CAMPOS, [s.d]).

De acordo com Quirino e Brito (1991) os aglutinantes tipos matriz consistem em uma fonte de origem continua envolvendo inteiramente as partículas. São impostas dosagens aceitáveis do aglutinante posto que, comumente, os elementos são frágeis e necessitam de uma fase permanente envolta das partículas individuais. Alguns exemplos são piche de petróleo e o alcatrão vegetal. Entretanto, existe também o aglutinante tipo filme, que comumente são utilizados como soluções ou dispersões, tendo como exemplo a acetona, o álcool e o tetracloreto de carbono, contudo a água se ressalta como o solvente universal.

Quando os briquetes estão embebidos exprimem menor resistência, já os briquetes enxutos demonstra mais resistência. Os materiais orgânicos ou produtos celulares, a água incita a aderência pelas forças de Van der Waals, em razão a ampliação extensão da área de contato entre as moléculas. Os exemplos são a água, silicato de sódio, melão e o amido. Contudo os aglutinantes químicos constituem de reações químicas fundadas dos elementos aglomerados mutuamente ou entre o agrupamento e a massa que está convertendo-se ao aglomerado. No entanto os aglutinantes químicos são capazes de ser tanto do tipo matriz quanto do tipo filme (QUIRINO; BRITO.,1991).

## **2.5. LIGNINA**

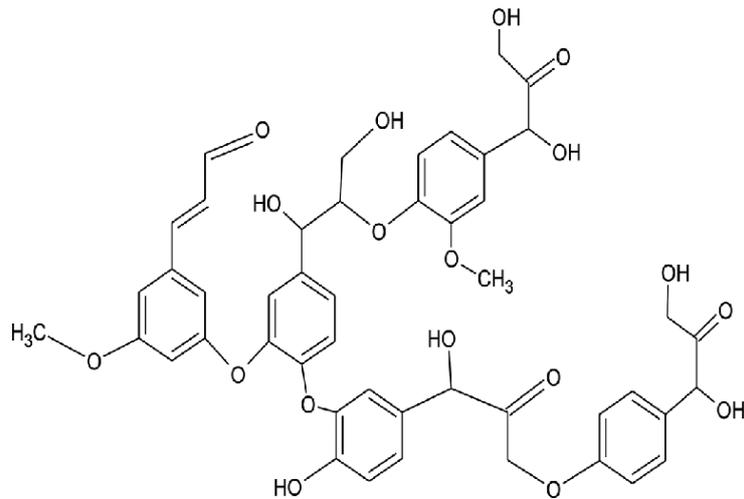
A lignina (Figura 4) consiste no segundo polímero orgânico mais farto na Terra, totalizando 30% de todo hidrocarboneto orgânico não fóssil (SANTOS et al., 2012). Ela é conceituada como a sobra em vários processos, como na produção do álcool etílico, na criação do papel e celulose. Isso sucede em razão da sua diversidade e complexidade estrutural, em conjunto com seu elevado poder calorífico fazendo com que geralmente seja designada a produção de energia (SALVE, 2020).

Sua composição decorre de sua origem vegetal; as ligninas de lenha têm fibras grandes, sendo as coníferas, lenhas de fibras pequenas, as folhosas e as gramíneas apresentam suas estruturações básicas muito distintas entre as ligninas.

Sendo assim, as coníferas exibem especialmente de unidades guaiacil, as folhosas têm unidades guaiacil e siringil em abundantes proporções, já as gramíneas, assim como a cana-de-açúcar, composição da lignina incluem a polimerização de três tipos de unidades as ligninas p-hidroxifenil, guaiacil e siringil (CHEN,1991).

Ela é entendida como um componente termoplástico e elemento que compõe recursos renováveis. De estrutura complexa, com elevados níveis carbônicos e heterogênea, a lignina, é um material orgânico natural, de baixo custo (LUO, J., 2010). Por suas características estruturais, ela se torna resistente tanto a impactos quanto á compressão, atribuindo firmeza a parede celular dos vegetais. O termo, em si, refere-se a uma junção de substâncias que se assemelham quimicamente, mas se diferenciam estruturalmente (PHILIPP, 1988). O uso da lignina para ser utilizada na produção de briquetes é um atalho para intensificar seu aproveitamento.

Figura 4. Fórmula estrutural da Lignina



Fonte: (ResearchGate, 2018)

## 2.6. ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO

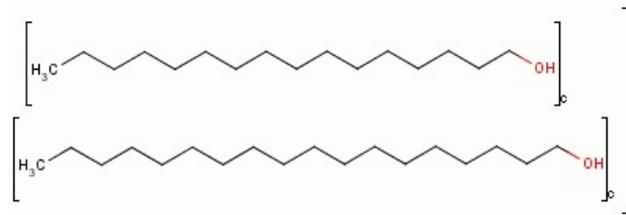
O álcool cetoestearílico (Figura 5) é composto por uma mistura de dois álcoois: o cetílico (C16) e estearílico (C18). Ambos os álcoois são classificados como graxos, ou seja, são provenientes de gorduras, fontes vegetais e há, também, casos em que a extração se deriva de animais e algas.

Em quesitos organolépticos, ele possui como propriedades: coloração esbranquiçada, aspecto de flocos ou em pó, odor caracterizado como próprio podendo ser natural ou sintético. Em meio a soluções, ele atua como um agente emulsionante, atribuindo consistência, lubrificidade, dureza, viscosidade e estabilidade sem interferir nas propriedades das substâncias onde é aplicado. Dessa forma, aos produtos que precisam de um adicional que contribua para a espessura e consistência, o álcool cetoestearílico é o ideal a ser incorporado (GOTTSCHALCK; MCEWEN, 2004, v.1, p.321).

O uso deste aditivo no presente trabalho terá como função contribuir para o aumento do poder calorífico, para que assim ocorra uma potencialização da queima e auxilie na melhoria do produto, que por fim o diferencie dos demais briquetes já existentes no mercado. Além das contribuições de combustão, o álcool cetoestearílico servirá como um reforço aglutinante, agindo juntamente a lignina

presente nas fibras do bagaço, acrescentando consistência, resultando em uma mistura ideal a ser prensada.

Figura 5. Fórmula estrutural do álcool Cetoestearílico



Fonte: (Cosméticaemfoco, 2022)

## 2.7. SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

A tendência dos mercados atuais volta-se para a busca de resultados satisfatórios, mas que não contribuam tanto para a degradação do meio ambiente, já que aquele recurso do meio, apesar de estar sendo extraído, precisa ser cuidado para que continue existindo mesmo pós-retirada. Essa ideia, não se distancia do recente cenário energético, que progride cada vez mais na procura por combustíveis menos poluentes e outras fontes energéticas renováveis, priorizando uma finalidade para o uso da biomassa residual.

Ao se citar o termo “sustentabilidade”, ele já é diretamente ligado as ações que ocasionam a liberação de gases na atmosfera, e um pertinente exemplo é a queima dos combustíveis fósseis. Tal problemática acaba por abrir certo espaço para um avanço de opções que modifiquem esse desenvolvimento mais agressivo e que garanta combustíveis mais limpos, assegurando assim, um melhor ambiente e melhor bem-estar humano (ALI et al., 2019; BORGES et al., 2016; KIM et al., 2016).

Então, dentre essas alternativas, encontra-se a biomassa, recurso adquirido por meio de uma matéria orgânica, as quais são disponíveis em numerosas quantidades. A idealização da produção de combustíveis limpos favorece a intensificação do uso de carvões que agem no lugar dos tradicionais carburantes, carvões esses em que os briquetes se enquadram (BONASSA et al., 2016).

O briquete em sua combustão gera energia térmica e elétrica, queimando diretamente/sozinho ou juntamente com outros combustíveis. Nas usinas,

em específico de açúcar, as sobras primordiais da cana são os bagaços e as palhas, ambas que detém alta capacidade de aproveitamento energético. Segundo Goes (2008), a energia da cana é encontrada armazenada em um terço no caldo, e a outra parte do total, está retido na biomassa.

Assim, a procura por meios sustentáveis que possam ser desenvolvidos no setor sucroalcooleiro é de suma importância, tanto para questões ambientais, quanto para a administração dos resíduos da cana, problema que ainda perdura e faz parte da realidade de usinas, já que se trata de um problema de difícil gestão.

### **3. METODOLOGIA**

Para a elaboração deste presente trabalho, desenvolveu-se um levantamento bibliográfico voltado à fabricação de briquetes derivados do bagaço da cana-de-açúcar, diante da ativação da lignina e potencialização de seu poder calorífico com base no álcool cetosteárilico, por meio de trabalhos acadêmicos, livros, revistas online, artigos científicos e publicações em sites.

Conjuntamente, realizou-se um estudo experimental no laboratório de Química da Escola Estadual Professor Armando José Farinazzo, com os equipamentos e reagentes oferecidos pela instituição de ensino. Portanto, o experimento constitui-se na utilização do bagaço da cana de açúcar para a fabricação do briquete elevando seu poder calorífico com o álcool cetosteárilico, fazendo uma prensagem até a sua formação. Além da produção do briquete, será realizado também o teste calorífico qualitativo para comprovação de sua eficácia.

### **4. DESENVOLVIMENTO**

A figura esquematizada abaixo mostra os processos para a produção de briquete através do bagaço da cana-de-açúcar a partir da ativação da lignina com a potencialização do poder calorífico a partir do álcool cetosteárilico.

Figura 6: Fluxograma do processo produtivo dos briquetes



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Assim, é destacado cada passo utilizado para a produção e devida caracterização do briquete de bagaço de cana-de-açúcar com aumento do poder calorífico com o álcool cetoestearílico submetendo-o ao teste de queima.

#### 4.1. MATERIAIS E REAGENTES

Tabela 1. Materiais e reagentes utilizados

ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO	MATERIAIS	REAGENTES
Preparo da Matéria-prima	<ul style="list-style-type: none"> <li>Faca;</li> <li>Liquidificador;</li> <li>Opencell.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bagaço de cana de açúcar;</li> <li>Água destilada.</li> </ul>
Secagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Balança industrial;</li> <li>Estufa;</li> <li>Tabuleiro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bagaço de cana de açúcar úmido;</li> <li>Bagaço de cana de açúcar seco.</li> </ul>
Adição do álcool cetoestearílico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Balança analítica;</li> <li>Becker.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bagaço de cana de açúcar seco;</li> <li>Álcool cetoestearílico.</li> </ul>
Briquetagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prensa hidráulica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bagaço de cana de açúcar seco;</li> <li>Água destilada.</li> </ul>

Secagem do briquete

- Estufa.

- Briquete de bagaço de cana de açúcar com álcool cetosteárilico;
- Briquete de cana de açúcar.

Fonte: (Os próprios autores, 2024)

## 4.2. PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

Primeiramente, no teste 1, para que a matéria-prima utilizada passasse pelo processo de secagem, antes, se fez o uso apenas do bagaço da cana-de-açúcar, a qual teve sua estrutura separada através do manuseio de uma faca. A partir desse ponto priorizasse apenas as fibras do bagaço conforme apresentado na Figura 7. Após a separação, adicionou-se 450mL de água destilada ao bagaço. Em seguida colocou-se o bagaço no opencell durante 8 minutos, como mostra a figura 8, com finalidade de desfibrar o bagaço da cana de açúcar. Para a ampliação da superfície de contato, com finalidade de ocasionar a secagem assim fazendo a retirada da umidade do bagaço da cana-de-açúcar.

Figura 7: Bagaço desfibrado manualmente



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 8: Opencell



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Para preparar a matéria-prima do teste 2, fez-se o uso da mesma técnica: o desfibramento, ocorrendo a separação dos resíduos maiores e melhor divisão das estruturas do bagaço, o diferencial dessa vez, foi que tal método foi

realizado apenas manualmente, sem o auxílio de liquidificador ou opencell. Este experimento se subdividiu em duas amostras, pois houve uma mudança no aglutinante.

Figura 9: Amostra 1 de bagaço



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 10: Amostra 2 de bagaço



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

### 4.3. SECAGEM

Teste 1: Em seguida, aconteceu uma pesagem utilizando a balança industrial pesou-se 1.470g da matéria-prima desfibrada. Logo após adicionou-a em um tabuleiro com a matéria-prima que foi transportada a estufa a uma temperatura específica (105°C) durante um tempo 1 hora, posteriormente foi exposta ao sol durante 8 horas, para retirada da umidade da matéria-prima. Após o material seco levou-se novamente a balança industrial obtendo um valor 755g de matéria-prima seca, como é ilustrado na imagem a seguir (figura 11):

Figura 11: Bagaço pós-secagem



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Teste 2: Na amostra um, o bagaço foi adicionado a estufa por 4 horas à 180°C e por estar com menos umidade, adicionou-se 300 ml de água destilada. E na amostra 2, apenas utilizou-se a própria umidade que o bagaço possuía.

Figura 12: Estufa



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

#### 4.4. ADIÇÃO DOS AGLUTINANTES

Teste 1: A priori, não se foi adicionado nenhum componente que atribuísse propriedades aglutinantes a mistura, sendo assim, o teste aconteceu somente com as particularidades naturais do próprio bagaço de cana-de-açúcar (figura 13).

Teste 2: Para a análise da ação de diferentes aglomerantes, utilizou-se dois tipos. Para a amostra um, uma solução de amido dissolvido em água foi adicionada a mistura, na qual se preparou uma diluição de 200g de amido de milho para 400mL de água (figura 14). Já para a amostra dois (figura 15), pesou-se 120 gramas de farinha de mandioca, que posteriormente foi adicionada a massa.

Figura 13: Mistura – Teste 1



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 14: Mistura da amostra um com amido – Teste 2



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 15: Mistura da amostra dois com farinha de mandioca – Teste 2



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

#### 4.5. ADIÇÃO DO ÁLCOOL CETOESTEARÍLICO

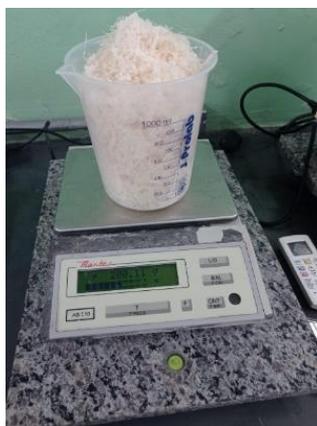
Teste 1: Adiante, separou-se a matéria-prima em um Becker de 1000mL que foi direcionado a balança analítica para a realização da pesagem da matéria-prima. Posteriormente, pesou-se 200g de matéria-prima. Subsequentemente, pesou-se em um Becker 155g de álcool cetoestearílico, assim destacado na Figura 16. Seguidamente, adicionou-se o álcool cetoestearílico a um Becker onde havia a amostra da matéria-prima (figuras 17 e 18). Posteriormente, pegou-se o Becker com bagaço de cana-de-açúcar que foi adicionado o álcool cetoestearílico e homogeneizou-se.

Figura 16: Álcool Cetoestearílico



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 17: Matéria-prima



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 18: Pesagem do álcool



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Teste 2: Para a amostra um, separou-se a matéria-prima em um recipiente de plástico de 69,96 g (em balança analítica). E em seguida, em uma balança industrial, pesou-se a matéria-prima, que ao todo continha 1,4 quilos (bagaço + aglutinante + água destilada), assim, foram adicionados inicialmente 50 g de álcool cetoestearílico, para depois, serem adicionados mais 10 g, somando 60 gramas de álcool. Já a amostra dois, apenas seu recipiente, também plástico, possuía o peso de 70,35 g (em balança analítica) Também em balança industrial, pesou-se a matéria-prima, que resultou em 1,3 quilos (bagaço com sua própria umidade+farinha de mandioca), adicionando-se então, 50 gramas de álcool cetoestearílico a mistura. Por fim, ambos foram homogeneizados.

Figura 19: Recipiente (amostra um)



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 20: Recipiente (amostra dois)



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 21: Pesagem de 60 g do álcool (amostra um)



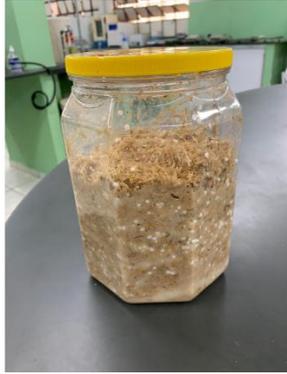
Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 22: Pesagem de 50 g do álcool (amostra dois)



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 23: Homogeneização (amostra um)



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 24: Homogeneização (amostra dois)

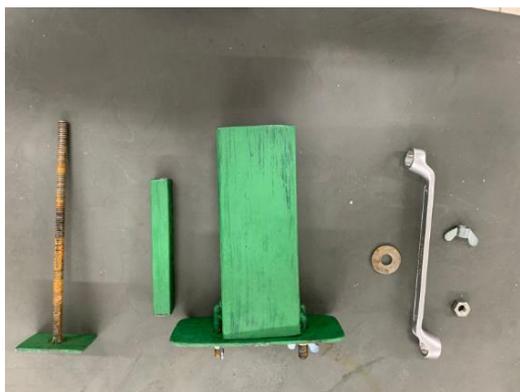


Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

#### **4.5. BRIQUETAGEM**

Teste 1: Pós componentes homogeneizados, fez-se o uso de uma prensa manual. No local específico, depositou-se aproximadamente 30 gramas da mistura preparada e prosseguiu-se com a montagem da prensa, e conseqüentemente, uso da chave estrela para funcionamento e aplicação de pressão na massa e espera para a plastificação do bagaço. Mesmo pós uma hora sob pressão, não atingimos os resultados esperados.

Figura 26: Prensa manual



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 27: Resultado-briquetagem manual



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Teste 2: Já com a mistura finalizada, contou-se com o auxílio da prensa de sacarose- prensa fornecida pela usina Alcoeste Bioenergia Fernandópolis S/A empresa referente ao Grupo Arakaki. A amostra utilizada foi a um, onde já disposta a quantidade de 500 g de massa na prensa, a mesma foi pressionada por poucos segundos já que houve um vazamento da mistura pelos furos que possuem a função de retirar o excesso do líquido presente na amostra, até a fixação da forma um briquete retangular. Por não obtermos êxito, o processo não foi repetido novamente com a mesma amostra, nem mesmo com a segunda amostra.

Figura 28: Pesagem da amostra um



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 29: Resultado – briquetagem na prensa de sacarose



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 30: Prensa de sacarose



Fonte: (Industrial 4.0, 2019)

#### 4.6. Resultados e discussão

O resultado para o tempo de queima do briquete de cana de açúcar com a adição do álcool cetosteárico, quanto o que não havia nenhuma potencializador, e, tanto para o que possuía aglutinante, quanto para o que não possuía não foram estimados.

A princípio, as práticas se encerraram ainda na etapa de briquetagem, não sendo possível a conclusão total dos testes necessários, como a técnica de secagem, o teste de queima, quantidade de fumaça liberada, observações referentes

a queima do álcool e mistura em geral, entre outros. Assim, a proposta do trabalho não foi atingida de forma integral.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trabalho se justifica por intermédio dos impactos gerados pela obtenção fontes energéticas por meio da utilização do petróleo, carvão mineral e o gás natural, não sendo as melhores opções. Com os usos dos combustíveis fósseis, a natureza vem apresentando sinais de desequilíbrio, capaz de ser visto no aquecimento global, liquefação das geleiras, desordens climáticas e chuvas acidas.

Diante a esta problemática referida, a meta determinada visou a criação de um tratamento eficaz, acessível e sustentável, sendo a criação de um briquete com resíduos descartados por usinas sucroalcooleiras, nesse contexto, o que está sendo utilizado é o bagaço de cana de açúcar, juntamente a adição do álcool cetosteárilico, para o aumento do seu poder calorífico, com o princípio de trocar a lenha pelo briquete, sendo uma opção mais sustentável. A biomassa aplicada foi o bagaço de cana de açúcar, por conta de seu grande nível de descarte nos setores sucroalcooleiros e agrícolas, encontrando-se assim, uma nova finalidade a esse subproduto das usinas.

Após a produção dos briquetes, não chegou a etapa dos testes de queima e comparação, tanto sendo comparado a um briquete de bagaço de cana de açúcar com adição do álcool cetosteárilico, quanto a um briquete de bagaço de cana de açúcar apenas. Ambos testes de briquetes, não se estabilizaram da maneira que deveriam, impossibilitando a descoberta de qual método seria o mais eficaz para a utilização por sua velocidade de queima e sua menor liberação de CO<sub>2</sub>. Podendo se concluir que o estudo acima tem sim certo potencial, entretanto, com as técnicas supracitadas, ela se tornou uma opção inviável, necessitando de um prosseguimento com o presente estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, N. U.; NINA, P. M.; TARLUE, P. J. V.; NAKANWAGI, R.; KUTIOTE, J. O. E.; NUR, A. A.; CHANDA, P. **Assessment of biomass briquette use as alternative source of renewable energy in kampala district.** African Journal of Environment and Natural Science Research. V.2 p.68-76, 2019. Acesso em: 08 mar. 2024.

**ÁLCOOL Cetoestearílico.** Jatobá Química. Disponível em:

<https://www.jatobaquimica.com.br/product/alcool-cetoestearilico/>. Acesso em: 01 mar. 2024.

ANDRADE, L. F. F., BIGATON, R. P. **Briquetagem de Bagaço de Cana-de-açúcar.** 2016. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Engenharia Agrícola, UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS, 2016.

BIOMAX, Indústria de Máquinas Ltda. **Briquetes.** [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <<https://www.biomaxind.com.br/briquetes/>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

**BAGAÇO da cana: o que é e como pode ser usado.** Yuool. Disponível em:

<https://www.yuool.com.br/blog/bagaco-da-cana-o-que-e-e-como-pode-ser-usado>. Acesso em: 08 mar. 2024.

BENÍCIO, E. L. **Utilização de resíduo celulósico na composição de briquetes de finos de carvão vegetal.** 67p. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de JaneiroRJ, 2011.

BOAVENTURA, Gustavo. **Cetearyl Alcohol.** Cosméticaemfoco. Disponível em: <<https://cosmeticaemfoco.com.br/materias-primas/cetearyl-alcohol/>>. Acesso em: 01 mar. 2024.

BONASSA, G.; SCHNEIDER, L. T.; CANEVER, V. B.; CREMONEZ, P. A.; FRIGO, E. P.; DIETER, J.; TELEKEN, J. G. **Scenarios and prospects of solid biofuel use in Brazil.** Renewable and Sustainable Energy Reviews.V.82, p. 2365–2378, 2018. Acesso em: 08 mar. 2024.

BORGES, A. C. P.; SILVA, M. S.; ALVES, C. T.; TORRES, E. A. **Energias renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia.** REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA.Fortaleza, Brasil, v.10, n.2, p.23-36, 2016. Acesso em: 08 mar. 2024.

BRAUN, J. L.; HOLTMAN, K. M.; KADLA, J. F. **Lignin-based carbon fibers: Oxidative thermostabilization of kraft lignin.** Carbon, v. 43, n. 2, p. 385-394, 2005. Acesso em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0008622304005767>.

Disponível em: 08 mar. 2024.

**BRIQUETTING Process, Techniques, Uses, Briquetting Types.** AgriFarming.

Disponível em: <https://www.agrifarming.in/briquetting-process-techniques-uses-briquetting-types>. Acesso em: 08 mar. 2024.

BRINCK, V.; CAMPOS, A. R.; CARVALHO, E. A. **AGLOMERAÇÃO. Tratamento de Minérios – 6ª Edição.** Disponível em: <[http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2184/1/Tratamento%20de%20Min%C3%A9rios%206a%20edi%C3%A7%C3%A3o%20\(CAP.15.1\).pdf](http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2184/1/Tratamento%20de%20Min%C3%A9rios%206a%20edi%C3%A7%C3%A3o%20(CAP.15.1).pdf)>. Acesso em: 02 de mar. de 2024.

CAMPOS, Mateus. **Biomassa.** Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/biomassa.htm>. Acesso em: 26 fev. 2024.

**CETEARYL Alcohol (Álcool Cetoestearílico).** AMVI. Disponível em: <https://amvi.com.br/blogs/entrepapele/cetearyl-alcohol-alcool-cetoestearilico>. Acesso em: 01 mar. 2024.

**CHEMICAL scture of lignina.** ResearchGate. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-lignin\\_fig1\\_323923688](https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-lignin_fig1_323923688). Acesso em: 09 mar. 2024.

CHEN, C.L. **Lignins: Occurrence in wood tissues isolation reactions, and structure.** In: LEWIS, M., GOLDSTEIN, I.S. (ed.). Wood structure and composition. N.i. : Marcel Dekker, 1991p. Acesso em: 04 mar. 2024.

CONTENT, R. **Pivô de irrigação: o guia completo sobre esse método!** Disponível em: <[https://armac.com.br/blog/agronegocio/pivo-de-irrigacao/?utm\\_source=pushnews&utm\\_medium=onsite-pushnotification&utm\\_campaign=PushN&utm\\_term=OSP](https://armac.com.br/blog/agronegocio/pivo-de-irrigacao/?utm_source=pushnews&utm_medium=onsite-pushnotification&utm_campaign=PushN&utm_term=OSP)>. Acesso em: 01 dez. 2023..

CORTEZ, A.B.; LORA, E.E. S.; GOMEZ, E.O. Biomassa para Energia. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, 2022, Vol 15, Issue 1, p255. Campinas, 2022. Disponível em: <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A14%3A7129790/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A160272275&crl=c>. Editora da Unicamp, 2008. Acesso em: 01 dez. 2023.

CREMONEZ, P. A; NALEVAIKO, J. Z; TELEKEN, J. G. **Utilização de subprodutos industriais na produção de briquetes.** Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, Tupã, v. 15, n. 1, p. 1-26, jun. /abril, 2020. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/980/503>. Acesso em: 01 mar. 2024.

DANTAS, A. P. **O Briquete como Combustível Alternativo para a Produção de Energia.** Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/X-006.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2024.

DIAS, José Manuel Cabral De Sousa et al. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais.** Embrapa Agroenergia, [s. l.], p. 130, 2012. Disponível em:< [www.cnpae.embrapa.br](http://www.cnpae.embrapa.br) >. Acesso em: 01 dez. 2023.

ESTEVEES, Mayara Raysa Lima et al. **Estudo do potencial energético e aproveitamento das cascas de coco verde para a produção de briquete em Maceió/AL**. 2014. Acesso em: 01 dez. 2023.

FONTES, P. J. P.; JÚNIOR, F. P.; QUIRINO, W. F., **Aglutinantes para briquetagem do carvão mineral**. Mundo Florestal. São Paulo: Editora Florestal, 2023. Disponível em: <<https://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/aglutinantes.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2024.

GOES, T. **A energia que vem da cana-de-açúcar**. Agência Embrapa de Informações Tecnológicas, 2008. Acesso em: 08 mar. 2024.  
GOTTSCHALCK, Tara E.; MCEWEN, Jr, Gerald N. **International Cosmetic Ingredient Dictionary and Handbook**. ed. 10, v.1, Washington: Pharmabooks, 2004.

INSTITUTO ITAÚ CULTURAL. **Aglutinante**. Disponível em: <<https://enciclopedia.itaucultural.org.br/termo27/aglutinante>>. Acesso em: 09 mar. 2024.

KIM, D.; LEE, K.; PARK, K. Y. **Upgrading the characteristics of biochar from cellulose, lignin, and xylan for solid biofuel production from biomass by hydrothermal carbonization**. Journal of industrial and engineering chemistry. V.42, p.95-100, 2016. Acesso em: 08 mar. 2024.

LUO, J. **Lignin-based carbon fiber**. Universidade de Maine. [s.l.], 2010. Pág 14. Disponível em: <https://digitalcommons.library.umaine.edu/etd/832/>. Acesso em: 8 mar. 2024.

OGATA, Bruna Harumi. **Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana-de-açúcar e potencial de uso em biorrefinarias**. USP, Piracicaba, 2013. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-13112013-143039/publico/Bruna\\_Harumi\\_Ogata.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-13112013-143039/publico/Bruna_Harumi_Ogata.pdf). Acesso em: 08 mar. 2024.

PANCIERI, Beatriz Moreira. **A produção de briquetes como incentivo à sustentabilidade - aplicabilidade da logística reversa em madeireiras no município de Tomé-Açu**. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009, Salvador. Disponível em: QUIRINO, W. F. Briquetagem de Resíduos Ligno-Celulósicos. CIRCULAR TÉCNICA DO LPF, Brasília, v. 1, n. 2, p. 69 - 80, 1991. Disponível em: [https://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_STO\\_099\\_668\\_14158.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_099_668_14158.pdf). Acesso em: 9 mar. 2024.

PHILIPP, P; D'ALMEIDA, M.L. O. **Celulose e Papel**. Volume I. Tecnologia de Fabricação da Pasta Celulósica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Centro Técnico em celulose e papel. São Paulo, 1988, Segunda edição. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-12092011-164326/en.php>. Acesso em: 09 mar. 2024

**PRENSA de Sacarose – Funcionamento e Manutenção**. Industrial 4.0. Disponível em: <https://industrial4-0.com.br/prensa-de-sacarose/>. Acesso em: 09 jun. 2024.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Brasília, DF: IBAMA, Laboratório de Produtos Florestais, 1991. 16 p. (IBAMA-LPF. Série técnica, n. 13). Acesso em: 09 mar. 2024

QUIRINO, W. F. **Briquetagem de Resíduos Ligno-Celulósicos**. CIRCULAR TÉCNICA DO LPF, Brasília, v. 1, n. 2, p. 69 - 80, 1991. Acesso em: 09 mar. 2024.

RASCHE, Willian Diego. **Formulação e análise de gel-creme hidratante facial**. [s.d] .19 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Curso Técnico em Química, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014. Disponível em: [https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/Willian\\_Rasche.pdf](https://www.univates.br/tecnicos/media/artigos/Willian_Rasche.pdf). Acesso em: 01 dez. 2023.

REIS, B. O. et al. **Produção de briquetes energéticos a partir de caroços de açaí**. Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.  
SALEME, J. E. F. **Estudo básico para briquetagem do carvão vegetal**. Ouro Preto, Escola de Minas e Metalurgia, s.d. 19p. Acesso em: 01 dez. 2023.

SALVE, A. P. **MÉTODOS DE EXTRAÇÃO E APROVEITAMENTO DA LIGNINA PROVENIENTE DE BIOMASSA VEGETAL**. Disponível em: [https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13702/TG-Ana%20Paula%20Salve\\_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13702/TG-Ana%20Paula%20Salve_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 04 mar. 2024.

SANTOS, Fernando A.; QUEIRÓZ, José H. de. **Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol: Potential of sugarcane straw for ethanol production**. Química Nova, Viçosa, ano 5, v. 35, p. 1-1, 1 fev. 2012. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000500025>. Acesso em: 04 mar. 2024.

SYNGENTA DIGITAL. **Bagaço de cana: saiba como reaproveitar a palha**. Disponível em: <https://blog.syngentadigital.ag/como-reaproveitar-o-bagaco-da-palha-de-cana/>. Acesso em: 9 mar. 2024.

SOARES, L. C. S. R. **Destoxificação biológica do hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar para utilização em processos fermentativos**. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na Área de Microbiologia Aplicada) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2012. Acesso em: 01 dez. 2023.

SOUZA, Cristiano Soares de. **Derivatização Química e Caracterização de uma Liginina do Bagaço da Cana de Açúcar**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17382/1/CSSouzaDISSPRT.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2024.

SOUZA, Gustavo Henrique Ramos de; PANDOLFI, MarcosAlberto Claudio; COIMBRA, Caroline Cleonice. **O Mercado Potencial do Uso de Briquetes no Brasil**. SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 10, 2018.

SOUZA, JEA. **Avaliação das diversas fontes e tipos de biomassa do estado de Alagoas: Estudo de suas características físico-químicas e de seu potencial energético**. Maceió: UFAL, 2011. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/2310>. Acesso em: 25 fev. 2024. 8.

TECNOLOGIA, M. **Briquetes**. Disponível em: <<http://www.brbriquetes.com.br/>>. Acesso em: 09 mar. 2024