

Estudo de mercado : subprodutos da casca de caju



Promove Agribiz

O programa *ProEcon-Promove Agribiz*, implementado em Moçambique pela GIZ e financiado pela União Europeia e pelo Governo Alemão, visa melhorar as condições de enquadramento do sector privado e financeiro em Moçambique, que permitam uma maior participação das MPMs moçambicanas na economia, conduzindo a um desenvolvimento inclusivo.

Um sector produtivo em Moçambique que ainda não libertou todo o seu potencial é o processamento do caju. Os mercados globais cada vez mais exigentes e o surgimento de fábricas ultra-mecanizadas nos concorrentes próximos Vietname, Índia e Costa do Marfim afetaram gravemente a indústria de processamento de longa duração em Moçambique. Apesar da mecanização progressiva das fábricas, o sector enfrenta anos difíceis desde o encerramento de algumas fábricas no final da década de 2010.

No entanto, ao nível da fábrica, o potencial dos subprodutos da casca de caju não é explorado em Moçambique. Muito pouco valor é dado e tornam-se um fator que dificulta a competitividade da indústria. Em contraste, os concorrentes asiáticos beneficiam de facto das receitas da valorização da casca de caju, uma vez que aquela pode ser convertida em numerosos produtos valiosos, tais como combustível e matéria-prima para a indústria química.

Por isso, a Promove Agribiz em parceria com a Nitidæ lançou uma avaliação abrangente das oportunidades que a adição de valor da casca de caju poderia trazer para a economia moçambicana. O objetivo geral desta ação é demonstrar a competitividade e o potencial de sustentabilidade do processamento do caju moçambicano através do desenvolvimento de pilotos que apresentem os subprodutos da casca de caju como combustíveis (nas formas de casca, óleo CNSL ou torta de casca). Como a casca pode ser transformada em vários derivados, cada um pode ser apropriado para uso em cozinha doméstica e comercial, calor e energia industrial, e para a produção de carvão verde para uso como substituto de madeira / carvão de lenha.

Nitidæ

A *Nitidæ* é uma organização não governamental francesa, cujo objetivo é conservar áreas naturais preciosas, ao mesmo tempo que desenvolve as comunidades vizinhas. Para tal, a Nitidæ concebe e implementa projetos que combinam a preservação do ambiente e o reforço das economias locais. Com uma equipa de 200 funcionários, a Nitidæ desenvolve projetos no Senegal, Madagáscar, Burkina Faso, Moçambique e Costa do Marfim, entre outros.

Também fornece conhecimentos técnicos especializados a empresas agroalimentares e instituições públicas para melhorar o desempenho das cadeias de valor agrícolas, diminuir o impacto ambiental e estimular o desenvolvimento económico local, juntamente com a organização dos produtores e das comunidades locais.

Desde 2018, o Nitidæ trabalha em estreita parceria com o Instituto de Amêndoas de Moçambique, Instituto Público (IAM,IP) para fortalecer a cadeia de valor da castanha de caju, através de uma diversidade de ações que incluem aconselhamento agrícola, apoio à elaboração de políticas públicas para o caju, serviços de informação de mercado e promoção de ligações entre as partes interessadas do caju. Através do projeto ACAMAZ, a Nitidæ possui um vasto conhecimento da cadeia de valor do caju em Moçambique, como demonstrado pela avaliação da competitividade do

processamento da castanha de caju a nível nacional publicada em 2020, intitulada *Competitividade do processamento do caju em Moçambique*¹.

IAM, IP

A missão do *Instituto de Amêndoas de Moçambique, Instituto público* (IAM,IP) é "promover, de forma sustentável, o aumento da produção e qualidade da castanha, a organização da comercialização e a estruturação da indústria transformadora, aumentar o rendimento das famílias rurais, criar emprego e valor para o país em coordenação com todas as entidades interessadas".

As suas atribuições incluem a definição de políticas e estratégias, a coordenação da cadeia de valor do caju das partes interessadas, bem como as de outras amêndoas sob a sua tutela. As suas competências incluem o apoio à produção de caju, a promoção interna e externa da indústria da castanha de caju e de outras amêndoas. É também responsável de elaborar e implementar, em coordenação com instituições especializadas nacionais e internacionais, a investigação, a transferência de tecnologias para a produção, o comércio do caju e a transformação, incluindo a maçã de caju. Desde 2021, o IAM,IP inclui também no seu mandato o apoio ao desenvolvimento da cadeia de valor da macadâmia.

AICAJU

A *Associação dos Industriais do Caju* (AICAJU) é o sindicato que representa os processadores de castanha de caju em Moçambique. A AICAJU é uma organização não governamental, apartidária, pública, com autonomia jurídica, financeira e administrativa. A AICAJU tem como objetivo representar os seus associados na discussão e aprovação de todos os contratos coletivos de trabalho na sua totalidade, mas também que possa colaborar com as entidades oficiais na definição da política de desenvolvimento industrial, agrícola e comercial do sector.

Todos os membros da AICAJU demonstraram grande interesse em desenvolver soluções técnicas eficientes, conhecendo o potencial energético e, portanto, económico inexplorado dos subprodutos da casca de caju. Alguns deles já tomaram algumas medidas concretas para converter as suas cascas num novo produto. No entanto, estas diferentes iniciativas enfrentam alguns constrangimentos para assegurar mercados, para encontrar as tecnologias apropriadas ou para ter acesso a financiamento para financiar os seus projetos.

¹ O relatório pode ser descarregado em https://www.nitidae.org/files/21fa92bb/competitiveness_of_the_cashew_nut_industry_in_mozambique.pdf

Índice

Glossário.....	5
Resumo executivo	6
I. Introdução.....	7
1. Porquê um estudo de mercado	8
2. Cenário atual da transformação do caju.....	10
3. Produção de energia a partir de resíduos: Valor acrescentado através da utilização energética da biomassa num contexto global favorável à bioenergia	13
4. Metodologia e pressupostos.....	18
4.1. Escopo do estudo de mercado	18
4.2. Escopo geográfico	19
4.3. Actores entrevistados	19
4.4. Pilotos como prova de conceito	20
II. Oportunidades de mercado para o CNSL.....	22
1. Procura de combustíveis líquidos	23
1.1. Consumidores industriais internacionais.....	23
1.2. Importação e distribuição em Moçambique.....	24
1.3. Consumidores industriais nas províncias de Nampula e Maputo	25
2. Como é que a casca de caju pode satisfazer a procura: Combustível verde do CNSL	27
2.1. Produção local e qualidade do CNSL.....	27
2.2. Considerações de marketing.....	28
3. Conclusões.....	30
III. Oportunidades de mercado para a torta de casca	32
1. Procura de lenha.....	33
1.1. Procura de lenha para uso produtivo nas províncias de Nampula e Maputo.....	33
1.2. Procura de lenha para uso doméstico em Nampula e Maputo	35
2. Como é que a casca de caju pode satisfazer a procura: Combustível verde	35
2.1. Produção local de torta de casca de caju	35
2.2. Combustíveis sólidos renováveis em ambientes produtivos. O caso asiático.....	36
2.3. Considerações sobre o preço	38
2.4. Combustão piloto de torta de casca em Moçambique.....	40
3. Conclusões.....	43
IV. Oportunidades de mercado para o carvão vegetal de casca/torta.....	44
1. Procura de carvão vegetal	45

1.1.	Procura de carvão vegetal para uso doméstico, restaurantes e cozinhas coletivas	45
	Propensão dos compradores para mudarem para o carvão verde: as razões certas	48
2.	Como é que a casca de caju pode satisfazer a procura: Carvão verde a partir da casca de caju	49
2.1.	Produção local de carvão verde de casca de caju ou de torta	49
2.2.	Projeto-piloto de produção semi-industrial de carvão verde de casca. Considerações técnicas e comerciais.....	49
2.3.	Ensaio dos briquetes de casca de caju em condições reais e laboratoriais.....	52
2.1.	Um novo nicho de mercado: o biochar	55
3.	Conclusões.....	56
V.	Conclusão geral.....	57
VI.	Anexos.....	59
Anexo 1.	Ficha técnica: Combustível CNSL	60
Anexo 2.	Ficha técnica: Combustível de casca de caju desengordurada	61
Anexo 3.	Ficha de informação: Carvão vegetal.....	62
Anexo 4.	Processo de extração do CNSL.....	63
Anexo 5.	Funcionamento de um pirolisador de caju de alto poder calorífico	64
Anexo 6.	Carvão verde: produção e mercado em Moçambique	65
Anexo 7.	Briefs de investimento para a valorização da casca de caju	68

Glossário

AFREC - Comissão Africana da Energia

AICAJU - Associação dos Industriais do Caju

BECT - *Biomass Energy Certification and Testing Center* - Centro de Certificação e Teste de Energia de Biomassa

CNSL - Cashew Nut Shell Liquid - Líquido da casca da castanha de caju

EUA – Estados Unidos de América

EXW - preço *Ex-Works*, ou seja, entregue à porta do produtor

FOB - preço *Free On Board*, ou seja, introdução do ponto em que o vendedor deixa de ser responsável pelos custos de transporte

H2CP - *High Calorific Cashew Pyrolyser* - Pirolisador de caju de alto poder calorífico

HFO - *Heavy Fuel Oil* - Óleo combustível pesado

IAM, IP - Instituto Público de Amêndoas de Moçambique

AIE - Agência Internacional da Energia

IFPELAC - Instituto de Formação Profissional e Estudos Laborais Alberto Cassimo

INE - Instituto Nacional de Estatística

IPOMA - Instituto Polivalente de Marrere

ktep – kilotoneladas (milhares de toneladas) equivalentes de petróleo

GPL - Gás de Petróleo Liquefeito, normalmente acondicionado em garrafas de gás

L - litro

MIREME - *Ministério dos Recursos Minerais e Energia*

t - Tonelada métrica, 1000 kg

MZN - Metical Moçambicano

RCN - *Raw Cashew Nuts* - Castanha de caju bruta

tep - toneladas equivalentes de petróleo

UE – União Europeia

Resumo executivo

O sector do caju é um dos focos do projeto Promove Agribiz na província de Nampula, que visa melhorar as condições de enquadramento do sector privado e financeiro. No caso dos processadores de caju moçambicanos, um fraco acesso ao financiamento e um ambiente de negócios complexo levam a um fosso de competitividade em comparação com os concorrentes diretos asiáticos e africanos. As práticas de gestão dos resíduos da casca de caju e a falta de valorização económica são um dos principais factores que definem claramente uma diferença.

Motivada por esta observação, a Nitidæ, ao abrigo de uma subvenção concedida pelo Promove Agribiz, realizou um estudo de mercado sobre os subprodutos da casca de caju com o objetivo de identificar formas de comercializar a casca e de quantificar a procura potencial no mercado nacional. A casca de caju é uma biomassa altamente energética e pode dar origem a vários derivados valiosos, dos quais se destacam o CNSL - o líquido contido na casca a 25%, com propriedades semelhantes às do fuelóleo - e a torta residual - a parte lenhosa da casca, que pode ser utilizada como combustível sólido ou transformada em carvão vegetal. Esta parece ser uma oportunidade interessante, especialmente no quadro da transição energética para energias mais limpas e renováveis, uma vez que Moçambique está a definir estratégias para apoiar a industrialização verde. Como este estudo revela, o sector doméstico de processamento de caju pode desempenhar um papel relevante na aceleração desta transição, fornecendo combustíveis verdes para o sector industrial. As 12 fábricas de caju atualmente em funcionamento em Moçambique geram cerca de 41 000 t de casca por ano, e 86% destes volumes estão disponíveis na província de Nampula, em torno das instalações das fábricas. Embora apenas 25% das cascas geradas no país obtenham hoje um valor através da extração do CNSL, o estudo mostra que algumas experiências de utilização de derivados da casca para combustível no mercado interno poderiam ser rapidamente replicadas e desenvolvidas para atingir 100% de adição de valor e garantir o máximo de benefícios tanto para os processadores nacionais de caju como para os consumidores de combustível. Os subprodutos da casca de caju, CNSL e a torta, são melhor valorizados pelos clientes industriais, atingindo uma substituição potencial respetiva de 8 300 toneladas de óleo equivalente e 30 000 toneladas de lenha, implicando uma contribuição potencial significativa para os compromissos climáticos do país. Ao valorizar a casca, a casca de caju entra na economia circular e fecha o ciclo da cadeia de valor do caju, ao mesmo tempo que proporciona uma receita adicional aos processadores de caju que varia entre 6% e 13% dos seus custos de aquisição de castanha em bruto, com impacto direto na sua competitividade - estreitando assim o fosso de competitividade com os processadores asiáticos. Não apenas como um produto energético, a casca também poderia fornecer resultados interessantes na forma carbonizada, nomeadamente como biochar, fornecendo, ao mesmo tempo, propriedades promissoras de emenda do solo e armazenamento de carbono.

O melhor cenário para libertar este potencial, tendo em conta a atual geografia dos consumidores produtivos de combustíveis, é a valorização da casca de caju através de uma separação primária do líquido da casca de caju (CNSL) e da utilização da torta da casca. Através da venda de ambos os produtos resultantes no mercado nacional de combustíveis, especialmente em ambientes produtivos (industriais), os benefícios económicos, energéticos e ambientais são maximizados.

A estratégia energética de Moçambique situa-se na encruzilhada entre o desenvolvimento das energias renováveis e a promoção das jazidas de carvão e de gás. A valorização do combustível da casca de caju inscreve-se no quadro da industrialização verde visada pelo Governo de Moçambique e poderá beneficiar das competências desenvolvidas pelo país no domínio da energia.

I. Introdução

Como parte do seu apoio a longo prazo à cadeia de valor local do caju, a Nitidæ implementou uma avaliação sobre a *competitividade do processamento de caju em Moçambique*. Este estudo, datado de 2020, faz uma avaliação exaustiva dos factores que afetam a competitividade dos processadores de caju moçambicanos em relação aos principais actores internacionais de processamento de caju, como a Costa do Marfim, os vietnamitas e os indianos. Uma das conclusões deste trabalho salienta o potencial inexplorado dos subprodutos da casca de caju em Moçambique, que hoje em dia são muito pouco valorizados e se tornam um fator de entrave à competitividade da indústria (figura abaixo).

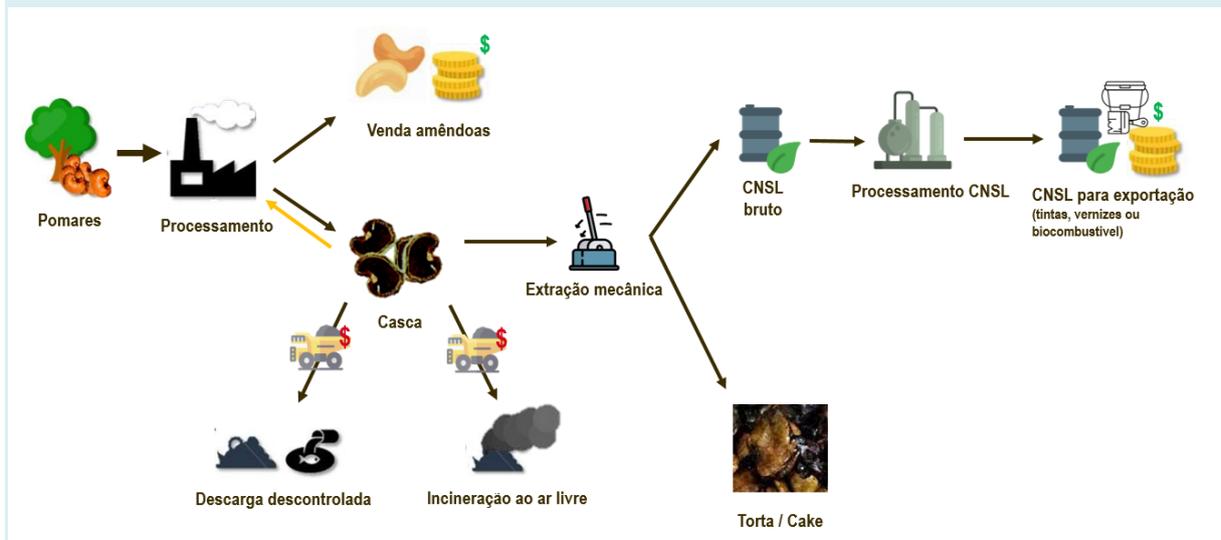


Figura 1. Utilização atual da castanha de caju (amêndoa e casca) em Moçambique.

Como explicado no esquema da **Figura 1**, a casca de caju dá origem a dois subprodutos principais, que são o CNSL extraível e a torta não oleado. Ambos podem ser transformados em diversos materiais, incluindo a produção de polímeros para tintas e materiais de fricção a partir do CNSL, ou até mesmo emendas do solo a partir da fração sólida (ver **Figura 2** abaixo).

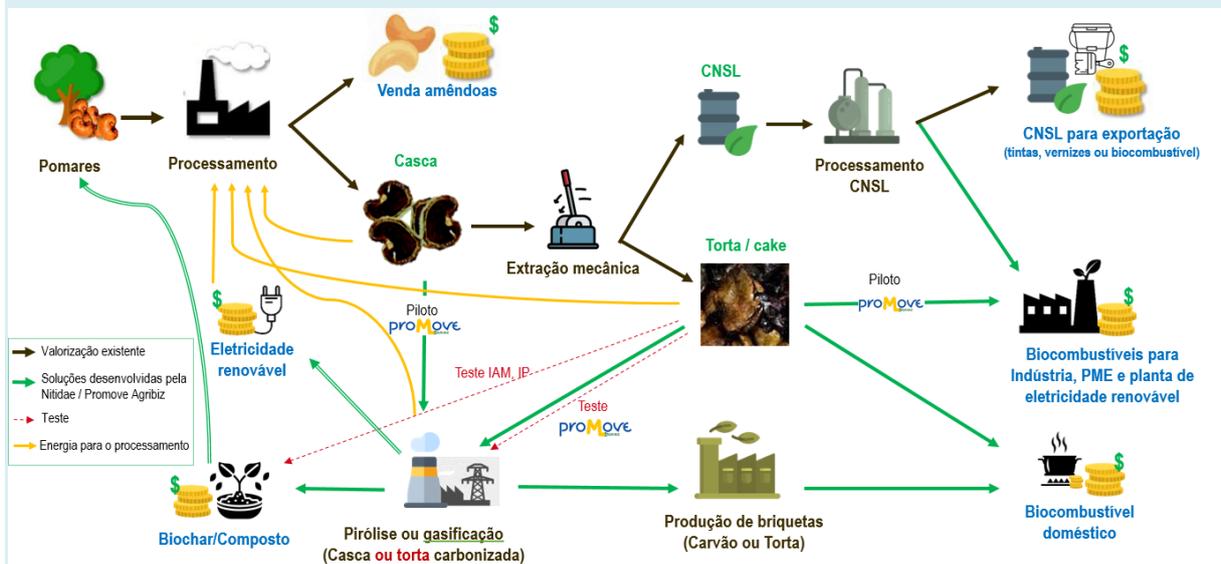


Figura 2. Múltiplos caminhos potenciais de conversão da casca da castanha de caju em Moçambique.

1. Porquê um estudo de mercado

De facto, a valorização da **casca daria aos transformadores de caju uma receita suplementar que representaria até 12% do custo da castanha em bruto que compram** e que constitui o seu principal custo de funcionamento. Mesmo que os processadores de caju não transformassem eles próprios a casca de caju em produtos finais comercializáveis, poderiam ainda assim vender a casca a outros processadores privados e recuperar até 6% do valor da castanha bruta. Em outras palavras, existe um potencial para criar novas cadeias de valor em torno da casca de caju (Figura 2), promovendo uma economia circular no país e injetando uma receita adicional na economia moçambicana que vale pelo menos 6% do volume nacional de compra de castanha de caju.

Num contexto mais amplo, a atual crise energética, que por sua vez está ligada à recente consciencialização climática global, coloca novamente a questão da autossuficiência e suscita o interesse público e privado pelas energias renováveis. **O preço à vista da casca registou um aumento sem precedentes nos últimos dois anos, devido a uma revalorização do preço do CNSL (ligado ao preço do petróleo) e a uma procura crescente de biomassa sólida e calorífica - por conseguinte, tanto a casca como a torta não oleado são cada vez mais procurados.** A casca de caju é objeto de comércio internacional e só recentemente os países africanos estão a entrar neste novo mercado. Chegou o momento de Moçambique, que depende em 60% da biomassa², aproveitar este potencial bioenergético, que pode ser rentável tanto para os consumidores nacionais como para os compradores internacionais de combustíveis. O contexto específico da utilização da energia em Moçambique deve ser considerado para ter em conta o verdadeiro potencial interno do combustível de casca. Além disso, a reciclagem de resíduos de caju contribui para a criação de vias de economia circular e demonstra que um impacto ambiental zero é possível, ao mesmo tempo que contribui para a descarbonização da economia.



Figura 3. Stocks de resíduos de casca nas imediações de uma fábrica de transformação de caju.

A segunda razão para se concentrar na casca de caju é a mais visível: a casca é a parte mais pesada da castanha de caju. Representa mais de 70% do peso da castanha em bruto. **As fábricas de processamento de caju geram enormes fluxos de resíduos cada dia, o que dá uma imagem de uma**

² Fonte: AFREC, *Balanços Energéticos de África 2019*. Parte da "biomassa e resíduos" no abastecimento total de energia primária do país.

indústria de exportação suja e insustentável (Figura 3). Mas a realidade é exatamente o oposto: A indústria africana de transformação de caju está mais orientada para a produção de produtos de qualidade ambiental e social do que a sua concorrente asiática. Os transformadores em África respeitam frequentemente uma série de padrões de produção e comércio responsáveis, enquanto os asiáticos estão geralmente virados para a produção em massa e a otimização dos custos. Além disso, a transformação de caju cultivados localmente em África evita cerca de 75% das emissões devidas ao transporte, em comparação com o itinerário médio³. Pode concluir-se que a gestão de resíduos é um dos principais aspetos que dificultam os esforços da indústria africana do caju, que precisa de mostrar um aspeto impecável para se manter competitiva face aos rivais asiáticos.

A fim de avaliar o potencial da introdução de produtos derivados da casca no mercado moçambicano de combustíveis, a Nitidæ realizou um estudo de campo sobre o mercado de subprodutos da casca nas províncias de Nampula e Maputo e, paralelamente, trabalhou em estreita colaboração com actores selecionados, entre os quais três processadores de caju (CNCaju, MoGroup, ADPP) e centros de formação técnica (IPOMA e IFPELAC) para implementar dois projetos-piloto: 1) uma solução de alimentação de combustível em forma de torta, adaptada a uma caldeira industrial existente alimentada a madeira; e 2) um dispositivo de carbonização em forno de pirólise (H2CP).

³ A maioria das castanhas de caju africanas - que representam 60% da produção mundial total - é exportada em bruto para ser transformada na Ásia, antes de seguir para os países ocidentais - que fornecem 80% da exportação mundial de amêndoas de caju.

2. Cenário atual da transformação do caju

Em Moçambique, durante a temporada de caju de 2022-2023, entre os 16 membros da AICAJU, 12 fábricas declararam estar a funcionar. A capacidade média anual de processamento de castanha é entre 5.000 e 6.000 toneladas de RCN por fábrica, com as mais movimentadas a funcionar a 10.000 toneladas e as mais pequenas a processar apenas 70 toneladas/ano. No total, produzem cerca de 41.000 toneladas de casca por ano. Tabela 1 abaixo apresenta os volumes de cascas atualmente gerados e o potencial máximo de subprodutos se todas as cascas fossem submetidas a processamento adicional.

<i>Potencial máximo de subprodutos</i> [Toneladas métricas por ano]	Unidades de processamento	Capacidade total de processamento RCN	Casca gerada	Potencial torta	Potencial CNSL	Potencial Carvão vegetal da torta
Total de fábricas ativas 2022-2023	12	65 070	40 994	31 884	9 110	6 377
na província de Nampula	9	50 070	31 544	24 534	7 010	4 907
em Gaza	1	6 000	3 780	2 940	840	588
outras províncias	2	9 000	5 670	4 410	1 260	882

Tabela 1. Distribuição dos resíduos da casca de caju e potencial máximo de subprodutos em Moçambique, temporada 2022-2023

A maioria das fábricas de transformação incorre em custos de gestão de resíduos, uma vez que as cascas de caju não são comercializadas de forma alguma. Elas precisam então de ser evacuadas e a maioria é queimada perto da fábrica ou numa área próxima. Este custo pode variar entre 1 e 5 USD/t de RCN processada, dependendo do facto de a fábrica poder queimar facilmente as cascas dentro da sua área ou de ser necessário transportá-las para outro local, pagando a um prestador de serviços ou empregando os seus recursos humanos e materiais para mover as cascas.

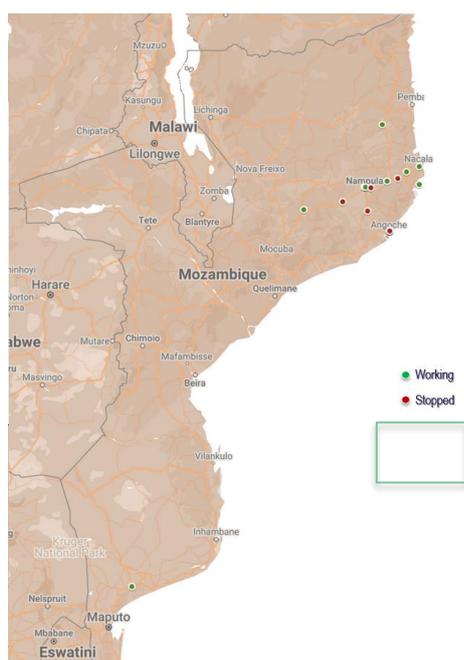


Figura 4. Localização das fábricas de processamento de caju em Moçambique

Atualmente, 9 das fábricas em funcionamento estão estabelecidas na província de Nampula, e 3 delas têm uma instalação de extração de CNSL instalada ou em instalação, permitindo um acréscimo de valor através da venda dos produtos separados, ou seja, CNSL e a torta de casca desengordurada. Duas destas fábricas vendem o seu CNSL principalmente para o mercado de exportação, embora estejam ansiosas por vender no mercado local, desde que haja uma procura suficientemente estável para absorver pelo menos uma parte da sua produção. Apenas uma fábrica ativa está localizada na parte sul do país, na província de Gaza, e está a planear a instalação de uma unidade de extração de CNSL. Assim, esta fábrica poderia considerar o mercado de subprodutos de casca com o distrito vizinho de Maputo. Estas quatro fábricas são as únicas que processam as suas cascas para CNSL, o que significa que as que não processam as suas cascas não obtêm qualquer valor acrescentado das mesmas: isto é 31.000 t de cascas todos os anos.

A torta desengordurada, no entanto, dificilmente encontra um comprador e isso, na maioria das vezes, significa um custo adicional de gestão de resíduos. Das 10.800 TM de torta produzido, cerca de 5.000 TM são recuperadas pelos próprios processadores de caju ou por indústrias vizinhas como combustível para as suas necessidades térmicas. **Tabela 2** fornece números sobre a situação típica no sector de processamento de caju em Moçambique. A partir destes, pode-se concluir que apenas cerca de um terço das cascas de caju e subprodutos são valorizados em Moçambique.

<i>Situação atual</i> [Toneladas métricas por ano]	Unidades de processamento com extração de CNSL	Capacidade total de processamento RCN	Casca gerada	Resíduos de cascas	Torta gerada	Resíduos de torta	Carvão vegetal potencial da torta gerado	CNSL produzido
Total de fábricas ativas 2022-2023	4	65 070	40 994	27 140	10 780	4 410	2 156	9 110
na província de Nampula	3	50 070	31 544	19 315	9 310	1 470	1 568	7 010
em Gaza	1 ⁴	6 000	3 780	2 722	2 940	2 940	588	840
outras províncias	-	9 000	5 670	5 481	-	-	-	-

Tabela 2. Distribuição dos resíduos da casca de caju e utilização atual dos subprodutos em Moçambique, época 2022-2023

A maioria das unidades de processamento de caju (8 de 12, representando 2/3 das cascas geradas no país) não implementa nenhum esquema particular para dar valor às cascas de caju, fora do seu uso como combustível para as suas necessidades de calor de processo - que é um procedimento clássico, recuperando apenas 10 a 15% das cascas geradas. Figura 5 abaixo ilustra as proporções de resíduos gerados numa unidade de processamento de caju que não considera qualquer valor acrescentado para as cascas.

⁴ A fábrica de caju de Gaza está a planear a instalação de uma extração de CNSL no final de 2023

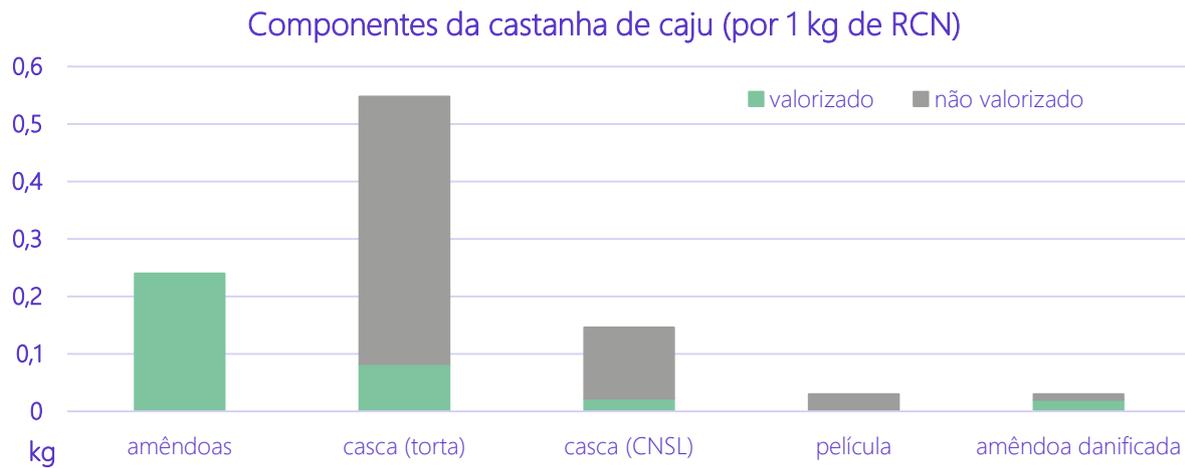


Figura 5. Componentes da castanha de caju e utilização numa fábrica média sem estratégia particular de valorização da casca

3. Produção de energia a partir de resíduos: Valor acrescentado através da utilização energética da biomassa num contexto global favorável à bioenergia

As cascas de caju são uma excelente fonte de energia. O seu poder calorífico é superior ao da biomassa lenhosa - 21 MJ por kg de casca, em comparação com 16-17 MJ por kg de madeira tropical. No entanto, as cascas não são normalmente apreciadas como tal para fins de combustível, uma vez que são acusadas de criar grandes quantidades de fuligem negra e fumos corrosivos. Isto deve-se ao elevado teor de matéria volátil (o líquido CNSL) que é libertado num curto espaço de tempo, sem se queimar completamente na maioria dos dispositivos de combustão. Trata-se apenas de CNSL não queimado. No entanto, uma vez separada a fase líquida, ambos os subprodutos são muito mais fáceis de tratar em dispositivos de combustão normais, como caldeiras, fornos ou fornalhas.

Existe uma tendência crescente para extrair o CNSL da casca, uma vez que o consumo global deste líquido orgânico está a aumentar de forma constante. Não só o CNSL é procurado como um substituto ecológico dos produtos fenólicos à base de petróleo fóssil para a indústria química, como também a recente crise energética está a levar os maiores países consumidores de petróleo a procurar líquidos orgânicos sustentáveis e prontos a usar. Sendo o CNSL altamente calorífico, não comestível e composto principalmente por apenas um punhado de moléculas, é um bom candidato para se tornar um biocombustível, quer através de combustão direta quer através de refinação por destilação.

Por conseguinte, o comércio de CNSL está ligado aos preços do petróleo e, historicamente, quando o petróleo atinge o seu pico, a procura de CNSL aumenta e o seu preço também, como se pode ver na Figura 6 abaixo.

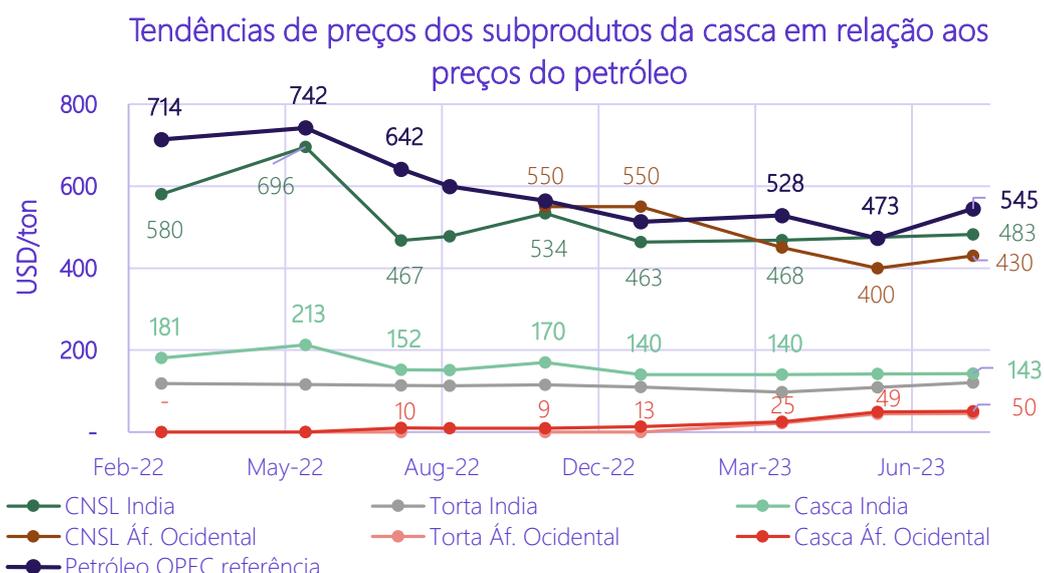


Figura 6. Evolução dos preços dos subprodutos da casca e dos preços do petróleo

Alguns factos de países de todo o mundo fornecem uma visão geral do interesse global pela casca de caju e seus derivados. Existem vários caminhos para converter a casca em produtos valiosos, como pode ser visto na [Figura 2](#). No entanto, por muitas razões, a recuperação de energia tanto do CNSL como da torta da casca parece ser o caminho de conversão mais promissor em Moçambique.

- Na **Ásia**, as cascas de caju são valorizadas como um subproduto que proporciona um rendimento adicional substancial. O CNSL é uma matéria-prima para a indústria química, utilizada principalmente em resinas, tintas e materiais de fricção. A torta da casca é consumida no seio da indústria vizinha para fins de aquecimento, em bruto ou misturado com outras matérias-primas de biomassa.
- Acontece que o preço de mercado da casca influencia definitivamente a tomada de decisões quando se trata de comprar novas existências de castanha em bruto ou de interromper a transformação. A título de exemplo, no início deste ano, os transformadores vietnamitas hesitaram em comprar mais RCN (custo de aquisição de cerca de 800-1000 USD/tonelada), uma vez que o preço da casca baixou recentemente para cerca de 76 USD/tonelada, em comparação com 145 USD/tonelada duas semanas antes. Dito de outro modo, as vendas da casca representam 6 a 13% do custo de aquisição da castanha em bruto, o que, por sua vez, é o principal custo de funcionamento da transformação do caju, e o facto de se estar no lado inferior da margem de lucro da casca pode tornar-se a razão para parar a transformação da castanha.

De facto, **os processadores de caju concorrentes na Índia e no Vietname beneficiam de um mercado bem estabelecido para a casca como matéria-prima para outras indústrias**. Apenas alguns transformam eles próprios a casca em CNSL e obtêm um benefício adicional desta adição de valor. De qualquer modo, as cascas são transformadas para separar os dois componentes principais e ambos são vendidos ao mercado nacional, regional ou mundial.

- Em 2022, **a Índia** - terceiro maior consumidor de petróleo bruto do mundo - aprovou alterações à política nacional de biocombustíveis para reduzir a dependência do país das importações de petróleo para satisfazer as suas necessidades energéticas. Este facto teve um impacto importante na procura de biocombustíveis, que vêm substituir o carvão fóssil ou o petróleo pesado. Vários dispositivos de combustão de biomassa estão atualmente difundidos em muitas instalações industriais de pequena e grande dimensão na Índia. Algumas empresas de serviços energéticos ajudam na mudança dos combustíveis fósseis para a biomassa⁵. Em muitos casos, recomendam a utilização da torta da casca de caju isoladamente ou misturado com outras matérias-primas de biomassa seca. A Índia tornou-se um importador líquido de cascas de caju, que são comercializadas a preços que dependem das tendências do petróleo bruto (ver *Evolução dos preços dos subprodutos da casca e dos preços do petróleo*, [Figura 6](#)).

⁵ Por exemplo, Steamax (www.steamaxindia.com), entre outros.

- De acordo com a Agência Internacional da Energia (AIE), prevê-se **que a procura mundial de biocombustíveis aumente 6%**, ou seja, 5 700 milhões de litros, entre 2022 e 2024 nas economias avançadas, com a maior parte do aumento a ocorrer nos Estados Unidos e na União Europeia⁶. De facto, tanto a UE como os EUA estabeleceram objetivos mais ambiciosos para a utilização de combustíveis renováveis, reforçando simultaneamente os requisitos para garantir a renovabilidade do combustível de biomassa importado⁷. A nova legislação, associada ao aumento das capacidades de biorrefinação, permite a utilização de uma combinação diversificada de fontes de energia naturais. Antes da transformação do óleo de palma ou de soja em biodiesel, há uma procura crescente de culturas não comestíveis ou de materiais residuais a transformar em diversos combustíveis líquidos - então designados **biocombustíveis avançados**. Só na União Europeia, a utilização de gasóleo renovável (um tipo de biocombustíveis avançados) aumentou 900 milhões de litros em 2021-2022, enquanto os EUA mais do que duplicaram a procura de gasóleo renovável (+2 000 milhões de litros adicionais no mesmo período). Tanto a UE como os EUA tiram o máximo partido da expansão de 40 % do consumo mundial de combustíveis renováveis. De acordo com as estatísticas de importação, o CNSL faz parte destas misturas de biocombustíveis.
- Mesmo a parte lenhosa da casca, ou seja, a torta de casca, juntou-se ao **mix energético para aquecimento industrial e doméstico**, uma vez que é uma matéria-prima 100% renovável e pode ser garantidamente isenta de desmatamento. Segundo a AIE, a quota do aquecimento urbano⁸ aumentou globalmente de 11% para 14%, enquanto a bioenergia moderna deu o maior contributo para o aumento do consumo de calor renovável, devido essencialmente à retoma da atividade industrial. Estes factos explicam a procura constante em curso na África Ocidental, tanto de casca como de torta, com destino aos países europeus, e a pequena diferença de preços entre a casca e a torta FOB Abidjan (ver [Figura 6](#)).

⁶ Fonte: AIE, 2023. *Atualização do mercado das energias renováveis. Perspectivas para 2023 e 2024*.

⁷ Na UE, a Diretiva Energias Renováveis (UE/2023/2413) estabelece uma meta de 42,5% de energias renováveis no consumo final global de energia para 2030. Considera-se que o sector dos transportes é o que deverá registar o maior aumento da quota de biocombustíveis, uma vez que contribui para 19,3% da utilização global de energia na UE, e que os sectores marítimo e aéreo são difíceis de eletrificar. A diretiva alterada (outubro de 2024) estabelece uma meta global mínima de 5,5% da energia final no sector dos transportes a fornecer por biocombustíveis avançados, biogás e combustíveis renováveis de origem não biológica (por exemplo, hidrogénio). Ao mesmo tempo, a utilização da maioria dos combustíveis de origem vegetal está limitada aos níveis de 2019 e deve ser reduzida ao mínimo até 2030. Em 2021, a quota global de biocombustíveis avançados da UE era de apenas 0,8%, enquanto a dos biocombustíveis vegetais era de 3,7%.

⁸ O aquecimento urbano é um termo utilizado no contexto do aquecimento de edifícios, comum em países temperados e frios. Baseia-se na produção centralizada de calor para ser fornecido a um grande número de utilizadores finais na mesma zona, normalmente uma cidade ou distrito. O aquecimento urbano é uma tendência crescente, em comparação com os sistemas de aquecimento individuais ou de edifícios, uma vez que se revela mais eficiente e permite a utilização de combustíveis volumosos como a biomassa.

- **Na África Ocidental**, verificou-se uma mudança no mercado da casca de caju nos últimos meses. Há apenas um ano, uma grande parte das cascas residuais ainda era gerida como resíduo - as indústrias de caju tinham de pagar pela sua eliminação/despejo. Alguns transformadores vendiam a outras indústrias nacionais (principalmente nos sectores do cimento, dos azulejos, das fundições e dos têxteis). **As taxas de conversão das cascas atingiram 40 a 50% a nível nacional em alguns países** (Benim, Costa do Marfim...). Embora a procura interna tenha vindo a crescer de forma constante, os novos compradores internacionais entraram nos mercados da África Ocidental em 2022 e 2023, incorrendo num aumento sem precedentes da procura. Nomeadamente na Costa do Marfim, todos os stocks de cascas são atualmente comercializados. Os preços de venda atingem os 50 USD/tonelada FOB Abidjan e as cascas são mesmo exportadas a granel.
- **Do ponto de vista moçambicano**, para além das altas taxas de petróleo que subjazem em qualquer dinâmica de mercado desde o final de 2021, outros sinais desta corrida global para combustíveis renováveis apoiam a ideia de considerar os produtos da casca de caju como um combustível.
 - O lançamento de uma atividade de refinação de CNSL para fins químicos seria possível em Moçambique, mas o país não está suficientemente posicionado para beneficiar plenamente desta via de conversão. Em primeiro lugar, a indústria de polímeros em Moçambique não está totalmente desenvolvida e diversificada para absorver CNSL refinado como matéria-prima. Além disso, como mostra a **Tabela 2**, as capacidades de extração de CNSL são, por enquanto, insuficientes para processar todas as cascas disponíveis no país. Como resultado da experiência limitada, o líquido extraído nas poucas instalações em funcionamento não satisfaz necessariamente os padrões técnicos para se tornar uma matéria-prima conveniente para polímeros. Ainda falta algum tempo para se conseguir um sector de extração estruturado antes que o exigente sector químico se torne um alvo de mercado realista em Moçambique. A utilização de derivados da casca de caju para combustível não deve necessitar desses requisitos rigorosos e, como tal, parece ser uma estratégia simples para garantir um mercado lucrativo para os volumes incipientes de derivados da casca.
 - **O Governo Moçambicano estabeleceu** o objetivo de alcançar a **Energia Sustentável para Todos (SEforAll)**, bem como o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 7 (energia acessível e limpa) em 2030. Um dos pilares de ação é a **Estratégia nacional de biocombustíveis**, uma lei nacional aprovada em 2009 que estabelece o quadro para os esforços nacionais⁹. A cozinha limpa através de fontes de biomassa renováveis é um dos principais objetivos do texto. De facto, o Governo está disposto a introduzir biocombustíveis domésticos nas cozinhas, uma vez que os agregados familiares dependem em 63% da biomassa lenhosa¹⁰. Só recentemente, a casca de caju chamou a atenção do Ministério da Energia de Moçambique (MIREME) como fonte de carvão verde produzido localmente^{11,12}.

⁹ Boletim da República, Resolução nº22/2009

¹⁰ Fonte: AFREC, Balanços Energéticos de África. Edição de 2019

¹¹ Fonte: Greenlight, 2023. Estudo de Mercado e consumo relacionado à introdução de bio briquetes para uso doméstico ou produtivo (periurbano) na Bacia do Baixo Zambeze em Moçambique.

¹² O carvão vegetal é um carvão produzido a partir de uma biomassa renovável. Ver mais pormenores sobre o *carvão vegetal* no Anexo 6.

- No entanto, as ambições relativas aos biocombustíveis líquidos já não parecem estar na linha da frente. A *Estratégia Nacional de Biocombustíveis* apresentava inicialmente uma clara ambição de substituição progressiva dos produtos petrolíferos por biocombustíveis líquidos (bioetanol e biodiesel) de origem nacional. Pouco foi desenvolvido à escala comercial na década de 2010, e a determinação nacional de desenvolvimento de biocombustíveis foi definitivamente interrompida com a extinção da *Comissão Interministerial de Biocombustíveis* em 2016¹³.

Todos os pontos desenvolvidos acima mostram que estamos num momento propício para desenvolver usos energéticos a partir da casca de caju, em vez de - para o fluxo CNSL - considerar uma adição de valor material (isto é, CNSL como monómero para a indústria química). No entanto, as políticas moçambicanas sobre biocombustíveis devem ser mais desenvolvidas, tal como outros países estão a fazer, a fim de chamar a atenção e criar o quadro adequado para a utilização dos derivados da casca de caju.

¹³ Boletim da República, Decreto Presidencial nº 1/2016

4. Metodologia e pressupostos

4.1. Escopo do estudo de mercado

O objetivo deste trabalho é identificar saídas para os subprodutos da casca de caju no mercado energético nacional moçambicano. Mais especificamente, a casca de caju pode ser convertida em diversos materiais combustíveis, nomeadamente: **torta** e **CNSL** - produzidos através da etapa de extrusão da casca - e **carvão vegetal** - através da carbonização da casca ou da torta. Cada um destes produtos tem uma composição diferente que o torna adequado para a substituição de um combustível específico.

Assim, o estudo de mercado incluiu 3 componentes lançados em paralelo.

TIPO DE COMBUSTÍVEL	SUBSTITUTO DA CASCA	OBJETIVO DO CLIENTE
 COMBUSTÍVEL LÍQUIDO/GÁS	 CNSL	<ul style="list-style-type: none">• Indústrias
 LENHA	 Torta de casca	<ul style="list-style-type: none">• Cozinhas colectivas• Padarias• Indústrias
 CARVÃO DE LENHA	 Casca / torta carbonizada	<ul style="list-style-type: none">• Agregados familiares• Vendedores brutos• Restaurantes

Figura 7. Principais segmentos de mercado do estudo de mercado. Os combustíveis convencionais são substituídos por subprodutos de casca de caju.

1. O **CNSL**, líquido da casca da castanha de caju (também designado por óleo da casca), é um líquido viscoso, castanho-escuro e calorífico. Pode ser extraído da casca do caju, a uma taxa de 20%. Devido à viscosidade e ao poder calorífico semelhantes, o CNSL pode ser utilizado como equivalente ao **fuelóleo** pesado (HFO), um combustível de baixo custo muito utilizado na indústria transformadora. O CNSL é, de certa forma, mais ácido, o que pode constituir

um desafio em alguns casos. Foi elaborada uma brochura informativa sobre este novo combustível, ver [Anexo 1](#).

2. **A torta de casca** partilha algumas características com a lenha (estado sólido, fácil de manipular, teor calorífico semelhante), pelo que é um bom candidato para substituir a madeira em ambientes industriais. Atualmente, muitas pequenas indústrias, como as padarias, dependem da **lenha** local como único combustível. Alguns industriais de maior dimensão também utilizam a lenha nas suas caldeiras. Foi elaborada uma brochura informativa sobre este novo combustível, ver [Anexo 2](#).
3. **O carvão vegetal** é o produto sólido da pirólise da biomassa. Isto aplica-se à madeira, mas também à casca de caju e, claro, também à **torta da casca**¹⁴. As cascas ou tortas carbonizadas podem ser compactadas em briquetes, sendo um substituto ecológico do **carvão de lenha** no qual muitas pessoas confiam para uso doméstico regular. Um resumo sobre o carvão de casca de caju está disponível em [Anexo 3](#).

Além disso, há uma procura crescente de **biochar** para fins de correção do solo, e a biomassa carbonizada pode desempenhar esse papel. Devido ao seu nicho de mercado promissor e em rápido crescimento, o biochar é o único produto não energético considerado neste estudo de mercado.

4.2. Escopo geográfico

O escopo do estudo considera a escala geográfica de intervenção do programa Promove Agribiz, a localização das fábricas de processamento de caju, bem como a presença de potenciais consumidores dos subprodutos da casca de caju. **Como resultado, o âmbito do estudo considera as províncias de Nampula e Maputo.**

4.3. Actores entrevistados

Os principais destinatários deste trabalho foram os **transformadores de caju, as indústrias, as pequenas e médias empresas e as cozinhas coletivas com necessidades energéticas** e que utilizam grandes quantidades de combustíveis não renováveis. Efeitivamente, o sector industrial **concentra uma forte procura com um número reduzido de utilizadores**. Além disso, os utilizadores industriais e produtivos de combustíveis estão geralmente dispostos a mudar para um novo combustível, mesmo que isso signifique fazer investimentos.

Os utilizadores de **combustíveis líquidos** inquiridos incluem agentes industriais em Nampula e na província de Maputo, que utilizam combustível para fins térmicos (aquecimento). Algumas informações gerais sobre o sector foram obtidas através de discussões com a empresa estatal Petromoc e o Ministério dos Recursos Minerais e (MIREME).

¹⁴ Mesmo que seja tecnicamente viável, até à data não existe nenhuma solução comercial para a carbonização da torta de casca.

O maior consumo de **lenha** nas cidades moçambicanas parece ser a nível das padarias. Embora algumas delas tenham fornos elétricos, a grande maioria depende da lenha. Várias padarias e a associação da rede nacional de padarias (AMOPAO) foram inquiridas. Os maiores actores industriais também usam lenha na província de Nampula. Cozinhas coletivas, tais como em hospitais e outras grandes estruturas, também foram analisadas.

O **carvão vegetal em forma de casca ou de torta** tem sido considerado como um combustível para o sector doméstico (famílias) ou para pequenos sectores produtivos. Estes utilizadores de combustível são muito diversificados e também dependem de uma diversidade de fontes de energia para as suas necessidades de cozinha e aquecimento. Como existem vários estudos disponíveis que avaliam estes aspetos, este estudo de mercado não incluiu a caracterização dos volumes e tipos de combustíveis a nível doméstico. **Em vez disso, o trabalho centrou-se na análise económica e nas características de uma produção industrial de carvão vegetal para avaliar se pode competir com o carvão de lenha artesanal no mercado doméstico.** Os inquéritos de mercado foram dirigidos aos vendedores brutos e aos grandes consumidores finais potenciais, como os restaurantes, porque poderiam ser clientes diretos de um produtor de carvão vegetal de casca de caju. Os produtores de carvão vegetal também foram entrevistados numa tentativa de compreender melhor as especificidades do mercado e as melhores estratégias de distribuição.

A fase de inquérito foi implementada entre março e outubro de 2022. Um total de 30 inquéritos foram administrados na província de Nampula e 33 na província de Maputo (principalmente na cidade de Maputo e na zona industrial da Matola). Os entrevistados que representavam cada entidade inquirida eram o responsável pela gestão do combustível - incluindo o abastecimento -, o gestor de operações ou o diretor. Uma amostra do combustível de interesse foi apresentada ao entrevistado para que ele pudesse apreciar as características do combustível: granulometria, viscosidade, teor de óleo residual, etc.

4.4. **Pilotos como prova de conceito**

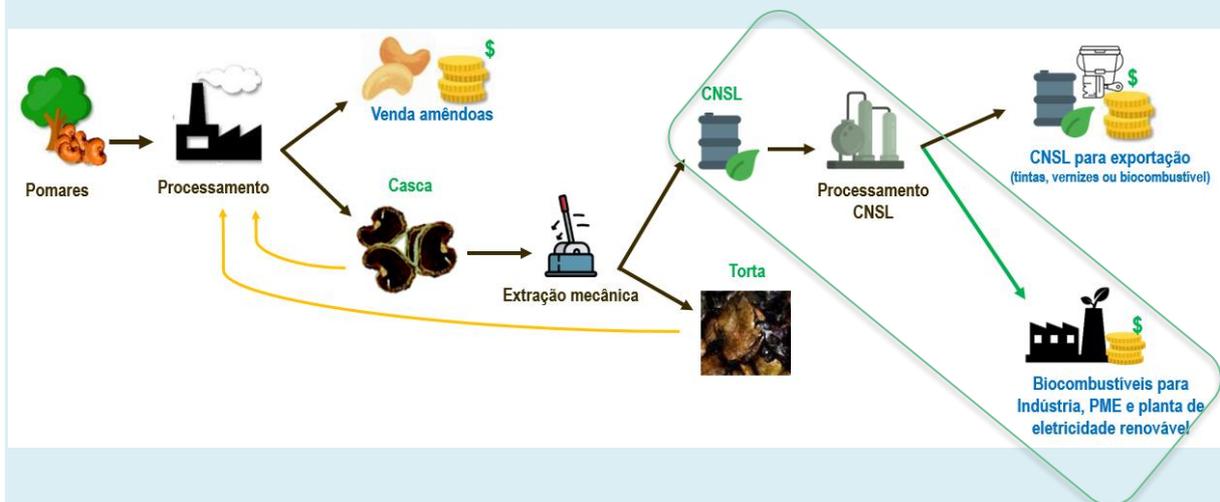
Não foi efetuado apenas um estudo sobre o mercado dos subprodutos das cascas. Como o presente estudo é altamente prospetivo, a realização completa necessitava de algumas amostras do produto, uma vez que o contrário (um estudo de mercado sem amostras) levaria provavelmente a resultados incompletos ou parciais. Duas experiências-piloto foram implementadas em paralelo:

- **Uma solução de alimentação de combustível de torta de casca adaptada a uma indústria existente consumidora de lenha.** A torta de casca não é diretamente aplicável a todos os equipamentos de combustão de madeira. É o caso de uma fábrica em Nampula, que consome 20 a 25 toneladas de toros de madeira por dia para produzir vapor e calor para o processo de fabrico. A mudança para a torta de casca evitaria o consumo insustentável de lenha e tornar-se-ia uma saída interessante para a torta de casca, especialmente porque a fábrica pertence a uma empresa que também está ativa no processamento de caju. Os gerentes mostraram interesse em testar a torta de casca como combustível nas suas caldeiras, mas até agora não realizaram qualquer teste, uma vez que a casca de caju é conhecida por ser problemática em dispositivos de combustão devido ao conteúdo de óleo corrosivo e à textura diferente (ou seja, tamanho das partículas). No entanto, a torta da casca não deve apresentar esses problemas, pois o teor de CNSL é residual. Assim, foram

efetuados alguns ensaios com a torta de casca numa caldeira piloto nas instalações da fábrica. Isto permitiu acumular experiência suficiente para demonstrar que a mudança de combustível não só é tecnicamente viável e ambientalmente sustentável, mas que o investimento necessário na adaptação da caldeira faz sentido do ponto de vista económico para o utilizador industrial. Paralelamente a este trabalho, foi criado um modelo de negócio específico, que será publicado separadamente. O caso desta fábrica pode aplicar-se a outras indústrias transformadoras semelhantes.

- **Um dispositivo de carbonização H2CP.** Uma vez que não existe nenhum dispositivo de carbonização de média escala a funcionar em Moçambique, a experiência de funcionamento de um forno piloto específico para cascas também forneceria informações valiosas sobre questões operacionais, incluindo os custos de investimento e de produção de carvão vegetal. A disponibilidade de dados fíáveis sobre estes dois parâmetros é importante para o estudo de mercado e básica para a construção de um plano de negócios credível. Para isso, foram construídos localmente dois fornos H2CP em parceria com o centro de formação técnica do IPOMA em Nampula. Os processadores de caju CN Caju (Nacala) e ADPP (Itoculo), ambos na província de Nampula, foram os beneficiários dos fornos. A CN Caju está atualmente a extrair CNSL, pelo que a matéria-prima disponível para carbonizar é a torta da casca, enquanto a pequena fábrica da ADPP produz várias centenas de toneladas de resíduos de casca todos os anos. O modelo de negócio específico da ADPP também foi desenvolvido.

II. Oportunidades de mercado para o CNSL



Tal como apresentado na Introdução, o âmbito deste estudo de mercado inclui apenas as utilizações de CNSL como combustível. A indústria de polímeros continua a ser uma opção, mas apenas numa base de exportação. Considerando a ausência de indústria de polímeros em Moçambique e os múltiplos benefícios da criação de uma economia circular a nível doméstico, o uso de bioenergia parece ser a melhor opção para uma rápida implantação da valorização da casca.

O único segmento de combustível abordado foi o do aquecimento industrial, uma vez que as propriedades do CNSL são muito próximas das dos combustíveis pesados e, como tal, poderia ser utilizado como combustível de entrada, ou seja, em substituição direta do combustível convencional. As propriedades do combustível CNSL são apresentadas no [Anexo 1](#).



Figura 8. Forno de fundição de alumínio alimentado com combustível líquido

1. Procura de combustíveis líquidos

1.1. Consumidores industriais internacionais

Como exposto na Secção I.3 acima, existe uma procura global crescente de combustíveis líquidos, impulsionada pela progressiva adesão aos esforços globais de mitigação das alterações climáticas e favorecida pelos elevados preços da gasolina, que tornam os biocombustíveis mais competitivos em termos de preço face aos combustíveis convencionais (**Figura 6**). A título de exemplo, as importações de CNSL na União Europeia registaram um aumento sem precedentes desde 2021 (Figura 9 abaixo). A Coreia do Sul também se tornou um grande importador de CNSL nos últimos anos (Figura 10). A China é apenas um importador menor. O CNSL é procurado como biocombustível marinho de entrada¹⁵.

O principal fornecedor mundial é incontestavelmente o Vietname, seguido de longe pela Índia. As pequenas exportações indianas podem ser entendidas pelo seu mercado interno de CNSL - essencialmente para a indústria química.

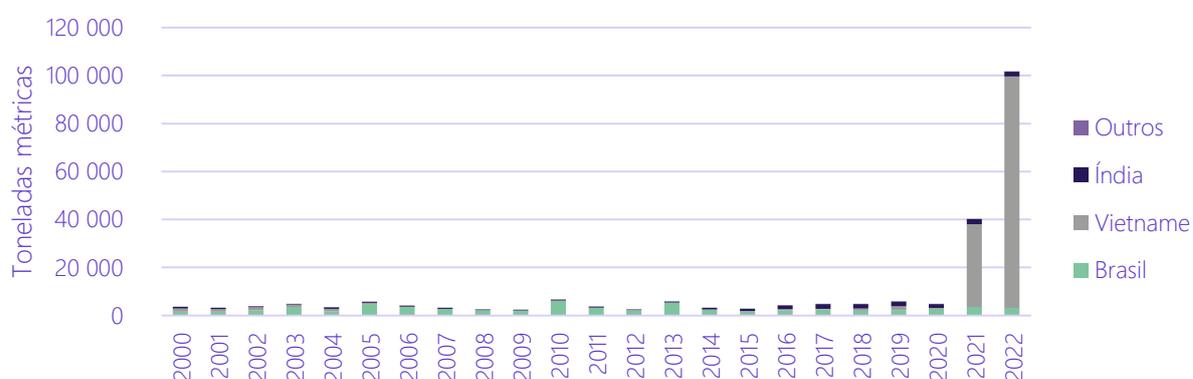


Figura 9. Importações de CNSL para a UE. Fonte: Eurostat

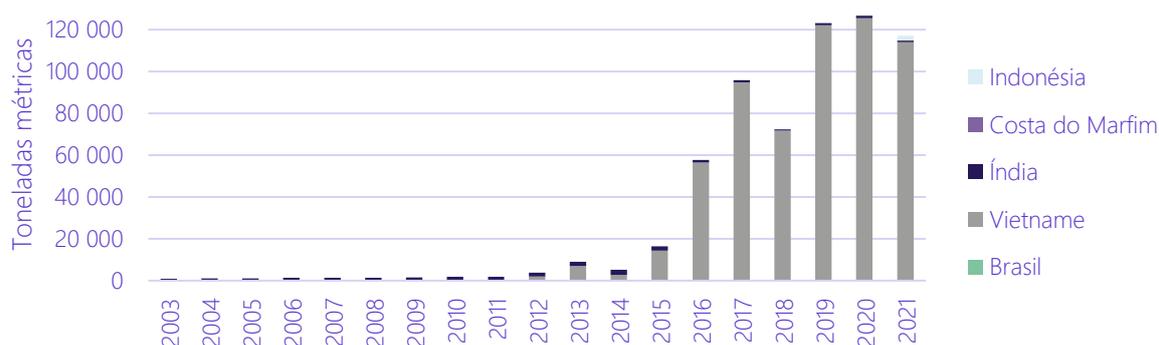


Figura 10. Importações de CNSL para a Coreia do Sul. Fonte: UNComtrade.

Para além da sua utilização tradicional na produção de resinas e polímeros, o CNSL é cada vez mais comercializado em todo o mundo, e os volumes correspondem ao aumento registado pela AIE no gásóleo renovável e nos combustíveis avançados. Em especial, os países com importantes portos de abastecimento de combustível, como a Coreia do Sul ou os Países Baixos, registam um consumo crescente de CNSL.

¹⁵ Fonte: <https://www.manifoldtimes.com/news/vps-shipowners-turn-to-highly-reactive-cashew-nut-shell-liquid-cnsl-biofuel-blends-for-marine-fuel/>

1.2. Importação e distribuição em Moçambique

Moçambique possui reservas comprovadas significativas de gás natural. Descobertas recentes colocam a zona costeira, especialmente a bacia do Rovuma, como uma das maiores de África. O país está atualmente a proceder a uma transformação estrutural para integrar os novos rendimentos e o know-how da exploração do gás natural, com o objetivo de se tornar um grande exportador mundial de GNL.

Moçambique continua a ser um importador exclusivo de produtos petrolíferos, através da empresa monopolista IMOPETRO, participada por os actores de distribuição. Os produtos petrolíferos são importados e distribuídos através da IMOPETRO, com base na procura dos distribuidores autorizados em Moçambique.

De acordo com as últimas estatísticas disponíveis, as importações moçambicanas de produtos petrolíferos rondam os 2.000 ktep (Figura 11). Estes podem ser divididos, grosso modo, em gasolina, gasóleo, combustíveis de aviação e querosenes. Estes últimos incluem frações mais pesadas de petróleo, algumas delas chamadas HFO, usadas em ambientes industriais mas também em lâmpadas de querosene. De acordo com as suas características, o CNSL pode substituir prontamente o querosene nos respetivos mercados¹⁶. Figura 11 abaixo compara os volumes de importação de produtos petrolíferos, enquanto mostra a parte potencial de substituição pelo CNSL moçambicano.

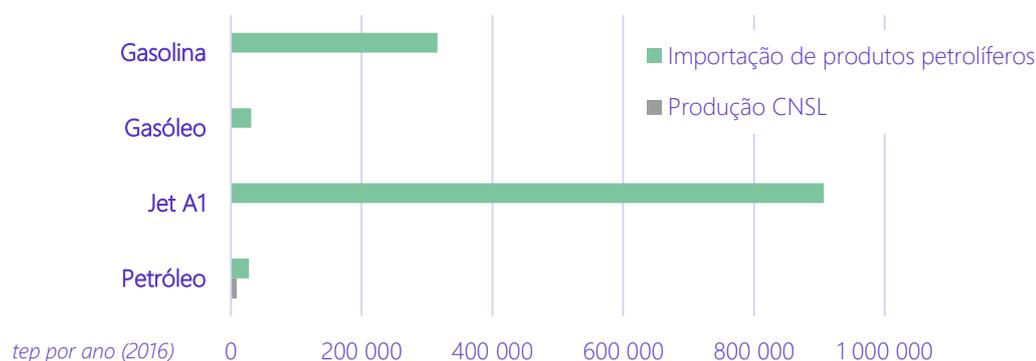


Figura 11. Consumo nacional de produtos petrolíferos versus petróleo (querosene) equivalente potencialmente substituído por CNSL¹⁷

A produção potencial de CNSL em Moçambique seria equivalente a cerca de um quarto das atuais importações de querosene e óleos pesados no país.

No entanto, se o CNSL deve ser considerado um combustível líquido - ou biocombustível -, a legislação ainda não é clara sobre as condições de produção, transporte e distribuição de tais produtos.

¹⁶ Ver Anexo 2

¹⁷ Fonte: IMOPETRO, https://www.imopetro.co.mz/?page_id=4099&lang=en e Nitidæ

1.3. Consumidores industriais nas províncias de Nampula e Maputo

Nove indústrias que responderam reconheceram utilizar combustíveis líquidos para as suas necessidades de produção. A maior parte delas está localizada na província de Nampula, uma vez que o acesso ao gás canalizado permitiu que as indústrias no redor de Maputo mudassem para esta fonte de energia eficiente. No entanto, este não é o caso em Nampula, onde os principais industriais dependem de grandes quantidades de combustíveis líquidos, que vão desde o gasóleo ao HFO, e até incluem óleos usados. Particularmente em Nacala, alguns actores abastecem-se de fuelóleos marinhos usados provenientes do porto. A tabela abaixo sintetiza a distribuição das indústrias entrevistadas e apresenta a sua procura anual total de petróleo combustível equivalente.

Número de inquiridos	9	Sectores	Procura declarada [tep/ano]
Província de Maputo	2	Indústria alimentar: Óleo comestível, lacticínios	400
Província de Nampula	4	Indústria alimentar: Bebidas, produtos de	11 800
	3	confeitaria, óleos alimentares	9 300
		Indústria pesada: Fundição, minas	

Tabela 3. Procura de óleo equivalente das indústrias inquiridas nas províncias de Maputo e Nampula

Depois de ter apresentado o óleo de casca de caju às diferentes entidades representantes, 5 em Nampula e 1 em Maputo mostraram interesse no produto. Pediram ativamente a possibilidade de fazer ensaios com maiores quantidades de CNSL nos seus equipamentos de queima, ao mesmo tempo que pediram mais apoio técnico para adotar este novo combustível.

A classificação do interesse suscitado pelas empresas entrevistadas é apresentada na **Tabela 4**. A procura global estimada por sector foi também extrapolada de acordo com pressupostos baseados nos registos provinciais de empresas e na informação recolhida durante a fase de recolha de dados.

Disponibilidade e capacidade para mudar de combustível

Sector da indústria transformadora	Interesse declarado	Utilização atual de combustível e barreiras	Procura anual de combustível, tal como declarada (e extrapolado*) [tep/ano]
Óleo alimentar	+	Utilização de gás ou biomassa. Apenas os utilizadores de gás mudariam se isso demonstrasse uma redução dos custos	630 (1 520)
Lacticínios	++	Utilização de eletricidade e gasóleo.	40 (120)
Confeitaria	++	Mudaria se isso ajudasse a reduzir os custos. Ansioso por experimentar nas suas instalações se for prestada assistência técnica.	50 (60)
Bebidas	++		11 600 (13 330)
Fundição	+++	Utilização de uma variedade de combustíveis líquidos. Já tem alguma	1 200 (1 450)

		experiência, mas precisa de mais apoio técnico para ir mais longe.	
Exploração mineira	++++	Interesse, disposição a testar, necessitam de mais apoio técnico para ir mais longe. Estabeleceram objetivos para a introdução de energias renováveis	8 000 (9 170)

Tabela 4. Interesse em mudar para CNSL, tal como declarado pelos representantes das empresas entrevistados

* A procura extrapolada de combustível líquido corresponde ao consumo médio declarado multiplicado pelo número estimado de empresas deste sector produtivo.

$$Procura\ combustível_{extrapolada} = \frac{Procura\ comb.\ total_{declarada}}{número\ de\ inquéritos} * total\ atores_{estimado}$$

Em geral, as empresas consumidoras de combustível pertencentes a capitais estrangeiros mostraram um interesse particular, uma vez que o menor impacto ambiental é uma vantagem atrativa do CNSL, enquanto as políticas climáticas estão a tornar-se cada vez mais exigentes nesse sentido.

CNSL como substituto do óleo para fornos

Os inquéritos revelaram alguma experiência no uso do CNSL como combustível. Um fabricante de chapas onduladas na província de Nampula está habituado a queimar o líquido da casca de caju para as suas operações. Uma segunda fundição na província mostrou interesse em adotar este combustível, uma vez que os preços da gasolina continuam a subir e afetam grandemente os custos de produção. A fábrica solicitou algumas amostras de CNSL produzido localmente e foi efetuada uma primeira demonstração de combustão. As conclusões foram prometedoras, embora se tenha notado alguma instabilidade na iluminação, o que significa que a qualidade do biocombustível deve ser melhorada. Devem ser efetuadas mais experiências para ajudar tanto o fornecedor como o cliente a alcançar uma qualidade satisfatória.

Outras indústrias transformadoras que dependem atualmente da eletricidade para o aquecimento de processos testemunharam o seu objetivo de mudar para um combustível líquido, uma vez que as tarifas da eletricidade estão a aumentar constantemente. **A utilização de CNSL seria para elas um incentivo definitivo, uma vez que o preço por teor calorífico será inferior ao dos equivalentes de petróleo fóssil** (ver [11.2.2 Considerações de marketing](#) abaixo). **Estas empresas solicitaram assistência técnica para a seleção do equipamento de combustão adequado.**

Mais recentemente, uma nova instalação de produção de clínquer a ser estabelecida na província de Nampula declarou que estaria desejosa de comprar torta de caju e CNSL para as suas grandes necessidades de processamento.

2. Como é que a casca de caju pode satisfazer a procura: Combustível verde do CNSL

2.1. Produção local e qualidade do CNSL

No cenário atual, 4 fábricas em Moçambique estão a produzir, ou irão produzir em breve, CNSL. Olhando mais de perto, a qualidade do CNSL não é a mesma de uma para outra, uma vez que o processo de tratamento do CNSL não está completamente implementado em todas as fábricas (ver [Anexo 4](#) para mais referências sobre o processamento do CNSL). A disponibilidade geográfica e o tipo de CNSL nas condições atuais em Moçambique são apresentados na figura abaixo.

Disponibilidade e qualidade actuais de CNSL [t/ano]

- Southern Gaza (total, planned) - Technical grade CNSL
- Nampula - Technical grade CNSL
- Nampula - Raw CNSL

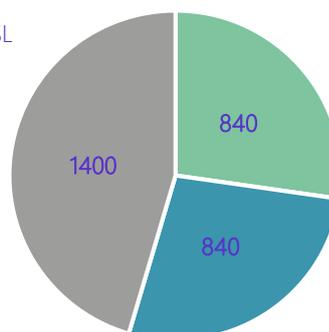


Figura 12. Disponibilidade e qualidade actuais de CNSL (toneladas métricas)

O CNSL em bruto (não tratado) apresenta valores de acidez, humidade e viscosidade mais elevados do que os valores permitidos habitualmente para utilização como combustível (ver Anexo 1 para mais orientações sobre os parâmetros do combustível). Isto explica a resistência de alguns compradores em se abastecerem com um combustível cuja qualidade não está bem determinada. O principal produtor de CNSL na província de Nampula vende a um comprador que admite esta qualidade particular - em troca, o preço é bastante baixo comparado com as preços FOB para CNSL técnico.

O funcionamento intermitente das fábricas de caju, pois algumas funcionam apenas quando se reúnem condições específicas de mercado, é também um fator de instabilidade da oferta de CNSL. Se todas as cascas residuais das fábricas de caju em funcionamento fossem extraídas, um potencial máximo de 9 100 t/ano de CNSL, equivalente a 8 200 tep/ano, poderia ser obtido nas províncias de Nampula e sul de Gaza (ver [Figura 13](#) abaixo).

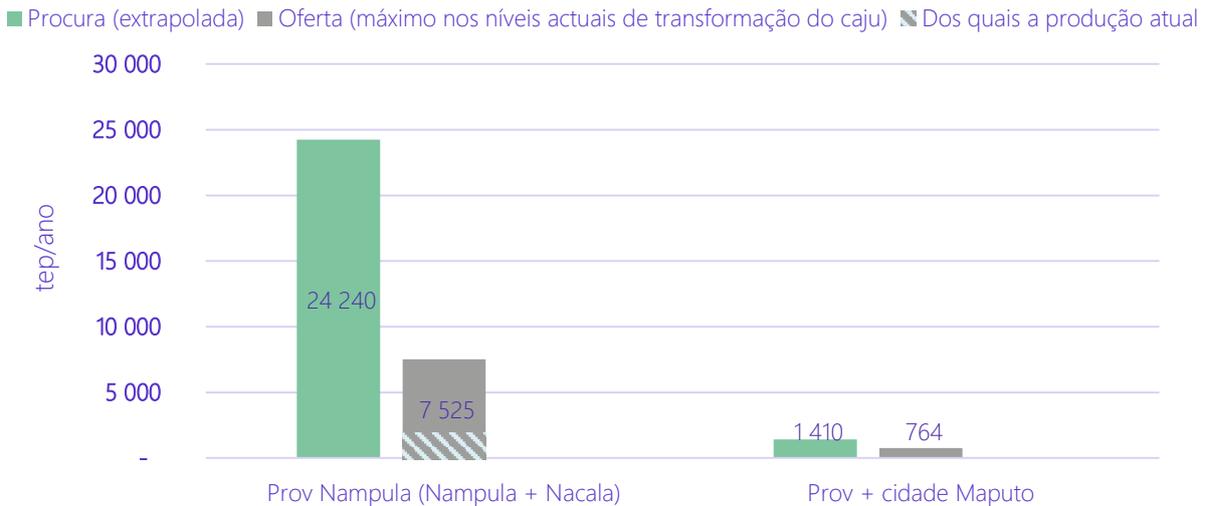


Figura 13. Procura extrapolada de CNSL versus oferta, por província [tep/ano]

O potencial de CNSL (8 200 tep/ano) é suficiente para suprir uma parte da procura total de combustível líquido em ambas as províncias. Atualmente, apenas uma fração das cascas é triturada e, portanto, apenas 25% deste potencial é produzido. Uma capacidade adicional de 9% deverá ser instalada em breve, na província de Gaza, perto da província de Maputo.

A condição para aceder ao mercado moçambicano seria uma qualidade estável do CNSL e valores mínimos de acidez, o que exige mais controlo e conhecimento por parte dos processadores locais de CNSL.

2.2. Considerações de marketing

A rentabilidade das vendas locais em relação às vendas para exportação dependerá da qualidade do CNSL obtido - proporcional ao preço de venda atingível - e do contexto global - uma vez que os preços da gasolina condicionam as tendências dos preços do CNSL.

No mercado nacional, o preço de venda deve estar em conformidade com o preço do combustível do tipo HFO (fuelóleo pesado), atualmente em cerca de ~860 USD/tonelada (vendas a granel, ver [Figura 6](#)).

É claro que o mercado internacional é uma boa opção atualmente devido ao elevado preço do petróleo bruto, que se espera que se mantenha elevado no futuro próximo; mas não podemos fazer qualquer aposta para o futuro mais longínquo e é por isso que uma priorização do mercado local pode produzir perspectivas muito mais estáveis. De facto, **independentemente das variações do preço do petróleo bruto, os preços dos combustíveis fósseis em Moçambique não se alteram tão rapidamente devido à regulamentação estatal.** Neste contexto, o CNSL seria sempre uma **solução mais barata para os compradores locais**: os preços do gasóleo são atualmente de cerca de 90 MZN/L, e o querosene de 75 MZN/L (equivalente a 1 190 USD/t e 990 USD/t respetivamente). Uma fábrica de CNSL pode ser rentável com o preço do CNSL a partir de 260 USD/t EXW. Mesmo acrescentando o transporte até ao consumidor (10 a 50 USD/t dependendo do destino) e considerando que os combustíveis convencionais são vendidos a granel a cerca de 70% do preço de bomba, o CNSL poderia facilmente ser comercializado 200 a 400 USD/t mais barato em comparação com os combustíveis à base de gasolina e ser um negócio rentável.

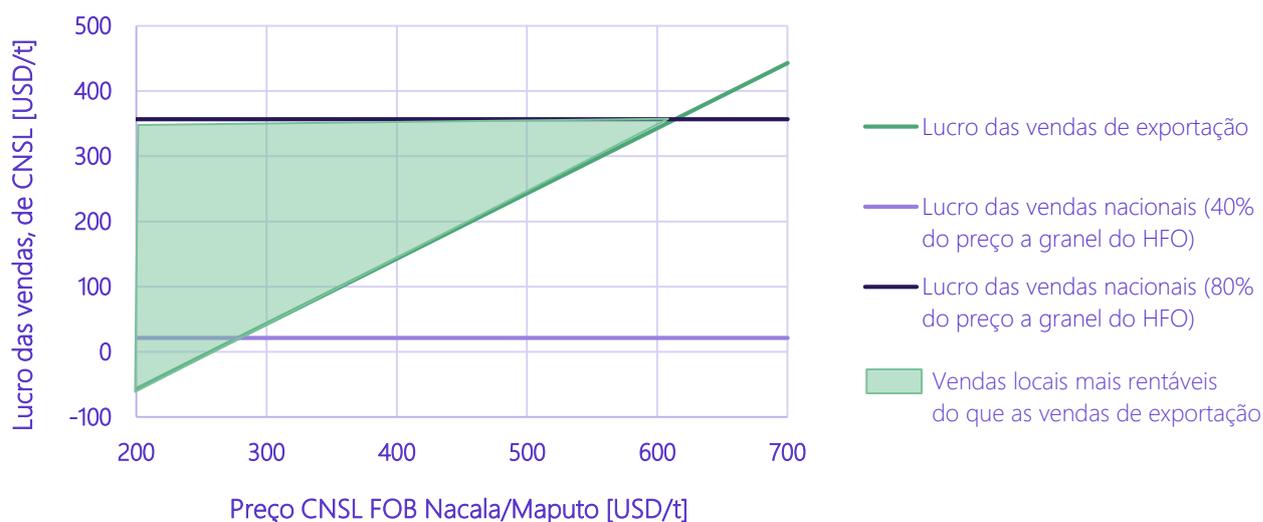


Figura 14. Simulações de lucro para as vendas locais de CNSL versus vendas de exportação de CNSL

Figura 14 acima compara os lucros obtidos por um hipotético fornecedor moçambicano de CNSL em caso de vendas de exportação, - isto é, após dedução do custo de produção de CNSL, embalagem e fobbing - e vendas domésticas - através de uma estimativa do preço de venda máximo e mínimo para CNSL equivalente a 80% e 40% do preço do querosene em Moçambique. Os custos de transporte - quer até ao porto, quer até à porta do cliente - foram considerados iguais a 0 para uma comparação justa.

Por exemplo, no caso de um produtor de CNSL baseado em Nacala (transporte para o porto para exportação = 0) e vendendo para exportação FOB 400 USD/t, o lucro das vendas é de cerca de 150 USD/t. Mas este lucro poderia ser maior se o CNSL fosse vendido localmente, a 60% do preço do HFO a granel à porta do cliente. Neste caso, e considerando custos de transporte negligenciáveis até às instalações do comprador, o lucro seria de 200 USD/t - e mais elevado se o CNSL pudesse ser comercializado a um preço mais próximo do preço do querosene. A partir da figura acima, pode ver-se claramente que seria difícil ser mais rentável a vender no estrangeiro, porque o preço internacional do CNSL deveria ainda subir muito (cerca de 700 USD/t FOB em comparação com os 450 USD/t atuais) para atingir o lucro máximo para as vendas locais, o que parece muito improvável.

Os mercados locais de CNSL parecem mais vantajosos do que a exportação, uma vez que a logística é muito mais simples e os preços dos combustíveis permanecem mais estáveis a nível nacional. O CNSL poderia ser comercializado até cerca de 80% do preço local do HFO, ou mesmo além, se a mudança para um combustível renovável for vista como um valor acrescentado.

3. Conclusões

Dos factos acima apresentados, podem ser tiradas as seguintes conclusões:

- O CNSL dispõe de múltiplas oportunidades de comercialização, quer no mercado nacional, quer no mercado internacional.
 - O consumo de CNSL para uso como combustível tornou-se uma tendência importante nos países importadores de CNSL, com a UE¹⁸ e a Coreia do Sul a liderar o ranking dos importadores. Assim, os produtores moçambicanos de CNSL poderiam encontrar oportunidades de mercado de exportação na Coreia do Sul.
 - A procura de CNSL no mercado local, impulsionada principalmente pelos sectores de fundição, mineração e processamento industrial de alimentos, pode absorver toda a produção potencial de CNSL da indústria moçambicana de processamento de caju (**Figura 13**). Especialmente na província de Nampula, existem poucas alternativas aos combustíveis líquidos convencionais e a procura é muito elevada, embora concentrada em poucos actores.
 - O mercado interno é largamente mais rentável e estável do que o mercado internacional. Como tal, deve ser explorado em primeiro lugar por qualquer produtor de CNSL.
- Os utilizadores industriais de combustíveis líquidos estão a procurar ativamente alternativas mais baratas e o CNSL parece ser uma opção interessante. Já existe alguma experiência em Moçambique no uso de CNSL como combustível, demonstrando que é tecnicamente viável. No entanto, as diferentes características do CNSL exigem adaptações da maioria dos dispositivos de queima. Os industriais precisam de assistência técnica para adaptar os seus equipamentos de modo a integrar o CNSL no seu mix energético.
 - O menor impacto ambiental é uma vantagem adicional atrativa do CNSL. De facto, tendo em conta os grandes volumes consumidos por ano, o financiamento climático poderia ser alavancado para ajudar ao sucesso da mudança de tecnologia.

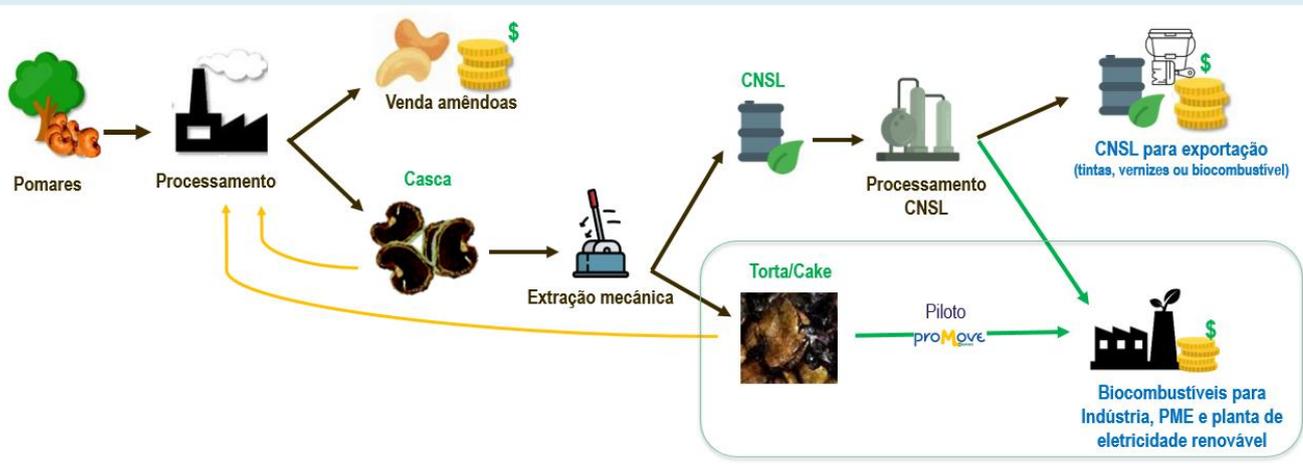
Como conclusão, existe uma oportunidade clara tanto do lado da procura como do lado da oferta e o sector do caju deve aproveitá-la, em coordenação com o Ministério do Comércio e Indústria para facilitar um ambiente propício à generalização da extração de CNSL. Conseguir a extração total das cascas de caju disponíveis e garantir uma qualidade competitiva traria benefícios substanciais a vários segmentos da indústria, não só aumentando a competitividade dos processadores de caju, mas também de outros sectores-chave da indústria transformadora.

A principal barreira é atualmente o baixo volume de CNSL que está a ser extraído, hoje apenas 25% das cascas de caju no país são valorizadas (o que significa que são trituradas para extrair CNSL). A consciencialização sobre a oportunidade de negócio e o acesso ao financiamento são os principais constrangimentos. Dada a relativamente grande matéria-prima das cascas na província de Nampula e os desafios financeiros encontrados pelos processadores de caju, **há espaço para um terceiro entrar no negócio do CNSL e tornar-se um fornecedor de soluções de resíduos para a indústria do caju, sendo ao mesmo tempo um produtor de biocombustível rentável.**

¹⁸ Ver nota de rodapé número 7, página 13.

Como observação final de precaução para o sector do caju e para os promotores do CNSL, seria aconselhável estar atento a eventuais regulamentos futuros sobre a produção e o comércio de combustíveis líquidos, especialmente para assegurar um quadro legal coerente que considere tanto os combustíveis convencionais diferentes, mas complementares, como os biocombustíveis que serão produzidos, refinados e comercializados no país nos próximos anos. De facto, existe uma oportunidade para o país se especializar na produção de biocombustíveis, em paralelo com a capacitação na refinação de petróleo e gás. De facto, as grandes empresas de petróleo e gás já mostraram algum interesse no CNSL como fonte de substituição dos produtos derivados fósseis.

III. Oportunidades de mercado para a torta de casca



A torta de casca após extração do CNSL é uma biomassa lenhosa. Como tal, é adequada para substituir a lenha. Os usos produtivos da lenha abrangem atividades de pequena escala, como comida de rua ou restaurantes que utilizam alguns kg de combustível por dia ou ocasionalmente, até padarias ou indústrias manufactureiras, onde os volumes de combustível diários variam entre algumas centenas de kg e várias toneladas.

Os utilizadores produtivos controlam geralmente o seu consumo de combustível e são propensos a mudar para uma alternativa mais vantajosa, mesmo que isso implique uma mudança no dispositivo de combustão. Este ponto é particularmente importante porque a torta de casca é constituído por partículas grosseiras soltas, uma forma muito diferente da madeira. O dispositivo de combustão ou os hábitos de alimentação devem então ser adaptados. As características comparativas da torta de casca e de diferentes combustíveis de madeira habituais podem ser consultadas em [Anexo 2](#).

Uma segunda particularidade da torta de casca é o teor residual de CNSL, que deve ser reduzido ao mínimo para garantir uma boa combustão. Este facto exige uma atenção especial à qualidade do combustível por parte dos fornecedores de CNSL/torta.



Figura 15. Queimador de biomassa sólida adaptado à torta de casca de caju para uma combustão adequada em pequena escala.

1. Procura de lenha

1.1. Procura de lenha para uso produtivo nas províncias de Nampula e Maputo

Foram entrevistados utilizadores de lenha produtiva, com a seguinte repartição

Número de inquiridos	18	Sectores	Procura (t/ano)
Cidade + província de Maputo	9	Padaria	1 500
Província de Nampula	3	Cozinhas coletivas: educativas, hospitalares, militares	360
	3	Padaria	620
	2	Indústria alimentar: óleo alimentar	3 000
	1	Indústria transformadora: têxtil	7 000

Tabela 5. Procura de lenha dos actores inquiridos nas províncias de Maputo e Nampula

O primeiro resultado é que não foi encontrada uma utilização representativa da lenha no sector da hotelaria e restauração. Os proprietários de restaurantes recorrem essencialmente a uma mistura de carvão vegetal e gás, segundo a receita a confeccionar e a disponibilidade do combustível preferido. Apenas as cozinhas coletivas (cantinas escolares, cantinas militares, serviços hospitalares e humanitários) utilizam regularmente algumas quantidades de lenha em complementaridade com o carvão vegetal e o gás. Os volumes variam em torno de uma ou várias centenas de toneladas por ano em cada centro. Estes resultados estão de acordo com as conclusões da Greenlight na cidade e província de Maputo¹⁹. De facto, nas áreas urbanas o carvão vegetal é preferido como combustível sólido devido à sua limpeza e baixa produção de fumos, enquanto o uso da lenha se restringe ao contexto doméstico, e geralmente aplica-se a agregados familiares de baixo rendimento ou periurbanos. O gás (GPL) é amplamente utilizado nos centros urbanos como Nampula, Nacala e principalmente em Maputo, onde existe uma rede de distribuição.

Os principais usuários de lenha nos meios urbanos são as padarias. Estas dependem largamente deste combustível, que é considerado como o menos custoso possível para as suas necessidades de altas temperaturas, sendo que apenas algumas utilizam fornos elétricos (em Maputo). De acordo com os entrevistados, uma padaria de dimensão média consome em média cerca de 200 toneladas de lenha por ano. Por outro lado, os utilizadores industriais concentram, num pequeno número de actores, um consumo muito elevado de lenha na província de Nampula. Embora sejam uma minoria na paisagem industrial, os volumes consumidos são surpreendentemente grandes: atingem dezenas de toneladas por dia, o que significa milhares de toneladas por ano. Os empresários justificam a escolha deste combustível pelo preço mais baixo por caloria. Eles são geralmente conscientes do elevado impacto ambiental da utilização de lenha e alguns deles utilizam prioritariamente biomassa residual (casca de algodão, resíduos de serrações).

Quando questionados sobre a possibilidade de integrar a torta de casca na sua mistura de combustível, ou de mudar completamente para a torta de casca, todos eles mostraram interesse neste material. No entanto, as preocupações sobre a adequação do seu dispositivo de combustão eram diversas. A **Tabela 6** sintetiza o feedback dos utilizadores por sector produtivo. O peso global de cada sector, em termos de procura de lenha, foi estimado.

¹⁹ Fonte: Greenlight e MIREME, 2022. *Estudo de energia de biomassa para o Sul de Moçambique*.

Disponibilidade e capacidade para mudar de combustível

Sector produtivo	Interesse declarado	Utilização atual de combustível e barreiras	Procura anual de lenha, tal como declarada (e extrapolado*) [toneladas/ano]
Cozinhas coletivas	+	Recurso a uma mistura de lenha, carvão de lenha e gás. A torta de casca seria considerada se demonstrasse reduzir os custos, ser fácil de manusear e não dar sabor aos alimentos.	360 (3 700)
Padaria	++	Utilização de lenha, alguns utilizam eletricidade. Mudariam se isso ajudasse a reduzir os custos. Alguns estão dispostos a experimentar nas suas instalações se lhes for prestado apoio técnico.	1 820 (39 400)
Indústria alimentar	+++	Utilização de lenha e de outra biomassa residual. Alguma experiência no manuseamento de torta de casca, mas a percentagem é limitada. Estariam dispostos a aumentar as taxas ou a mudar para 100% de torta se fosse fornecido apoio técnico.	3 000 (4 500)
Indústria transformadora	+++		7 000 (7 000)

Tabela 6. Interesse em mudar para a torta de casca, conforme declarado pelas estruturas entrevistadas

* A procura extrapolada de lenha corresponde ao consumo médio declarado multiplicado pelo número estimado de empresas deste sector produtivo.

$$Procura\ combustível_{extrapolada} = \frac{Procura\ comb.\ total_{declarada}}{número\ de\ inquéritos} * total\ atores_{estimado}$$

Mesmo que as padarias utilizem individualmente grandes quantidades de lenha, a maior parte delas mostrou-se relutante em mudar, pois argumentaram que os seus produtos iriam cheirar a fumo produzido pela combustão da torta, tal como acontece quando utilizam inadvertidamente madeira tratada. Embora os fornos profissionais não permitam o contacto direto dos fumos do combustível com o produto, pode acontecer que algumas superfícies internas fiquem rachadas devido ao uso intenso. Apenas um terço dos entrevistados manifestou interesse na ideia de mudar para um novo combustível, embora a maioria preferisse testemunhar antes de experimentar.

Todos os industriais entrevistados mostraram interesse em experimentar uma nova biomassa nos seus equipamentos de combustão. No momento das entrevistas, todos tinham experimentado queimar casca de caju ou torta de casca nas suas caldeiras e consideravam que estes combustíveis eram adequados para a sua atividade, embora tivessem uma posição forte sobre a necessidade de os incluir numa mistura de combustíveis, devido ao elevado teor residual de CNSL, considerado corrosivo.

1.2. Procura de lenha para uso doméstico em Nampula e Maputo

Tal como referido anteriormente, o consumo do sector doméstico não foi investigado neste estudo. Existe uma vasta literatura sobre o assunto e as conclusões desta e de experiências anteriores com biocombustíveis mostram que seria muito difícil introduzir a torta de casca a nível doméstico. As especificidades do manuseamento da torta e a sua composição obrigam a considerar um fogão especial para este combustível em particular. O estudo de mercado mais recente mostra que apenas 2,75% dos consumidores no sul de Moçambique possuem um fogão melhorado²⁰, e que a consciencialização sobre este tipo de fogão é relativamente baixa (especialmente nas áreas urbanas), embora beneficie de vários programas de sensibilização dos consumidores.

Torta de casca como combustível doméstico. Um estudo de caso em Nampula

A empresa Pamoja tem estado a promover a torta de casca como substituto do uso doméstico de carvão e lenha em Nampula desde 2018²¹. Para permitir que os consumidores domésticos utilizem este novo combustível, Pamoja está a vender fogões melhorados juntamente com a torta. De facto, a torta não pode ser queimada com segurança a granel em fogões normais. O preço elevado do fogão constitui, no entanto, um obstáculo à entrada dos utilizadores, o que afeta a venda do combustível. Apesar dos esforços de marketing, do preço mais baixo do combustível e dos diversos subsídios, Pamoja tem uma carteira de clientes de cerca de 2.000 utilizadores após 4 anos de estabelecimento em Nampula, consumindo cerca de 5 toneladas de torta de casca por mês. A combinação de combustível e fogão é também alargada a outras comunidades do país através de financiamentos privados e de RSE, aumentando moderadamente a procura deste combustível.

O estudo de caso da Pamoja é um exemplo de como a solução tecnológica, bem como uma boa orientação para o mercado, são proeminentes quando se trata de introduzir um combustível alternativo. A Nitidæ considera que o sector industrial, que atualmente consome enormes quantidades de madeira e outros combustíveis nas províncias visadas, apresenta o potencial de uma procura muito maior de biocombustíveis concentrada em poucos actores, o que seria um maior incentivo para as indústrias de caju acrescentarem valor às suas cascas residuais. Além disso, como foi dito anteriormente, o sector industrial está mais inclinado a testar e investir em novos equipamentos de queima para mudar para combustíveis renováveis, inversamente à tendência observada nos agregados familiares.

2. Como é que a casca de caju pode satisfazer a procura: Combustível verde

2.1. Produção local de torta de casca de caju

De acordo com as constatações durante a fase de inquérito, a estimativa extrapolada da procura de lenha para fins produtivos (padarias, indústria transformadora e cozinhas coletivas) nas províncias de Nampula e Maputo, juntamente com a substituição máxima de lenha por torta de casca, é a seguinte:

²⁰ Fonte: Greenlight e MIREME, 2022. *Estudo de energia de biomassa para o Sul de Moçambique*.

²¹ <http://www.pamojacleantech.com/newpage/>

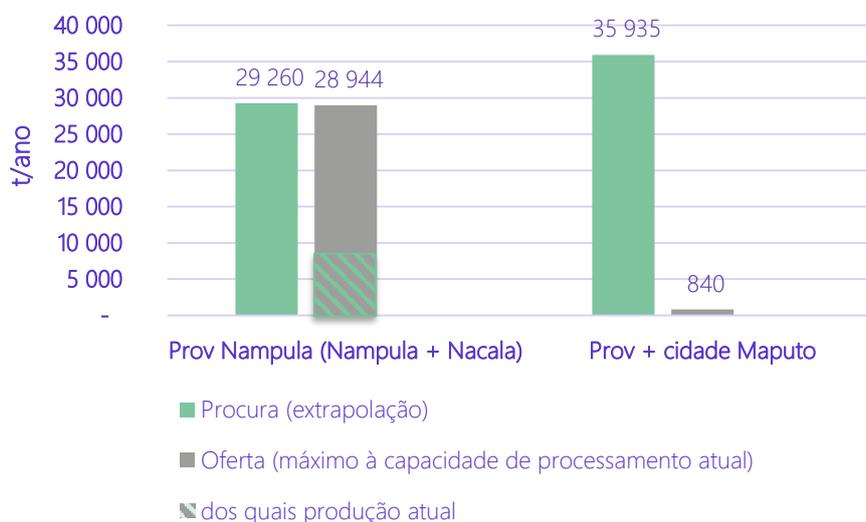


Figura 16. Procura extrapolada de torta de casca (subst. para lenha) vs Oferta, por província [t/ano]

Na província de Nampula, o potencial total de torta seria capaz de satisfazer a procura de lenha. Isto significa que, em teoria, a indústria provincial do caju poderia, por si mesma, suprir esta parte do sector produtivo que está atualmente a estimular o desmatamento. Este seria um resultado notável, que alardearia a sustentabilidade do sector do caju moçambicano. No entanto, na prática, apenas 7 800 toneladas de torta de casca são produzidas a partir das cascas atualmente esmagadas na província, e a fábrica de clínquer recentemente estabelecida irá muito provavelmente absorver todos estes volumes²². Como resultado, não haverá torta disponível para alimentar o sector produtivo, a menos que seja instalada nova capacidade de extração de casca.

Em Maputo e arredores, a procura para usos produtivos é essencialmente representada por padarias. De acordo com as tendências observadas durante a fase de estudo de mercado, é também possível que as indústrias consumidoras de energia, tais como cervejarias e fábricas de cimento, também considerem o uso de biomassa como combustível a médio prazo. O único processador de caju nas proximidades (localizado em Macia, província de Gaza) só seria capaz de satisfazer uma pequena parte da procura. Isto significa, por sua vez, que tem diversas oportunidades de encontrar um comprador adequado.

2.2. Combustíveis sólidos renováveis em ambientes produtivos. O caso asiático.

À medida que os combustíveis convencionais se tornam dispendiosos e, sobretudo, à medida que as preocupações ambientais motivam a adoção de regulamentação relativa a fontes de energia ecológicas, a utilização de biomassa residual torna-se uma tendência crescente. A Índia possui uma grande variedade de resíduos agrícolas, muitos dos quais se encontram em redor das unidades de transformação agrícola. Assim, biomassas como a casca de arroz, a casca de sementes de mostarda, as cascas de amêndoa ou as aparas de madeira são cada vez mais vendidas como biocombustíveis. A regulamentação rigorosa e os preços elevados dos combustíveis minerais na Índia motivam muitos destes agro-transformadores e também outros industriais nas imediações a utilizar a biomassa como fonte térmica.

A casca de caju também participa nesta tendência. A torta de casca é normalmente queimada numa mistura com outras biomassas, ou sozinha, em dispositivos de alimentação automática. Também pode ser compactada em pellets para facilitar o transporte e para melhorar a estabilidade das suas propriedades durante longos períodos de armazenamento. Os pellets de torta de casca são utilizados nas indústrias locais, mas também vendidos para o mercado de exportação.

²² Fonte: O País, 2023. "Dugongo" constrói mais uma fábrica de cimento.



Figura 17. Torta de casca de caju em mistura com outros resíduos de biomassa (esquerda) e pellets de torta de casca (direita)

Os usuários na Ásia adotam queimadores de biomassa para substituir a queima de madeira, mas também de gásóleo, HFO ou carvão. Surgiram vários fabricantes de dispositivos de manuseamento de biomassa, bem como produtores e comerciantes de biocombustíveis. Observam-se tendências semelhantes noutros países, como o Vietname, a China e a Indonésia, onde as soluções tecnológicas estão disponíveis localmente e são acessíveis.

A mudança para a biomassa é possível não só graças a uma tecnologia adequada, mas também porque é rentável, ou seja, o custo do fornecimento de combustível é inferior ao do combustível tradicional. Isto permite um retorno do investimento no novo dispositivo de combustão. Os fornecedores de biomassa afirmam que as poupanças são superiores a 30% quando a lenha ou o gásóleo são substituídos por biomassa²³.



Figura 18. Os alimentadores automáticos com transportador (esquerda) e os queimadores de biomassa (direita) são as tecnologias mais disseminadas para queimar de forma limpa a biomassa residual, uma vez que requerem alterações mínimas no dispositivo de aquecimento existente (caldeira ou forno).

Quando a torta de casca é compactada em pellets, a densidade aparente aumenta em cerca de 30%, o mesmo acontecendo com a densidade energética. A peletização pode ser uma solução adequada quando o produto tem de percorrer longas distâncias para chegar ao comprador, embora as poupanças nos custos de transporte devam ser comparadas com os elevados gastos de energia devidos ao equipamento de extrusão.

²³ Fonte: Steamax, 2022. "Ready to go green? Renewable energy combustor". (Pronto para se tornar verde? Incinerador de energia renovável) <https://drive.google.com/file/d/1Dek1oSdiEWsEJS1ThRabJ72JpgssXNDX/view>

2.3. Considerações sobre o preço

O valor de mercado da lenha pode ser muito variável, dependendo de vários factores, como a qualidade da madeira (espécies de árvores, comprimento/diâmetro adequado dos toros, humidade), disponibilidade e opções de entrega (custos de transporte integrados no preço vs. o consumidor organizar a recolha e o transporte). Os valores apresentados na figura abaixo representam valores médios dos nossos inquéritos, mas devem ser considerados cuidadosamente, uma vez que se baseiam num número limitado de amostras.

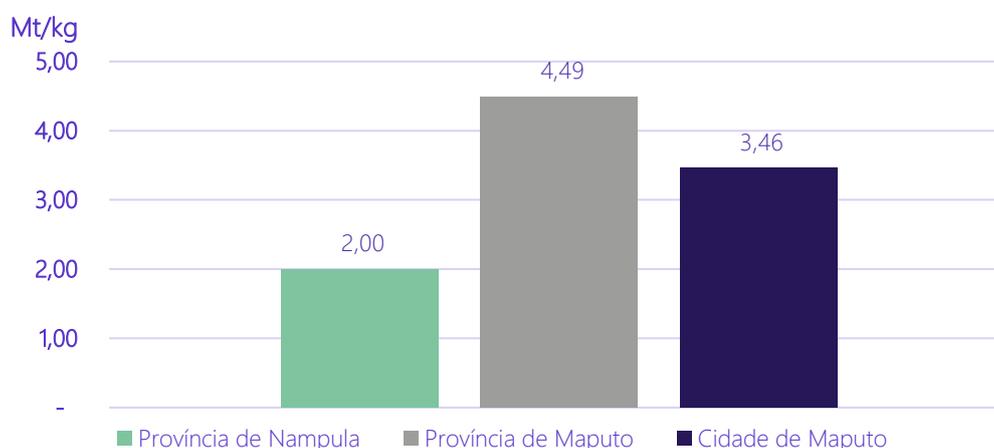


Figura 19. Preço unitário médio ponderado da lenha, por zona. Fonte: Nitidæ, 2022

Os utilizadores de combustível são unânimes em afirmar que a lenha é a opção de combustível mais barata, e têm razão: o custo por unidade de energia dos principais combustíveis e origens foi comparado na [Figura 20](#) abaixo. A lenha é a forma menos dispendiosa de aquecimento, mesmo quando não se considera o caso da recolha da lenha - custo zero - pelo utilizador. Assim, para necessidades de aquecimento que não sejam sensíveis à produção de fumo, fuligem ou alimentação manual, a lenha é a melhor opção económica. Médio

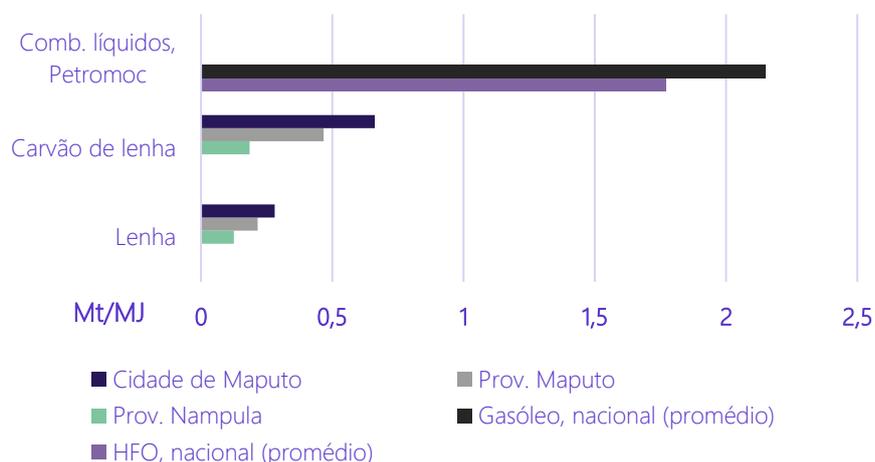


Figura 20. Preço médio unitário da energia dos principais combustíveis (MZN/MJ), por zona. Fonte: Nitidæ, 2022-2023

A torta de castanha de caju tem um valor calorífico igual ou ligeiramente superior ao da lenha, embora, devido à sua textura e composição particulares, uma boa combustão necessite de adaptações do processo de queima ou de equipamento. Tendo em conta que os utilizadores de lenha são muito sensíveis aos preços dos combustíveis, há poucas possibilidades de que estejam interessados em mudar para a torta de casca a menos que haja um sinal de preço para isso. **Isto significa que a torta de casca deve ser vendida a um preço inferior ao da lenha, por kg, ou, na melhor das hipóteses, ao mesmo preço.** Por outro lado, a torta de casca compactada apresenta uma densidade energética vantajosa e mantém a humidade nos níveis mais baixos, pelo que poderia

ser vendida a um preço mais elevado. A título de exemplo, na Índia, a torta de casca peletizada obtém um valor de mercado cerca de 40% mais elevado do que a torta a granel.

Como conclusão geral, os processadores de casca de caju não devem esperar ganhos impressionantes com as vendas deste subproduto, mesmo que os volumes obtidos sejam cerca de 70% do peso da própria casca. O CNSL é o principal produto da transformação da casca, sendo a torta um produto residual. Dado o pouco interesse da torta e o facto de não sofrer qualquer transformação posterior, os custos de produção devem ser considerados como 0.

CN Caju, a primeira fábrica de transformação de caju a vender todas as frações da casca – por fim...

A CN Caju iniciou a extração de CNSL em 2020. No entanto, a fábrica não consegue obter uma trituração fina da casca e o CNSL não é totalmente recuperado. Como resultado, ainda há uma alta taxa residual de CNSL na sua torta. Esse tem sido o principal obstáculo para a distribuição pois comercialização da torta. Embora não seja o subproduto prioritário, só depois de um ano a CN Caju achou uma parte interessada na sua torta.

Em 2021, uma fábrica de agro-processamento em Nacala concordou em recolher parte da torta de casca produzido pelo processador de caju vizinho. A torta é utilizada como substituto parcial da madeira na caldeira multicompostível da agroindústria. Embora reconheça que seria possível aumentar a taxa de torta na mistura de combustível, a utilização efetiva é condicionada pela qualidade da torta. O industrial queixou-se de uma combustão suja, de uma produção excessiva de fuligem e de rejeitos de corrosão. Além disso, não aceitaria pagar por esta biomassa, considerada demasiado problemática para ter um valor de mercado.

Recentemente, a CN Caju conseguiu chegar a um acordo com um fabricante de cimento e clínquer. As fábricas de cimento precisam de calor intenso e estão menos preocupadas com a qualidade do combustível, pelo que a torta de casca oleosa da CN Caju é uma boa opção. Além disso, o novo comprador concorda em pagar um preço pelo combustível - que se diz ser entre 3 e 5 MZN por kg.

A experiência da CN Caju é um exemplo de como a qualidade do combustível é decisiva na adoção por parte de alguns utilizadores - e o mesmo acontece com a fixação do preço.

A lenha é um combustível de baixo custo. Mesmo que não seja preferida por todos os actores produtivos, aqueles que dependem dela estão ligados à sua qualidade e preço.

A torta de casca, como substituto da lenha, não apresenta vantagens importantes, tais como um teor calorífico claramente superior, um manuseamento mais fácil ou uma combustão mais limpa. Na maioria dos casos, uma combustão satisfatória e limpa exige uma adaptação do dispositivo de combustão.

Consequentemente, a fim de se adaptar à procura, o preço da torta de casca deve ser fixado a um preço mais competitivo do que o da lenha. Neste caso, o utilizador pode recuperar o seu investimento no equipamento de alimentação. Isto faz sentido do ponto de vista de um processador de casca de caju, uma vez que o seu principal produto é o CNSL - a torta de casca é um resíduo volumoso.

O teor de CNSL residual da torta é um parâmetro de qualidade fundamental. Pode considerar-se que quanto mais baixo for este valor, melhor será o valor do produto. Além disso, a peletização da torta é uma boa opção, especialmente no caso de o combustível ter de ser transportado por longas distâncias.

2.4. Combustão piloto de torta de casca em Moçambique

Como abordagem original ao estudo das condições de utilização comercial da torta de casca, a Nitidæ abordou um grande consumidor de lenha e realizou algumas experiências sobre a utilização deste combustível inovador em substituição da lenha.

Esta fábrica estabelecida há muito tempo em Nampula está a utilizar cerca de 25 toneladas de madeira por dia para produzir o vapor do processo. A fábrica tem um acordo com as autoridades provinciais para explorar madeira de florestas naturais, garantindo a florestação - com espécies de crescimento rápido. Este combustível, sob a forma de troncos grossos, é obtido nos arredores de Meconta, a 80 km de Nampula, causando danos diretos aos preciosos ecossistemas de miombo e custando milhões de meticais por ano em abastecimento de combustível.



Figura 21. As caldeiras da fábrica são alimentadas manualmente com lenha de exploração do miombo

A mudança para um combustível sustentável - a torta de casca de caju - evitaria este consumo maciço de lenha e libertaria a imensa pressão sobre a floresta de miombo. Várias fábricas de caju localizadas nas proximidades (menos de 15 km), e que produzem grandes quantidades de casca de caju residual, poderiam abastecer esta fábrica. A torta da casca é a forma mais adequada deste combustível, uma vez que contém quantidades mínimas do líquido corrosivo CNSL e é, portanto, neutro para o equipamento de queima. A alta taxa de consumo de combustível da fábrica faz com que ela possa recuperar inteiramente as cascas produzidas pelas fábricas que funcionam em Nampula e arredores.

Como forma de provar os benefícios da mudança de combustível, foram realizados testes comparativos numa das caldeiras da fábrica, durante março e abril de 2023. A torta de casca foi alimentada manualmente e não foi efetuada qualquer mistura com outra biomassa. Os resultados sugerem uma melhor eficiência de aquecimento com a utilização de torta. De facto, as quantidades de combustível foram drasticamente menores (cerca de 30% de poupança) em comparação com o uso normal de lenha. Durante os testes, foi adotado um procedimento adequado de alimentação da torta que garante uma taxa de produção de vapor satisfatória. A alimentação manual ainda é possível, mas devido à rápida combustão da torta de pequenas dimensões, **recomenda-se a mudança para a alimentação automática para otimizar a combustão da torta de casca. O atual procedimento de alimentação manual pode ser responsável pelo consumo excessivo de combustível e pelo aumento das emissões de partículas**, embora estas não sejam preocupantes.

Com base nos resultados dos ensaios, foram avaliadas as poupanças decorrentes da mudança de combustível. As simulações consideram a mudança do cenário atual (caldeira a lenha, alimentação manual) para o cenário de biomassa (caldeira a funcionar exclusivamente com torta de caju, alimentação automática).

Tabela 7. Cenário financeiro de uma mudança para a alimentação automática de torta de casca numa das caldeiras da Nova Texmoque

Hipóteses gerais				
Dias úteis caldeira		250		dias/ano
Origem do combustível	Nacala	Meconta	Nampula	
Distância de entrega	200	75	10	km
Custo unitário da lenha, entregue		2 100		MZN/tonelada
Custo unitário da torta, entregue	3 350	2 275	1 286	MZN/tonelada

Cenário atual				
Custos de funcionamento	Origem da lenha	Meconta		
	Consumo médio de lenha		6 067	kg/dia
	Consumo anual de lenha		1 517	toneladas/ano
	Custos anuais lenha		3 185 100	MZN/ano
			50 080	USD/ano

Cenário de mudança. Adição de um queimador de biomassa					
Custos de funcionamento	Torta de consumo anual			1 085 tonelada/ano	
	Origem do combustível de torta	Nacala	Meconta	Nampula	
	Distância de entrega	200	75	10	km
	Custo do combustível (torta)	3 635 867	2 454 133	1 395 739	MZN/ano
	Poupança anual de custos de combustível	-450 767	715 967	1 789 361	MZN/ano
		-7 088	11 257	28 135	USD/ano

Custos de investimento	Queimador de biomassa (fabrico indiano)		35 000	USD
	Expedição		1 000	USD
	Silo + Obras civis		5 000	USD
	Assistência técnica instalação + calibração		6 275	USD
	TOTAL dos investimentos		34 775	USD

Retorno do investimento	-	3.1	1.2	anos
--------------------------------	----------	------------	------------	-------------

As simulações financeiras apresentadas na Tabela 7 acima mostram que a distância de entrega tem uma grande incidência nas poupanças económicas. Considerando o combustível da torta adquirido em Nacala e vendido a 1 MZN por kg EXW, não haveria nenhuma poupança líquida com a mudança de combustível, pois os custos de transporte acrescentam demasiado ao custo do combustível entregue em Nampula. Ao encontrar um fornecedor de torta de caju mais próximo (de fábricas em Meconta e Nampula), a poupança financeira seria de pelo menos 22% por ano. Em termos monetários, isto significa uma poupança anual de 0,7 a 1,8 milhões de MZN, dependendo da origem do combustível da torta. Como conclusão, e como mostra a tabela acima, a poupança financeira pode, por si mesma, pagar em menos de 2 anos, qualquer equipamento adicional necessário para o manuseamento ótimo desta nova biomassa combustível.

A mudança para uma alimentação automática permite vantagens operacionais:

- Fornecimento de vapor mais constante e reativo à mudança para a fábrica
- O trabalho do operador é muito reduzido, uma vez que o trabalho manual é reduzido ao mínimo.
- As condições de trabalho são, de qualquer modo, mais seguras em comparação com a alimentação manual, uma vez que a exposição ao fogo ou aos fumos é eliminada.
- **Melhoria da vida útil da caldeira**, proporcionando condições de trabalho suaves e uma temperatura uniforme na câmara de combustão, em comparação com a alimentação por lotes que cria fumos com elevado teor de partículas e pontos quentes.

Poderiam ser considerados outros equipamentos automáticos de alimentação e combustão de biomassa, como queimadores de biomassa, que poderiam significar um investimento inicial menor. De qualquer forma, este estudo de caso é um exemplo proeminente da adequação financeira e técnica da mudança para um combustível renovável, mesmo considerando um investimento importante em equipamento adaptado. Este poderia ser o caso de outros usuários produtivos que atualmente dependem de grandes volumes de lenha não sustentável. Dada a mudança virtuosa, os casos menos rentáveis poderiam beneficiar de apoio financeiro adicional em termos de financiamento climático.

As vantagens de mudar para o combustível de torta de casca não se contam apenas em termos de poupanças monetárias e benefícios ambientais, mas também operacionais, uma vez que uma alimentação automatizada permite uma utilização eficiente do combustível e um funcionamento seguro. O investimento no equipamento de alimentação de combustível é rapidamente recuperado.

3. Conclusões

A partir dos dados anteriores, podem ser tiradas as seguintes conclusões:

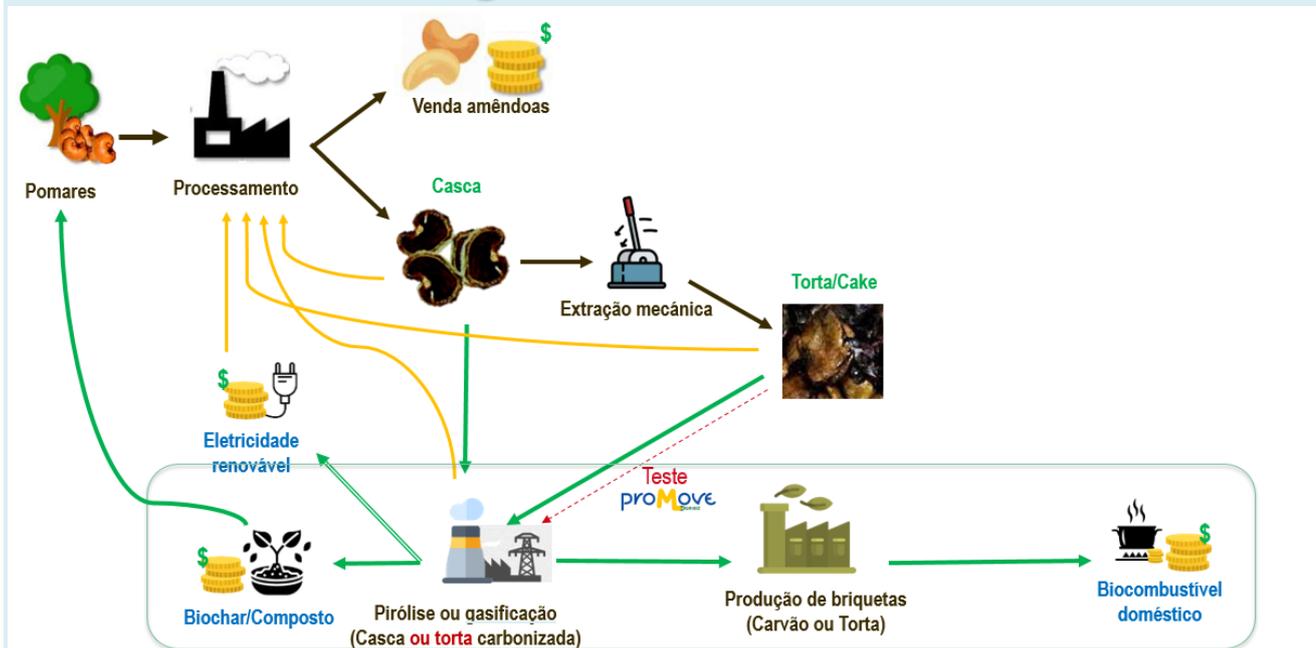
- Existe um número limitado de perfis de consumidores produtivos de lenha.
 - Toda a utilização industrial está concentrada na província de Nampula, com várias fábricas a utilizar caldeiras de biomassa. Uma fábrica de clínquer recentemente estabelecida é obrigada a absorver todo a torta de casca atualmente produzido, uma vez que a sua disponibilidade é relativamente limitada.
 - Em Maputo, a indústria depende em grande parte do gás e da eletricidade, exceto a unidade de produção de clínquer, as padarias e as cozinhas coletivas.
 - O interesse pela torta de casca de caju depende muito das experiências anteriores dos utilizadores e da sua capacidade/disposição para adaptar o seu equipamento de combustão. Já existe alguma experiência de utilização da torta de casca na indústria.

Na província de Nampula, a procura atual de lenha produtiva é muito semelhante ao potencial máximo de fornecimento de torta pelo sector do caju. Infelizmente, apenas 30% da capacidade potencial está disponível, uma vez que a maioria das cascas não é valorizada (triturada para extrair CNSL). A procura de lenha produtiva e de biomassa está a crescer globalmente, devido à expansão demográfica e industrial. No entanto, não há perspectivas de nova produção a grande escala de torta de casca.

Em conclusão, qualquer novo empreendimento de extração da casca de caju deve facilmente encontrar um comprador para a torta residual, embora atingir altas taxas de substituição de lenha possa ser um desafio técnico em alguns pontos:

- A torta de casca apresenta propriedades caloríficas semelhantes às da lenha, mas uma granulometria muito diferente, o que é determinante para o seu manuseamento. Além disso, a qualidade da combustão depende muito do CNSL residual. Consequentemente, a torta é um combustível adequado para usuários profissionais. O uso doméstico apresenta desafios técnicos e sociológicos e pode ser prejudicial se não for manuseada corretamente.
- A boa notícia é que existem soluções tecnológicas comprovadas e económicas que permitem valorizar a torta de casca com taxas de mistura elevadas a 100%. Existe uma oportunidade de transferência de conhecimentos e de tecnologia por parte dos parceiros asiáticos.
- Sendo a torta de casca um substituto da lenha barata, o preço é um parâmetro importante para suscitar o interesse do comprador por uma matéria-prima de substituição. Assim, a torta há de ser sempre vendida mais barata do que a lenha.
- Os pequenos e médios usuários produtivos de lenha podem encontrar desafios na adoção deste novo combustível. O caso das padarias seria especialmente interessante de abordar, uma vez que os volumes totais estimados de lenha são muito grandes (ver ponto III.2.1 supra). Este sector poderia ser objeto de uma ação específica para promover a mudança para a biomassa renovável.
- O caso exemplar da mudança da caldeira da fábrica-piloto para a torta de casca poderia ser o caso de muitos outros actores industriais: Milhares de toneladas de lenha ou de hectares de floresta frágil de miombo poderiam ser poupados todos os anos aproveitando o potencial de combustível da torta de casca. Neste caso, o retorno do investimento do utilizador de combustível poderia ser de apenas 2 anos.

IV. Oportunidades de mercado para o carvão vegetal de casca/torta



A casca ou a torta de caju apresentam baixa humidade e um elevado teor de carbono, especialmente na forma lenhosa. Ambos podem ser transformados em **carvão vegetal**, como mostra a figura acima. O produto resultante consiste em partículas soltas que devem ser compactadas em briquetes para serem comparáveis ao habitual carvão de lenha.

Em Moçambique, o uso de **carvão mineral** está estendido entre os grandes industriais - principalmente a indústria pesada (alumínio, cimento e grandes fábricas de cerveja). Este perfil de consumidor não foi considerado em princípio. De facto, o estado atual da tecnologia de carbonização e do conhecimento provavelmente não se adequaria ao caso da indústria em geral.

Por conseguinte, apenas os usuários de carvão vegetal foram incluídos no estudo de mercado. Os perfis dos usuários de carvão procurados vão desde as famílias até aos pequenos utilizadores produtivos (atividades de restauração).

Para mais referências sobre as propriedades comparativas do carvão de lenha vs. carvão ecológico, consultar [Anexo 3](#). Os pormenores sobre a produção de carvão a partir da casca e da torta de caju são apresentados no [Anexo 5](#).



Figura 22. Ignição e combustão de briquetes de carvão de casca de caju. Fonte: Greenlight.

1. Procura de carvão vegetal

A literatura existente permite caracterizar os volumes de carvão de lenha consumidos por habitante nas principais cidades do país. A procura é enorme e está em constante crescimento, praticamente ao mesmo ritmo do crescimento da população urbana. Considerando uma média diária de 2 kg de carvão vegetal por agregado familiar, só a procura doméstica anual representa centenas de milhares de toneladas nas cidades de Maputo e Nampula. Em comparação, o potencial total de carvão a partir da casca limita-se a alguns milhares de toneladas (ver **Tabela 1**, página 10).

Em vez de nos centrarmos em inquéritos exaustivos aos utilizadores finais e vendedores domésticos de carvão vegetal, o nosso objetivo foi compreender melhor qual o posicionamento de marketing a escolher para o carvão verde que substituiria o carvão de lenha não sustentável. Os utilizadores produtivos de carvão vegetal, bem como os produtores e revendedores de carvão vegetal de madeira, foram apenas entrevistados para se obter uma imagem geral do sector. A procura interna de carvão vegetal foi tida em conta nas estimativas globais da procura, ver secção IV.3 infra.

1.1. Procura de carvão vegetal para uso doméstico, restaurantes e cozinhas coletivas

A repartição dos entrevistados é a seguinte:

Número de inquiridos	41	Sectores	Procura (t/ano)
Cidade + província de Maputo	11	Restaurantes	31
	2	Avicultura: Produtores de frangos	40
	4	Revendedores de carvão de lenha	69
	5	Produtores e vendedores de carvão de lenha	1 500
	1	Produtor e vendedor de carvão vegetal ecológico	480
Província de Nampula	3	Cozinhas coletivas: Centros educativos, militares, refugiados	534
	5	Restaurantes	12
	2	Indústria transformadora: cimento, cervejeira	4 500
	4	Produtores e vendedores de carvão de lenha	121
	4	Revendedores de carvão de lenha	276

Mesa 8. Procura de carvão vegetal dos actores inquiridos nas províncias de Maputo e Nampula

Utilizadores de carvão vegetal

Tal como acontece com os utilizadores de lenha, **as cozinhas coletivas utilizam grandes quantidades de carvão vegetal, se comparadas individualmente com os restaurantes e as casas.** Utilizam carvão vegetal, bem como lenha e/ou gás. Afirmaram estar abertos à utilização de outra fonte de carvão vegetal, embora precisem de ter a certeza da sua adequação aos seus aparelhos e receitas. Também estariam dispostos a pagar mais por este produto, desde que a qualidade fosse mais constante e melhor, em média. A sua procura declarada de carvão vegetal - mais de 170 toneladas por ano, em média, por centro - foi confirmada pelos vendedores atacadistas de carvão de lenha.

Os restaurantes indicaram usar em média 2,4 (na província de Nampula) a 2,8 toneladas (cidade e província de Maputo) de carvão vegetal por ano, o que equivale ao consumo anual de 3 a 4 agregados familiares cada²⁴. Quando questionados sobre a sua preferência pelo carvão de lenha em comparação com outros combustíveis, eles preferem maioritariamente o carvão à lenha devido à facilidade de manuseamento, queima limpa e maior

²⁴ Tendência média conforme relatado por (Greenlight, 2022. Biomass energy study for the South of Mozambique).

densidade energética; enquanto usam o gás para as principais operações de cozinha, e apenas o carvão em tarefas específicas (por exemplo, carne grelhada, peixe ou *caril*).

Relativamente ao uso doméstico, como a literatura confirma, a grande maioria dos habitantes de Nampula e Nacala consome carvão vegetal como combustível primário. Como reportado pelo estudo do MIREME sobre combustíveis de biomassa no Sul de Moçambique²⁵, o GPL é usado por 63% dos agregados familiares em Maputo e Matola, principalmente em combinação com outras fontes de combustível (37% usam GPL e carvão). Um total de 75% dos agregados familiares utiliza carvão de lenha, quer como combustível primário ou secundário.

Os agregados familiares compram carvão vegetal a retalhistas localizados nos mercados ou na vizinhança, em pontos de descarga de camiões ou - especialmente na província de Nampula - comprando diretamente aos produtores que acedem à cidade de moto ou de bicicleta. Um número representativo de 10 a 15% recebe o seu carvão em casa. O carvão vegetal é consumido para confecionar alguns pratos específicos (*cariles*, *feijoadas*, etc.) que requerem tempos de cozedura longos, e porque pode ser adquirido a um preço reduzido em quantidades mais pequenas, tornando-o mais acessível para as economias domésticas que funcionam no dia a dia. Em Maputo, os preços elevados do carvão vegetal levam a que o GPL seja cada vez mais utilizado, em contraste com uma penetração relativamente baixa do GPL na província de Nampula (ver comparação de preços do carvão vegetal na Tabela 9).

Peso em kg Preço em MZN	Peso do saco	Preço da estação seca	Preço da estação das chuvas	Preço unitário médio na estação seca	Preço unitário médio estação das chuvas
Província de Nampula	50-100	280-550	350-700	5,5	7,2
Cidade de Maputo	50-75	1000-1500	1200-1800	18,9	24,3
Província de Maputo	50-100	750-1200	900-1800	14,5	18,0

Tabela 9. Gamas de preços do carvão vegetal na província de Nampula, cidade de Maputo, província de Maputo

Finalmente, na área de Maputo é observado do aumento do uso de carvão vegetal pelos criadores de galinhas, que o utilizam para aquecer os galinheiros durante as noites frias. Estes utilizadores são menos sensíveis à qualidade do carvão vegetal e, como compram em maiores quantidades do que os agregados familiares, procuram sobretudo preços competitivos. Pelo menos dois têm recurso ao carvão ecológico; este caso é descrito mais pormenorizadamente na secção seguinte.

Usuários de carvão

Outros utilizadores produtivos entrevistados foram, na província de Nampula, dois industriais que foram abordados principalmente para um inquérito sobre os seus hábitos de utilização de combustíveis líquidos. Verificou-se que são grandes consumidores de carvão e que se abastecem do minério de carvão mineral da província de Tete. O fabricante de cimento apresenta um consumo reduzido em comparação com a fábrica de cerveja: 29 toneladas em comparação com as 4 450 toneladas consumidas anualmente, respetivamente. O consumo relativamente baixo da fábrica de cimento deve-se ao facto de não haver uma etapa de produção de clínquer. De facto, a maior parte das unidades de cimento em Moçambique não produzem o clínquer, que é a fase de maior consumo de energia. Por outro lado, a fábrica de cerveja é abastecida regularmente com carvão, que é utilizado em conjunto com gásóleo para as grandes necessidades de aquecimento da fábrica. Ambos os industriais mostraram interesse numa nova fonte de combustível e disseram que podiam aceitar pagar ao carvão vegetal um pouco mais do que ao carvão. A realidade é que o preço do carvão por kg é adquirido entre 0,1 e

²⁵ Fonte: Greenlight e MIREME, 2022. *Estudo de energia de biomassa para o Sul de Moçambique*.

0,2 USD²⁶, dependendo das taxas do mercado internacional e da origem - acontece por vezes que o carvão sul-africano é procurado. Isto equivale a 6,4 a 12,7 MZN por kg, um preço claramente superior ao do carvão de lenha.

Disponibilidade e capacidade para mudar de combustível

Utilizadores de carvão de lenha	Interesse declarado	Utilização atual de combustível e feedbacks	Procura anual de combustível, tal como declarada (e extrapolado*) [toneladas/ano]
Cozinhas colectivas	++	Em alternativa, utiliza-se o gás, o carvão vegetal e/ou a lenha. Os utilizadores mudariam se isso demonstrasse uma redução de custos e não desse sabor aos alimentos. Apreciam o facto de os briquetes serem potentes, mas duradouros. Muitos considerariam pagar um preço mais elevado do que o carvão vegetal. Preocupados com o fumo mal cheiroso.	530 (5 600)
Restaurantes	++		43 (450)
Agregados familiares	+		- (646 330)
Avicultura	+++	Utilização de carvão vegetal, alguns têm experiência com carvão verde. Menos exigentes quanto à qualidade do carvão vegetal, mas sensíveis ao preço.	15 (960)
Indústria	+++	Utilização de carvão mineral. Menos exigente quanto à qualidade do carvão vegetal, habituado a preços elevados do carvão vegetal.	4 500 (1 500 000) ²⁷

Tabela 10. Interesse em mudar para o carvão vegetal de casca/torta de caju, conforme declarado pelas estruturas entrevistadas

* A procura extrapolada de lenha corresponde ao consumo médio declarado multiplicado pelo número estimado de empresas deste sector produtivo.

$$Procura\ combustivel_{extrapolada} = \frac{Procura\ comb.\ total_{declarada}}{numero\ de\ inqueritos} * total\ atores_{estimado}$$

As entrevistas foram apoiadas com algumas amostras de briquetes de carvão de casca de caju. Isto ajudou os inquiridos a darem a sua opinião sobre o novo combustível em questão. Adicionalmente, no âmbito de uma avaliação dos briquetes de carvão verde, a Greenlight, com o apoio da Enabel, realizou alguns Testes de Cozinha Controlada²⁸ com alguns grupos de controlo que representavam cozinhas colectivas, restaurantes e agregados familiares²⁹. A Tabela 10 acima mostra as conclusões dos inquéritos aos usuários de carvão de lenha, acrescentando o seu feedback depois de terem experimentado os briquetes de carvão de casca de caju. **Em geral, os entrevistados relataram que os briquetes de carvão verde eram mais económicos do que o carvão de lenha, uma vez que os tempos de combustão são mais longos.** Mais informações podem ser encontradas na Secção IV.2.3 *Ensaio dos briquetes de casca de caju em condições reais e laboratoriais*.

²⁶ Fonte: <https://coal-price.com/chart/mozambic.html>

²⁷ O maior consumidor de carvão em Moçambique é a Mozal (fundição de alumínio)

²⁸ Para mais informações sobre este protocolo de medição do desempenho do fogão, consultar <https://cleancooking.org/binary-data/DOCUMENT/file/000/000/80-1.pdf>

²⁹ Fonte: Greenlight, 2022. *Briquetes de casca de caju - Testes de cozinha e experiência do utilizador*

Fornecedores de carvão vegetal: produtores e retalhistas

Em geral, os revendedores de carvão de lenha estão abertos à venda de novos produtos combustíveis desde que haja uma procura demonstrada. Concordariam em comprar e revender o carvão de caju a um preço mais elevado do que o carvão de lenha se este se revelasse de melhor qualidade. A maioria deles está ciente das preferências dos seus clientes por um carvão de longa duração em vez de um de combustão rápida, por isso estão ansiosos por incluir combustível de alta qualidade na sua oferta. Estão dispostos a comprar a granel e a revender em unidades mais pequenas, de acordo com as necessidades dos clientes.

Surgiram no país alguns produtores de carvão verde. Há anos que fornecem carvão ecológico a partir de fontes sustentáveis, embora a sua quota de mercado seja muito pequena e muitos trabalhem apenas de forma intermitente. Como podem estar interessados em comprar produtos carbonizados com casca ou mesmo em se envolverem eles próprios na carbonização, foram considerados como um alvo neste estudo de mercado. Além disso, a recolha dos seus conhecimentos sobre o sector dos combustíveis verdes foi fundamental para afinar a abordagem de um caso de negócio baseado na casca de caju. Estes produtores mostraram interesse no produto bruto da casca e foram-lhes entregues amostras para testarem eles próprios como adaptar o seu processo a esta nova matéria-prima. No entanto, é muito improvável que adotem a casca de caju, principalmente devido a constrangimentos geográficos. Um resumo sobre o sector moçambicano de carvão verde e os perfis dos fabricantes pode ser encontrado em [Anexo 6](#).

Propensão dos compradores para mudarem para o carvão verde: as razões certas

Quando questionados sobre a vontade de eventualmente pagar mais por um novo produto de carvão vegetal, todos os inquiridos na província de Nampula responderam positivamente, com a condição de que a qualidade seja melhor. Esta aceitação talvez se deva a uma maior familiaridade com os produtos de caju. No entanto, apenas 4 dos 11 restaurantes entrevistados em Maputo disseram estar abertos a um aumento de preço em qualquer caso. Esta resistência poderia ser explicada pelo alto preço do carvão vegetal em Maputo - cerca de 4 vezes o preço em Nampula - e a alta familiaridade com o uso de GPL, que é o combustível mais económico disponível. Outras razões, como um melhor impacto ambiental, parecem ter pouca prioridade.

Em consonância com isto, apenas 2,75% dos consumidores no Sul de Moçambique possuíam um fogão melhorado, enquanto a taxa de consciencialização sobre este tipo de fogão era relativamente baixa (especialmente nas áreas urbanas). A consciência da existência e os benefícios dos fogões melhorados também resultou ser dececionante.

Como afirma a Greenlight, "a mistura de combustíveis é uma realidade e não se pode esperar que as pessoas passem a cozinhar apenas com fontes de combustível modernas. O novo combustível ou fogão a ser introduzido deve substituir o combustível ou fogão que mais dificulta o processo de cozedura das mulheres, seja por questões de tempo ou de saúde"³⁰.

Existe um interesse geral por parte dos utilizadores domésticos e produtivos em novas fontes de carvão vegetal. As características particulares de combustão do carvão de lenha fazem dele um combustível preferido para operações selecionadas. Entre os diferentes carvoes, o principal critério de escolha é o preço por unidade, que está estreitamente relacionado com a qualidade do combustível. Com o aumento constante dos preços, o carvão de lenha está a ser substituído pelo GPL nas grandes zonas urbanas.

Em Nampula, os utilizadores de carvão de lenha estariam dispostos a pagar mais, desde que o novo combustível seja mais eficiente - mas não estão tão dispostos em Maputo. Por outro lado, outros utilizadores produtivos de carvão (avicultores, industriais) são menos exigentes quanto à qualidade, mas sim quanto aos custos.

³⁰ Greenlight, 2022. *Estudo de energia de biomassa para o Sul de Moçambique*

Em conclusão, se se destinarem a ser utilizados para cozinhar, os produtos carbonizados da casca de caju devem ter as mesmas ou melhores características para poderem competir com o carvão de lenha convencional, a começar por um preço competitivo. Outros parâmetros apreciados são a densidade do combustível, o poder calorífico e a combustão limpa e sem fumo, enquanto o impacto ambiental não influencia a escolha do produto.

2. Como é que a casca de caju pode satisfazer a procura: Carvão verde a partir da casca de caju

2.1. Produção local de carvão verde de casca de caju ou de torta

A estimativa extrapolada da procura de carvão de lenha e carvão mineral para fins produtivos e domésticos nas províncias de Nampula e Maputo, comparada com os volumes máximos de carvão vegetal de casca potencialmente produzidos (**Tabela 1**, página 10) mostra que os derivados da casca carbonizada podem, de qualquer forma, representar uma parte muito pequena do mercado.

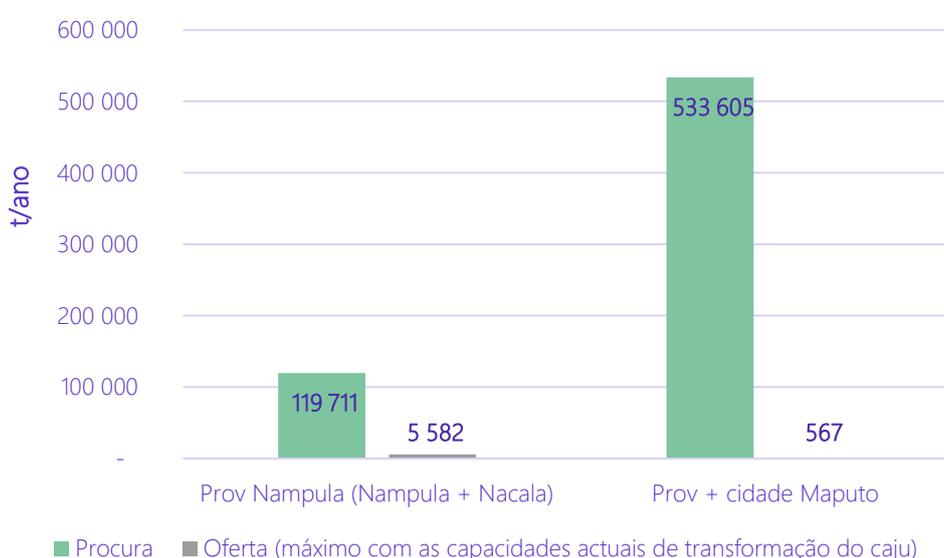


Figura 23. Procura extrapolada de carvão vegetal versus oferta potencial de carvão verde a partir de torta de casca, por província³¹

2.2. Projeto-piloto de produção semi-industrial de carvão verde de casca. Considerações técnicas e comerciais

O estudo de mercado tem como objetivo encontrar as opções de mercado relevantes para os produtos carbonizados da casca de caju - ou torta de casca. No entanto, o processo da carbonização da casca nunca foi efetuado em Moçambique, pelo que é difícil avaliar os custos reais de produção deste produto. De forma a preencher esta lacuna de conhecimento, foi construída uma plataforma piloto de carbonização.

Há uma década que a Nitidæ promove os **High Calorific Cashew Pyrolyser (H2CP)** na África Ocidental. O H2CP é um forno especificamente concebido para a valorização da casca de caju, convertendo-a, através do processo de pirólise, em **gás inflamável** e **carvão**. O H2CP está adaptado a um contexto de baixa tecnologia e pode ser fabricado a 100% com materiais locais. Os gases de pirólise gerados são imediatamente utilizados como combustível em dezenas de fábricas de processamento de caju, como fonte de calor para as suas caldeiras. O carvão residual é recolhido no final do dia e é considerado um produto secundário, que é geralmente oferecido

³¹ Fonte: Greenlight, 2022 (ver nota de rodapé n.º 22), INE, 2023 *Censo 2017* <https://www.ine.gov.mz/web/guest/censo-2017> e Nitidæ.

ao pessoal da fábrica. Quando o carvão é considerado o produto principal, o H2CP pode ser conduzido de forma a maximizar o volume de cascas convertidas por hora e o rendimento em carvão. É exatamente assim que dois processadores de caju moçambicanos parceiros - a CN Caju e a ADPP - pretendiam utilizar estes fornos.

Dois H2CP foram construídos em cooperação com os centros de formação IPOMA e IFPELAC em Nampula. Posteriormente, foram instalados na CN Caju em Nacala, e depois transferidos para a ADPP, a apenas cem quilómetros de distância, em Itoculo. Ambas as fábricas mostraram interesse na solução de carbonização da casca de caju como uma forma de acrescentar valor com sentido social aos seus resíduos de casca. O objetivo era carbonizar a torta de casca disponível na CN Caju, que produz vários milhares de toneladas por ano. A fábrica da ADPP está situada numa zona rural e não dispõe de meios para triturar a casca, pelo que toda a casca alimentaria o H2CP. Uma vez que os fornos estavam a funcionar, foram produzidas algumas amostras que ajudariam a realizar avaliações do mercado e da qualidade do combustível.



Figura 24. O fabrico dos fornos H2CP foi combinado com um ciclo de formação, no IPOMA, cidade de Nampula.

Uma vez instalados, o funcionamento dos fornos foi seguido durante vários meses para apoio técnico e para registar as taxas de utilização. Estes dados ajudaram a preencher modelos de negócios específicos para o caso de uma fábrica mecanizada de processamento de caju (por exemplo, a CN Caju) e uma fábrica de pequena escala (ADPP). Os documentos dos casos de negócios serão publicados separadamente e serão disponibilizados para a comunidade de processamento de caju.

O caso do CN Caju foi o primeiro do género, uma vez que a torta de casca nunca tinha sido carbonizada em condições reais num H2CP. As experiências foram apoiadas por testes paralelos na plataforma de biocombustíveis da Nitidæ no Burkina Faso. Os resultados das experiências mostraram que um H2CP não era adequado para carbonizar a torta de casca. Como a torta forma camadas espessas e pegajosas, o ar e os gases de pirólise não conseguem circular no interior do forno. Os testes experimentados com várias combinações de condições de funcionamento, apenas produziram resultados tépidos em termos da capacidade do forno para carbonizar a torta. Para além disso, dado que o H2CP só seria capaz de carbonizar cerca de uma tonelada de torta por dia, a CN Caju necessitaria de mais de uma dúzia destes fornos para carbonizar todos os seus resíduos de torta. Isto significa um maior investimento em fornos e recursos humanos para operar e manter os dispositivos. Os custos operacionais da carbonização e da produção de briquetes parecem demasiado elevados para competir com o carvão de lenha local. Em conclusão, quando estão disponíveis grandes volumes de resíduos de casca - mais de 1.000 toneladas por ano - a solução H2CP não parece fazer sentido operacional nem económico para uma fábrica de caju.



Figura 25. O gás de pirólise inflamável é produzido no queimador do H2CP. No final da operação, obtém-se carvão vegetal

No caso da ADPP, um forno seria suficiente para carbonizar todos os volumes de cascas residuais. A operação do H2CP pode ser gerida por um operador, que poderia ser o mesmo que age nos sistemas de cozedura da castanha e de secagem da amêndoa. Mas mesmo neste caso, os briquetes de carvão dificilmente poderiam competir com os baixos preços do carvão de lenha, especialmente na província de Nampula. Como se pode ver na Figura 26 abaixo, os custos de mão de obra e manutenção são as principais despesas operacionais. Considerando apenas as despesas operacionais como custo de produção, a produção de um quilograma de briquetes custa cerca de 20 MZN - e ainda assim, a depreciação, amortização e impostos não foram contabilizados. Consequentemente, apenas o caso das vendas de briquetes de qualidade superior nos supermercados permitiria um negócio rentável (ver preços comparativos abaixo). Para isso, os briquetes precisam apresentar propriedades impecáveis, pois o perfil dos consumidores é o mais exigente. Porém, os gerentes de supermercado encontrados não se mostraram muito recetivos com o novo produto, toda vez que eles já vendem briquetes de carvão verde de origem sul-africano, com qualidade certificada.

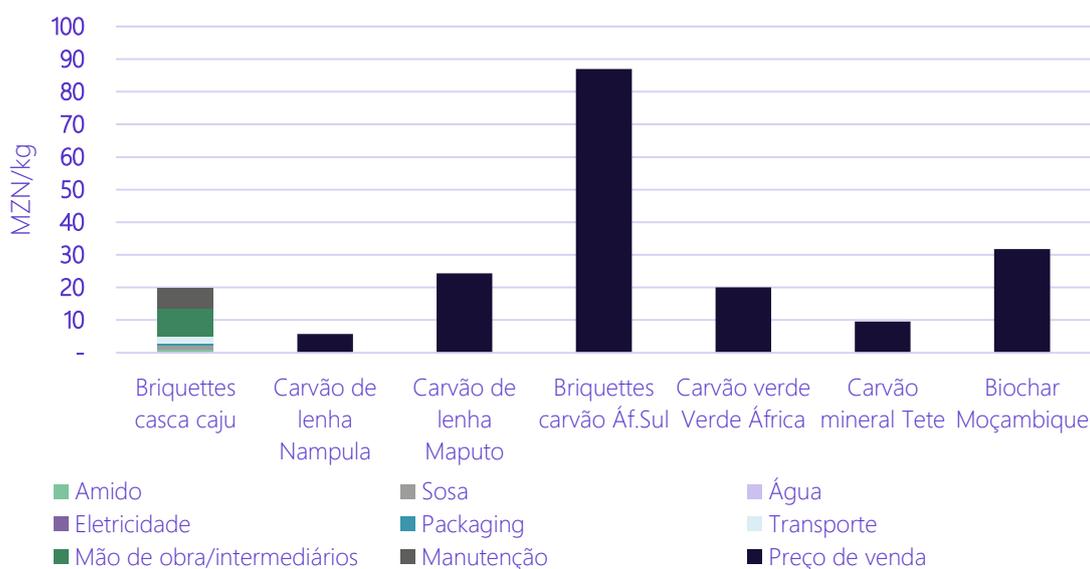


Figura 26. Comparação dos custos de produção dos briquetes de casca de caju com o preço do carvão vegetal, dos produtos de carvão verde existentes e do carvão mineral³²

Conforme apresentado na Figura 26 acima, apenas alguns segmentos de mercado parecem conceder um preço justo pelos briquetes. É necessário um posicionamento correto do produto de carvão vegetal para obter o melhor valor para os briquetes de carvão vegetal de casca verde.

A carbonização das cascas é possível a uma escala semi-industrial, embora a torta das cascas seja difícil de carbonizar num forno fixo (não rotativo). A instalação de fornos H2CIP num ambiente real (fábrica de caju da ADPP) permitiu a avaliação dos custos de produção e a comparação com os atuais produtos de carvão vegetal no mercado.

Considerando que a cadeia de valor do carvão de lenha, altamente competitiva, constitui um duro desafio para o jovem sector do carvão de casca verde, a qualidade do carvão de casca é prioritária para atingir os mercados mais lucrativos. Porém, as briquetes produzidas ainda não têm qualidade estandar (ver seção 2.3 a seguir). Os sectores coletivos e produtivos devem ser priorizados, embora apenas as vendas à volta de Maputo façam sentido.

2.3. Ensaio dos briquetes de casca de caju em condições reais e laboratoriais

Amostras de briquetes de casca carbonizada, produzidas nos H2CIPs e posteriormente moídas e compactadas pela Alif química na cidade de Quelimane, foram enviadas a especialistas para testes de desempenho. Foram realizados Testes de Cozimento Controlado na presença de utilizadores de carvão doméstico, coletivo e comercial, comparando o carvão de lenha com os briquetes de carvão de casca de caju. As suas impressões após os testes foram recolhidas.

³² Apenas custos operacionais diretos, ou seja, excluindo a amortização do equipamento e eventuais impostos.

Tabela 11. Reações das usuárias domésticas (azul) e comerciais (verde) após os testes de cozedura controlada. Fonte: Greenlight³³

Combustível	Carvão vegetal			Briquetes de carvão vegetal de casca de caju			
	Feedback	Gostou	Não incomodado	Não gostei	Gostou	Não incomodado	Não gostei
Acender o fogo		++			//		
Tempo de cozedura		++			++		
Extinção do incêndio		++			//		
Consumo de combustível			//		+	/	
Intensidade do fogo		+	/		++		
Segurança contra incêndios			//		+		
Fumo			//		/		-
Odor		+	/				--
Sabor dos alimentos		+		-	++		
Limpeza da panela		++			/		-

Os briquetes de caju parecem ser mais apreciados do que o carvão vegetal convencional, principalmente devido a um poder de aquecimento constantemente elevado durante todo o processo de cozedura. No entanto, os fumos intensos e malcheirosos gerados pelos briquetes de casca de caju durante a fase de acendimento suscitaram preocupações na maioria das usuárias. Apesar de as usuárias validarem o bom sabor da refeição cozinhada, a questão dos fumos deve ser seriamente considerada, uma vez que pode causar problemas de saúde e de poluição do ar interior. Além disso, a utilização do carvão vegetal está também associada a um sabor mais apetecível dos alimentos, especialmente quando se trata de grelhados e pratos tradicionais. A libertação de fumos persistentes pelo material de caju carbonizado pode ser um grande inconveniente para a comercialização.

A fim de obter mais informações sobre questões de qualidade, o Laboratório de Certificação e Teste de Energia de Biomassa em Maputo (BECT), apoiado pelo programa Promove Endev da GIZ, testou amostras de cascas carbonizadas - sem compactar -, briquetes de cascas carbonizadas e carvão de lenha nas suas instalações laboratoriais. Os resultados confirmaram os elevados níveis de voláteis libertados por ambos os produtos de caju e alertaram para os níveis preocupantes de partículas finas na composição dos fumos (Figura 27 abaixo), o que traduz a presença de vestígios de CNSL no produto³⁴. De facto, de acordo com a experiência anterior com briquetes de carvão de casca de caju na África Ocidental, a Nitidæ já estava ciente da elevada correlação entre as condições de carbonização, a qualidade do carvão resultante e a libertação de fumos acres durante os primeiros momentos de combustão. É muito provável que as cascas da amostra tenham tido um tempo de carbonização demasiado curto no interior do H2CP, o que pode ser insuficiente para que todos os voláteis acres se degradem.

³³ Fonte: Greenlight, 2022. *Relatório final. Estudo de Mercado e Consumo relacionado à Introdução de Biobriquetes par o uso Doméstico ou Produtivo (peri-urbano) na Bacia do Baixo Zambeze em Moçambique.*

³⁴ Fonte: BECT, 2023. *Combustíveis de biomassa Testes de desempenho, relatório*

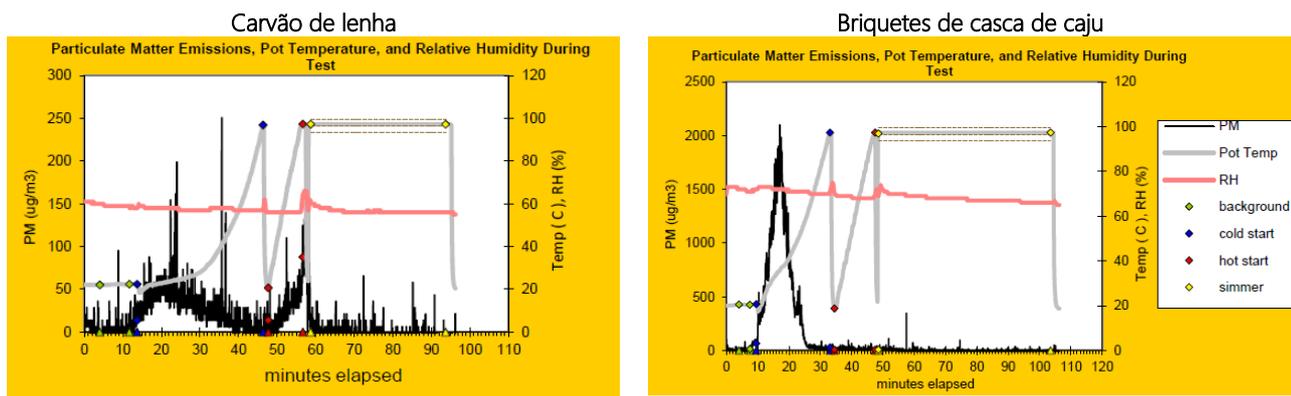


Figura 27. Emissões de partículas (PM_{2,5}) registadas durante os ensaios normalizados de ebulição da água no BECT. Esquerda: carvão de lenha. Direita: briquetes de casca de caju. Atenção às diferentes escalas de PM em cada um dos gráficos.

Ao comparar os briquetes de casca de caju com o carvão de lenha em condições reais, os utilizadores apreciaram globalmente os briquetes devido ao tempo de cozedura reduzido e à combustão duradoura, o que resulta num combustível mais económico do que o carvão de lenha. O principal inconveniente foi a libertação de fumos acre durante o início da operação, o que suscitou preocupações quanto à segurança da utilização e dos alimentos resultantes.

Como conclusão, as condições de funcionamento durante a carbonização da casca de caju têm de ser bem controladas para assegurar uma remoção completa do CNSL nas cascas. Uma vez respeitadas as condições corretas de carbonização, a libertação de fumos é reduzida ao mínimo e os briquetes de casca podem competir com o carvão de lenha.



Figura 28. Ensaios de cozedura com briquetes de casca de caju (esquerda e meio); os três materiais ensaiados pelo laboratório do BECT para testes comparativos de desempenho de combustão e emissões (direita).

2.1. Um novo nicho de mercado: o biochar

O biochar como sumidouro de carbono e corretor do solo

A crescente preocupação com as alterações climáticas, causadas principalmente pelos níveis recorde de CO₂ na atmosfera, e com a aceleração da degradação dos solos devido à agricultura intensiva, levou muitos especialistas a interessarem-se pelo carvão vegetal. De facto, o carvão vegetal contém carbono estável, que não é suscetível de se degradar, libertando gases com efeito de estufa, como acontece com os resíduos de biomassa fresca. Mesmo que a biomassa viva absorva CO₂ para crescer, a queima ou deposição em aterro de resíduos orgânicos liberta carbono de volta para a atmosfera e pode ser um contribuinte líquido para as emissões de CO₂. Carbonizar a biomassa residual - sem a queimar - significa estabilizar o carbono absorvido da atmosfera, criando um sumidouro de carbono. Além disso, afirma-se que o carvão vegetal é benéfico para o solo, melhorando a sua textura, capacidade de retenção de água e propriedades de troca iónica.

Ambas as vantagens concorrem para suscitar um interesse sem precedentes na carbonização da biomassa residual. Quando o carvão vegetal é utilizado como corretivo do solo, quer seja aplicado sozinho ou com composto, recebe o nome de **biochar**. As normas de contabilização do carbono incluem o biochar como um dos meios de fixação do carbono. Assim, o biochar não só tem um valor agrícola como o seu comércio inclui frequentemente compensações ligadas ao clima.

O mercado de biochar é uma realidade em todo o mundo, mas em Moçambique ainda se encontra num estado incipiente. Desde 2022, várias empresas em Moçambique anunciaram a sua vontade de lançar a produção de biochar a partir de fontes de biomassa sustentáveis, enquanto alguns fornecedores de produtos agrícolas estão a procurar incluir o biochar nas suas formulações. Vários processadores de caju também consideram a reciclagem dos seus resíduos de casca em biochar que seria aplicado nos pomares de caju, fechando o ciclo dentro da cadeia de valor do caju.

Tal como explicado anteriormente, o biochar é o único produto não energético abrangido pelo âmbito do presente estudo. Do ponto de vista de um produtor de biochar, as taxas de mercado são muito atrativas. De facto, os custos de produção de biochar são inferiores aos da produção de briquetes de carvão vegetal, uma vez que o biochar é um produto menos elaborado do que os briquetes - não é necessário um passo de compactação, pelo que não são necessários aglutinantes misturados com o carvão vegetal moído. Como se pode ver na Figura 29 abaixo, o preço de venda pode cobrir em grande parte os custos de produção. Na figura, o preço de compra do biochar pelo comprador é considerado como sendo de 500 USD por tonelada métrica, embora as taxas do mercado internacional possam atingir os 800 USD por tonelada.

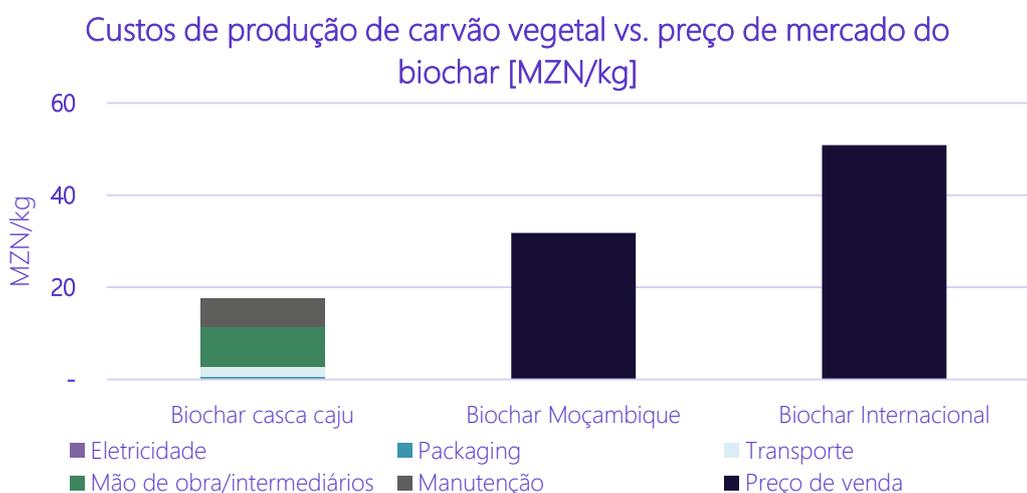


Figura 29. Custo de produção comparativo do biochar de casca de caju versus preço de venda à taxa mínima internacional

Através da pesquisa dos actores do carvão vegetal e do biochar, o Nitidæ identificou um viveiro (Namahita em colaboração com a Norgesvel, AMPCM e GIZ) que produzia mudas de caju e outras, interessado em comprar biochar de casca de caju para integrar no seu substrato de mudas. A ADPP foi posta em contacto com o comprador, treinada na produção de biochar e ajudada a concluir um acordo comercial, tornando-se o primeiro produtor comercial de biochar de caju em Moçambique.

3. Conclusões

As conclusões que se seguem são retiradas da experiência adquirida com este trabalho:

- Em termos de volume, as cascas carbonizadas apenas satisfariam uma parte insignificante da procura.
- Os custos operacionais da produção de carvão vegetal em escala semi-industrial com o equipamento mais moderno não competem com os preços do carvão de lenha em Nampula, apenas em Maputo, onde os sectores produtivos devem ser visados.
- O segmento doméstico e comercial - que inclui as cozinhas coletivas - aprecia as características de combustão dos briquetes, mas:
 - Os utilizadores produtivos procuram preços competitivos, o que é difícil de conseguir numa escala semi-industrial.
 - As alegações ambientais não são uma razão para preferir um combustível verde dispendioso.
 - Existe uma preocupação geral com as questões de qualidade levantadas durante a demonstração e as experiências de teste que exigem uma melhoria do processo de carbonização e a sensibilização dos utilizadores para a qualidade do carvão vegetal (fumo, cheiro ao acender).
- Dado o elevado custo de produção dos briquetes, deve ser considerada uma abordagem específica que dê prioridade aos mercados de primeira qualidade:
 - Briquetes para grelhadores vendidos em supermercados, embora, numa primeira abordagem, a composição dos briquetes de casca deva ser melhorada para atingir a qualidade exigida. A oportunidade de um mercado premium permitiria obter o máximo de benefícios, mas a maturidade do sector ainda é baixa para aceder a este segmento. De facto, existe pouca experiência em Moçambique na carbonização de cascas/briquetes, pelo que os desenvolvimentos devem ser continuados de modo a atingir uma qualidade aceitável.
 - O Biochar, que é um mercado emergente, parece ser uma boa opção para o carvão verde feito a partir de cascas de caju, uma vez que o preço de compra é elevado enquanto o custo de produção é menor do que o dos briquetes. A assinatura de um acordo comercial para o Biochar em Nampula mostra o interesse crescente para a aplicação do biochar em Moçambique, mas também globalmente, onde os interesses para o sector agrícola (produção de culturas, viveiros, ração para o gado, etc.) devem ser investigados mais profundamente para mapear a oportunidade de mercado.
- Tendo em conta os desafios que se colocam à produção de grandes volumes a custos competitivos com equipamento de ponta, poderia ser adequado completar o regime financeiro com subsídios, tributação adequada e financiamento climático.

V. Conclusão geral

Na era da transição energética para energias mais limpas e renováveis, Moçambique está a definir estratégias para apoiar a industrialização verde³⁵. Como este estudo revela, o sector nacional de processamento de caju pode desempenhar um papel relevante na aceleração desta transição, fornecendo combustíveis verdes ao sector industrial. Ao fazê-lo, estabelecer-se-ia uma economia circular, onde as cascas de caju se tornariam um recurso em vez de serem um resíduo dispendioso da indústria de transformação de caju³⁶. A agregação de valor às cascas significaria um benefício adicional para as fábricas de processamento de caju, estimado entre 5% e 13% do custo de aquisição da castanha em bruto (RCN), que é o seu principal custo operacional - preenchendo assim a lacuna de competitividade com os processadores asiáticos.

O melhor cenário para a valorização da casca de caju seria através de uma separação primária do líquido da casca de caju (CNSL) e utilização direta da torta, maximizando assim os benefícios económicos, energéticos e ambientais através da venda dos dois produtos resultantes, CNSL e torta. Estes podem suprir uma parte significativa das necessidades de combustível industrial a nível provincial, nomeadamente na província de Nampula, que de facto apresenta uma alta concentração de processamento de caju (10 das 12 fábricas atualmente em funcionamento).

- O CNSL extraído na província de Nampula poderia fornecer cerca de 30% da procura provincial de combustíveis líquidos industriais de Nampula (uma procura total estimada de 24 240 tep³⁷ por ano). Em Maputo, a procura é menor, mas o CNSL disponível na única fábrica próxima poderia fornecer cerca de 50% das necessidades estimadas. Uma fábrica de processamento de CNSL poderia vender localmente com uma margem de lucro entre 70 e 350 USD/t, o que equivale a 18 e 57 USD/t RCN. A utilização total deste novo biocombustível a nível nacional evitaria anualmente cerca de 24 000 toneladas de equivalente CO₂.
- Quase todo o consumo de lenha para usos produtivos na província de Nampula poderia ser substituído pela mudança para a torta. Em Maputo, a torta de casca poderia beneficiar as PMEs que atualmente dependem da lenha, como as padarias. Ao vender a torta a um custo indicativo de 1 MZN/kg, os processadores do CNSL obteriam uma margem de lucro adicional de 16 USD/t de torta, o que equivale a 8 USD/t de RCN. Se todo o potencial da torta de casca fosse utilizado em substituição da madeira não sustentável, seriam evitadas anualmente 19 000 toneladas de equivalente CO₂.
- **Alternativamente, o caminho da carbonização parece complexo e pouco rentável atualmente, devido à concorrência insustentável do carvão vegetal**, especialmente no Norte. Em Maputo, os preços permitem uma janela de margem estreita. Os pequenos utilizadores produtivos e os agregados familiares seriam o alvo, e os primeiros deveriam ser priorizados. No entanto, no futuro, com o aumento previsível dos preços da madeira ou do carvão vegetal, e desde que sejam alcançadas melhorias técnicas e economias de escala, esta situação poderá mudar.

A opção do biochar está a surgir e, embora promissora do ponto de vista económico, da circularidade e da atenuação/adaptação às alterações climáticas, é necessário desenvolver conhecimentos sobre a adequação do carvão de cascas para a correção do solo.

³⁵ <https://www.diarioeconomico.co.mz/2023/07/03/oilgas/energia/cop28-mocambique-prepara-plano-estrategico-para-o-inicio-da-transicao-energetica/>

³⁶ A partir de 100 kg de castanha de caju, são gerados cerca de 70% de resíduos de casca de caju

³⁷ toneladas de petróleo equivalente

Atualmente, apenas um terço dos volumes de subprodutos atingíveis está disponível, uma vez que a maioria das cascas ainda não recebe qualquer valor acrescentado. **Atingir níveis mais elevados de trituração da casca para extração de CNSL em Moçambique é hoje a principal barreira para o estabelecimento de uma economia circular de biocombustíveis para o sector produtivo.** Promover o caso moçambicano e atrair actores privados para investir na extração da casca deve ser o primeiro desencadeamento para libertar este potencial inexplorado. A capacidade de investimento dos processadores de caju, no entanto, é muito pequena e todos os anos é limitada pela necessidade de adquirir o RCN. Há espaço para novos actores virem investir neste novo sector da bioenergia. Alguns resumos sobre as oportunidades específicas de investimento podem ser encontrados em [Anexo 7](#).

Do lado dos consumidores de combustível, podem existir desafios tecnológicos relacionados com a adoção de tecnologias de combustão adequadas. A oportunidade financeira da mudança de combustível pode melhorar significativamente, tanto para o comprador como para o fornecedor de tortas, se são tidos em conta os impactos climáticos. O financiamento climático constitui uma oportunidade, uma vez que os serviços ambientais poderiam ser remunerados e incentivar a utilização de CNSL e de torta como biocombustíveis.

VI. Anexos

- Annex 1.** Ficha de informação: Combustível CNSL
- Annex 2.** Ficha técnica: Combustível para tortas da Shell
- Annex 3.** Ficha de informação: Carvão vegetal
- Annex 4.** Processo de extração do CNSL
- Annex 5.** Funcionamento de um pirolisador de caju de alto poder calorífico
- Annex 6.** Carvão vegetal: produção e mercado em Moçambique
- Annex 7.** Briefs de investimento para a valorização da casca de caju
- Annex 8.** Lista de entrevistados

Anexo 1. Ficha técnica: Combustível CNSL



Quê é o CNSL

A castanha de caju contém uma casca espessa contendo um líquido vegetal nos seus poros. Este é chamado Líquido de Casca de Caju, ou CNSL. Da casca de caju pode se extrair cerca de 20% de CNSL. O CNSL é um líquido inflamável e, como tal, pode ser utilizado como biocombustível. A energia renovável incorporada no CNSL pode ser aproveitada através de um queimador de combustível.

O CNSL está abundantemente disponível em Moçambique, em torno dos pontos de processamento do caju (províncias de Nampula, Cabo delgado e Inhambane). É um substituto rentável dos combustíveis clássicos graças à sua origem local e ao seu baixo preço, sendo tão baixo como 50% mais barato do que os combustíveis à base de petróleo.

Especificações CNSL vs combustíveis minerais:

Especificações	CNSL	Fuelóleo pesado 180 (HFO180)	Óleo de motor usado	Petróleo iluminante	Diesel (gasóleo)
Densidade 15°C (kg/L)	0,93 - 0,96	0,92 - 0,99	0,88 - 0,95	0,78 - 0,81	0,82 - 0,89
Viscosidade 40°C (cSt)	55 - 88	80-180 (50°C)	105 - 202	1 - 2	1,6 - 5,9
Ponto de inflamação (°C)	>193	>66	128 - 236	>40	> 61
Valor Calorífico LHV (kJ/kg)	>37 000	>40 000	40 000	42 890	45 000
Teor de cinzas (%)	<1	< 0,10	>1	<	-
Teor de água (%)	< 1	< 0,5	n/d	-	-
Teor de enxofre (%)	<0.01	<1	0.02 - 0.94	<0.15	0.04 - 0.2
Índice de acidez (mg KOH/g)	> 32	< 2,5	2.10 - 16.0	n/d	4,32

O CNSL pode substituir os combustíveis clássicos e outros óleos residuais ou vegetais utilizados como combustível. O seu poder calorífico é semelhante ao dos combustíveis atualmente comercializados, sendo próximo de 40 MJ/kg. A principal característica do CNSL é a sua elevada viscosidade, tornando-o apenas adequado para utilização sem modificação no equipamento de combustão adaptado a combustíveis viscosos, tais como combustíveis pesados (HFO) ou óleos minerais.

Queimador

O papel do queimador é misturar corretamente o combustível líquido com as proporções necessárias de ar, e manter esta mistura em condições inflamáveis, a fim de produzir uma chama estável para fins de aquecimento. O queimador desempenha um papel proeminente na qualidade da combustão, sendo assim também responsável pela emissão de poluentes, fuligem ou fumos visíveis. O queimador deve ser adaptado às propriedades específicas de cada combustível.

Todo o equipamento de combustão (caldeira, forno, torrefação, etc.) pode ser facilmente adaptado ao uso de CNSL, bastando para isso selecionar um queimador adequado. As gamas de queimadores são adaptadas a cada necessidade de aquecimento. Existem queimadores adaptados ao CNSL, que incluem um pré-aquecedor para baixar a viscosidade. A gama de potência é também muito grande: 100 kW a 10.000 kW, correspondendo a 10-1.000 L/hora de consumo de combustível.



Todo o equipamento de combustão (caldeira, forno, torrefação, etc.) pode ser facilmente adaptado ao uso de CNSL, bastando para isso selecionar um queimador adequado. As gamas de queimadores são adaptadas a cada necessidade de aquecimento. Existem queimadores adaptados ao CNSL, que incluem um pré-aquecedor para baixar a viscosidade. A gama de potência é também muito grande: 100 kW a 10.000 kW, correspondendo a 10-1.000 L/hora de consumo de combustível.

Nitidæ trabalha na promoção de produtos à base de casca de caju em África. Prestamos aconselhamento técnico sobre biocombustíveis sólidos e líquidos, resinas e outros derivados de produtos à base de cascas de caju. O nosso papel é aconselhar os produtores e consumidores locais, e criar ligações entre eles, encorajando a economia circular.

Para qualquer consulta, contacte-nos: j.artigassancho@nitidae.org - +258 870043558 - Maputo, Av. Agostinho Neto, N°16.

Anexo 2. Ficha técnica: Combustível de casca de caju desengordurada



O que é o cake de casca de caju

A casca da castanha de caju contém um líquido vegetal nos seus poros. A isto chama-se líquido da casca da castanha de caju, ou CNSL. Cerca de 20% do CNSL pode ser extraído da casca da castanha. O restante resíduo sólido chama-se torta, Cake de casca de caju, ou simplesmente *cake*.

As cascas de caju pois o cake são abundantemente disponíveis em Moçambique, em torno dos pontos de transformação de caju (províncias de Nampula, Cabo delgado e Inhambane). O cake é um substituto rentável da lenha, graças à sua origem local e ao seu baixo preço. Um teor mínimo de óleo restante torna o cake adequado para uso como combustível na combustão industrial.

Especificações da torta de casca (cake) versus lenha:

Especificações	Cake	Mangüfera indica (mangueira)	Pterocarpus angolensis (Umbila)	Milletia stuhlmannii (namipiri)
Densidade (ton/m ³)	0,48	0,75	0,54	0,89
Valor Calorífico (LHV) a 20% de humidade (kJ/kg)	16 370*	15 331	16 891	16 569
Valor calorífico (LHV) a 0% de humidade (kJ/kg)	17 136	17 830	19 809	19 410
Teor de cinzas (%)	2%	3%	1%	1%
Teor de água (%)	< 10%	20 – 50%	20 – 50%	20 – 50%
Teor residual de óleo	<12%	-	-	-

*o cake tem sempre <10% de humidade. O valor apresentado é o menor valor calórico à maior humidade possível

O cake é uma biomassa de alto teor energético e acende-se rapidamente. É adequado para ser utilizado como combustível direto ou misturado com outros combustíveis (seja madeira ou resíduos agrícolas). O cake pode ser usado como combustível em caldeiras, fornos, produção de telhas e produção de energia elétrica.

É um combustível disponível durante o ano todo, a partir de processadores de caju vizinhos. Em comparação com a lenha, o seu teor de humidade não depende da estação do ano. Assim, o seu conteúdo calórico é estável no tempo.

Queimador

Um forno bem concebido pode reduzir a quantidade de cake necessária, bem como o fumo quando queima de forma limpa. Contudo, em alguns casos não é fácil modificar ou mudar o forno: neste caso, uma solução segura é adotar um queimador de biomassa.

O papel do queimador é misturar corretamente o combustível de biomassa com as necessárias proporções de ar, e manter esta mistura a fim de produzir uma chama estável para fins de aquecimento. O queimador desempenha um papel proeminente na qualidade da combustão, sendo assim também responsável pela emissão de poluentes, fuligem ou fumos visíveis.



Todo equipamento de combustão (caldeira, forno, torrefator, etc.) pode ser facilmente adaptado à utilização de cake, selecionando um queimador adequado. Gamas específicas de queimadores são adaptadas a cada necessidade de aquecimento.

Quer vê-lo a funcionar? Pesquise "cashew shell burner" no  **YouTube** e descobrirá!

Nitidæ trabalha na promoção de produtos à base de conchas de caju em África. Prestamos aconselhamento técnico sobre biocombustíveis sólidos e líquidos, resinas e outros derivados de produtos à base de cascas de caju. O nosso papel é aconselhar os produtores e consumidores locais, e criar ligações entre eles, encorajando a economia circular.

Para qualquer consulta, contacte-nos: j.artigassancho@nitidae.org - +258 870043558 - Maputo, Av. Agostinho Neto, N°16.

Anexo 3. Ficha de informação: Carvão vegetal

O que é o carvão de casca de caju

As cascas de caju estão disponíveis em abundância em Moçambique, em torno dos pontos de processamento de caju (províncias de Nampula, Cabo delgado e Inhambane). A carbonização da casca é uma alternativa à extração do CNSL. Ao carbonizar, todo o CNSL corrosivo é volatilizado e o material lenhoso transforma-se num carvão verde.

A carbonização da torta de casca desengordurada (*cake*), após a extração de CNSL, também é possível com equipamento adequado e em grande escala.

Uma vez carbonizadas, as cascas ou o bagaço podem ser moídos e compactados para produzir briquetes. Estes briquetes de carvão verde são um substituto eficaz do carvão de lenha, graças às suas excelentes características de combustão.



Parâmetros do combustível

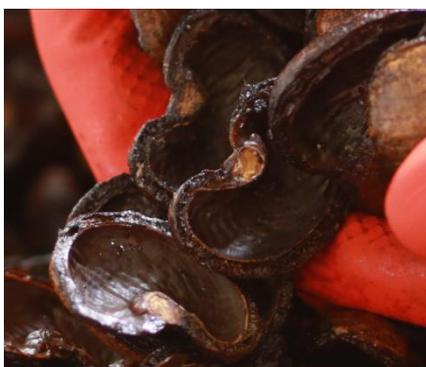
Especificações	Poder calorífico líquido 0% de humidade (kJ/kg)	Densidade aparente (kg/m) ³	Teor de humidade (%)	Matérias voláteis (%)	Carbono fixo (%)	Teor de cinzas (%)
Briquetes de casca de caju	25 000	409	5%	15%	69%	17%
Carvão vegetal	30 800	349	3%	16%	80%	4%

Os briquetes de casca de caju são mais densos do que o carvão vegetal e ardem lentamente, com uma chama segura. Devido ao maior teor de cinzas e, eventualmente, à carbonização irregular, pode aparecer algum fumo com um cheiro característico a caju. Recomenda-se que o fogo seja aceso num espaço aberto e que não se fique exposto a estes fumos.

Como o resíduo da casca de caju está disponível durante todo o ano, os briquetes podem ser produzidos numa base contínua. Uma linha de produção de briquetes inclui equipamento de carbonização (como o forno de pirólise H2CP), um moinho, equipamento de mistura e de briquetagem. A rentabilidade de um negócio deste tipo depende fortemente da otimização dos custos de funcionamento, ou seja, da garantia de produção máxima com equipamento adequado e robusto. Se as emissões de fumo forem resolvidas, os briquetes de carvão vegetal poderão ser vendidos a preços mais elevados, como nos supermercados.

Biochar

O carvão vegetal de caju pode ser utilizado como corretivo do solo. A estrutura alveolar natural da casca do caju cria vazios milimétricos, quando carbonizada, que podem apresentar propriedades interessantes, melhorando a estrutura do solo. Atualmente, o biochar é comercializado a preços muito elevados devido ao seu potencial adicional como sumidouro de carbono.



Para qualquer consulta, contacte-nos: j.artigassancho@nitidae.org - +258 870043558 - Maputo, Av. Agostinho Neto N°16.

Anexo 4. Processo de extração do CNSL

Para obter CNSL de qualidade comercial, devem ser seguidos vários passos.

As extrusoras mecânicas - prensas de rosca para óleo - são as mais utilizadas a nível industrial para separar o líquido da casca de caju. O líquido é recolhido num dos lados e a torta sólida desengordurada no outro lado da prensa. O CNSL obtido através deste processo é rico em ácido anacárdico e é designado por **CNSL natural ou bruto**.

O ácido anacárdico decompõe-se naturalmente, libertando alguma quantidade de gás inerte (CO_2). Quando isto acontece, a molécula de ácido transforma-se em cardanol, uma molécula estável. Este decaimento deve ser completamente terminado para que o CNSL possa ser armazenado em condições seguras. Assim, o CNSL bruto é aquecido num reator durante várias horas a temperaturas de cerca de 140°C para obter CNSL técnico (CNSL-T) graças à conversão térmica acelerada do ácido anacárdico em cardanol. O CNSL-T resultante é, portanto, rico em cardanol e pobre em ácido anacárdico.

É efetuada uma decantação e filtração final para remover quaisquer lamas e partículas do CNSL. O rendimento global CNSL/casca é de cerca de 20%.

Este CNSL-T, estável, é o CNSL que é normalmente produzido e utilizado na indústria. Embora se fale de CNSL neste documento, estaremos de facto a falar de CNSL-T, pois este é o produto convencional. O grau técnico de CNSL é suficiente para ser queimado em queimadores adaptados. Em todo o caso, uma refinação fina do CNSL para minimizar a viscosidade, a acidez e o teor de cinzas permite obter um melhor valor de venda.

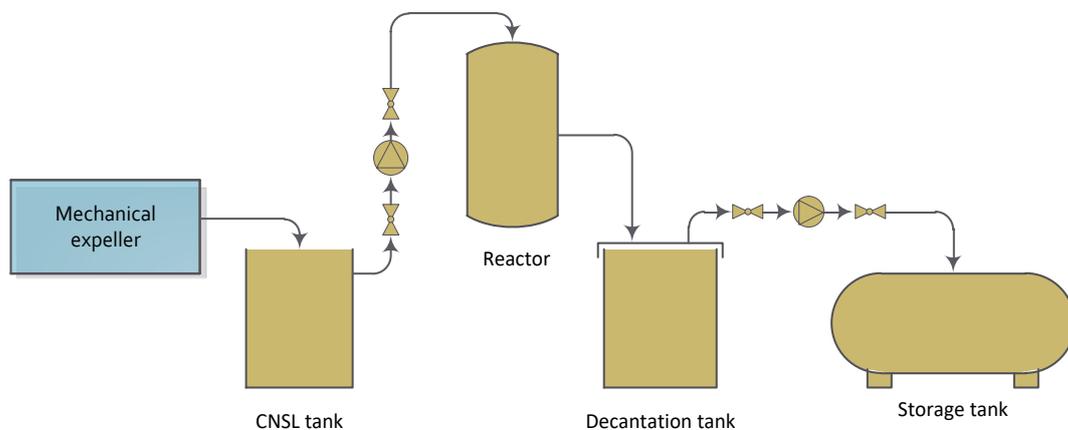


Figura 30. Processo simplificado de extração de CNSL.

A simplicidade do processamento do CNSL permite que a mesma fábrica de caju produza e venda o combustível diretamente ao consumidor (sem necessidade de intermediários, apenas um camião-cisterna).

O investimento de capital em maquinaria situa-se entre 250.000 e 500.000 dólares americanos para uma capacidade de produção de base de 2.000 toneladas de CNSL por ano.

Anexo 5. Funcionamento de um pirolisador de caju de alto poder calorífico

High Calorific Cashew Pyrolyser (H2CP)

Safely burn shells and generate clean energy in your factory



Features:

- **Inlet:** 700-1000 kg shells in 8h
- **Fire power:** 250 kW → steam generation up to 300 kg steam/h,
- **Environmentally friendly:** conversion of 25% shell waste thanks to the pyrolysis technology
- **Reduction of air pollution:** no acrid fumes anymore
- **Energetic by-product:** H2CP produces 10 to 15% charcoal, locally consumed for cooking or used as soil amendment

Mastered, appropriate technology for African context:

- **Local know-how,** materials and maintenance: your project managed by African technicians, from A to Z.
- **Robust technology:** easy maintenance, no electric elements
- **Same staff requirements** than a conventional boiler setup
- **Adapted to factories** at small and medium-scale: up to 5000 tons RCN/year
- **Adaptable to other industries:** dried fruits, vegetable oil refining...
- **More than 20 factories** already installed a H2CP in Africa and are satisfied

When used as a combustion device to substitute wood of fossil fuels,
Return on Investment (RoI) is only a few months!
Shells become a cheap, no-harm fuel

How does it work?

- Shells are easily fed from the top hopper, accessible from the boiler platform
- Into the pyrolysis oven, shells are pyrolysed, and evacuate a rich fuel gas (containing CO, CH₄, C₂H₆...). Gases are burn straight into the boiler firebox.
- No CNSL leaking. Harmful components are volatilized and burnt in the boiler
- The by-products are carbonised shells, recovered at the end of the batch.
- Charcoal obtained is smokeless and lights quickly (LHV 24,7 MJ/kg at 10% moisture)

Key figures (case of connection of boiler to cashew steaming only):

Start-up time: 4 minutes

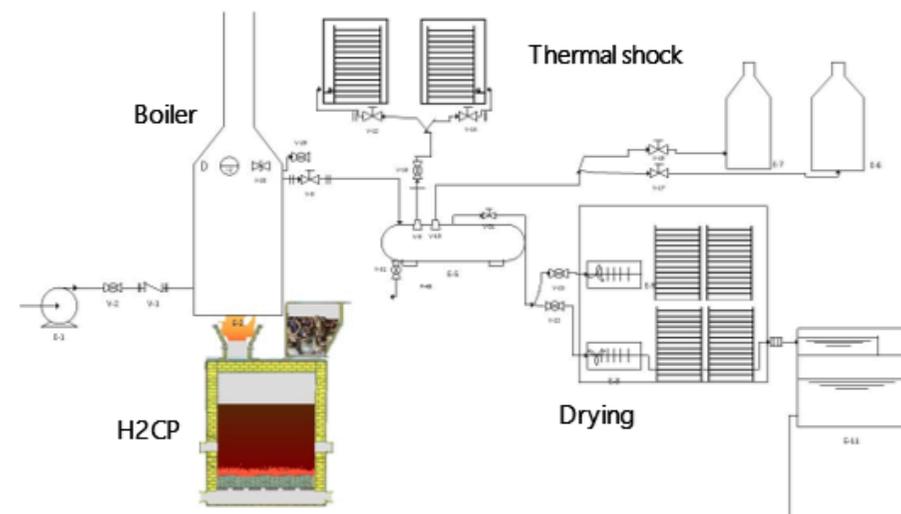
Volume of RCN cooked: 6.8 tons in 8h (85 bags)

Volume of shells converted: 700 kg in 8h

Volume of charcoal produced: 105 kg thus 15% yield



+Important reduction of acrid fumes, until complete elimination



Typical connection scheme for cashew processing

Anexo 6. Carvão verde: produção e mercado em Moçambique

Durante décadas, foram exploradas várias iniciativas para reduzir os impactos ambientais da produção e utilização do carvão vegetal, incluindo a melhoria das técnicas de carbonização, a melhoria dos fogões e a introdução de combustíveis mais eficientes, como o GPL. Uma das soluções exploradas desde os anos 2000 é a substituição da matéria-prima madeira por outra biomassa, de origem renovável, a ser utilizada como substituto direto do carvão de lenha. Este tipo de produto é designado por **carvão verde**.

Do lado do utilizador, a introdução do carvão verde não exige qualquer alteração do aparelho de combustão (na maioria dos casos, um fogão) e apresenta a vantagem de acrescentar valor aos resíduos, criando assim uma cadeia de valor circular a nível local, ao mesmo tempo que diminui diretamente a pressão sobre os recursos florestais. No entanto, do lado do fabricante, o carvão vegetal a partir de biomassa residual necessita de uma cadeia de abastecimento e produção organizada. As principais questões da produção de carvão verde são as seguintes

1. **A necessidade de adaptar o processo de carbonização à matéria-prima de entrada**, o que exige um certo conhecimento técnico. A carbonização é frequentemente o ponto de estrangulamento do processo, uma vez que a capacidade de produção depende diretamente dos volumes de saída da carbonização. Os carbonizadores simples, de nível básico, podem carbonizar 50 a 100 kg de matéria-prima, enquanto os formatos mais elaborados podem suportar várias centenas de kg por lote ou mesmo trabalhar numa base contínua. Dependendo do material, a carbonização leva de alguns minutos a várias horas. Na maioria das unidades moçambicanas de processamento de caju, as cascas são produzidas quase todos os dias a uma taxa de várias toneladas por dia, o que exige vários reactores simples a trabalhar em paralelo ou um grande em alimentação contínua.
2. **O trabalho adicional e as necessidades de investimento em equipamento de transformação**, em comparação com o caso normal da produção de carvão vegetal de madeira. O fabrico de carvão vegetal necessita de um investimento de capital e requer factores de produção adicionais, tais como um aglutinante e água. Tendo em conta os grandes volumes de resíduos de casca/torta de caju a carbonizar, vale a pena investir em equipamento robusto e automático.
3. **Os eventuais desafios na garantia de fornecimentos regulares de matérias-primas**. A disponibilidade de biomassa residual é fundamental, pelo que a localização do local de carbonização é importante para não incorrer em custos de transporte elevados. Algumas matérias-primas estão geograficamente dispersas, enquanto outras podem estar disponíveis apenas em determinadas alturas do ano. No caso da casca e da torta de caju, estão facilmente disponíveis nas imediações das fábricas, o que constitui um local ideal para estabelecer a unidade de carbonização.

Vários fabricantes de carvão vegetal em Moçambique foram entrevistados com um duplo objetivo: registar as suas aprendizagens e avaliar a sua disponibilidade e o seu interesse em incluir a casca ou a torta de caju como matéria-prima.

- **Verde África (Maputo)**. Estabelecida desde 2018, a Verde África desenvolveu uma cadeia de produção de 40 toneladas por mês de carvão vegetal com base no pó de carvão de lenha residual, disponível em grandes pontos de distribuição de carvão em Maputo. O pó de carvão vegetal é misturado com resíduos de mandioca e suas cascas - ricos em amido - e água, e introduzido numa prensa de parafuso (extrusora). Depois de secos ao sol, os briquetes são acondicionados em sacos

de PP e entregues aos utilizadores. Como não há etapa de carbonização, o principal custo é o transporte das matérias-primas e dos produtos.

Inicialmente, a Verde África orientou o seu produto para os clientes da restauração. No entanto, devido à escolha do aglutinante, os briquetes resultantes são bastante friáveis, o que constitui um inconveniente, especialmente durante a cozedura, uma vez que o carvão deve ser agitado de vez em quando para aumentar a combustão. Além disso, os briquetes geram um fumo incómodo que é considerado incómodo por alguns dos clientes iniciais, o que diminuiu a sua fidelidade. Atualmente, o produto é inteiramente vendido a um número reduzido de criadores de galinhas, que o utilizam para aquecer os galinheiros durante as noites frias. Estes compradores não estão preocupados com o fumo ou a fragilidade e compram o carvão verde a um preço inferior ao do carvão de lenha.

A Verde África declarou que só começaria a ser rentável a partir de 2022, quando atingisse a sua capacidade operacional total. Uma vez que a disponibilidade de carvão vegetal em pó é limitada, a empresa teria todo o gosto em assegurar maiores fornecimentos de carvão vegetal em pó para alargar a sua capacidade. Assim, a empresa estaria eventualmente interessada em cascas ou torta de caju carbonizada em pó.



Figura 31. Briquetes de carvão vegetal da Verde África obtidos numa extrusora (à esquerda), depois secos em prateleiras

- **Alif química industrial (Quelimane).** Este produtor de carvão vegetal começou em 2021 a carbonizar cascas de coco e outros resíduos disponíveis em Quelimane, em parceria com a Pedra a pedra, uma empresa inovadora que produz madeira de coco. A atividade principal da Alif química é o fabrico e distribuição de produtos de óleo alimentar.

Uma vez que a biomassa é carbonizada e misturada com o aglutinante (farinha de mandioca), os briquetes são produzidos numa máquina de molde rotativo.

A Alif Química só trabalha ocasionalmente, dependendo da disponibilidade de resíduos de madeira de coco. O diretor mostrou interesse nas cascas de caju, uma vez que estas estão disponíveis durante todo o ano, embora as fábricas de caju estejam a várias centenas de quilómetros de distância, pelo que é muito improvável que o seu fornecimento seja rentável.



Figura 32. Um forno de barril é utilizado para a carbonização de cascas de coco (esquerda). O carvão vegetal moído é depois compactado numa máquina de briquetagem (direita).

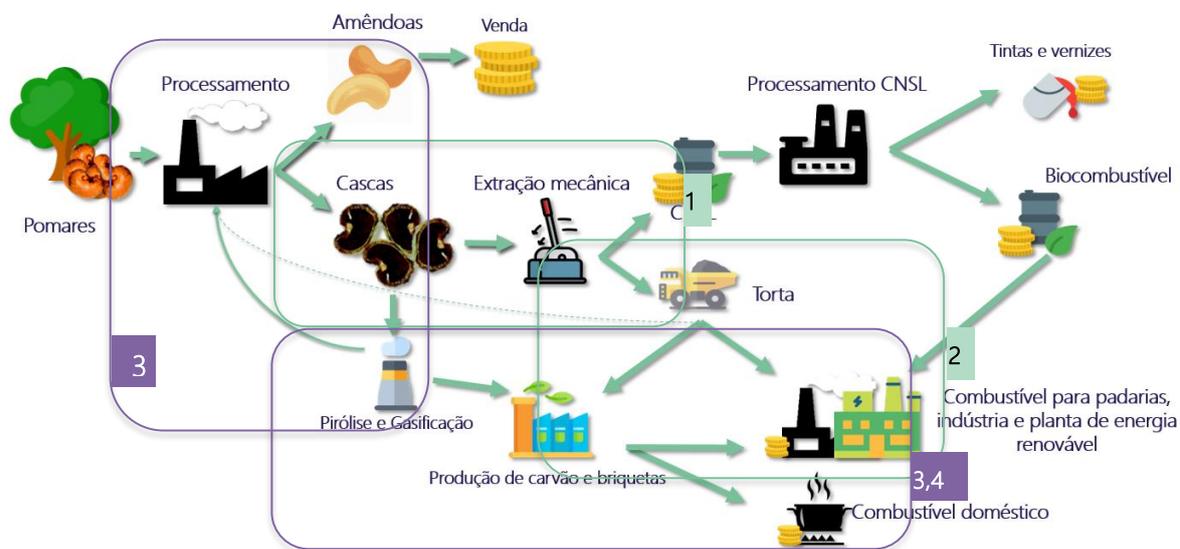
- **Produtores sul-africanos de carvão vegetal de resíduos de madeira.** Existem numerosos produtores de carvão verde de madeira proveniente de plantações de crescimento rápido geridas de forma sustentável na África do Sul. O seu principal objetivo é a produção de madeira para pasta de papel. Os restos da moagem e as qualidades inferiores são redirecionados para a produção de briquetes de carvão verde. Outros utilizam espécies arbustivas invasoras para produzir o seu carvão vegetal. Os fornos de carbonização são reactores fixos com capacidade para várias centenas a algumas toneladas de madeira fresca. Os pedaços mais pequenos de madeira fresca são carbonizados através de um secador contínuo e misturados com pequenas partículas de carvão e pó para serem compactados em briquetes. O principal produtor é a E&C Charcoal, que é o principal fornecedor dos supermercados Spar e Shoprite em Moçambique. Outros fabricantes sul-africanos cujos produtos podem ser encontrados em Moçambique são a Charka e a Safari. Os briquetes sul-africanos são vendidos nos supermercados, aos preços mais elevados do mercado: 87 a 100 MZN/kg. Os gerentes dos supermercados contactados em Nampula e Nacala mostraram um ligeiro interesse nos briquetes de caju e alguns notaram um cheiro característico, que apontaram como potencialmente problemático.



Figura 33. Várias marcas de briquetes de carvão vegetal de origem sul-africana podem ser encontradas nos supermercados de todo o país

Anexo 7. Briefs de investimento para a valorização da casca de caju

Subprodutos da casca: formas de valorizar a energia



1. Extração de CNSL



Hoje em dia, a trituração da casca é uma realidade em Moçambique e o seu potencial ainda não foi atingido, pois muitas fábricas ainda não usam a casca para a extração.

O óleo de casca (CNSL) é ainda muito desconhecido no sector. No entanto, é um excelente protetor da madeira. O óleo de casca e a torta podem ser utilizados em fornos industriais e padarias a preços mais acessíveis do que o gasóleo ou a lenha, respetivamente.



Combustível CNSL na indústria metalúrgica



CNSL para proteção da madeira

Tipo de instalação elegível: Capacidade > 5 000 t RCN/ano; empresa de tratamento de cascas

Potencial do país: 9 100 t CNSL³⁸:

- Substituição de 8 300 t de fuelóleo (HFO para a indústria ou produção de eletricidade)
- 2 500 000 a 5 000 000 dólares americanos por ano obtidos com as vendas do CNSL

29 800 TM torta:

- Abastecimento de toda a procura industrial e produtiva de lenha na província de Nampula
- 500 000 USD por ano de faturação com a venda de tortas

Tecnicidade: Baixa. É efetuado um estudo de mercado. Três unidades de extração atualmente em funcionamento no país.

Limitações atuais: Acesso ao financiamento, conhecimento do sector dos biocombustíveis.

Orçamento: > 500 000 USD/local

Portfólio Nitidæ: Aconselhamento técnico e dimensionamento de instalações de extração de CNSL na África Ocidental

Projetos [Cardoil](#), 2020-2023. [Cashoil](#), 2022-2023. [Coquenstock](#), 2021.

³⁸ Com base em 65 000 TM RCN processados no território, na distribuição geográfica e na dimensão das instalações existentes.

2. Combustível para caldeiras e fornos

A casca e a torta (casca desengordurada após extração do óleo) são combustíveis alternativos à lenha na indústria.

Tipo de fábrica elegível: Fábricas com necessidades térmicas e próximas fábrica de processamento de castanha

O potencial do país: 41 000 t de casca total, das quais apenas 15 400 t são atualmente valorizadas. O potencial total é o equivalente energético de 53 800 TM de lenha que seriam poupadas à combustão, contribuindo para o combate ao desmatamento. Se apenas a torta for considerada, o equivalente de lenha é de 35.500 t, o que equivale a 19.000 toneladas de CO₂ evitadas.

Tecnicidade: Baixa. Já existem alguns alimentadores automáticos no país.

Limitações atuais: Adoção da tecnologia para se adaptar a toda a escala de produção. Necessidade de criar capacidade local de fabrico e de operação/manutenção.

Orçamento: 5 000 - 45 000 USD/unidade (dependendo da caldeira)

Portfólio Nitidæ: Projeto [Promove](#) (2022-2023)



3. H2CP Fornos de pirólise

É a solução mais adequada para a produção limpa de vapor na caldeira em pequenas e médias fábricas de transformação. O forno produz gás de pirólise combustível, adequado para utilização em caldeiras ou fornos; e, paralelamente, carvão de casca de caju, o que proporciona uma primeira experiência com este material que beneficia o pessoal da fábrica e contribui para a redução do desmatamento. O forno também pode fornecer calor a outras fábricas para além das processadoras de caju.

Na África Ocidental, mais de 20 fornos de pirólise foram instalados desde 2013, facilitando um ambiente de trabalho mais saudável nas fábricas ao eliminar a emissão de fumos nocivos produzidos na caldeira.

Tipo de instalação elegível: Capacidade < 5 000 t RCN/ano e caldeira vertical

Potencial do país: 10 700 t de cascas em 6 fábricas de pequena e média dimensão

- 1 700 toneladas de carvão vegetal

- 500 000 - 1 000 000 USD /ano de volume de negócios das vendas de carvão vegetal

Tecnicidade: Baixa. Existe capacidade de fabrico local e experiência na utilização de fornos

Limitações atuais: O forno é acessível para fornecer energia térmica à pequena e meia indústria manufatureira. Se interesse primário no carvão, a limitação é o preço do carvão muito competitivo, necessidade de otimizar os custos.

Orçamento: 6 500 USD /unidade (sem caldeira)

Portfólio Nitidæ: projectos [Cajouvalor](#) (2011-2014), [H2BE](#), (2014-2015), [Agrovalor RCI](#), (2017-2021)



A pirólise no forno pode ser otimizada com o único objetivo de produzir carvão vegetal.

A Nitidæ presta aconselhamento e participa na investigação de soluções adequadas para a valorização da casca em carvão vegetal. O projeto Promove permitiu a instalação de dois fornos de pirólise na fábrica ADPP, com uma capacidade de tratamento de 1 500 kg de casca por carga.



Plataforma de carbonização com dois fornos de pirólise



Biochar
(carvão vegetal moído)



Briquetes de carvão vegetal

Tipo de fábrica elegível: Todas as fábricas que não estejam próximas de bairros sociais

Potencial do país: Até 41.000 t de cascas recuperadas

- 6 100 toneladas de carvão vegetal para 8 300 famílias

- 2 000 000 a 4 000 000 USD/ano de receitas provenientes da venda de carvão vegetal

Tecnicidade, limitações atuais: Meios de comunicação. Tecnologia e estudo de viabilidade *em desenvolvimento*

Orçamento: Dispositivo de 4 fornos 27 000 USD (processamento de 4 toneladas/dia)

Portfólio Nitidæ: Projectos [Pyrocita](#) (2022), [Promove](#) (2022-2023)

4. Gaseificadores para eletricidade e carvão vegetal

Se os volumes de casca forem suficientes, é possível alimentar um sistema de produção de eletricidade em benefício da fábrica. O processo de pirólise à escala industrial, a gaseificação, gera um gás que alimenta um motor de produção de eletricidade. O carvão de casca é também recuperado por este processo.

No Benim e na Costa do Marfim, a Nitidæ está a desenvolver este regime inovador e a estudar as oportunidades de mercado para o carvão verde do gaseificador.

Tipo de instalação elegível: Capacidade > 6 000 t RCN/ano

Potencial do país: 30 200 t de casca recuperada em 6 fábricas de grande capacidade

- 3x250 kW elétricos³⁹ em cada fábrica

- O abastecimento de energia cobre 90% das necessidades, possibilidade de injeção de excedentes nas redes elétricas vizinhas

- 4 500 t/ano de carvão vegetal para 6 100 famílias (a fábrica RCN de 6 000 t produz 630 toneladas/ano)

- 1 430 000 USD a 2 250 000 USD/ano de volume de negócios das vendas de carvão verde

(Fábrica de 6 000 t: 200 000 - 318 000 USD /ano)

Aspetos técnicos: elevado. Requer formação local para o seu funcionamento.

Limitações atuais: Necessidade de estudo prévio, longos períodos de desenvolvimento do projeto (>2 anos).

Orçamento: USD >2 000 000 /unidade

Portfólio Nitidæ: projetos [ElectriCl](#) (2016-2020), [GAZEL](#) (2020-2025)



A Nitidæ trabalha para promover os subprodutos da casca de caju em África. Prestamos apoio técnico em biocombustíveis sólidos e líquidos, resinas e outros derivados da casca. O nosso papel é aconselhar os produtores e consumidores locais, criando ligações entre eles que promovam a economia circular.

Para quaisquer questões, por favor contactar: j.artigassancho@nitidae.org - +258 870043558 - Maputo, Av. Agostinho Neto 16.

³⁹ 3 grupos de 250 kW de potência instalada