

# RELATÓRIO ENERGÉTICO BIOMASSA DO ARROZ

# 2025

E  
D  
I  
T  
O  
R  
A  
  
B  
R  
A  
S  
I  
L  
  
B  
I  
O  
M  
A  
S  
S  
A



**Biochar Agropellets Biocarbono Biometano  
Biogás Briquete Bioenergia Arroz com  
Captura e Armazenamento de Carbono  
Hidrogênio Verde**



# SUMÁRIO EXECUTIVO

## RELATÓRIO ENERGÉTICO

### BIOMASSA DO ARROZ

INTRODUÇÃO.....	13
Declarações Prospectivas	
Apresentação do Relatório Energético Biomassa do Arroz	
Escopo do Relatório Energético Biomassa do Arroz	
Metodologia do Relatório Energético Biomassa do Arroz	
I CULTURA DO ARROZ.....	35
1.1. Cultura do Arroz	
1.2. Cenário da Produção de Arroz no Brasil	
1.3. Resíduos gerados na cultura do Arroz	
1.4. Metodologia de Cálculo dos Resíduos da Cultura do Arroz	
1.5. Composição Físico-química da Biomassa do Arroz	
II DADOS EMPRESARIAIS DA CULTURA DO ARROZ.....	50
2.1. Mercado Empresas de Cultivo do Arroz	

- 2.1.1. Empresas no Brasil que atuam no cultivo do Arroz
- 2.1.2. Macrolocalização e Mercado do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz
- 2.1.3. Diagnóstico do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz- Mercado Empresarial
  - 2.1.3.1. Macrolocalização e Quantitativo de Empresas do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz
  - 2.1.3.2. Macrolocalização e Quantitativo de Empresas do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz por Estados
  - 2.1.3.3. Macrolocalização e Quantitativo de Empresas Setor Brasileiro Cultivo do Arroz Maiores Municípios
  - 2.1.3.4. Dados Societários das Empresas do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz
  - 2.1.3.5. Porte Empresarial das Empresas do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz
  - 2.1.3.6. Regime tributário das Empresas do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz
  - 2.1.3.7. Tempo de Abertura das Empresas do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz
  - 2.1.3.8. Capital Social das Empresas do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz
  - 2.1.3.9. Dados de Faturamento das Empresas do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz
  - 2.1.3.10. Dados de Trabalho das Empresas do Setor Brasileiro Cultivo do Arroz

### III ROTAS CONVERSÃO DA BIOMASSA DO ARROZ.....65

#### 3.1. Rotas de Conversão da Biomassa do Arroz

##### 3.1.1 Pré-Tratamento e Preparação da Biomassa do Arroz

- 3.1.1.1 Pré-tratamento da Térmico
- 3.1.1.2 Pré-tratamento por explosão de vapor
- 3.1.1.3 Pré-tratamento por micro-ondas
- 3.1.1.4. Pré-tratamento por água quente líquida.
- 3.1.2 Secagem da Biomassa do Arroz
  - 3.1.2.1. Secadores de Tambores Rotativo
  - 3.1.2.2. Secadores de Pás de Biomassa
  - 3.1.2.3. Secadores de Leito Fluidizado de biomassa
  - 3.1.2.4. Secador de Esteira de Biomassa
  - 3.1.2.5. Secadores de Bandeja
  - 3.1.2.6. Secadores Flash.
  - 3.1.2.7. Secadores de Vapor Superaquecido
  - 3.1.2.8. Secadores de Cascata
  - 3.1.2.9. Principais Componentes de um Secador de Biomassa.
  - 3.1.2.10. Critérios de Seleção de Secador de Biomassa
- 3.1.3. Moagem da Biomassa do Arroz

#### IV TECNOLOGIAS CONVERSÃO DA BIOMASSA DO ARROZ.....77

- 4.1. Tecnologias de Conversão da Biomassa do Arroz
  - 4.1.1. Biocombustíveis Líquidos
  - 4.1.2. Biocombustíveis Gasosos

- 4.1.3. Biocombustíveis Sólidos
- 4.1.4. Conversão Termoquímica da Biomassa do Arroz
- 4.1.5. Pirólise ou Carbonização da Biomassa do Arroz
- 4.1.6. Liquefação Hidrotérmica da Biomassa do Arroz
- 4.1.7. Gaseificação da Biomassa do Arroz
  - 4.1.7.1. Gaseificador de Leito Fixo
  - 4.1.7.2. Gaseificador Updraft
  - 4.1.7.3. Gaseificador Downdraft
  - 4.1.7.4. Gaseificador de Leito Fluidizado
- 4.1.8. Combustão da Biomassa do Arroz
- 4.1.9. Cogeração da Biomassa do Arroz
- 4.1.10. Torrefação da Biomassa do Arroz
- 4.1.11. Incineração da Biomassa do Arroz
- 4.1.12. Conversão Biológica da Biomassa do Arroz
  - 4.1.12.1. Fermentação
- 4.1.13. Digestão Anaeróbica da Biomassa do Arroz
- 4.1.14. Compostagem Aeróbica
- 4.1.15. Conversão Bioquímica da Biomassa do Arroz
  - 4.1.15.1. Hidrólise
  - 4.1.15.2. Transesterificação

4.1.15.3. Gaseificação de Água Supercrítica

4.1.15.4. Liquefação da Biomassa do Arroz

4.1.15.5. Craqueamento

4.1.16. Conversão Física da Biomassa do Arroz

4.1.16.1. Briquetagem

4.1.16.2. Extração

4.1.16.3. Destilação

4.1.16.4. Peletização da Biomassa do Arroz

4.1.17. Tecnologias Híbridas da Biomassa do Arroz

V TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS DA BIOMASSA DO ARROZ.....165

Biochar Biomassa Arroz .....165

5.1. Diretrizes Gerais do Biochar

5.1.1. Pirólise da Biomassa do Arroz

5.1.3. Composição do biochar do Arroz

5.1.4. Utilização de biochar à base da biomassa do Arroz para diferentes aplicações

5.1.5. Remediação de poluentes

5.1.6. Biochar à base da biomassa do Arroz na adsorção de CO<sub>2</sub>

5.1.7. Biochar à base da biomassa do Arroz como aditivo em compósitos

5.1.8. Biochar à base da biomassa do Arroz como catalisador

5.1.9. Biochar à base da biomassa do Arroz na construção civil	
5.1.10. Biochar à base da biomassa do Arroz em corretivos de solo	
5.1.11. Utilização de técnica analítica na caracterização de biochar da biomassa do Arroz	
5.1.12. Extrato Pirolenhoso	
5.1.13. Vinagre de Madeira	
Biocarbono Biomassa Arroz .....	185
5.2. Biocarbono Biomassa do Arroz	
5.2.1. Aspectos Gerais Biocarbono Biomassa do Arroz	
5.2.2. Biocarbono de Alta Eficiência	
5.2.3. Biocarbono Energético	
5.2.4. Tecnologia da Pirólise de Alta Temperatura	
5.2.5. Aplicações do Biocarbono em Processos de Fabricação de Aço	
5.2.6. Bio-óleo	
5.2.7. Gás de síntese	
Biogás e Biometano Biomassa Arroz .....	205
5.3. Biogás	
5.3.1. Digestão Anaeróbica da Biomassa do Arroz	
5.3.2. Limpeza de Biogás	
5.3.3. Atualização de Biogás	

5.3.4. Tipos de Substratos Biomassa do Arroz	
5.3.5. Logística e Avaliação dos Substratos	
5.3.6. Sistema de Purificação de Biogás e Geração de Biometano	
5.3.7. Produção de Biometano	
5.3.8. Produção CO2 Industrial	
5.3.9. Produção de Amônia Verde	
5.3.10. Biometano e Ecologização da Rede (Gás Natural Verde)	
5.3.11. Biometano do Arroz e Captura e Armazenamento de Carbono	
Agropellets Biomassa Arroz .....	248
5.4. Indústria 4.0 Modular de Produção AgroPellets Biomassa do Arroz	
5.4.1. Modularização Industrial de AgroPellets Biomassa do Arroz	
5.4.2. Diretrizes Gerais da Tecnologia Modular e Compacta de Produção AgroPellets Biomassa do Arroz	
5.4.3. Sistema Modular de Produção de AgroPellets Biomassa do Arroz – Linha de Equipamentos	
5.4.3.1. Facilidade de operação funcional	
5.4.3.2. Facilitação da gestão de produção industrial e de qualidade AgroPellets Biomassa do Arroz	
5.4.3.3. Controle na gestão de manutenção da produção AgroPellets Biomassa do Arroz	



- 5.4.3.4. Controle na gestão de estoque e logística da produção AgroPellets Biomassa do Arroz
- 5.4.3.5. Gestão de produção pela inovadora tecnologia compacta e modular
- 5.4.3.6. Gestão energética com a tecnologia compacta e modular
- 5.4.3.7. Inovadora tecnologia industrial de produção AgroPellets Biomassa do Arroz
- 5.4.3.8. Tecnologia industrial com uma linha de crédito internacional no Brasil
- 5.4.4. Linha de Equipamentos Tecnologia Compacta e Modular AgroPellets Biomassa do Arroz
- 5.4.5. Linha de Crédito Internacional dos Equipamentos Produção AgroPellets Biomassa do Arroz
  
- AgroBriquete Biomassa do Arroz.....265
- 5.5. AgroBriquete Biomassa do Arroz
  - 5.5.1. Processo Industrial de Briquetagem
  - 5.5.2. Desenvolvimento Unidade Industrial de AgroBriquete Biomassa do Arroz
  - 5.5.3. Cominuição Industrial
  - 5.5.4. Processo de Peneiramento e Granulometria
  - 5.5.5. Processo de Secagem Industrial
  - 5.5.6. Exaustão e Depósito de Matéria-Prima Seca
  - 5.5.7. Processo Industrial de Briquetagem

5.5.8. Armazenamento

5.5.9. Expedição e Entrega do AgroBriquete Biomassa do Arroz

Captura e Armazenamento de Carbono e Bioenergia do Arroz.....280

5.6. Bioenergia do Arroz com Captura e Armazenamento de Carbono

5.6.1. Opções Tecnológicas para Remoção de CO<sub>2</sub>

5.6.2. Uso de Biomassa do Arroz para BECCS

5.6.3. Tecnologias Captura e Armazenamento de Carbono de Bioenergia

5.6.4. Conversão de Biomassa do Arroz

5.6.5. Tecnologias Avançadas de Conversão

5.6.6. Tecnologias de Captura de CO<sub>2</sub>

5.6.7. Desafios e Impactos da Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono

5.6.8. Desafios e Barreiras para a Implantação da Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono

5.6.9. Benefícios e Impactos da Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono

Hidrogênio Baixo Carbono Biomassa do Arroz .....295

5.7 Hidrogênio Verde

5.7.1. Diretrizes gerais do Hidrogênio Verde

5.7.1.1. Características do Hidrogênio Verde

- 5.7.1.2. Classificação e Produção do Hidrogênio Verde
- 5.7.1.3. Distribuição do Hidrogênio Verde
- 5.7.1.4. Consumo do Hidrogênio Verde
- 5.7.1.5. Potenciais Aplicações de Hidrogênio Verde
- 5.7.1.6. Perspectivas de Custo de Produção e Distribuição do Hidrogênio Verde
- 5.7.2. Tecnologia de Produção do Hidrogênio Verde
- 5.7.3. Hidrogênio Verde como agente complementar
- 5.7.4. Hidrogênio Verde e Captura e Armazenamento de Carbono
- 5.7.5. Hidrogênio Verde como Combustível de Baixo Carbono

BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA ENGENHARIA TECNOLOGIA.....330

Relatório Energético Biomassa Arroz

Catálogo na Fonte Brasil.

Brasil Biomassa e Energia Renovável. Curitiba. Paraná. Edição 2025

Conteúdo: 1. Análise de Produção e de Disponibilidade Biomassa do Arroz no Brasil 2. Rotas de Conversão Energética da Biomassa do Arroz. 3. Análise Mercado de Produção e Disponibilidade Biomassa do Arroz . 4. Biochar (extrato pirolenhoso e vinagre da madeira) Biomassa do Arroz para Sequestro de Carbono, Fertilizante Ecológico e para Agricultura Regenerativa 5. Biocarbono (bio-óleo e gás sintético) Biomassa do Arroz como combustível industrial (Alumínio, Cerâmica, Cimentos e Siderúrgica) 6. Biometano/Gás Natural Verde Biomassa do Arroz 7. Agropellets Carbono Neutro Biomassa do Arroz 8. Briquete Ecológico da Biomassa do Arroz 9. Bioenergia Arroz com Captura e Armazenamento de Carbono 10. Sistemas de Cogeração de Biomassa do Arroz 11. Hidrogênio Baixo Carbono Biomassa Arroz II. Título. CDU 621.3(81)“2030” : 338.28 CDU 620.95(81) CDD333.95 (1ed.)

Todos os direitos reservados a Brasil Biomassa e Energia Renovável

Copyright by Celso Marcelo de Oliveira

Tradução e reprodução proibidas sem a autorização expressa do autor.

Nenhuma parte deste estudo pode ser reproduzida ou transmitida de qualquer forma ou meio, incluindo fotocópia, gravação ou informação, ou por meio eletrônico, sem a permissão ou autorização por escrito do autor. Lei 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

Edição eletrônica no Brasil e Portugal em versão eletrônica. Proibida a reprodução com ou sem fins lucrativos, parcial ou total, por qualquer meio impresso e eletrônico

© 2025 ABIB Brasil Biomassa e Energia Renovável Edição 2025

Total 460 páginas.

Proibida a reprodução com ou sem fins lucrativos, parcial ou total, por qualquer meio impresso e eletrônico.





## DECLARAÇÕES PROSPECTIVAS

Este Relatório Energético Biomassa do Arroz contém certas declarações prospectivas que dizem respeito a eventos futuros ou desempenho futuro do mercado de produção e consumo de Biomassa do Arroz. Estas declarações prospectivas são baseadas em previsões e estudos técnicos e dados de mercado das principais entidades internacionais sobre as expectativas de desenvolvimento e da estrutura do Relatório Energético Biomassa do Arroz.

Objetiva-se com o Relatório Energético Biomassa do Arroz em gerar expectativas dentro de uma tendência de mercado de produção e de aproveitamento energético da biomassa do Arroz. Se as expectativas geradas e premissas revelarem-se incorretas por mudança de fatores e de mercado, então os resultados reais podem diferir materialmente da informação prospectiva contida neste documento. Além disso, declarações prospectivas, por sua natureza, envolvem riscos e incertezas que poderiam causar os resultados reais difiram materialmente daqueles contemplados no relatório. Assim utilizamos as declarações prospectivas de informações como apenas uma advertência no desenvolvimento do Relatório Energético Biomassa do Arroz.

DIRETORIA EXECUTIVA



## Apresentação do Relatório Energético Biomassa do Arroz

Em nome da Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável e dos numerosos colaboradores que ajudaram no desenvolvimento do primeiro Relatório Energético Biomassa do Arroz que tem por objetivo uma avaliação pormenorizada do setor de produção do Arroz na produção de um produto sustentável e energético (descarbonização industrial) no Brasil.

O maior desafio do setor agrícola é o aproveitamento dos tipos de biomassa residual gerado desde a colheita até o processamento. A biomassa do Arroz é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido ao grande potencial na produção e na geração de resíduos sem aproveitamento comercial.

Nas últimas décadas, houve um aumento notável na produção de Arroz, impulsionado pela crescente demanda alimentar dessa cultura versátil. Conseqüentemente, a indústria produtora gera uma quantidade significativa de resíduos agrícolas.

Existem recursos potenciais inexplorados associados à colheita e ao processamento do Arroz, um tipo de biomassa sem uso comercial e energético. Neste sentido é extremamente adequado o aproveitamento energético como descrevemos neste relatório.

E neste relatório enumeramos as alternativas energética com o uso da biomassa do Arroz.

A Brasil Biomassa desenvolveu uma série de projetos e plantas industriais para o aproveitamento da biomassa do Arroz em biochars, biocarbono e agropellets, biometano, briquetes e hidrogênio verde ou ainda para captura e armazenamento de carbono.

Os benefícios são esperados tanto para os produtores de Arroz por meio da produção de subprodutos valiosos energéticos nos mercados de energia renovável.

Uma extensa pesquisa desenvolvida neste relatório revelou uma via promissora para melhorar a recuperação de energia por meio da conversão de resíduos da biomassa do Arroz em novos produtos energéticos. Essa transformação é obtida empregando técnicas termoquímicas e bioquímicas após o processo de desvolatilização da biomassa. Esses métodos inovadores oferecem uma oportunidade atraente para aproveitar maior potencial energético de sobras do Arroz, abrindo caminho para a utilização sustentável e eficiente de recursos. A versatilidade da biomassa do Arroz abre inúmeras possibilidades para sua aplicação em vários setores, fornecendo alternativas sustentáveis e ecologicamente corretas em várias indústrias. Uma solução sustentável e multifuncional para mudanças climáticas pode ajudar a construir resiliência em comunidades locais de alto risco e sensíveis ao impacto das mudanças climáticas.

Desde 2022, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) defende que as tecnologias de remoção de dióxido de carbono (CDR) são um complemento necessário às reduções de emissões para atingir um futuro líquido zero e limitar o aquecimento global a 2°C ou menos.

Nosso Relatório faz uma extensa pesquisa de análise de produção e de disponibilidade biomassa do Arroz para a produção energética de biochar (extrato pirolenhoso e vinagre da madeira) para sequestro de carbono, fertilizante ecológico e para agricultura regenerativa, do biocarbono (bio-óleo e gás sintético) como combustível industrial (alumínio, cerâmica, cimentos e siderúrgica), do biometano/gás natural verde, de agropellets carbono neutro, do briquete ecológico, da bioenergia com captura e armazenamento de carbono, aos sistemas de cogeração, ao hidrogênio baixo carbono e da torrefação da biomassa do Arroz fins energético.

Uma questão a ser abordada no Relatório envolve o levantamento em termos de produção e a quantidade de matéria-prima que encontra disponível para acesso imediato no Brasil

Assim sendo, o relatório pretende em abordar uma questão fundamental de disponibilidade de biomassa do Arroz para a produção de produtos energéticos e inovadores em todo o território nacional.

A partir do entendimento de que é necessário reduzir ou eliminar os impactos ambientais negativos dos processos e produtos de diversos setores, aliando isso à melhoria social e econômica.



A biomassa do Arroz passou a ser considerada uma fonte potencial de matéria-prima para a produção de novos produtos energéticos, como retratamos no relatório.

A descarbonização industrial no Brasil poderá ocorrer de forma diferente em diferentes setores industriais, dependendo das características locais, da viabilidade das opções de descarbonização pode ser fortemente influenciada pelo preço e disponibilidade de biomassa, eletricidade renovável e locais de armazenamento de carbono.

Portanto, diferentes estratégias e caminhos para reduzir as emissões em todos os setores devem ser explorados. E no relatório avaliamos os tipos de biomassa da cultura do Arroz. Finalmente, o Relatório avalia as principais tecnologia para aproveitamento da biomassa da colheita e do processamento do Arroz. Enumeramos as tecnologias:.

1. Tecnologia de aproveitamento da biomassa do Arroz para a produção de Biochar (extrato pirolenhoso e vinagre da madeira) para sequestro de carbono, fertilizante ecológico e para agricultura regenerativa. A alta demanda por fornecimento de energia em uma população mundial crescente requer o uso de alternativas não fósseis como chave fundamental para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e limitar o aquecimento global.

A produção de biocombustíveis líquidos é uma ação importante para conter o aquecimento global, pois representa uma tecnologia madura, escalável e bem desenvolvida, com comprovada baixa pegada de carbono.

Uma das rotas potenciais para produzir biocombustíveis avançados usando biomassa lignocelulósica é a pirólise, através da qual a biomassa é exposta a altas temperaturas em níveis baixos ou nulos de oxigênio para ser convertida em bio-óleo, biogás e biochar. O bio-óleo pode ser usado na produção de biocombustíveis avançados (ou seja, combustíveis de aviação sustentáveis), o biogás é usado no fornecimento de energia e o biochar é aplicado principalmente em solos agrícolas. O biochar é um material carbonizado rico em C aromático que tem sido usado como um corretivo do solo em campos agrícolas para fornecer vários serviços ecossistêmicos.

Um impacto ambiental positivo dessa prática é a redução potencial das emissões de  $N_2O$ , um gás traço emitido em baixas quantidades, mas com um potencial de aquecimento global 273 vezes maior que o dióxido de carbono ( $CO_2$ ).



2. Tecnologia de aproveitamento da biomassa do Arroz para a produção de Biometano. A produção de Arroz gera uma série de resíduos sólidos que podem ser substrato para a produção de biogás e biometano. Esse resíduo, geralmente descartado ou aplicado na fertirrigação, é um substrato adequado para digestão anaeróbica.

Com um potencial de biometano variando de 215 a 324 L de metano produzido por quilo de matéria orgânica, a DA poderia melhorar a produção de energia das biorrefinarias.



O aumento da circularidade em direção a biorrefinarias de desperdício zero torna diferentes aplicações da biomassa cada vez mais atraentes, como fonte de energia por meio de DA. Este último é cada vez mais importante, com pesquisa ativa e implementação recente em larga escala.

Esse processo envolve microrganismos quebrando a matéria orgânica na ausência de oxigênio, produzindo metano e dióxido de carbono, bem como um resíduo rico em nutrientes que pode ser usado como fertilizante. O biometano pode ser usado como uma fonte renovável de energia para eletricidade e transporte.



3. Tecnologia de aproveitamento da biomassa do Arroz para a produção de Agropellets. A crescente valorização de matérias-primas do Arroz, lignocelulósicas renováveis e econômicas representa uma abordagem viável, sustentável e ecologicamente correta para a produção de agropellets como fontes alternativas de energia.

A biomassa do Arroz tem o potencial de ser uma fonte de energia alternativa sustentável, acessível, renovável e ecologicamente correta. Um dos problemas com que o setor energético está lidando atualmente é o armazenamento de grandes quantidades de combustível de biomassa. Para resolver esse problema, a biomassa do Arroz é convertida em combustíveis sólidos, como agropellets, para facilitar o manuseio, o transporte e o armazenamento.



4. Tecnologia Bioenergia do Arroz com Captura e Armazenamento de Carbono é uma tecnologia essencial para reduzir as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE). No relatório avaliamos os detalhes desta tecnologia como uma cadeia de suprimentos multifacetada que tem a vantagem de permitir emissões negativas enquanto gera energia.



Sua versatilidade é ilustrada pela possibilidade de usar toda a gama de matérias-primas de biomassa e muitas vias de conversão.

É uma tecnologia altamente adaptável, pois pode ser aplicada a uma variedade de indústrias.

Uma vez que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) tenha sido capturado, ele deve ser transportado e armazenado, ou mesmo reutilizado.

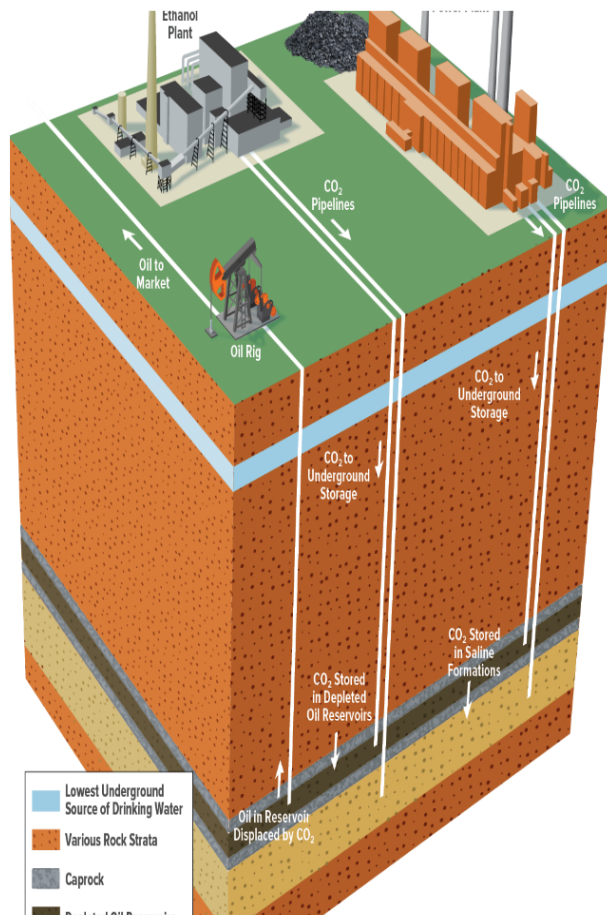
No entanto, a reutilização pode às vezes resultar em nenhuma emissão negativa, pois o CO<sub>2</sub> é liberado na atmosfera em curto prazo.

Num contexto em que limitar o aquecimento global se tornou uma questão urgente, os projetos de captura de carbono ao setor agrícola precisam de ser encorajados e apoiados para garantir que podem continuar a enfrentar os desafios do futuro.

A captura pós-combustão opera em baixas pressões e é adequada para gases de combustão de baixas concentrações de CO<sub>2</sub>, mostrando altas eficiências de laboratório a escala comercial.

Essa tecnologia pode reduzir significativamente as emissões de CO<sub>2</sub> da agricultura e beneficiamento agroindustrial. O projeto deve estar focado na tecnologia de captura baseada para determinar a viabilidade de capturar gases de combustão diretamente versus a necessidade de concentrar o CO<sub>2</sub> para melhor captura.

Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono, o Beccs consiste em uma tecnologia que combina a geração de energia a partir de recursos renováveis – como a produção da bioenergia do Arroz com a captura de gás carbônico gerado no processo, que é tratado e depois armazenado em uma formação geológica.



Assim, enquanto as iniciativas tradicionais de captura e armazenamento de carbono (CCS) estão associadas à queima de combustíveis fósseis – como o gás natural –, os sistemas Beccs vão um passo além ao contribuir para emissões negativas de gases de efeito estufa, ou seja, liberando a menor quantidade possível desses gases e reabsorvendo as emissões restantes

5. Tecnologia Biocarvão/Biocarbono Bio-óleo e Gás sintético com uso da biomassa do Arroz. O biocarvão ou biocarbono recentemente ganhou atenção como um substituto potencial para o carvão em processos siderúrgicos e alumínio devido ao seu potencial de captura de carbono.

Os biocombustíveis produzidos a partir de biomassa residual do Arroz , como biocarbono, bio-óleo ou gás de síntese, podem ser uma substituição propícia para combustíveis fósseis. O biocarbono recebeu muito interesse como um substituto potencial devido à sua alta combustibilidade, alto conteúdo energético, melhor moabilidade e capacidade reduzida. Além disso, a principal vantagem de usar biomassa ou biocarbono como combustível é sua neutralidade de carbono. No relatório avaliamos os detalhes de produção de biocarbono, bio-óleo e gás sintético da biomassa do Arroz.



## 6. Tecnologia de Hidrogênio Verde com uso da biomassa do Arroz.

Combustíveis alternativos de baixas ou zero emissões de CO<sub>2</sub> como a biomassa do Arroz são uma solução viável para substituir combustíveis fósseis. A combustão de Hidrogênio é responsável por zero emissões de CO<sub>2</sub>. O Hidrogênio verde é um substituto ao gás natural.

Pesquisas sobre a utilização efetiva da biomassa do Arroz demonstraram avanços significativos na produção de biohidrogênio. A integração de estratégias inovadoras de pré-tratamento, como hidrólise ácida, tratamentos oxidativos e sacarificação enzimática, provou ser essencial para melhorar a recuperação e a eficiência dos processos de fermentação.

A mudança global em direção ao hidrogênio representa uma oportunidade para o Brasil alavancar sua extensa infraestrutura de Arroz. No entanto, concretizar esse potencial requer abordar barreiras tecnológicas e logísticas, incluindo a otimização de cadeias de suprimentos, desenvolvimento de tecnologias avançadas de conversão e expansão de colaborações de pesquisa como no presente relatório. Ao investir nessas áreas, o Brasil pode fortalecer seu papel na formação do futuro da produção de hidrogênio.

Depois dos combustíveis fósseis, a biomassa e a energia solar são consideradas a fonte de longo prazo para a produção de energia de hidrogênio. Usando biomassa do Arroz como alimentação, a produção de hidrogênio verde pode ser feita por tecnologia de gaseificação para o desenvolvimento de energia sustentável.



Hidrogênio desempenha um papel cada vez maior na economia verde. Estima-se que esta transição reduza as emissões de CO<sub>2</sub> em até 30% até 2030. O objetivo final do relatório é descrever as abordagens mais comuns de uso da biomassa do Arroz como fonte de bioeletricidade com opção de mitigação relevantes para o setor industrial. Essas opções variam do aumento da eficiência energética e do uso da biomassa como fonte de geração de energia térmica (aquecimento, calor e vapor) ao desenvolvimento e implantação de novas tecnologias de emissões negativas ou zero carbono.



A coalimentação de hidrogênio junto com biomassa do Arroz para aquecimento industrial é uma abordagem emergente que está sendo explorada por várias indústrias como parte dos esforços para reduzir as emissões de carbono e fazer a transição para fontes de energia mais sustentáveis. O hidrogênio poderia teoricamente ser usado como um agente redutor. Isso permite a redução sem a produção de quaisquer gases de efeito estufa.

Uma grande quantidade de hidrogênio precisa ser adicionada à reação a uma taxa estável, enquanto a água produzida pela reação deve ser constantemente removida. Altas temperaturas são necessárias para a reação, no mesmo o ponto de fusão.

Esforços estão em andamento para desenvolver e implementar processos de baixo carbono e neutros em carbono, aumentar o uso de fontes de energia renováveis, avançar na pesquisa de novos materiais e tecnologias e envolver as partes interessadas para impulsionar iniciativas de sustentabilidade com uso da biomassa residual do Arroz.

**AUTOR DO RELATÓRIO ENERGÉTICO**

## Escopo do Relatório Energético Biomassa do Arroz

A demanda global de energia, medida pelo consumo final total, está aumentando a uma taxa acelerada bem como o consumo de combustíveis fósseis. Espera-se uma redução de 65% em 2026 para 20–50% em 2050 com o uso de novas fontes energéticas.

Neste sentido desenvolvemos relatório retrata o aproveitamento da biomassa do Arroz como fonte de produção de novos produtos energéticos. A biomassa feita com o resíduo do Arroz é uma ótima alternativa de destino para o resíduo e evita problemas econômicos e ambientais.

A gestão eficaz de resíduos da biomassa do Arroz desempenha um papel fundamental na mitigação de várias formas de poluição. Reconhecendo a importância de abordar esta questão, desenvolvemos o primeiro Relatório de aproveitamento da biomassa do Arroz para a produção de Biochar (extrato pirolenhoso e vinagre da madeira) para Sequestro de Carbono, Fertilizante Ecológico e para Agricultura Regenerativa, o Agropellets Carbono Neutro, o Briquete Ecológico, a Bioenergia do Arroz com Captura e Armazenamento de Carbono, os Sistemas de Cogeração, Biocarbono como suprimento para os fornos siderúrgicos, o Hidrogênio Baixo Carbono.

O escopo fundamental do desenvolvimento do Relatório Energético Biomassa do Arroz é de ajudar as empresas e os produtores agrícolas em encontrar soluções ambientais para a produção de novos biocombustíveis energético zero carbono.

Há interesse científico e comercial na transformação de biomassa do Arroz em produtos de valor agregado, incluindo biochar, agropellets, biogás, biometano, briquete, biocarbono e hidrogênio verde. Este Relatório investiga vários processos de pirólise aplicáveis para converter a biomassa do Arroz em materiais de carvão ativado (biochar/biocarbono), mostrando seu potencial para diversas aplicações em linha com os interesses atuais.

Esses resíduos assumem principalmente a forma de biomassa que ficam no campo e depois no processamento em depósitos ou lixões. Sem a utilização adequada, a biomassa do Arroz é comumente descartada como resíduo sólido ou sem uso comercial ocasionando um grande problema ambiental.

Esses métodos inovadores que apresentamos no relatório oferecem uma oportunidade atraente para aproveitar maior potencial energético de sobras agrícolas, abrindo caminho para a utilização sustentável e eficiente de recursos para a produção de biochar, biocarbono, bio-óleo, gás sintético, amônia e hidrogênio verde.

É de consciência que grande parte da biomassa gerada pelo setor agrícola é descartada no campo, sem o devido aproveitamento da energia contida na mesma. Portanto, a caracterização energética é um passo importante no aproveitamento desta biomassa.

Dessa forma, levando em consideração o reaproveitamento do resíduo da biomassa do Arroz, o que contribui tanto à indústria e aos produtores quanto ao meio ambiente.



O desenvolvimento deste Relatório alavancará a análise do potencial de aproveitamento da biomassa do Arroz como fonte de matéria-prima para a produção de novos produtos. Este Relatório se aprofunda em várias técnicas para a produção de biocombustíveis energéticos como fonte zero carbono.

Os objetivos específicos deste relatório são: 1) entender o impacto dos tipos de biomassa do Arroz em termos de propriedades físicas, composição química e comportamento de armazenamento da biomassa para a produção de novos e inovadores produtos energéticos; 2) discutir as várias tecnologias para a produção de Biochar (extrato pirolenhoso e vinagre da madeira) para Sequestro de Carbono, Fertilizante Ecológico e para Agricultura Regenerativa, o Agropellets Carbono Neutro, o Briquete Ecológico, a Bioenergia Arroz com Captura e Armazenamento de Carbono, os Sistemas de Cogeração, Biocarbono como suprimento para os fornos siderúrgicos e o Hidrogênio Baixo Carbono.

O relatório identifica os principais desafios e áreas para pesquisas futuras de aproveitamento da biomassa do Arroz, como aumentar a participação em mercado de produção industrial e de superar obstáculos como o problema ambiental para um produção de novos biocombustíveis energéticos de alta qualidade.

Ele também enfatiza a diversidade de tecnologias e modelos de negócios dentro da indústria, defendendo uma abordagem mais inclusiva que acomode várias escalas de operação.

Ao mesmo tempo, o relatório envia uma mensagem clara de que aproveitamento da biomassa para desenvolver mercados industriais de alto volume e alto valor que é um desafio essencial aos empresários brasileiros.

## **Metodologia do Relatório Energético Biomassa do Arroz**

O aumento do consumo global de energia levou a um aumento nas emissões antropogênicas de CO<sub>2</sub>. Para resolver isso, o aproveitamento da biomassa do Arroz surgiu como uma alternativa sustentável e de baixo custo para adsorção de CO<sub>2</sub>. A capacidade de absorção de CO<sub>2</sub> do adsorvente permaneceu estável e reproduzível ao longo de cinco ciclos de adsorção/dessorção de CO<sub>2</sub>, demonstrando sua forte estabilidade.

Trabalhamos com uma metodologia de avaliação técnica da valoração dos tipos de resíduos do cultivo e do processo industrial com o Arroz uma forma de utilização da biomassa para a produção de novos produtos energéticos.

O biomassa do Arroz, além de ser uma opção de remoção de carbono reconhecida cientificamente, também é uma solução baseada na natureza (NBS – nature based solution) que pode proporcionar diversos benefícios ambientais, além do sequestro de carbono.

Assim sendo, utilizamos como metodologia de trabalho uma análise do cenário nacional em relação à produção do Arroz para o aproveitamento na produção de novos produtos.

Assim trabalhamos com uma moderna metodologia de avaliação de todas as tecnologias de aproveitamento energético da biomassa do Arroz. Objetivo analítico primário:

Análise intersetorial : avaliação integrativa de cenários das interações entre partes da cadeia de produção e de consumo de novos produtos energéticos.

Finalidade analítica secundária: Avaliação do mercado brasileiro de produção de Arroz e o potencial de geração de resíduos.

Avaliação de potenciais recursos de matéria-prima de origem da biomassa do Arroz usando uma abordagem técnica e industrial para a produção de novos produtos de alta qualidade.

A metodologia e a terminologia empregadas por essas diferentes fontes são semelhantes acerca do potencial de desenvolvimento do setor industrial de produção de Biochar (extrato pirolenhoso e vinagre da madeira) para Sequestro de Carbono, Fertilizante Ecológico e para Agricultura Regenerativa, o Agropellets Carbono Neutro, o Briquete Ecológico, a Bioenergia Arroz com Captura e Armazenamento de Carbono, os Sistemas de Cogeração, Biocarbono como suprimento para os fornos siderúrgicos e o Hidrogênio Baixo Carbono..

Acreditamos que essas informações e as projeções de consumo provêm de fontes confiáveis, e para tanto fizemos a diligência e pesquisa técnica considerada necessária.

É um cenário de assunção razoável dentro de um panorama de crescimento econômico sustentável e elevado consumo energético como constam nos indicadores. As principais características do Relatório são:

Apresentar as inovadoras soluções de aproveitamento dos resíduos da biomassa do Arroz para a produção de produtos inovadores e energéticos de qualidade internacional no país.

O Relatório fornecerá informações úteis a todas as partes interessadas no setor agroindustrial, empresários e investidores, formuladores de políticas e o público em geral com interesse na produção ecológica e sustentável de novos biocombustíveis.

As questões-chave que motivam a presente Relatório são identificar e analisar o potencial de aproveitamento da biomassa do Arroz para o desenvolvimento de plantas energéticas, a segurança na produção com um produto de qualidade internacional e a geração de novos negócios para as empresas do setor.

O Relatório visa implementar uma estratégia de avaliação estrutural do quantitativo (base na produção) e de disponibilidade de biomassa do Arroz para a produção industrial e uma avaliação técnica e segura da melhor tecnologia industrial de produção e dados de mercado.

O Relatório identifica os principais desafios e áreas para pesquisas futuras, como aumentar a participação em mercados voluntários de carbono e superar obstáculos para escalar mercados de alta qualidade.



Ele também enfatiza a diversidade de tecnologias de produção e modelos de negócios dentro da indústria, defendendo uma abordagem mais inclusiva que acomode várias escalas de operação e apoie a produção em todo o território nacional.

Este Relatório também mostra as muitas escalas de produção dos novos biocombustíveis, desde grandes plantas industriais que também produzem energia limpa até pequenas instalações que estão ajudando os agricultores em melhorar a utilização dos resíduos de colheitas agrícolas.

O Relatório destaca a adaptabilidade dos sistemas para abordar vários desafios de mudança climática, abrangendo a remoção de carbono.

O Relatório faz uma análise apurada em nível nacional das oportunidades de aproveitamento dos tipos de biomassa para a produção de novos produtos energéticos.

Portanto, um dos maiores desafios da atualidade é desenvolver combustíveis limpos e fontes alternativas de energia, dada a crescente demanda global por energia e a pressão para controlar as emissões de poluentes, particularmente aquelas que contribuem para o aquecimento global.

E queremos contribuir com o presente relatório energético para identificar e analisar o potencial de aproveitamento da biomassa do Arroz para o desenvolvimento de inovadoras plantas energéticas. Portanto, é crucial explorar métodos alternativos e sustentáveis de produção de novos biocombustíveis, como a utilização de biomassa, para reduzir as emissões de carbono e promover a sustentabilidade ambiental.

