

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BIOMASSA E ENERGIA RENOVÁVEL
BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA ENGENHARIA TECNOLOGIA

LIVRO BIOCHAR BIOMASSA EUCALIPTO

2025

E
D
I
T
O
R
A

B
R
A
S
I
L
B
I
O
M
A
S
S
A



BIOMASSA FLORESTAL E DA MADEIRA
SEQUESTRO CARBONO FERTILIZANTE
ORGÂNICO AGRICULTURA REGENERATIVA

SUMÁRIO EXECUTIVO

LIVRO BIOCHAR BIOMASSA FLORESTAL EUCALIPTO

INTRODUÇÃO.....	19
i. Declarações Prospectivas	
ii. Exposição Fundamental Biochar Biomassa Eucalipto	
iii. Ao do Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto	
iv. Escopo do Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto	
v. Gestão sustentável de Produção Biochar	
vi. Aumento Consumo Biochar e a Importância do Livro	
vii. Diretrizes Gerais do Potencial de Produção de Biochar no Brasil	
viii. Composição do Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto	
ix. Metodologia de Desenvolvimento do Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto	
x. Plataforma de dados do mercado produtor e consumidor Biochar	
CAPÍTULO I FLORESTAL EUCALIPTO.....	43
SEÇÃO 1 Biomassa de Origem Sustentável.....	44
1.1. Biomassa de origem sustentável Eucalipto	
1.1.1. Manejo Florestal	
1.1.2. Plano de Reflorestamento	
1.1.3. Certificação Florestal	
1.1.4. Florestas com Responsabilidade	
1.1.5. Conservação Ambiental	
1.1.6. Tendências em Silvicultura Sustentável de Eucalipto	
1.1.6.1. Produção Sustentável de Biomassa de Eucalipto	
1.1.6.2. Biomassa de Culturas Energéticas de Eucalipto	
SEÇÃO 2 Biomassa Florestal. Eucalipto.....	64

1.2. Biomassa

1.2.1. Biomassa Energética Florestal

1.2.1.1. Biomassa Florestal Residual de Eucalipto

1.2.1.2. Biomassa de Exploração Florestal

1.2.1.3. Biomassa Lenhosa de Eucalipto

1.2.1.4. Resíduos de Origem Florestal de Eucalipto

SEÇÃO 3 Floresta Plantada Eucalipto79

1.3. Área Plantada de Eucalipto no Brasil

1.3.1. Eucalipto e tipologia

1.3.1.1. *Eucalyptus benthamii*

1.3.1.2. *Eucalyptus grandis*

1.3.1.3. *Eucalyptus camaldulensis*

1.3.1.4. *Eucalyptus urophylla*

1.3.1.5. *Eucalyptus cloeziana*

1.3.1.6. *Eucalyptus dunnii*

1.3.1.7. *Eucalyptus saligna*

1.3.2. Produtividade e Rotação das Florestas de Eucalipto

1.3.3. Floresta Energética de Curta Rotação de Eucalipto

SEÇÃO 4 Composição da Biomassa Florestal Eucalipto.....98

1.4. Biomassa Lignocelulósica de Eucalipto

1.4.1. Celulose

1.4.2. Hemicelulose

1.4.3. Lignina

1.4.4. Análise de Composição da Biomassa de Eucalipto

1.4.5. Características físico-químicas do Eucalipto

1.4.5.1. Poder calorífico

1.4.5.2. Teor de umidade

1.4.5.3. Constituição Química

- 1.4.5.4. Massa específica
- 1.4.5.5. Densidade
- 1.4.5.6. Teor de minerais
- 1.4.5.7. Teor de cinzas

SEÇÃO 5 Resíduos Florestais Eucalipto120

- 1.5. Biomassa de origem florestal de eucalipto
 - 1.5.1. Resíduos da colheita florestal de Eucalipto
 - 1.5.1.1. Sobras de madeira, com ou sem casca
 - 1.5.1.2. Galhos grossos com diâmetro acima de 2 cm
 - 1.5.1.3. Galhos finos com diâmetro abaixo de 2 cm
 - 1.5.1.4. Casca e copa das árvores de Eucalipto
 - 1.5.1.5. Tocos altos das árvores colhidas
 - 1.5.1.6. Ponteiros de fuste abaixo de diâmetro pré-estabelecido ao destope
 - 1.5.1.7. Árvores finas descartadas pelo operador da máquina de colheita
 - 1.5.1.8. Serragem gerada no abate da árvore e secionamento das toras
 - 1.5.1.9. Raiz e folhas de Eucalipto
 - 1.5.2. Características dos resíduos da colheita florestal de Eucalipto
 - 1.5.3. Classificação dos resíduos florestais de Eucalipto
 - 1.5.4. Aproveitamento resíduos florestais de Eucalipto para produção Biochar

SEÇÃO 6 Macrolocalização das Empresas Florestais. Eucalipto.....150

- 1.6. Diagnóstico do Setor Florestal Brasileiro/Eucalipto - Mercado Empresarial
 - 1.6.1. Macrolocalização e Quantitativo de empresas do setor florestal - eucalipto
 - 1.6.2. Macrolocalização e Quantitativo de empresas do setor florestal - eucalipto por estados
 - 1.6.2.1. Mapa Macrolocalização Empresarial dos Estados de Empresas do setor florestal - eucalipto
 - 1.6.3. Macrolocalização e Quantitativo de empresas setor florestal - eucalipto maiores municípios
 - 1.6.4. Dados societários das empresas do setor florestal – eucalipto Brasil

- 1.6.4.1. Porte empresarial das empresas do setor florestal - eucalipto
- 1.6.4.2. Regime tributário das empresas do setor florestal- eucalipto
- 1.6.4.3. Tempo de abertura das empresas do setor florestal - eucalipto
- 1.6.4.4. Capital social das empresas do setor florestal - eucalipto
- 1.6.4.5. Dados de faturamento das empresas do setor florestal - eucalipto
- 1.6.4.6. Dados de trabalho das empresas do setor florestal- eucalipto
- 1.6.4.7. Maiores empresas de cultivo eucalipto e consumidores Biochar

CAPÍTULO II BIOCHAR DADOS GERAIS E MERCADO	197
SEÇÃO 1 Biochar para Gestão Ambiental.....	198
2.1 Biochar	
2.1.1 Terminologia.	
2.1.2. Produção de Biochar.	
2.1.3. Biochar como modificadores de solo.	
2.1.4. Sequestro de Carbono.	
2.1.5. Biochar como fertilizante orgânico.	
2.1.6. Histórico e Importância do Biochar	
2.1.7 Gerenciamento ambiental.	
2.1.8. Biochar alternativa ecológica reduções emissões GEE.	
2.1.8.1. Biochar e mitigação das mudanças climáticas	
2.1.8.2. Biochar como um eficiente dissipador de CO ₂	
2.1.8.3. Redução das emissões de metano	
2.1.8.4. Zonas úmidas, biochar e sequestro de carbono	
2.1.8.5. Mitigação de emissões de N ₂ O mediada por biochar	
2.1.8.6. Controle da poluição, incluindo remoção absorviva e remoção reativa de contaminantes inorgânicos e orgânicos	
2.1.9. Efeitos do biochar no crescimento e na saúde das plantas	
2.1.9.1. Melhoria no fornecimento de nutrientes para as culturas e maiores rendimentos	
2.1.9.2. Redução da perda de nutrientes	

- 2.1.9.3. Atividade do Biochar em diferentes tipos de solo.
- 2.1.9.4. Fertilizantes de liberação lenta
- 2.1.9.5. O biochar altera significativamente o microbioma do solo.
- 2.1.10. Biochar e Economia Circular
- 2.1.11. Limitações do Biochar.
- 2.1.12. Produção de biochar e fatores a serem considerados para suas aplicações.
- 2.1.13. Prós e contras do biochar.
- 2.1.14. Armazenamento de nutrientes no biochar
- 2.1.15. Biochar e sua escala
- 2.1.16. Características do Biochar
- 2.1.17. Propriedades do Biochar
- 2.1.18. Vantagens e benefícios do Uso do Biochar
 - 2.1.18.1. Segurança alimentar na Agricultura
 - 2.1.18.2. Uso na construção civil.
 - 2.1.18.3. Conservação biodiversidade
 - 2.1.18.4. Melhoria da fertilidade do solo.
 - 2.1.18.5. Aumento da produtividade das culturas
 - 2.1.18.6. Melhor retenção e drenagem de água
 - 2.1.18.7. Redução da acidez do solo
 - 2.1.18.8. Adsorção de poluentes do solo
 - 2.1.18.9. Aumento da resistência das plantas a doenças
- 2.1.19 Biochar e bioeconomia
- 2.1.20. Importância econômica do biochar
- 2.1.21. Biochar e agricultura regenerativa

SEÇÃO 2 Mercado Global Biochar.....258

2.2. Antecedentes.

2.2.1. Dados do mercado internacional de Biochar

2.2.2. Dados do mercado internacional de Biochar:

2.2.2.1. Pesquisa mundial do mercado de Biochar	
2.2.2.2. Países Participantes do Estudo Mundial de Mercado de Biochar	
2.2.2.3. Otimismo dos produtores mundiais de Biochar	
2.2.2.4. Crescimento da Indústria: Produção Global	
2.2.2.5. Crescimento da Indústria: Valor Econômico	
2.2.2.6. Crescimento da indústria: principais impulsionadores.	
2.2.2.7. Conscientização sobre Biochar.	
2.2.2.8. Mercados voluntário de carbono	
2.2.2.9. Percepções e Papel Antecipado do Mercado Voluntário de Carbono	
2.2.2.10. Mercados de uso final: principais oportunidades e desafios	
2.2.2.11. Mercados de uso final - Agricultura e Tratamento dos Solos	
2.2.2.12. Mercados de uso final: outros usos finais agrícolas e materiais	
2.2.2.13. Foco no Produtor: Alta Diversidade em Tipos e Tamanhos de Produção	
2.2.2.14. Foco do Produtor: Biochar de valor agregado	
2.2.3. Tamanho do Mercado Mundial de Biochar	
2.2.3.1. Produção Mundial de Biochar	
2.2.3.2. Receitas do Mercado de Biochar	
2.2.3.3. Diversidade de Tecnologias.	
2.2.3.4. Crescimento Mundial dos Produtores de Biochar	
2.2.3.5. Porcentagem da produção global de biochar por tipos de tecnologia.	
2.2.3.6. Valor Econômico da Indústria de Biochar	
2.2.3.7. Crédito de Carbono.	
2.2.4. Tamanho do Mercado Europeu de Biochar	
2.2.4.1. Crescimento forte e contínuo do biochar	
2.2.4.2. Região nórdica chave para Biochar	
2.2.4.3. Tendências do mercado da Europa	
2.2.4.4. Utilização de calor é essencial	
2.2.4.5. Vias CDR sensíveis BCR e BECCS	
2.2.4.6. Biochar é uma solução CDR relevante e escalável.	
SEÇÃO 3 Macrolocalização das Empresas Brasil Biochar Carvão Vegetal	278

- 2.3. Diagnóstico do Setor Biochar Carvão Vegetal - Mercado Empresarial
 - 2.3.1. Macrolocalização e Quantitativo de empresas do setor Biochar Carvão Vegetal
 - 2.3.2. Macrolocalização e Quantitativo de empresas do setor Biochar Carvão Vegetal por estados
 - 2.3.3. Macrolocalização e Quantitativo de empresas setor Biochar Carvão Vegetal maiores municípios
 - 2.3.4. Dados societários das empresas do setor Biochar Carvão Vegetal Brasil
 - 2.3.4.1. Porte empresarial das empresas do setor Biochar Carvão Vegetal
 - 2.3.4.2. Regime tributário das empresas do setor Biochar Carvão Vegetal
 - 2.3.4.3. Tempo de abertura das empresas do setor Biochar Carvão Vegetal
 - 2.3.4.4. Capital social das empresas do setor Biochar Carvão Vegetal
 - 2.3.4.5. Dados de faturamento das empresas do Biochar Carvão Vegetal
 - 2.3.4.6. Dados de trabalho das empresas do setor Biochar Carvão Vegetal
 - 2.3.4.7. Maiores empresas de Biochar Carvão Vegetal

CAPÍTULO III TECNOLOGIA PRODUÇÃO BIOCHAR EUCALIPTO.....339

SEÇÃO 1 Rotas de Conversão de Biomassa.....340

- 3.1. Rotas de Conversão da Biomassa
 - 3.1.1 Pré-tratamento da Biomassa.
 - 3.1.1.1 Pré-tratamento da Biomassa Florestal de Eucalipto
 - 3.1.1.2 Pré-tratamento da Térmico
 - 3.1.1.3 Pré-tratamento por explosão de vapor
 - 3.1.1.4 Pré-tratamento por micro-ondas.
 - 3.1.1.5 Pré-tratamento por água quente líquida
 - 3.1.1.6 Outros tipos de pré-tratamentos da biomassa do eucalipto
 - 3.1.2 Secagem da Biomassa
 - 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	
3.1.4 Processos de Conversão da Biomassa	
3.1.5 Conversão Termoquímica	
SEÇÃO 2 Processo de Pirólise do Eucalipto.....	361
3.2. Processos de Conversão Térmica pela Pirólise	
3.2.1. Processo de degradação térmica do tipo pirólise em base seca	
3.2.1.1. Fase gasosa (gás pirolítico)	
3.2.1.2. Fase líquida (bio-óleo)	
3.2.1.3. Fase sólida (material carbonáceo pirogênico ou biochar)	
3.2.2. Classificação dos tipos de pirólise quanto ao ajuste das condições operacionais	
3.2.2.1. Carbonização ou pirólise lenta	
3.2.2.2. Pirólise convencional	
3.2.2.3. Pirólise flash	
3.2.2.4. Pirólise Rápida	
3.2.2.5. Pirólise de Alta Temperatura	
3.2.3. Mecanismos envolvidos no processo de pirólise em base seca	
3.2.3.1. Tipos de pirólise em base seca quanto ao ajuste das condições operacionais	
SEÇÃO 3 Reatores de Pirólise.....	392
3.3. Reatores para Pirólise	
3.3.1. Reatores sob modo de operação batelada	
3.3.2. Reatores sob modo de operação contínuo	
3.3.3. Planta de pirólise rápida em escala piloto	

- 3.3.3.1. Reator de leito fluidizado
 - .3.3.3.1. Reator Leito fluidizado circulante
- 3.3.3.2. Pirolisador de cone rotativo
- 3.3.3.3. Reator ablativo
- 3.3.3.4. Reator rosca sem fim
- 3.3.3.5. Variáveis de processo e aspectos operacionais de reatores pirolíticos
- 3.3.3.6. Escala de processo dos reatores pirolíticos
- 3.3.3.7. Distribuição dos produtos de pirólise (gás, líquido e sólido) em função da caracterização da biomassa e do ajuste de variáveis de processo

SEÇÃO 4 Processo Pirólise Biochar Eucalipto.....408

- 3.4. Pirólise para a produção de Biochar Eucalipto
 - 3.4.1. Aplicações da pirólise lenta
 - 3.4.1.1. Pirólise Rápida
 - 3.4.2. Influência das características da biomassa no rendimento e qualidade do Biochar
 - 3.4.3. Composição físico química da biomassa de Eucalipto
 - 3.4.3.1. Propriedades Morfológicas
 - 3.4.3.1.1. Densidade básica
 - 3.4.3.1.2 Teor de umidade
 - 3.4.3.1.3. Poder calorífico
 - 3.4.3.1.4. Composição química elementar da madeira de eucalipto
 - 3.4.4. Caracterização da biomassa de eucalipto
 - 3.4.5. Pirólise da Biomassa de Eucalipto
 - 3.4.6. Modelos Cinéticos da pirólise de Eucalipto
 - 3.4.7. Parâmetros operacionais que influenciam o processo de pirólise
 - 3.4.7.1 Temperatura de reação
 - 3.4.7.2. Tempo de residência
 - 3.4.7.3. Taxa de aquecimento
 - 3.4.7.4. Tipo de atmosfera e Pressão
 - 3.4.8. Pirólise do eucalipto em leito fixo

CAPÍTULO IV BIOCHAR BIO-ÓLEO PIROLENHOSO GÁS.....427

SEÇÃO 1 Bio-óleo.....	428
4.1. Bio-óleo	
4.1.1. Propriedades do bio-óleo	
4.1.2. Características do bio-óleo	
4.1.3. Teor de água no bio-óleo	
4.1.4. Densidade do bio-óleo	
4.1.5. Teor de sólidos	
4.1.6. Teor de oxigênio	
4.1.7. Poder calorífico	
4.1.8. Aplicações do bio-óleo	
4.1.9. Upgrading do bio-óleo	
SEÇÃO 2 Gás sintético.....	445
4.2. Gases da carbonização	
4.2.1. Gás natural sintético – Syngas	
SEÇÃO 3 Extrato Pirolenhoso	449
4.3. Extrato Pirolenhoso	
4.3.1 Políticas regulatórias uso extrato pirolenhoso Brasil, China e Japão	
4.3.2. Composição do Extrato Pirolenhoso	
4.3.3. Propriedades do extrato pirolenhoso.	
4.3.4. Processo Produção Extrato Pirolenhoso.	
4.3.5. Utilizações do Extrato Pirolenhoso	
4.3.5.1. Melhoria da produtividade e qualidade das culturas	
4.3.5.2 Extrato pirolenhoso como Adjuvante Agrícola	
4.3.5.3 Potencializador de herbicidas	
4.3.5.4 Melhorador de absorção de nutrientes.	
4.3.5.5 Agente dispersante dos produtos agrícolas	
4.3.5.6 Regulador de pH	
4.3.6. Extrato Pirolenhoso como fertilizante e condicionador de solo	
4.3.7. Extrato Pirolenhoso como estimulante do crescimento vegetal.	
4.3.8. Extrato Pirolenhoso como manejo integrado de pragas e doenças	

4.3.9. Extrato Pirolenhoso como ação Quelatizante	
4.3.10. Indutor de Bioresistência Sistêmica	
4.3.11. Aumento da Eficiência Fotossintética	
4.3.12. Extrato Pirolenhoso como incremento na produção de proteínas e açúcares	
4.3.13. Aplicações Industriais e Ambientais	
4.3.14. Vantagens Ambientais.	
4.3.15. Oportunidades de economia com o extrato pirolenhoso	
4.3.16. Vinagre da Madeira	
SEÇÃO 4 Biochar Eucalipto.....	470
4.4. Biochar	
4.4.1. Aspectos gerais de produção do Biochar Eucalipto	
4.4.2. Fatores de influência: Biochar	
4.4.3. Biochar numa economia neutra em carbono	
4.4.4. Propriedades do biochar Eucalipto	
SEÇÃO 5 Biochar Ativado Eucalipto.....	475
4.5.1. Biochar ativado Eucalipto	
4.5.1.1. Propriedades texturais do Biochar ativado	
4.5.1.2. Ativação do Biochar	
4.5.1.3. Ativação química e física	
4.5.1.4. Impregnação em solução	
4.5.1.5. Agentes de ativação	
4.5.1.6. Comportamento energético	
4.5.2. Estágio final de produção de Biochar	
4.5.3. Rendimento dos combustíveis energéticos	
4.5.3.1. Rendimento de Biochar	
4.5.3.2. Rendimento de bio-óleo	
4.5.3.3. Rendimento de gás	
4.5.4. Caracterização da fração de Biochar	
4.5.5. Estabilidade de Biochar e relação com aplicação sequestro de carbono	
CAPÍTULO V USO MERCADO CARBONO BIOCHAR EUCALIPTO.....	486

SEÇÃO 1 Utilização Biochar Eucalipto.....487

5.1. Setores de aplicações do Biochar

5.1.1. Biochar na Pecuária

5.1.1.1. Agente de silagem

5.1.1.2. Aditivo/suplemento alimentar dos animais

5.1.1.3. Aditivo para cama de animais (avicultura-frango)

5.1.1.4. Tratamento de chorume

5.1.1.5. Compostagem de esterco

5.1.2. Biochar na Agricultura(tratamento de solos)

5.1.2.1. Adubo ou Fertilizante de carbono

5.1.2.2. Aditivo de composto

5.1.2.3. Substituto de turfa em solo para vasos

5.1.2.4. Proteção de plantas

5.1.2.5. Fertilizante compensatório para oligoelementos

5.1.2.6. Aditivo e remediação de solos

5.1.2.7. Substratos de solo

5.1.2.8. Filtrar pesticidas e fertilizantes

5.1.3. Biochar no setor de Construção

5.1.3.1. Isolamento térmico

5.1.3.2. Descontaminação do ar

5.1.3.3. Descontaminação das fundações de terra

5.1.3.4. Regulação da umidade

5.1.3.5. Proteção contra a radiação eletromagnética

5.1.4. Biochar para tratamento de água

5.1.4.1. Tratamento de água de lagoas

5.1.4.2. Tratamento de água na piscicultura

5.1.5. Biochar na produção de Biogás e Hidrogênio

5.1.5.1. Aditivo (fermentação) de biomassa para produção biogás

5.1.5.2. Tratamento de lama (laticínios) para produção de biogás

5.1.6. Biochar para tratamento de águas residuais

5.1.6.1. Filtro de carvão ativo

5.1.6.2. Aditivo de pré-lavagem

- 5.1.6.3. Sanitários de compostagem
- 5.1.7. Biochar para tratamento da água potável
 - 5.1.7.1. Microfiltros
- 5.1.8. Biochar para uso industrial
 - 5.1.8.1. Filtros de exaustão
 - 5.1.8.2. Controle de emissões
 - 5.1.8.3. Filtros de ar ambiente
 - 5.1.8.4. Materiais industriais
 - 5.1.8.5. Fibras de carbono
 - 5.1.8.6. Material plástico e polímeros
 - 5.1.8.7. Eletrônica em semicondutores
 - 5.1.8.8. Material para baterias
 - 5.1.8.9. Metalurgia como redutor de metais
 - 5.1.8.10. Cosméticos na confecção de sabonetes
 - 5.1.8.11. Material para cremes para a pele
 - 5.1.8.12. Aditivos terapêuticos para banho
 - 5.1.8.13. Tintas e corantes
 - 5.1.8.14. Tintas industriais
 - 5.1.8.15. Produção de energia
 - 5.1.8.16. Aditivo para a produção de pellets
- 5.1.9. Biochar para uso Medicinal
 - 5.1.9.1. Medicação para desintoxicação
 - 5.1.9.2. Transportador de princípios ativos farmacêuticos
 - 5.1.9.3. Cataplasma para picadas de insetos
- 5.1.10. Utilização Biochar no setor têxtil
 - 5.1.10.1. Aditivo de tecido para roupas funcionais
 - 5.1.10.2. Isolamento térmico para roupas funcionais
 - 5.1.10.3. Desodorante para sapatos
- 5.1.11. Utilização Biochar no Bem-estar
 - 5.1.11.1. Enchimento para colchões e travesseiros
 - 5.1.11.2. Escudo contra radiação eletromagnética em fornos de micro-ondas
- 5.1.11. Utilização Biochar na alimentação

5.1.11.1. Conservação de alimentos

SEÇÃO 2 Cadeia Suprimento Biochar.....763

5.2. Cadeia de suprimentos e benefícios do Biochar

5.2.1. Benefícios e demanda de Biochar

5.2.2. Benefícios privados: Melhoria da produtividade agrícola e do funcionamento do solo

5.2.2.1. PH do solo e capacidade de troca catiônica

5.2.2.2. Fornecimento e retenção de nutrientes

5.2.2.3. Fornecimento de nutrientes

5.2.2.4. Retenção de nutrientes

5.2.2.5. Ciclagem de nutrientes

5.2.2.6. Co-compostagem; benefícios para a produção de composto

5.2.2.7. Melhorar a retenção de água e a capacidade de retenção de água

5.2.3. Benefícios sociais: Mitigação das alterações climáticas

5.2.3.1 Tecnologia potencial de armazenamento de carbono

5.2.3.2 Mudanças no uso do solo e compensações de combustíveis fósseis

5.2.3.3 Desafios na obtenção dos benefícios do biochar

5.2.4. Análise de oferta

5.2.4.1. Custo principais elementos da cadeia de abastecimento da pirólise

5.2.4.2. Aquisição de matéria-prima

5.2.4.3. Transporte de matéria-prima

5.2.4.4. Pré-tratamento da matéria-prima

5.2.4.5. Custo da pirólise — construção e operação

5.2.4.6. Pirólise simples

5.2.4.7. Pirólise avançada

5.2.4.8. Estado atual da indústria do biochar

5.2.5. Futuro do Biochar

5.2.5.1. Análise biorregional e correspondência espacial

5.2.5.2. Integração do biochar com a gestão florestal

5.2.5.3. Investimento público, extensão e educação

5.2.5.4. Integração do biochar com iniciativas de saúde do solo

5.2.5.5. Testes e padronização

SEÇÃO 3 Biochar Eucalipto e Mercado Crédito de Carbono.....	782
5.3. Mercado de Carbono	
5.3.1. Mercado Regulado	
5.3.2. Mercado Voluntário	
5.3.3. Tipos de créditos de carbono	
5.3.4. Estruturas operacionais do mercado	
5.3.5. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	
5.3.6. Características das Reduções Certificadas de Emissão	
5.3.7. Geração de Crédito de Carbono	
5.3.8. Metodologia utilizada	
5.3.9. Estimativa de Emissões Reduzidas e Absorções de CO ₂	
5.3.10. Geração de créditos de carbono	
5.3.11. Teor de carbono total	
5.3.12. Emissão de CO ₂	
5.3.13.. Biochar Eucalipto e Mecanismo de Mercado de Carbono	
5.3.13.1. Biochar: Uma Tecnologia de Emissões Negativas	
5.3.13.2. Sequestro de carbono	
5.3.13.3. Uso do biochar antes do seu armazenamento permanente no reservatório de carbono do solo	
5.3.13.4. Mercado de remoção de carbono	
5.3.13.5. Estudos de caso e projetos	
5.3.13.6. Conclusões	
SEÇÃO 4 Certificação Internacional Biochar	811
5.4.1. Certificação da “International Biochar Initiative”	
5.4.2. Certificação da “European Biochar Certificate”	
BIBLIOGRAFIA.....	
BRASIL BIOMASSA CONSULTORIA ENGENHARIA TECNOLOGIA.....	

Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto

Catálogo na Fonte Brasil.

Brasil Biomassa e Energia Renovável. Curitiba. Paraná. 2025

Conteúdo: 1. Análise da biomassa do setor florestal de eucalipto como matéria-prima para a produção de Biochar no Brasil 2. Projeções de produção e de disponibilidade da biomassa de eucalipto. 3. Biochar como adubo ecológico e fertilizante 4. Tecnologia Industrial de Pirólise para produção Biochar, bio-óleo, gás sintético, extrato pirolenhoso e vinagre de madeira 5. Análise mercado de Biochar. 6. Aproveitamento dos resíduos florestais de eucalipto. 7. Requisitos ambientais, certificações e permissões. 8. Impacto e projeções de uso de biochar como fertilizante ecológico. 9. Certificações internacionais 10. Biochar de eucalipto e crédito de carbono.

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

© 2025 ABIB Brasil Biomassa e Energia Renovável

Edição 2025 Total 850 páginas.

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

PREFÁCIO

Em nome da Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável e dos numerosos colaboradores deste estudo técnico de apoio para as empresas com interesse na produção de Biochar, tenho o prazer de apresentar o Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto que tem por objetivo uma avaliação pormenorizada do setor de biochar um produto sustentável para o setor agrícola do Brasil.

O desafio do setor agroindustrial vai exigir uma enorme quantidade de adubos e fertilizantes e o biochar pode ser uma solução ao setor. O biochar é 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. Em face do aumento das temperaturas globais, eventos climáticos extremos e a necessidade resultante de agricultura adaptada, o biochar oferece uma solução interseccional para questões em torno da degradação do solo, remoção de carbono, desafios de uso da terra, insegurança alimentar e desenvolvimento econômico.

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. O biochar é uma das tecnologias de CDR reconhecidas pelo IPCC e também é uma das soluções mais acessíveis e prontas para o mercado. A tecnologia de remoção de carbono do biochar foi responsável por 94% dos créditos de remoção de carbono entregues em 2023.

Npssp estudo avalia que os sistemas de produção de biochar podem gerar energia e, quando apropriado, devem recuperar e usar o calor do processamento, bem como utilizar subprodutos de gás de síntese e bio-óleo Os sistemas de biochar proporcionam um uso na agricultura e pecuária, reduzindo a prática de queima de plantações, oferecem desenvolvimento econômico com recursos que, de outra forma, seriam desperdiçados e ajudam a melhorar a produtividade agrícola por meio da melhoria da saúde do solo e da retenção de água.

Uma questão a ser abordada no Estudo é a quantidade de matéria-prima que encontra-se disponível para a produção de biochar com acesso imediato no Brasil Assim sendo, o Relatório pretende em abordar uma questão fundamental de disponibilidade de biomassa e o seu acesso comercial para a produção de biochar em todo o território nacional. As quantidades reais de produção e de disponibilidade dependerá da demanda do mercado e dos avanços técnicos e da política de produção de biochar e da geração e dos créditos de carbono.

Este Relatório é o esforço dos profissionais da Brasil Biomassa. Trabalhamos com informações científicas confiáveis e este Relatório é o primeiro documento para ajudar as empresas e os profissionais para a produção de biochar.

Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável



INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO



i. Declarações Prospectivas . Este Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto contém certas declarações prospectivas que dizem respeito a eventos futuros ou desempenho futuro do mercado de biochar. Estas declarações prospectivas são baseadas em previsões e estudos técnicos e dados de mercado das principais entidades internacionais sobre as expectativas de desenvolvimento e de expansão do mercado de produção e de consumo de biochar.

Objetiva-se com o Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto em gerar expectativas dentro de uma tendência de mercado de biochar e os outros produtos. 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 Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto.

DIRETORIA EXECUTIVA

ii. Exposição Fundamental Biochar Biomassa Eucalipto. Com posição de destaque com uma economia de baixo carbono, o setor florestal por sua alta produtividade, tecnologia incorporada, melhores práticas de manejo florestal, responsabilidade social e modernas instalações produtivas. Entre os produtos que compõem o setor estão pisos, painéis de madeira, papel, celulose, madeira serrada e carvão vegetal. Cuidando do presente, o setor ainda almeja crescer mais; investe em novas operações e no desenvolvimento de novos produtos. Estão previstos investimentos na casa de R\$ 40 bilhões em expansão e novas fábricas até 2025.

São mais de 9,5 milhões de hectares de árvores plantadas no Brasil, responsáveis por 36% da produção de papel e celulose do país. Dos mais de 9,5 milhões de hectares, 7,4 milhões são certificados na modalidade manejo florestal.

A área estimada de florestas plantadas totalizou, 9,5 milhões de hectares, dos quais 70,1% concentrados nas regiões Sul e Sudeste. Estavam plantados, no Brasil, 7,3 milhões de hectares de eucalipto e 1,8 milhão de pinus. As áreas com cobertura de eucalipto corresponderam a 76,9% das florestas plantadas para fins comerciais e concentraram-se no Sudeste.



O Brasil é referência mundial quando o assunto é produtividade de plantios florestais de eucalipto, com alto volume de produção anual de madeira por área e um curto ciclo. As taxas de crescimento são influenciadas pelas condições favoráveis de solo e clima, sendo possível para o eucalipto ter uma produtividades de mais de 60 m³/ha.ano.

Entretanto, na colheita de eucalipto são gerados uma grande quantidade de resíduos como as sobras de madeira, com ou sem casca, galhos grossos com diâmetro acima de 2 cm, galhos finos com diâmetro abaixo de 2 cm, casca e copa das árvores de eucalipto, tocos altos das árvores colhidas, ponteiros de fuste abaixo de diâmetro pré-estabelecido ao destope, árvores finas descartadas pelo operador da máquina de colheita, serragem gerada no abate da árvore e seccionamento das toras e raiz e folhas na colheita florestal de Eucalipto. Assim sendo, eucalipto, tem emergido como uma solução promissora para a produção de biochar, abrindo caminho para a obtenção de energia limpa e para a melhoria da fertilidade do solo.

O eucalipto, uma árvore de rápido crescimento amplamente cultivada em quase todos os estados brasileiros, é conhecido por sua versatilidade e aplicação em diversas indústrias, principalmente na produção de celulose e papel. Além disso, o eucalipto pode ser utilizado para a produção de carvão vegetal em siderúrgicas, como biorredutor na produção ferroligas..

Contudo, no processo de colheita e beneficiamento de eucalipto geram consideráveis volumes de resíduos, representando um desafio ambiental que requer uma abordagem sustentável. Uma alternativa sustentável é o aproveitamento da biomassa da colheita florestal de eucalipto para a produção de biochar.

Essa biomassa renovável é uma fonte de energia que tem potencial para substituir combustíveis derivados do petróleo. Além disso, pode dar suporte às indústrias agrícolas e florestais locais, uma vez que essas abordagens normalmente usam os materiais lignocelulósicos encontrados em resíduos florestais ou resíduos de subprodutos florestais.

Recentemente, os processos pirolíticos para produção de carvão vegetal ganharam atenção significativa. Além de seu uso típico como combustível, novas aplicações surgiram no setor agrícola, onde atualmente é empregado para melhorar as propriedades físicas e químicas dos solos.



O biocarvão (biochar, em inglês) é um produto sólido com elevada concentração de carbono, altamente estável e resistente à decomposição biológica.

É obtido a partir da pirólise da biomassa florestal, um processo termoquímico caracterizado pelo aquecimento da matéria-prima a altas temperaturas na ausência de oxigênio.

Esse processo rompe moléculas da biomassa e reorganiza as ligações químicas para formar o biochar, como também outros compostos concentrados em carbono, por exemplo os bio-óleos, extrato pirolenhoso e vinagre da madeira e gases de síntese que podem ser reaproveitados para fins energéticos.

O biochar se diferencia do carvão vegetal principalmente devido à sua aplicação como corretivo de solos agrícolas capaz de aumentar a produtividade e reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) provenientes da biomassa que, de outra forma, se decomporia rapidamente (IPCC 2022).



A comunidade científica internacional, representada pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima), já constatou que medidas de mitigação das mudanças climáticas focadas apenas na redução de emissões de GEE não serão suficientes para conter o aquecimento global a níveis seguros para a sociedade (aumento de até 2,5 C da temperatura média global), implicando assim na necessidade da adoção de práticas de remoção de carbono, capazes de retirar efetivamente carbono da atmosfera.

O fluxo de carbono global pode ser caracterizado, de forma simples, em 3 principais atividades: emissão, que seria a liberação de carbono na atmosfera, principalmente através de atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis; redução, que envolve a diminuição das emissões de carbono na atmosfera por meio de práticas mais sustentáveis, como o uso de energia renovável; e remoção, que consiste em retirar carbono da atmosfera.

O biochar, 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.

Quando aplicado na agricultura, o biochar age como uma esponja de carbono que retém água e nutrientes, atuando como um condicionador de solo capaz de gerar ganhos de produtividade e redução no uso de fertilizantes.

Para o clima, além do biochar remover permanentemente carbono da atmosfera, ele pode gerar também redução das emissões de outros GEE do solo, principalmente o óxido nitroso [N₂O] e metano [CH₄] dos fertilizantes e da decomposição da matéria orgânica do solo.

Uma vez que as emissões do setor agroindustrial são de difícil abatimento e representam mais de 30% das emissões globais, o biocarvão se mostra como uma alternativa promissora para mitigação das mudanças climáticas .

A utilização desse material, comumente conhecido como biochar (carvão ativado de origem de biomassa), aumenta o conteúdo de matéria orgânica do solo ao mesmo tempo em que modifica os níveis de acidez (pH). Da mesma forma, altera os coeficientes de troca catiônica, permitindo melhorar o rendimento em diversos tipos de culturas. Devido à sua estrutura porosa, o biochar também é usado como aditivo em regiões de baixa pluviosidade, onde estabiliza efetivamente os níveis de umidade do solo.

Além disso, a incorporação de biochar como um agente estruturante e material base para nutrientes durante o processo de compostagem otimiza a degradação da matéria orgânica, ao mesmo tempo em que reduz as emissões de amônia e gases de efeito estufa. Também é conhecido por sua eficácia na redução da absorção de metais pesados em solos agrícolas contaminados e, como aditivo, é considerado uma estratégia de mitigação das mudanças climáticas, dada sua capacidade de sequestrar carbono sólido em campos agrícolas por centenas e até milhares de anos.



Desenvolvemos dois testes industriais (São Paulo e Minas Gerais) utilizando o aproveitamento da biomassa residual da colheita florestal de eucalipto na produção de biochar, bio-óleo, extrato pirolenhoso, vinagre de madeira e de gás sintético onde comprovamos a plena viabilidade de produção do biochar ativado.

Os resultados indicam que aproximadamente 1 kg de biomassa residual florestal de eucalipto é necessário para produzir 0,42 kg de biochar. O projeto industrial desenvolvido pela Brasil Biomassa em São Paulo e em Minas Gerais foi utilizando o sistema industrial de pirólise lenta conduzida em um ambiente livre de oxigênio produzindo aproximadamente 30% mais carvão em comparação com a pirólise rápida (12%) ou gaseificação (10%). Os resultados obtidos são consistentes e o sistema de pirólise lenta é o mais adequado para a produção de biochar.

Os dois projetos desenvolvidos pela Brasil Biomassa em São Paulo e Minas Gerais utilizaram a biomassa residual florestal de eucalipto e veio em demonstrar a viabilidade de produzir biochar de alta qualidade, com propriedades favoráveis e empregando um reator simples de câmara dupla. Os resultados indicam que nos testes industriais com a biomassa lignocelulósica de eucalipto fornecem parâmetros adequados para utilização de energia e produção de biochar ativado para uso como adubo no solo.

Os resultados do biochar produzido via pirólise lenta em temperaturas entre 400 e 500 °C demonstram melhorias em relação aos valores obtidos da biomassa original de eucalipto. Os rendimentos do biochar variaram entre 30% e 40%, com alto teor de carbono fixo, apresentando o maior valor em $77 \pm [2,51]\%$.

A relação H/C de 0,03 em todos os dois biochars, em comparação com 0,13 na biomassa de eucalipto, indica aromaticidade e maturação adequada. Os principais elementos inorgânicos nos dois biochars mostram um aumento em comparação à biomassa original. A alta presença de cálcio (Ca) e potássio (K) evidencia uma vantagem para uso no solo

Os altos valores de carbono fixo permitem a utilização do biochar para remediação e enriquecimento do solo, sequestro de carbono, como elementos de filtragem ou outra aplicação versátil, como compostagem de resíduos sólidos orgânicos, descontaminação de água e esgoto, servindo como catalisadores e ativadores, bem como em materiais de eletrodo e modificadores.

O material de biomassa lignocelulósica eucalipto e o uso da tecnologia de pirólise lenta, facilitaram a produção de biochar de alta qualidade. Este processo produziu ainda compostos sólidos (materiais carbonáceos e o biochar ativado), componentes gasosos (gases sintéticos), frações líquidas (bio-óleos, extrato pirolenhoso e vinagre de madeira). Há um interesse crescente no uso de biochar derivado de biomassa de eucalipto em diversas disciplinas para enfrentar desafios ambientais significativos.



iii. Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto. O biochar pode melhorar quase qualquer solo, pode ser um aditivo alimentar valioso para a saúde animal e reduzir emissões, além de ajudar os agricultores a reduzir as emissões de metano e a contaminação da pecuária. Neste sentido desenvolvemos o Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto.

A missão primordial neste conturbado momento (problema das mudanças climáticas) e um aumento nos preços internacionais dos fertilizantes é desenvolver e demonstrar com este relatório técnico na forma de Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto, do potencial disponível dos tipos de biomassa como fonte de produção de biochar. O Relatório confirma crescimento robusto da indústria e oportunidades emergentes no setor de biochar, uma forma estável de carbono criada a partir de materiais orgânicos, como resíduos florestais.

Surgiu como uma tecnologia líder na entrega de CDR durável, ostentando uma remoção potencial de até 6% das emissões globais anualmente e, em 2023, a remoção de carbono do biochar representou mais de 90% dos créditos de carbono.

Com uma taxa de produção mundial atual de pelo menos 400.000 toneladas métricas anualmente, a indústria do biochar está em uma trajetória de crescimento acentuado e com um caminho claro para entregar uma gigatonelada de remoção de carbono do biochar até 2040.

Mostrando uma taxa de crescimento de produção CAGR de 91% de 2021 a 2023, conforme os dados da International Biochar Initiative (IBI) e a US Biochar Initiative (USBI). Este Relatório, a primeira pesquisa brasileira produzida, destaca os avanços significativos e o potencial do biochar como uma tecnologia de remoção de dióxido de carbono (CDR), ressaltando seu papel crescente no Brasil como uma solução para as mudanças climáticas.

Essa rápida expansão é acompanhada por um forte otimismo da indústria, projetando que as receitas subam para quase US\$ 3,3 bilhões até 2025, de US\$ 600 milhões em 2023.

O Livro 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 para biochar físico.

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.

O biochar é um sistema inovador e este estudo de mercado confirma a interconexão da demanda de mercado, créditos de carbono, benefícios e usos físicos do biochar.

Este Livro também mostra as muitas escalas em que o biochar é produzido, desde grandes plantas industriais que também produzem energia limpa até fornos menores que estão ajudando os agricultores a utilizar resíduos de colheitas e a mudar da queima de colheitas.

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

Os resultados deste Livro destacam o crescimento da indústria de biochar à medida que ela emerge como uma tecnologia CDR essencial. Ao mesmo tempo, o estudo de mercado envia uma mensagem clara de que desenvolver mercados de alto volume e alto valor para biochar é um desafio essencial aos empresários brasileiros.

Diante da preocupação mundial com a questão climática, uma das metas do Acordo de Paris e das COPs é a necessidade de se manter a temperatura média global abaixo de 1,5 °C até 2050, em comparação com os níveis pré-industriais (1850 - 1900), a fim de conter desastres ambientais ainda maiores, com os quais o mundo vem se deparando.

No entanto, de acordo com o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), até 2021, a temperatura já havia crescido 1,1 °C.

No Brasil, de acordo com o Observatório do Clima, através do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), apresenta que a contribuição do setor energético nas emissões de GEE representaram, 18% do total de 2,42 bilhões de tCO₂e. Para isso, salienta a necessidade de, até 2050, zerar as emissões líquidas globais de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera.

O Livro faz uma análise apurada em nível nacional das oportunidades de aproveitamento dos tipos de biomassa para a produção de biochar como um novo fertilizante ecológico.

As questões-chave que motivam a presente Livro são identificar e analisar o potencial de aproveitamento da biomassa de eucalipto para o desenvolvimento de plantas de biochar, visto a necessidade do uso crescente de adubos e fertilizantes na agricultura brasileira



iv. Escopo do Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto . O Livro visa implementar uma estratégia de avaliação estrutural do quantitativo (base na produção) residual da biomassa de eucalipto e uma avaliação técnica e segura do potencial de disponibilidade (dados técnicos) para o desenvolvimento de plantas industriais de biochar como um inovador produto para a agricultura (adubo ecológico) e pecuária (suplemento alimentar) brasileira .

Foi demonstrado que o carvão ativado, referido como “biochar” quando aplicado em solos agrícolas, armazena e estabiliza carbono, retém nutrientes e água, aumenta a atividade biológica e aumenta a capacidade da planta de absorver nutrientes.

Novas pesquisas sobre a influência do biochar na estabilização do carbono e no aumento da atividade biológica nos solos apresentam uma oportunidade para o carvão ativado como adubo e fertilizante se tornar um elemento fundamental da agricultura regenerativa.

A utilização do biochar poderia ser uma estratégia importante para reconstruir a fertilidade em terras agrícolas degradadas e ajudar os agricultores e jardineiros a desenvolver culturas resilientes num clima em mudança. Além disso, o biochar tem potencial para integrar a agricultura sustentável com a silvicultura sustentável, ajudando a transformar o excesso de biomassa das florestas sobrepovoadas num ativo a longo prazo para a segurança alimentar. O objetivo desta análise foi examinar o estado da indústria de biochar no Brasil, a fim de compreender se o biochar é um mercado em crescimento e qual o potencial de expansão que existe.

Desenvolvemos uma avaliação com base na produção e uma formulação de cenários sobre a potencialidade da biomassa gerada (fase da colheita e da extração florestal) de eucalipto quantificando os resíduos e o uso na produção pelo sistema de pirólise de biochar.

Avaliando também os benefícios e as aplicações do biochar nos setores da agricultura e sucroenergético.

Também um estudo da tecnologia de produção industrial e a quantidade produzida em nível nacional . Tipificando ainda a disponibilidade (por fonte produtiva (custo por fonte) para um estudo futuro de viabilidade econômica para a implantação de plantas de produção de biochar.

O estudo buscou reunir e organizar, de forma inédita, um conjunto de dados de produção e de disponibilidade e também de consumo de biochar e os produtos acessórios no mercado brasileiro.

A utilização de biochar na agricultura como um adubo ecológico é um tema de extrema importância para nossa sociedade, sendo que, a cada dia, surgem novos desafios a serem superados para uso em solos e expansão no mercado agrícola.

Este Livro apresenta uma análise da importância estratégica do mercado e da indústria nacionais com potencial de produção de biochar como um novo fertilizante para o desenvolvimento agrícola do Brasil, levando em consideração alguns aspectos relevantes, entre os quais:

- O Brasil é uma potência agrícola. O agronegócio é responsável por aproximadamente metade das exportações brasileiras e dentre os dez produtos mais exportados pelo país, oito são do agronegócio.

As exportações vêm aumentando continuamente e a produção agrícola deve continuar a crescer necessitando de mais insumos como fertilizantes.

- Atualmente, o Brasil é responsável por cerca de 8% do consumo global de fertilizantes, sendo o quarto país do mundo, atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos. A velocidade de crescimento da demanda brasileira tem superado o crescimento da oferta nacional e seu atendimento tem ocorrido via aumento de importações.

O país deixou de ser exportador de fertilizantes para ser grande importador entre 1992 e 2024 abrindo uma grande oportunidade para a produção de biochar .

- Mais de 80% (oitenta por cento) dos fertilizantes consumidos no Brasil são de origem estrangeira, a despeito da existência de grandes reservas de matérias-primas (biomassa agroindustrial, florestal e sucroenergética) necessárias à produção de fertilizantes (no caso do biochar, um adubo ecológico) em seu território.
- A crescente necessidade de aumento da produção de alimentos no Brasil reclama o aumento do consumo de fertilizantes, criando maiores incentivos para a produção desse insumo agrícola (no caso o biochar) em larga escala nacional.
- Há inequívocos aspectos diretamente relacionados à segurança nacional, tendo em vista os riscos à segurança alimentar decorrentes da expressiva dependência do agronegócio brasileiro em relação ao produto, abrindo uma grande oportunidade para o desenvolvimento do mercado industrial para produção de biochar.

Diante da análise dos dados levantados durante a elaboração do presente estudo de mercado, foram elencadas algumas proposições no intuito de contribuir para a consecução de um ambiente mais favorável, no que tange à produção nacional de adubo ecológico.

A despeito da autossuficiência na produção nacional de fertilizantes não ser objeto de uma possível ação coordenada por parte do Estado, não há dúvida de que o estabelecimento de uma estratégia de redução da dependência brasileira de importações é imprescindível e o biochar pode ser a melhor solução existente no mercado..

A utilização da biomassa na produção de biochar é uma questão fundamental que avaliamos no Livro. Porém, conforme apontado no presente Livro, há oportunidades de desenvolvimento do setor industrial, utilizando dos insumos disponíveis, como resíduos de florestas plantadas da silvicultura para a produção de Biochar.

O presente Livro traz o resultado de um estudo sistematizado e detalhado do aproveitamento da biomassa florestal de eucalipto para a produção de biochar.

O levantamento do potencial de biomassa sustentável de eucalipto aqui descritos no Livro constitui um passo importante para a implementação de projetos de produção de biochar. O Livro avalia com requinte de detalhes o potenciais e as reservas suficientes de biomassa de eucalipto, dentro de uma gama prática de condições ambientais e econômicas para o desenvolvimento de plantas de biochar.

Este Livro visa informar sobre os tipos e quantidades de recursos de biochar que poderão estar potencialmente disponíveis no mercado e em que condições de acesso (avaliação de quantidade, preço, mercado e logística).

O Livro fornece uma avaliação detalhada da capacidade atual e potencial de produção de biochar no Brasil, uma avaliação dos preços e as condições de aquisição para uso na agricultura.

Este estudo é o mais recente de uma série de avaliações de mercado de biomassa (florestal, madeira, agricultura, agroindustrial e sucroenergético) desenvolvidas pela Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e pela Brasil Biomassa e Energia Renovável. Cada estudo técnico representa um avanço na compreensão dos recursos de biomassa em termos de capacidade de produção, distribuição espacial e acessibilidade econômica no Brasil. O presente Livro está dividido em duas partes: Biochar e subprodutos e a tecnologia de produção industrial de pirólise de biochar.



v. Gestão sustentável de Produção Biochar Um dos objetivos do Livro é o aproveitamento da biomassa florestal de eucalipto como parte integrante do processo de produção industrial de biochar. A base econômica de florestas plantadas para a produção florestal e de madeira e seus produtos e de resíduos de eucalipto sem aproveitamento energético, uma cadeia produtiva que podem ter participação fundamental na produção de Biochar como um fertilizante ecológico para tratamento de solos e da agricultura e pecuária.

Os ecossistemas florestais são cruciais para a manutenção e desenvolvimento das sociedades e das economias, apesar disso, o crescimento populacional e a expansão das áreas agrícolas pressionam o mercado. Neste sentido existem alguns projetos de aproveitamento dos resíduos que podem ser utilizados para a produção de biochar.



vi. Aumento Consumo Biochar e a Importância do Livro. A ampliação do uso de fertilizantes na agricultura, vai demandar de um aumento de importações de adubos.

A crescente necessidade de ampliar de modo sustentável a produção agrícola, para proporcionar maior segurança alimentar, aumentar a competitividade e reduzir os impactos ambientais associados com uso dos fertilizantes com base do biochar ecológico, uma alternativa viável economicamente e com significativo potencial de expansão no mercado brasileiro

A importação de fertilizantes no Brasil tem aumentado nos últimos anos, e em 2024 bateu recordes:

2019 a 2023. De acordo com a Conab, as importações de fertilizantes aumentaram 22,9% nesse período, passando de 34 milhões de toneladas em 2019 para mais de 42 milhões em 2023.

2024. Em janeiro, o Brasil importou 2,77 milhões de toneladas de fertilizantes, o maior volume dos últimos cinco anos.

Em junho, o país comprou mais de 4,16 milhões de toneladas, superando a marca histórica de 2022. Em julho, o Brasil importou quase quatro milhões de toneladas, um aumento de mais de 10% em relação ao mesmo período do ano passado. O Brasil é o maior importador mundial de fertilizantes, adquirindo 87% do que consome de países como Canadá, Rússia, Bielorrússia, Israel e Alemanha. O aumento das importações de fertilizantes é atribuído ao aumento dos preços dos produtos alimentares da agricultura.



vii. Diretrizes Gerais do Potencial de Produção de Biochar no Brasil. Por essa razão, o Livro avalia a cadeia da produção, a quantificação e disponibilidade de Biochar e o monitoramento do potencial de resíduos (produção, resíduos e logística e transporte) de eucalipto para a produção do adubo ecológico.

Assim sendo, os dados do Livro auxiliam as empresas do setor agrícola, com o objetivo de planejamento em termos de consumo de um fertilizante ecológico cobiochar, orientando as tendências de mercado (produção e consumo). Balizando as alternativas de expansão do segmento da agricultura e pecuária para tratamento dos solos.

Principais descobertas com o Livro de biochar:

- O estudo encontrou um mercado de biochar em fase de desenvolvimento no Brasil.
- O mercado de jardinagem poderia provavelmente ser expandido através da adição de locais de retalho adicionais e da oferta de maior alcance educativo aos clientes através de negócios de retalho dos produtos de origem do Biochar.
- Os agricultores brasileiro tem um grande potencial de produção de biochar eles próprios utilizando os resíduos que ficam no campo (palha, casca). O Livro também descobriu que os agricultores brasileiro têm um nível significativo de interesse nas categorias de saúde do solo que o biochar pode abordar.
- O maior problema encontrado no Livro é o desconhecimento sobre o efeito de “priming negativo” do biochar ou sobre a sua capacidade de estabilizar o carbono nativo no solo.

Esta falta de conhecimento é notável, uma vez que a estabilização do carbono foi o benefício de interesse dos setores econômicos..

- Existem desafios na comercialização do biochar porque o biochar produzido em diferentes temperaturas e matérias-primas podem ter diferentes influências no solo.

viii. Composição do Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto. O Relatório é composto de uma série de informações e dados de biochar (fertilizante ecológico) para a formulação de uma política:

1. Avaliação do potencial (base de produção e de disponibilidade) da biomassa da colheita e extração florestal de eucalipto como recurso para uso na produção de biochar e dos sub-produtos.
2. Avaliação do potencial de produção e de disponibilidade de biochar e do desenvolvimento de novos projetos com usos dos tipos de biomassa para expansão do setor

Para atender ao escopo dos trabalhos:

- i) Realizamos um amplo estudo da produção e da disponibilidade de biomassa da cadeia dos produtores florestais de eucalipto para aproveitamento na produção de biochar.
- ii) Analise o estoque de biomassa de eucalipto que pode ser aproveitada para o desenvolvimento de projetos de produção de biochar.

O Livro combina extensa análise quantitativa e análise qualitativa exaustiva, varia de uma visão macro do tamanho total do mercado brasileiro de biochar, da cadeia industrial e da dinâmica do mercado até micro detalhes dos segmentos de mercado. Como resultado, fornece uma visão holística, bem como uma visão profunda do mercado de biochar, cobrindo todos os seus aspectos essenciais.

Para o cenário competitivo, o Livro também apresenta os players do setor de Biochar na perspectiva da participação de mercado, e descreve as empresas com interesse para o desenvolvimento de novos projetos de Biochar.

ix. Metodologia de Desenvolvimento do Livro Biochar Biomassa Florestal Eucalipto. Trabalhamos com uma metodologia de avaliação técnica da valoração dos tipos de biomassa de origem florestal de eucalipto como uma forma de utilização para a produção de biochar.



Este Livro examina os elementos econômicos das adições de biochar em solos agrícolas. Explora então os mercados atuais de biochar no Brasil e internacionalmente para obter informações sobre as vendas existentes e o potencial de expansão.

Utilizamos como metodologia de trabalho uma análise do cenário nacional em relação à produção e do consumo de biochar e sua disponibilidade e aos impactos potenciais decorrentes como uma mudança no setor agrícola.

Assim trabalhamos com uma moderna metodologia de avaliação do potencial de biochar produzido, utilizado e disponível no mercado brasileiro. Objetivo analítico primário:

Análise intersetorial : avaliação integrativa de cenários das interações entre partes da cadeia de produção e de consumo de biochar como um adubo ecológico para tratamento de solos.

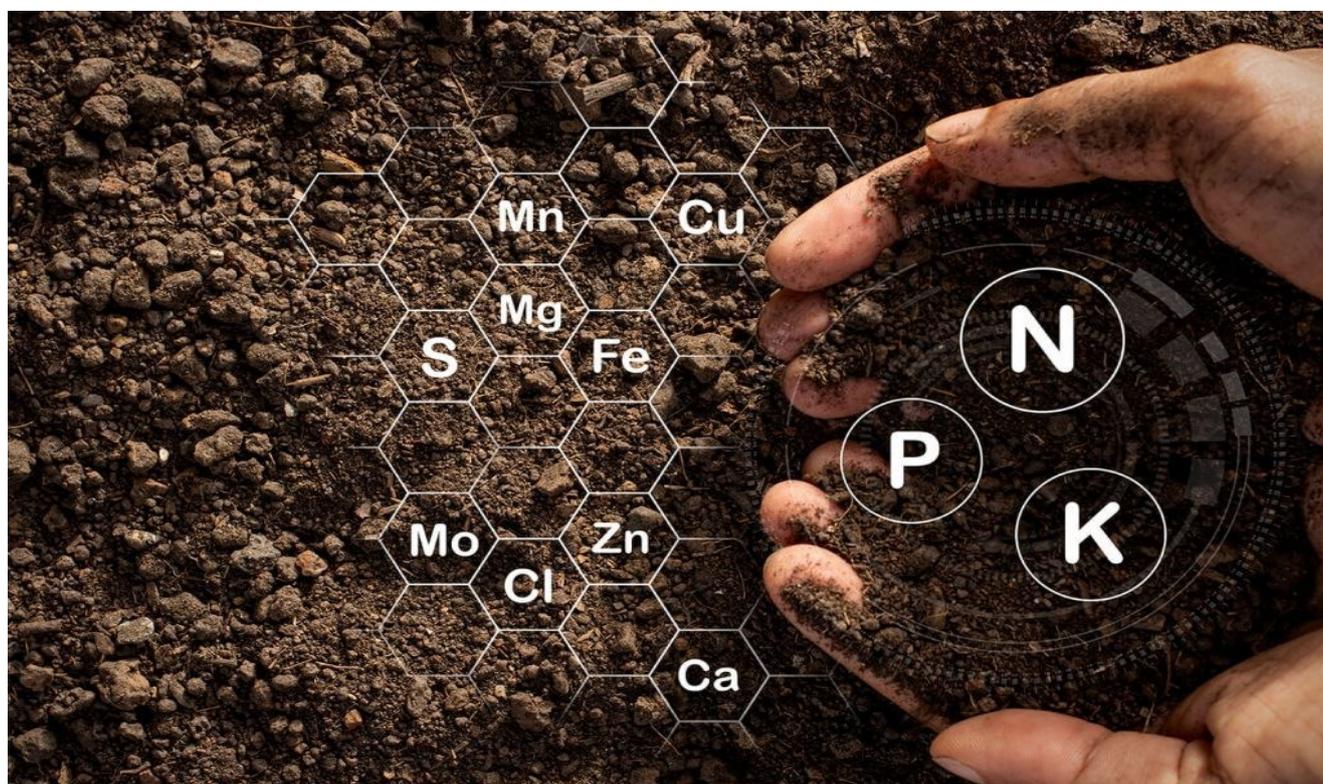
Finalidade analítica secundária:Avaliação do mercado brasileiro de biochar por produção de matéria-prima :

Avaliação de potenciais recursos de matéria-prima usando uma abordagem que avalia o setor de mercado que produz a matéria-prima (silvicultura)..

As principais características do Livro de Biochar são:

Apresentar graficamente a disponibilidade total e excedente de biomassa de origem florestal de eucalipto que podem ser aproveitada para a produção de Biochar no país.

O Livro fornecerá informações úteis a todas as partes interessadas no setor da agricultura, incluindo órgãos governamentais, todo o setor industrial , empresários e investidores, formuladores de políticas e o público em geral com interesse na produção ecológica e sustentável de Biochar.



x. Plataforma de dados do mercado produtor e consumidor Biochar A Brasil Biomassa desenvolveu para grandes grupos industriais um amplo e detalhado dos produtores com um banco de dados (cadastramento com todos os dados societários e produção) e dos grandes players consumidores de biochar.

Todos os dados das empresas (produtoras e consumidoras) constam em anuários e planilhas (CNPJ – Nome da empresa – Endereço completo da empresa – Telefone de contato – E-mail – URL – Estrutura societária da empresa e dos diretores - CNAE – Situação cadastral – Natureza jurídica– Regime Tributário – Porte da empresa – Capital social - faturamento). Bem como os anuários dos players desenvolvidos com base na estrutura societária da empresa e o porte empresarial e no faturamento estimados dos grandes produtores e consumidores.

Os objetivos específicos do Livro de quantificar o potencial de biomassa sustentável de eucalipto que poderiam ser aproveitados para a produção do adubo ecológico.. O Livro será útil para responder às seguintes questões:

Qual é o escopo atual da situação do mercado de Biochar no Brasil?

Como se prevê que a produção de biochar se desenvolva no futuro?

O mercado de biochar provavelmente evoluirá como parte de uma rede de outras evoluções — especificamente o marketing de agricultura regenerativa e práticas baseadas em carbono para agricultores e consumidores de alimentos.

Um dos maiores desafios do biochar no acesso ao mercado é que ele aborda um sistema de problemas de saúde do solo, criando um ecossistema de solo mais completo e ativo. Os resultados podem ser melhor vistos e saboreados do que descritos. Catalisar a primeira série de adotantes iniciais na agricultura desempenhará um papel fundamental no futuro do biochar no mercado brasileiro.