

TRATAMENTO DE LODO POR PIRÓLISE EM ETE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Rodolfo Cardoso – DSc

Universidade Federal Fluminense



AGRADECIMENTOS

FAPERJ (FINANCIADORA)

AGUAS DO RIO E PROLAGOS (COFINANCIADORA)

AGENERSA – APOIADORA INSTITUCIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE



INTRODUÇÃO

PIROLISE

- Processo de decomposição termoquímica de matéria orgânica;
- Temperaturas de 400 a 800oC na ausência de oxigênio e na presença de água;
- Principais elementos no processo: carbono e hidrogênio;
- Não produz toxinas (Dioxinas, Furanos e Gases contaminantes).

NÃO É INCINERAÇÃO!



TRANSFORMAÇÃO DE LODO SANITÁRIO POR PIROLISE

PROBLEMA:

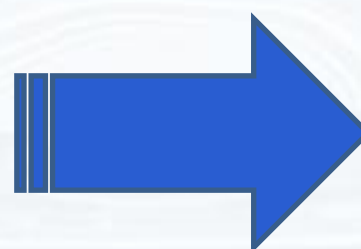
- ✓ Grande volume de resíduos;
- ✓ Ausência de tecnologias nacionais eficientes;
- ✓ Custo de movimentação, transporte e disposição para o aterro;
- ✓ Riscos ambientais na logística;
- ✓ Aterros não querem o lodo.

OPORTUNIDADE:

- ✓ Destinação correta do lodo;
- ✓ Geração de Biochar;
- ✓ Geração de energia elétrica e/ou térmica;
- ✓ Potencialidade de impacto na comunidade;
- ✓ Sustentabilidade econômica, ambiental e social.
- ✓ descarbonização



LODOS



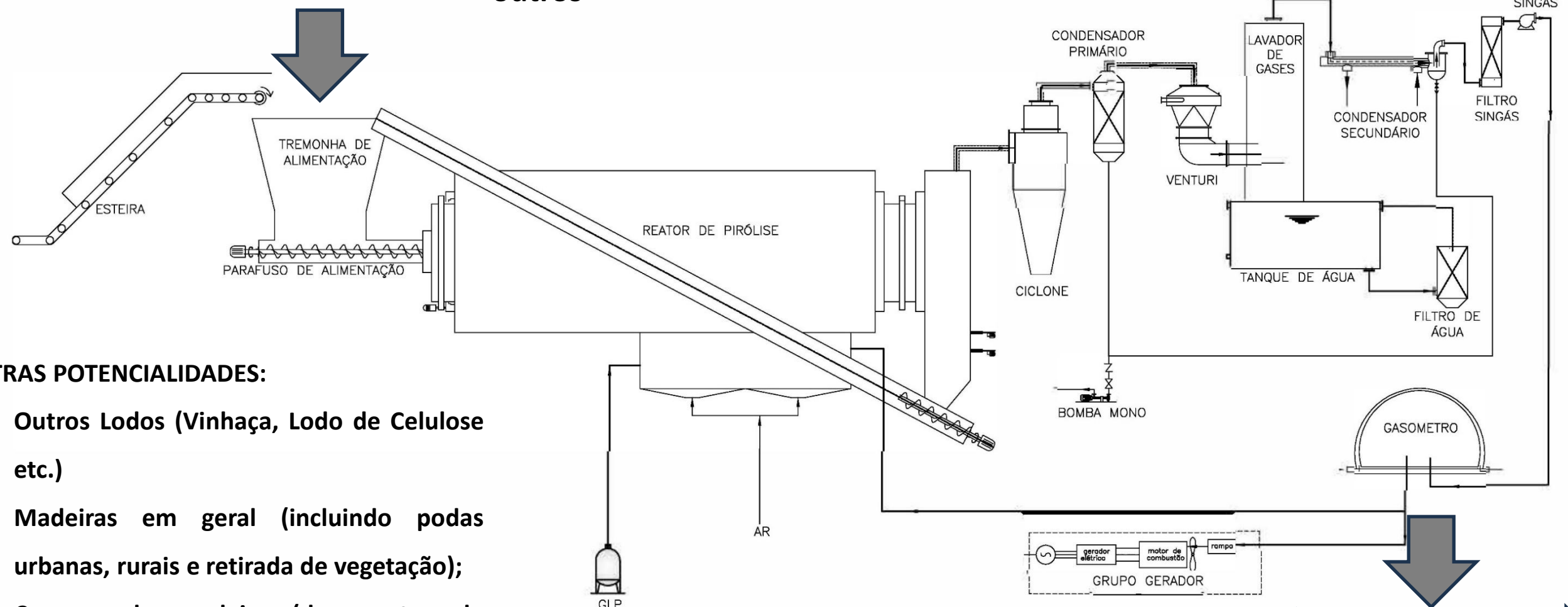
O PROCESSO

LODO SANITÁRIO



OBS.:

Podem ser adicionados (copirolise) materiais complementares: cavaco, poda, cascas, couros, tecidos, entre outros



BIOÓLEO



- 97% é Água
- 3% de óleo
- Em grandes quantidades pode ser utilizado para geração de energia.

BIOCHAR



- Sequestro CO₂;
- Aumento Carbono no solo;
- Retenção de Água no solo;
- Redução do Lixiviamento;
- Melhoria da fertilidade (N,P,K).

ENERGIA ELÉTRICA



SINGÁS

- Singas – 39,6Kg/h
- PCI – 35.579 kJ/Kg
- Estimativa de EE – 88,71kwh

ENERGIA TÉRMICA



OUTRAS POTENCIALIDADES:

- Outros Lodos (Vinhaça, Lodo de Celulose etc.)
- Madeiras em geral (incluindo podas urbanas, rurais e retirada de vegetação);
- Cavacos de madeira (decorrentes de processos de madeireiras e fabricação de móveis);
- Cascas e sementes (café, arroz, milho etc.)
- Resíduos Sólidos Urbanos (RSU);
- Resíduos de Polímeros e Pneus;
- Resíduos de Couros (Curtumes) e Tecidos;



Produtos do Processo de Pirolise



Biochar

Rico em micronutrientes, podendo ser usado como fertilizante



Gás de síntese

Possui poder calorífico, podendo ser usado como combustível para geração de energia.



Bio-óleo

Pode ser utilizado como bio-óleo para queima ou descartado retornando para entrada na ETE

O PROJETO

A USINA PILOTO UTR_PLTR EM NÚMEROS

> 4,5 MILHÕES DE
REAIS INVESTIDOS

+ 250 HORAS DE
OPERAÇÃO

+ 4,5 TONELADAS
PROCESSADAS

+ DE 15
PESQUISADORES
QUALIFICADOS

+ 30 ANÁLISES DE
BIOCHAR

+ 20 ANÁLISES DE
EMISSÕES
ATMOSFÉRICAS

+ 15 ANÁLISES DE
SINGAS

PROCESSAMENTO
ENTRE 60 A 80%
DE UMIDADE

58% DE CARBONO
FIXO NO BIOCHAR

39,6 KG DE SINGAS
POR HORA

BIOCHAR COM
N,P,K

APLICAÇÃO EM
COPIROLISE

**1 TONELADA DE LODO => 319
Kg DE CO2 SEQUESTRADOS**

**1 TONELADA DE LODO =>
150/200 KG DE BIOCHAR**

RESULTADOS DE PROCESSAMENTO DE BIOMASSA

Data	Insumo	Umidade (%)	Massa alimentada (Kg)
16/01/2023	Torta	82	219
17/01/2023	Torta	82	432
08/02/2023	Torta	82	240
09/02/2023	Torta	82	166
15/03/2023	Torta	82	122
16/03/2023	Torta	82	122
23/05/2023	Torta	82	70
24/05/2023	Torta	82	170
11/07/2023	Lodo Jardim Esperança	40	139
11/07/2023	Torta	81	103
12/07/2023	Lodo Jardim Esperança	60	67
12/07/2023	Lodo Jardim Esperança + Água	65	35,5
12/07/2023	Lodo adensado + Serragem	68	23,5
12/07/2023	Torta homogeneizada	82	28
13/07/2023	Torta homogeneizada + Serragem	80	61,5
13/07/2023	Lodo Jardim Esperança + Água	60	66
13/09/2023	Lodo adensado + Poda triturada	73	83
14/09/2023	Lodo adensado + Poda triturada	72	43
14/09/2023	Torta	80	77
08/11/2023	Lodo adensado + Poda triturada	65	111
09/11/2023	Lodo adensado + Poda triturada	67	151
24/02/2024	Lodo adensado + Poda triturada	75	565
25/02/2024	Lodo adensado + Poda triturada	72	540
02/05/2024	Lodo adensado + Poda triturada	76	222
04/07/2024	Lodo adensado + Poda triturada	78	270
Total Processado			4126,5



IMPACTOS FAVORÁVEIS COMPROVADOS



1

Eliminação da disposição final do Lodo Sanitário, atualmente disposto em aterros sanitários (emissão de Metano).

2

Eliminação dos riscos biológicos e sociais (subprodutos inertes).

3

Credito de Carbono com a degradação do Lodo Sanitário e com a aplicação do Biochar em solos.

4

Produção de Biochar, potencialização de solos, fonte alternativa de fertilização, retenção de nutrientes.

5

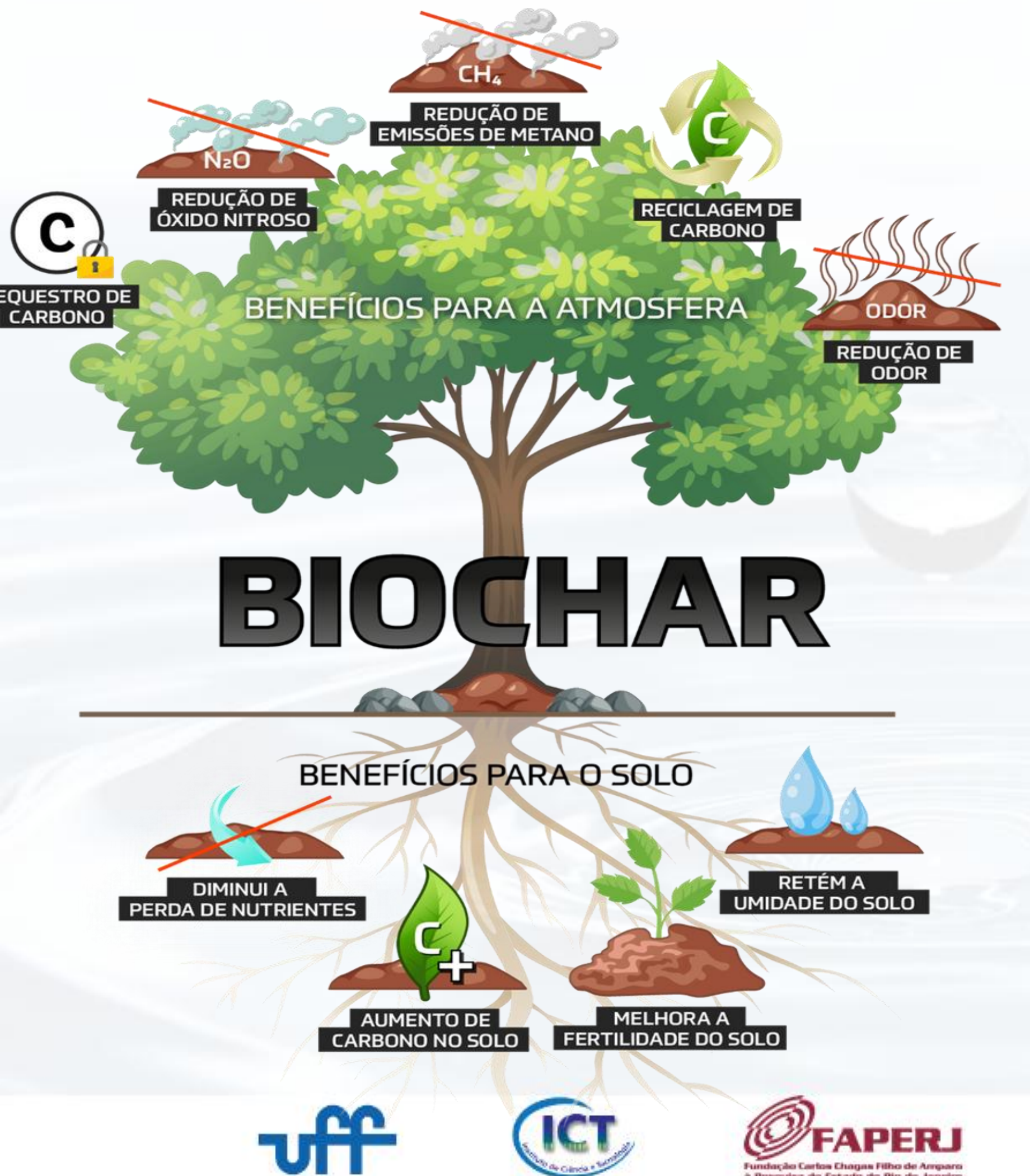
Geração de Energia térmica (por meio da queima) ou elétrica (por meio de geradores de biogás) .

6

Capacidade de Replicação da Usina em outras configurações e tamanhos.

7

Eliminação de custo de disposição final com potencial de geração de receita



Potenciais usos do Biochar

1 Melhora da Fertilidade do Solo para a agricultura

O biochar aumenta a capacidade do solo de reter nutrientes e água, além de promover o desenvolvimento de microrganismos benéficos.

2 Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa

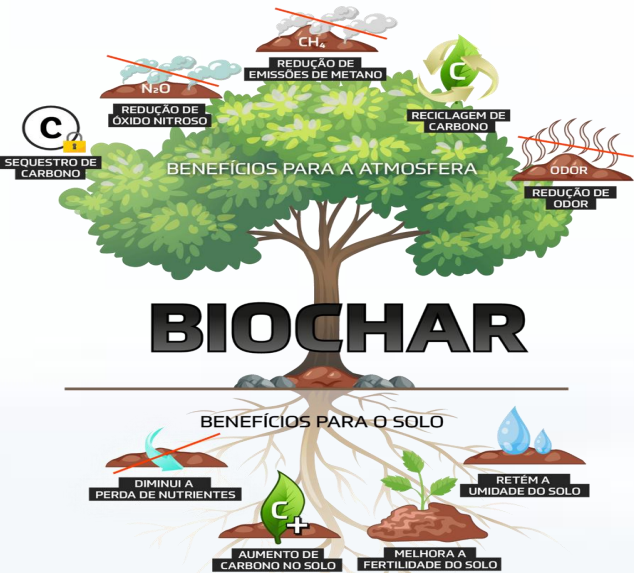
Ao ser adicionado ao solo, o biochar ajuda a capturar e armazenar o carbono, contribuindo para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

3 Remediação de Solos Contaminados

O biochar pode ser usado para remediar solos contaminados, ajudando a reduzir a quantidade de poluentes no ambiente.

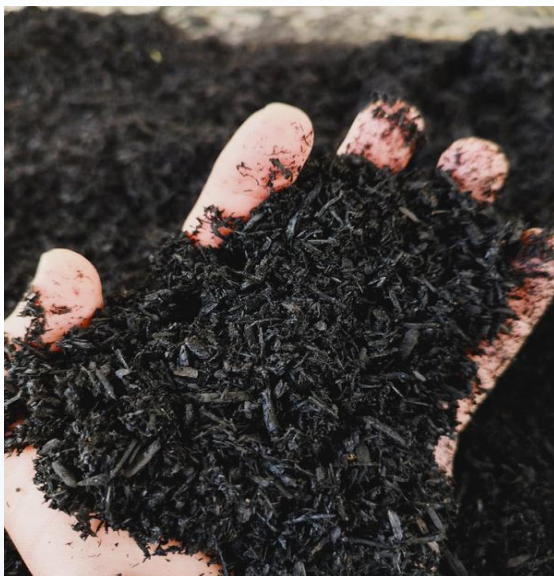
4 Uso Industrial

O biochar possui alto poder calorífico (queima em caldeiras), alto potencial de ativação (carvão ativado) e potencial de uso como carga mineral.



O BIOCHAR

Carbono Fixo – 58%
Nitrogênio – 1,5%
Fósforo – 2,8%
Potássio – 7,4%
Cálcio – 7,2%



RELATÓRIO DE ENSAIO: 120918/2024-1.0

Proposta Comercial 1964/2024-7

DADOS REFERENTES AO CLIENTE	
Empresa Solicitante:	RODOLFO CARDOSO/FAPERJ
Endereço:	Rua Recife, s/n, Jardim Bela Vista - Rio das Ostras/RJ - CEP: 28.895-532
Nome do Solicitante:	Rodolfo Cardoso
Dados para contato:	21 99935-8807 michellecampos@id.uff.br

DADOS REFERENTES À AMOSTRA	
Identificação do ponto: 240502-BC7	
ID do Projeto: PROCESSO FAPERJ Nº SEI E-26/210.808/2021 RODOLFO CARDOSO/FAPERJ	Referência Oceanus: 3030835
Matriz: Resíduo	Data da amostragem: 02/05/2024 11:00
Data de emissão do R.E.: 25/06/2024	Data de recebimento: 23/05/2024
Coletor: Cliente	Temperatura de recebimento (°C): <5
Tipo de Coleta: Simples	

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA	
Físico-Químico	
Início dos Ensaios: 23/05/2024	

Parâmetros	Unidade	LD	LQ / Faixa	Fator de Diluição	Resultados
Carbono Total	%	0,10	0,30	---	58,50
Nitrogênio Total	%	0,002	0,05	---	1,436
Enxofre Total	%	0,002	0,05	---	0,057

Parâmetros	Unidade	LD	LQ / Faixa	Fator de Diluição	Resultados	CONAMA 498 - Art. 9 - Classe 1	CONAMA 498 - Art. 9 - Classe 2	CONAMA 498 - Art. 10, Tabela 3 - Classe 1	CONAMA 498 - Art. 10, Tabela 3 - Classe 2
Fósforo Total	mg/Kg	0,30	1,00	1	2742	---	---	---	---
Potássio Total	mg/Kg	0,30	1,00	1	7383	---	---	---	---
Cálcio Total	mg/Kg	1,50	5,00	1	7270	---	---	---	---
Enxofre Total	mg/Kg	30,0	100,0	1	4124	---	---	---	---
Manganês Total	mg/Kg	0,03	0,10	1	29,9	---	---	---	---
Silício Total	mg/Kg	15,00	50,00	1	237	---	---	---	---
Alumínio Total	mg/Kg	0,15	0,50	1	3762,0	---	---	---	---
Estrôncio Total	mg/Kg	0,03	0,10	1	81,9	---	---	---	---
Titânio Total	mg/Kg	0,15	0,50	1	22,3	---	---	---	---
Magnésio Total	mg/Kg	1,50	5,00	1	1373	---	---	---	---
Arsênio Total	mg/Kg	0,003	0,01	1	N.D	---	---	41,0	75,0
Bário Total	mg/Kg	0,015	0,05	1	29,34	---	---	1300	1300
Cádmio Total	mg/Kg	0,015	0,05	1	N.D	---	---	39,0	85,0
Chumbo Total	mg/Kg	0,015	0,05	1	1,21	---	---	300,0	840,0
Cobre Total	mg/Kg	0,15	0,50	1	19,0	---	---	1500	4300
Cromo Total	mg/Kg	0,015	0,05	1	2,51	---	---	1000	3000
Molibdênio Total	mg/Kg	0,015	0,05	1	N.D	---	---	50,0	75,0
Níquel Total	mg/Kg	0,03	0,10	1	1,4	---	---	420,0	420,0
Selênio Total	mg/Kg	0,15	0,50	1	N.D	---	---	36	100,0



COMERCIALIZAÇÃO DE BIOCHAR NO MERCADO NACIONAL



*Aproximadamente R\$ 100,00 por quilo;

TESTES DE PLANTIO DE MUDAS

- Objetivo: propor um plano de utilização do biochar considerando as especificidades características e estabelecendo estudo de aplicabilidade;
- Local: horto municipal (CIEP);
- Teste comparativos: realizados com mudas de Flamboyant em vasos com biochar e sem para fins de verificação e análise;
- Cronograma: Iniciado em Maio com prazo final em Setembro (120 dias);



TESTES EM PLANTIO DE MUDAS

Horto de Arraial do Cabo



MUDAS SEM ADIÇÃO DE BIOCHAR, APENAS TERRA E BARRO

- 42% de mudas tiveram perda de ramos e não tiveram crescimento;
- 14% apresentou estabilidade;
- Apenas 28% das mudas obtiveram crescimento nas folhagens e no número de ramos.

MUDAS COM ADIÇÃO DE 5% DE BIOCHAR, ADICIONADO NA MISTURA DE TERRA E BARRO

- 15% de mudas tiveram perda de ramos e não tiveram crescimento;
- 42% apresentaram estabilidade;
- 43% das mudas obtiveram crescimento nas folhagens e no número de ramos.

MUDAS COM ADIÇÃO DE 10% DE BIOCHAR, ADICIONADO NA MISTURA DE TERRA E BARRO

- 15% de mudas tiveram perda de ramos e não tiveram crescimento;
- 15% apresentaram estabilidade;
- 70% das mudas obtiveram crescimento nas folhagens e no número de ramos.

SINGÁS

Composição do Gás de Síntese

Tempo	Momento 1		Momento 2		Momento 3		Momento 4		Média
Laboratório	RECAT	UERJ	RECAT	UERJ	RECAT	UERJ	RECAT	UERJ	
H2 (%)	14,9	4,0	33,9	18,1	16,4	4,0	4,1	0,0	11,9
O2 (%)	3,1	2,4	0,9	2,5	7,4	2,5	10,1	6,3	4,4
N2 (%)	51,4		16,4		45,8		63,5		44,2
CH4 (%)	1,4	4,7	6,5	8,4	0,7	3,2	0,2	0,1	3,1
CO (%)	8,3	3,4	4,6	2,6	5,5	0,1	4,2	1,3	3,7
CO2 (%)	19,2	21,4	33,8	27,2	23,2	21,7	17,4	0,6	20,6
Nox (ppm)		39,2		25,6		3,6		27,9	24,1
Outros (%)	1,7		4,0		1,1		0,6		1,9

PCI SINGÁS (mensurado): 35.579 kJ/kg

PCI BIOGÁS DE ATERRO RSU: 8.374 kJ/kg
(fonte: Estudo UFPE)

Emissões Atmosféricas:

- Hidrocarbonetos C2 – C7: menor que 1%
- NOX: abaixo de 20 ppm
- CO2: abaixo de 4%
- CO: menor que 3500 ppm

Dentro dos limites ambientais de emissão atmosférica

OBRIGADO!

rodolfo_cardoso@id.uff.br

lei.rgn.ric@id.uff.br