



**CIRRS**  
Búzios

**1º CONGRESSO INTERNACIONAL  
DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM BÚZIOS**

**24 - 27 outubro 2023**

**Recuperação Energética de Resíduos pela  
Técnica de Gaseificação**

**Apresentação: Prof. Dr. Evandro Jose Lopes**

Realização

 **Masterplan**

# 1º CONGRESSO INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM BÚZIOS

## RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA DE RESÍDUOS PELA TÉCNICA DE GASEIFICAÇÃO



Apresentação: Prof. Dr. Evandro Jose Lopes



# Métodos de aproveitamento Energético

## Incineração

Queima direta em caldeiras especiais, sendo que o vapor gerado é utilizado em um ciclo Rankine com turbinas a vapor e geradores.

## Produção de Biogás

Produção em aterros ou biodigestores, gerando gás metano contaminado, que uma vez tratado pode ser combusto em motores de combustão interna para transporte ou geração;

## Gaseificação

Processo exotérmico definido como uma oxidação parcial de um combustível, tratado em condições subestequiométricas, levando à produção de um gás de síntese denominado “SYNGÁS”.

## Pirólise

Processo endotérmico, onde grandes moléculas são quebradas termicamente em moléculas de gás leve, alcatrão líquido e carvão sólido, reações estas que ocorrem em temperaturas de até 700 °C.

# Métodos de aproveitamento Energético

## Gaseificação

- O processo de gaseificação desenvolvido e patenteado pela empresa Energia Limpa do Brasil consiste em gaseificação com fluxo horizontal de materiais, em leito de grelhas móveis, e é composto por uma sequência de operações controladas, que possibilitam a geração de um Syngás com qualidade controlada. O Syngás é combusto em câmara de combustão especial.



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS  
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 1000573-0

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 1000573-0

(22) Data do Depósito: 10/02/2010

(43) Data da Publicação do Pedido: 27/09/2011

(51) Classificação Internacional: B01J 19/00; C10B 21/12; C10B 29/00; C10B 53/00; C10J 1/00

(54) Título: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

(73) Titular: ENERGIA LIMPA DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS S/A. CGC/CPF: 07993770000121. Endereço: Rodovia BR 116, nº 16047, Km 104, Xaxim, Curitiba, PR, BRASIL (BR) 81690-300

# 6 patentes requeridas e 5 concedidas



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS  
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL



## CARTA PATENTE Nº PI 1000573-0

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 1000573-0

(22) Data do Depósito: 10/02/2010

(43) Data da Publicação do Pedido: 27/09/2011

(51) Classificação Internacional: B01J 19/00; C10B 21/12; C10B 29/00; C10B 53/00; C10J 1/00

(54) Título: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

(73) Titular(es): ENERGIA LIMPA DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS S/A. CG/CCPF: 07993770000121. Endereço: Rodovia BR 116, nº 16047, Km 104, Xaxim, Curitiba, PR, BRASIL(BR), 81690-300



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0605235-5 B1

(22) Data do Depósito: 06/12/2006

(45) Data de Concessão: 24/12/2019



(54) Título: EQUIPAMENTO QUEIMADOR DE PNEUS EM DOIS ESTÁGIOS, SENDO O PRIMEIRO EM QUEIMA POBRE E NO SEGUNDO A QUEIMA TOTAL A PARTIR DE MISTURA DOS GASES REMANESCENTES DO PRIMEIRO ESTAGIO ENRIQUECIDOS COM GASES COMBUSTÍVEIS E O COMBURENTE

(51) Int.Cl.: F23G 7/12.

(30) Prioridade Unionista: 27/05/2005 AR 20050102214.

(73) Titular(es): ENERGIA LIMPA DO BRASIL IND E COM DE EQUIPAMENTOS S.A.

(72) Inventor(es): MAXIMILIANO BERNARDI NETO; EVANDRO JOSÉ LOPES.

(57) Resumo: "EQUIPAMENTO QUEIMADOR DE PNEUS EM DOIS ESTÁGIOS, SENDO O PRIMEIRO EM QUEIMA POBRE E NO SEGUNDO A QUEIMA TOTAL A PARTIR DE MISTURA DOS GASES REMANESCENTES DO PRIMEIRO ESTAGIO ENRIQUECIDOS COM GASES COMBUSTÍVEIS E O COMBURENTE". A presente patente de invenção é composta por um conjunto de peças capaz de efetuar uma queima de pneus em primeiro estágio numa câmara(9) e em um segundo estágio a queima da mistura dos gases remanescentes do primeiro estágio com gases combustíveis variados, derivados de petróleo ou não, inclusive hidrogênio, previamente misturados ao comburente oxigênio puro, e ar comprimido. As válvulas de dosagem(12) permitem a dosagem do ar comprimido e dos variados gases de pós queima para que o efeito venturi no tubo (13) e a segunda queima no ponto(15) seja perfeita. O arnaste através da saída(21), efetuando mistura com ar ou comprimido, na entrada de ar comprimido(16), possibilita uma pós queima juntamente com gases combustíveis pré-misturados a oxigênio na região da segunda queima(15).



(11) PI 0702717-6 B1

(22) Data do Depósito: 17/08/2007

(45) Data de Concessão: 22/04/2020



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(54) Título: PROCESSO DE CO-PROCESSAMENTO DE PNEUS NA FABRICAÇÃO DE CLÍNQUER A PARTIR DA COMBUSTÃO EM DOIS ESTÁGIOS

(51) Int.Cl.: F23B 10/00; F23G 5/14; F23G 7/12; F23G 5/033; F23K 3/00; (...).

(73) Titular(es): ENERGIA LIMPA DO BRASIL IND E COM DE EQUIPAMENTOS S.A.

(72) Inventor(es): EVANDRO JOSÉ LOPES; MAXIMILIANO BERNARDI NETO.

(57) Resumo: PROCESSO DE CO-PROCESSAMENTO DE PNEUS NA FABRICAÇÃO DE CLÍNQUER A PARTIR DA COMBUSTÃO EM DOIS ESTÁGIOS. Composto por um conjunto de peças capaz de ser acoplado a um forno rotativo para fabricação de clínquer, que é o componente básico do cimento. Pneus picotados são alimentados em uma fornalha(4), que possui grelhas móveis(7), sobre as quais se procede a queima de primeiro estágio, que é pobre e resulta em gases combustíveis remanescentes. Os queimadores tipo venturi(5) sopram os gases remanescentes do primeiro estágio cruzando a chama do queimador original do forno, aumentando-se a energia de chama e obtendo-se ainda o benefício de eliminar o passivo ambiental da queima de pneus.



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 202013005596-0 Y1

(22) Data do Depósito: 08/03/2013

(45) Data de Concessão: 02/04/2019



(54) Título: DISPOSIÇÕES INTRODUZIDAS EM FORNO ROTATIVO PARA QUEIMA EM REGIME TURBULENTO DE GASES ORIUNDOS DE CÂMARA DE GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS

(51) Int.Cl.: F23G 5/20.

(73) Titular(es): ENERGIA LIMPA DO BRASIL IND E COM DE EQUIPAMENTOS S.A.

(72) Inventor(es): EVANDRO JOSÉ LOPES.

(57) Resumo: DISPOSIÇÕES INTRODUZIDAS EM FORNO ROTATIVO PARA QUEIMA EM REGIME TURBULENTO DE GASES ORIUNDOS DE CÂMARA DE GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS. O presente modelo de utilidade refere-se a "DISPOSIÇÕES INTRODUZIDAS EM FORNO ROTATIVO PARA QUEIMA EM REGIME TURBULENTO DE GASES ORIUNDOS DE CÂMARA DE GASEIFICAÇÃO DE RESÍDUOS", composto por câmara de gasificação (12), possuindo uma câmara (1) de combustível cilíndrica com corpo (1.1) em aço carbono, revestida com camadas (1.2) de tijolos refratários, tijolos isolantes e fibra isolante, que formam a parede (3), entrada de gases (2), sopradores de ar de combustão (7), conjunto de palhetas (8), injetor de ar atmosférico (4) para queima de gases combustíveis convencionais para aquecimento da camada refratária da câmara cilíndrica nas partições, gaveta (9) para controle estequiométrico do ar de combustão, gaveta (10) para controle da entrada de gás derivado de resíduo, e sensores (11) de chama, pressão e temperatura



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) C1 1000573-0 F1

(22) Data do Depósito: 14/12/2011

(45) Data de Concessão: 11/08/2020



(54) Título: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

(51) Int.Cl.: C10B 21/08; C10B 29/00; C10B 31/04; C10B 33/06; C10B 53/07; (...).

(52) CPC: C10B 21/08; C10B 29/00; C10B 31/04; C10B 33/06; C10B 53/07; (...).

(73) Titular(es): ENERGIA LIMPA DO BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS S/A.

(72) Inventor(es): EVANDRO JOSÉ LOPES.

(61) Pedido Original do CA: PI1000573-0 - 10/02/2010

(57) Resumo: PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. Os aperfeiçoamentos desenvolvidos e introduzidos no equipamento referido, contém inovações introduzidas no reator(1), mais especificamente na saída da câmara de gasificação(1.4), na adição sobre a câmara de gasificação(4) de um chaminé(100) com seus corpo(101), gaveta (102.1) e seus pistões(102.2), na adição do tubo de saída da câmara de gasificação(11), da gaveta(11.3.1) com seus pistões(11.3.2), e do duto(114) de entrada da câmara torcional. Também foram adicionados o controlador(130), da entrada(130.1) de ar controlado para combustão do gás gerado e chama(130.2) de pré-aquecimento da câmara torcional(120). Com este certificado de adição também se agrega a possibilidade de queima de diversas blends de resíduos sólidos com potenciais combustíveis, incluindo pneus, e, por fim, na inclusão de uma câmara de combustão(120) do tipo torcional no lugar dos queimadores venturi(1.5) e, desta forma, na consequente possibilidade de eliminação da chama piloto(1.11)



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) P10701199-7 A2

(22) Data de Depósito: 17/05/2007

(43) Data de Publicação: 30/12/2008  
(RPI 1982)



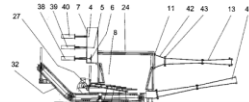
(51) Int.Cl.: F23D 21/00; (2008.04)

(54) Título: CONJUNTO DE COMPONENTES PARA ADAPTAÇÃO EM FORNALHAS FABRICADAS PARA QUEIMA DE BIOMASSA TRANSFORMANDO-AS PARA A QUEIMA DE PNEUS

(73) Titular(es): Energia Limpa do Brasil Ind e Com de Equipamentos S.A.

(72) Inventor(es): Evandro José Lopes, MAXIMILIANO BERNARDI NETO

(57) Resumo: CONJUNTO DE COMPONENTES PARA ADAPTAÇÃO EM FORNALHAS FABRICADAS PARA QUEIMA DE BIOMASSA TRANSFORMANDO-AS PARA A QUEIMA DE PNEUS. Composto por um conjunto de peças, em forma de um "kit" de adaptação; 1 capaz de ser acoplado em uma fornalha feita para queima de biomassa que poderá já estar em operação transformando-a em uma fornalha para queima também de pneus picados. A fornalha(24), tendo acoplado os componentes do "kit", elevará num primeiro estágio uma queima de pneus e num segundo estágio a queima da mistura dos gases remanescentes do primeiro estágio com gases combustíveis variados, derivados de petróleo ou não, inclusive hidrogênio, previamente misturados ao comburente oxigênio puro, e ar comprimido.



# Métodos de aproveitamento Energético

## Gaseificação

- Este inédito processo de gaseificação contempla múltiplas câmaras, com condições controladas de temperatura, pressão, concentração de agente gaseificante, velocidades de transporte de materiais, velocidade de fluxo de gases, turbulência, transferência e controle de perda de carga. Desta forma o conjunto de sub-câmaras consiste em etapas de secagem, pirólise, gaseificação e reforma de gases, para a produção do syngás derivado de RSU.

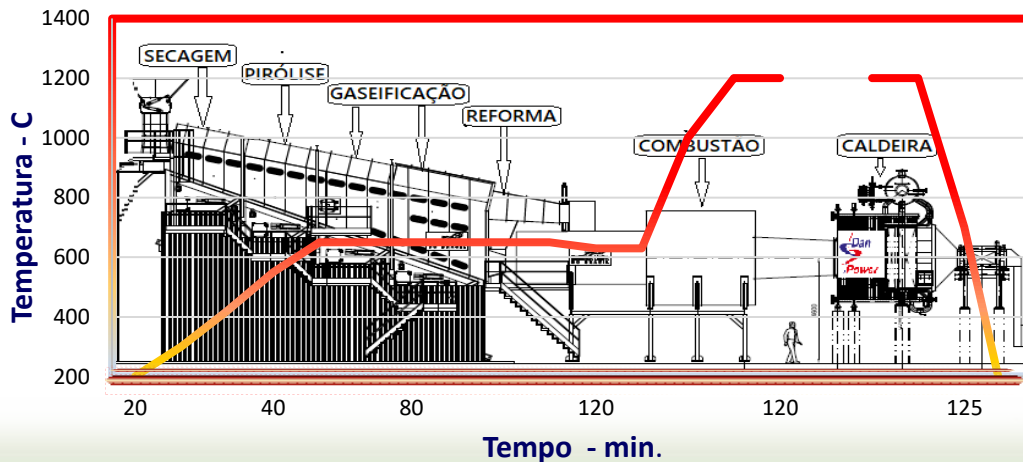
**Tempo x Temperatura**

**COMBUSTÃO**

**REFORMA  
GASEIFICAÇÃO**

**PIRÓLISE**

**SECAGEM**



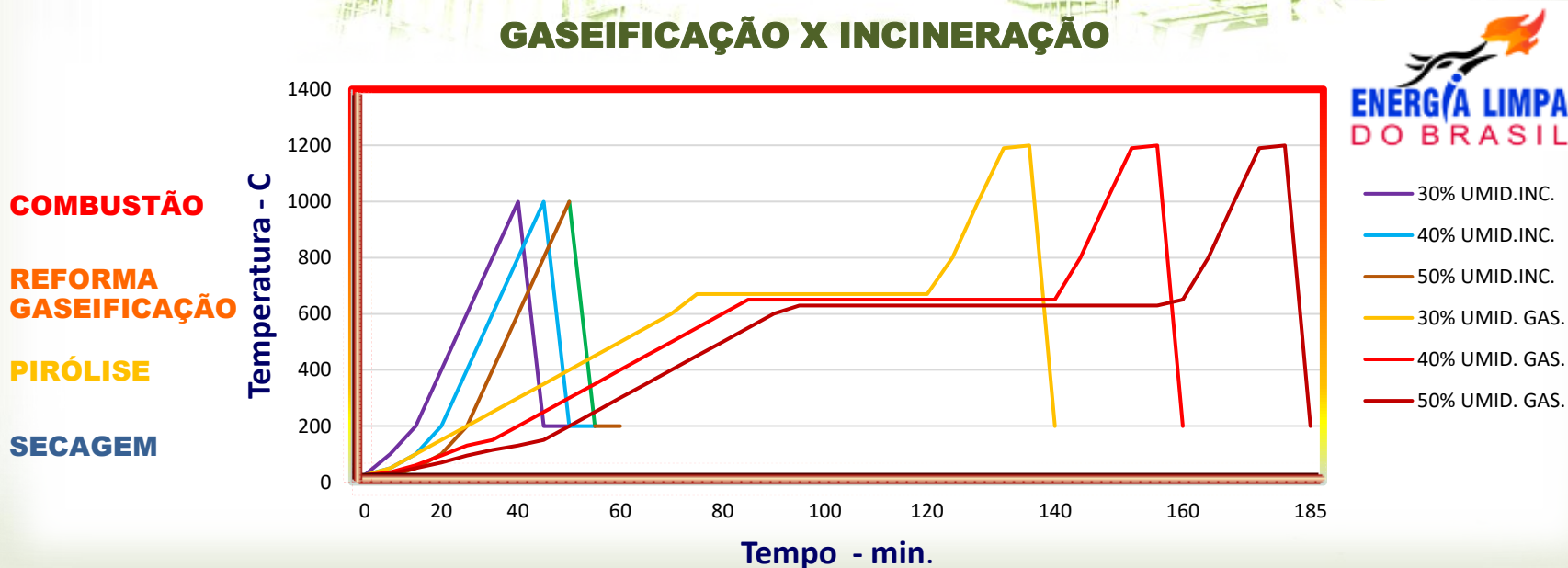
  
**ENERGIA LIMPA  
DO BRASIL**

# Métodos de aproveitamento Energético

## Gaseificação x Incineração

- O Gráfico abaixo demonstra a diferença básica entre a gaseificação em relação à Incineração, que com um tempo muito maior de processamento, tem maior potencial de controle em cada etapa dos processos térmicos. Garantindo a qualidade da combustão e das emissões atmosféricas.

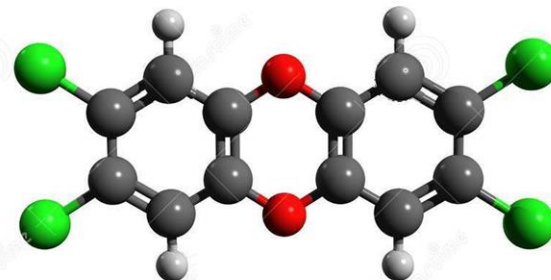
### GASEIFICAÇÃO X INCINERAÇÃO



# Métodos de aproveitamento Energético

## Gaseificação x Dioxinas e Furanos

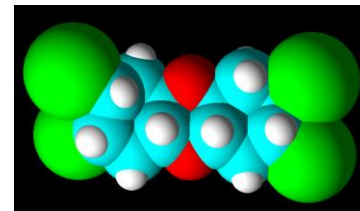
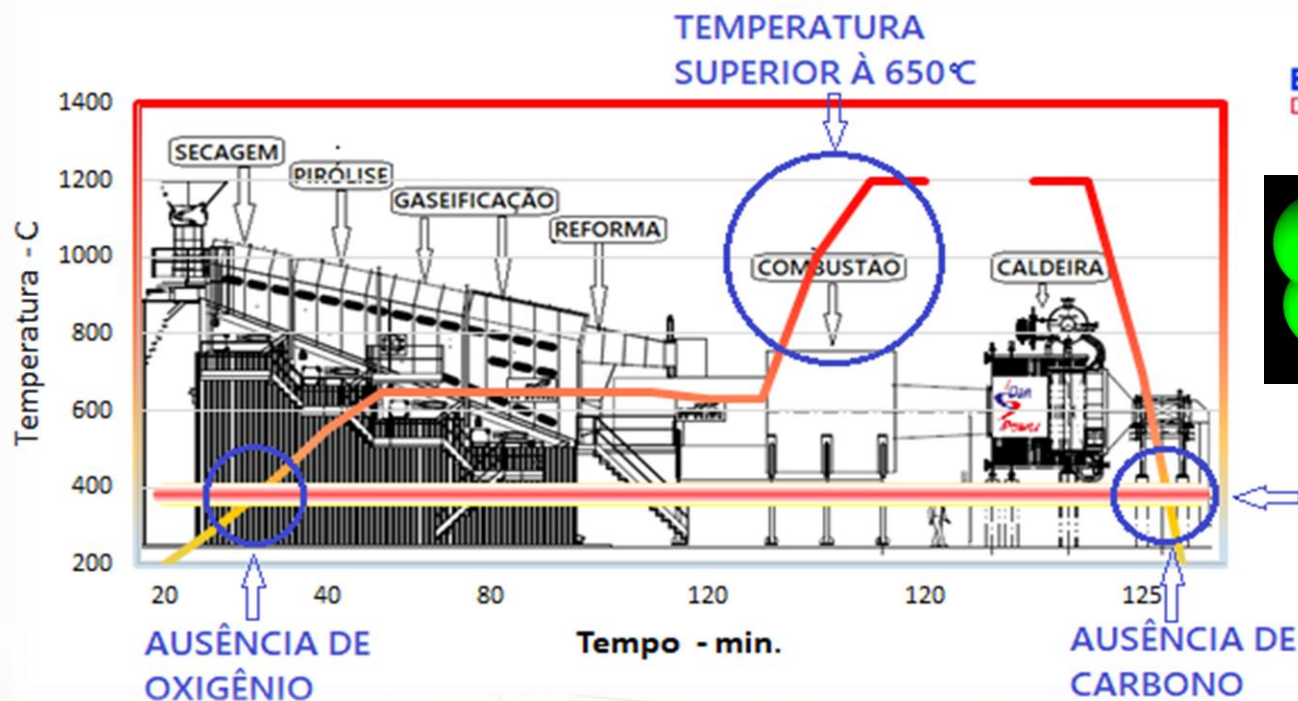
- **Dioxinas:** As dibenzo-p-dioxinas policloradas e os dibenzofuranos policlorados denominados com Dioxinas e Furanos respectivamente, constituem um grupo de poluentes orgânicos persistentes que podem se formar em operações térmicas e de combustão.
- Existem 3 condições básicas e concomeintantes para a produção de dioxinas e furanos;
- **Precursores cloro, carbono, hidrogênio;**
- **Temperatura em torno de 350 °C;**
- **Excesso de oxigênio ;**





# Métodos de aproveitamento Energético

## Gaseificação x Dioxinas e Furanos



FAIXA IDEAL PARA  
FORMAÇÃO DE  
DIOXINAS

# Resultados das emissões no processo ELB

Tabela - 1: Emissão de Dioxinas e Furanos

Parâmetro	Amostragem			Média
	1	2	3	
Data das Amostragens	14/12/2017	15/12/2017	15/12/2017	
Hora início da Amostragens	10:55	8:30	11:50	
Hora Final da Amostragens	13:58	11:32	14:53	
Vazão dos gases Condições Normais Base Seca (Nm <sup>3</sup> /h)	16348	15512	16877	16246
Vazão dos gases nas condições da Chaminé (m <sup>3</sup> /h)	99233	98075	102635	99981
Temperatura dos Gases (°C)	1145	1182	1183,0	1170
Isocinéticas Média (%)	104	107	102	104
Velocidade Média dos Gases (m/seg.)	13,71	13,55	14,18	13,8
Umidade dos Gases (%)	5,87	7,27	3,50	5,55
Teor de Dióxido de Carbono (%)	4,90	8,70	9,00	7,53
Teor de Oxigênio (%)	5,70	5,30	4,80	5,27
Teor de Nitrogênio (%)	89,4	86,0	86,2	87,2

Tabela 2 -

Parâmetros	Data	Amostragem			Média	VMP <sup>(1)</sup>
		1	2	3		
Dioxinas e Furanos (ng/Nm <sup>3</sup> )	14/12/2017 15/12/2017	ND	ND	ND	ND	0,50

<sup>(1)</sup> VMP = Valor Máximo Permitido para dibenzo-p-dioxinas e dibenzo-p-furanos, expressos em TEQ (total de toxicidade equivalente) da 2,3,7,8 TCDD corrigido a 7% de O<sub>2</sub> para sistemas de tratamento térmico de resíduos.

ND: Não Detectado.

# Lay-out orientativo da planta de gaseificação

## 4 | CALDEIRA

Recebe energia térmica dos gases combustos e transforma a água em vapor.

## 3 | QUEIMADOR

Queima o Syngás.

## 1 | PREPARO DO RSU

Separação de metais, recicláveis e secagem do orgânico

## 7 | PAINÉIS

Conecta a energia elétrica na rede.

## 8 | TRANSFORMADOR

Isola e compatibiliza níveis de tensão.

## 5 | TURBINA

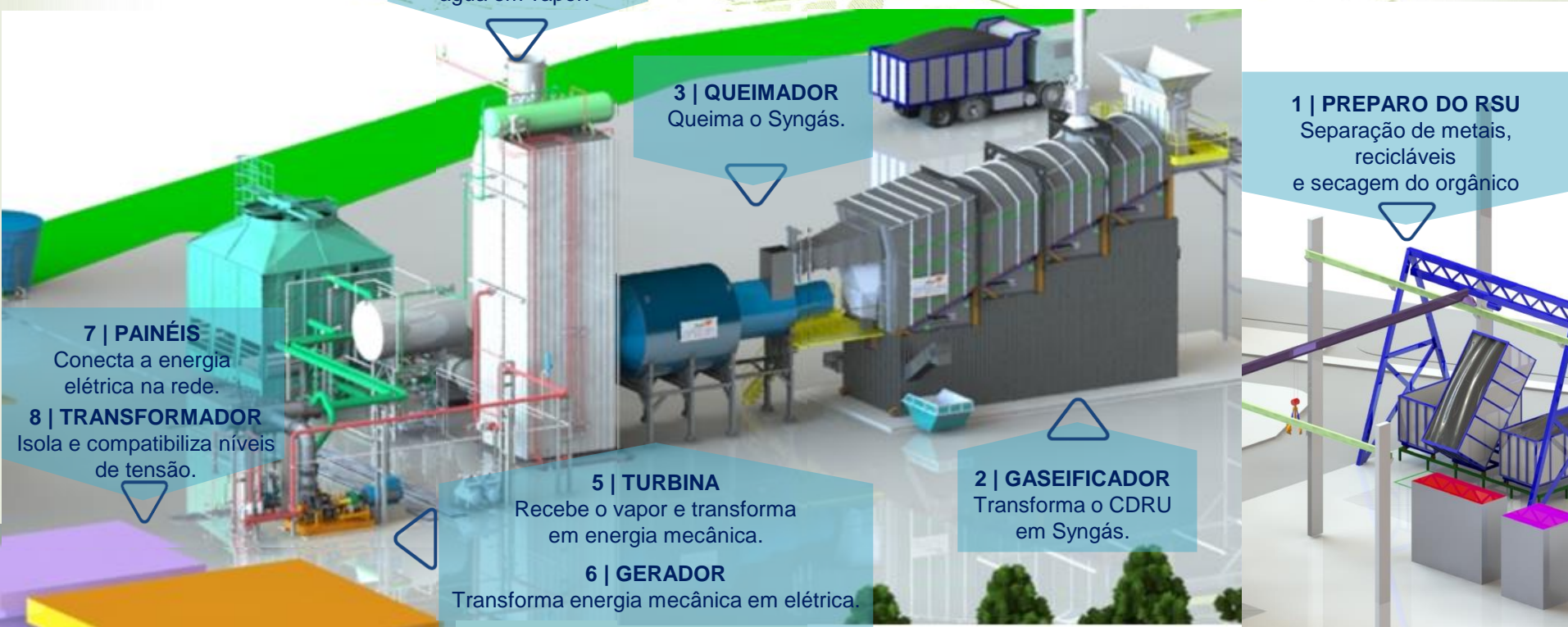
Recebe o vapor e transforma em energia mecânica.

## 2 | GASEIFICADOR

Transforma o CDRU em Syngás.

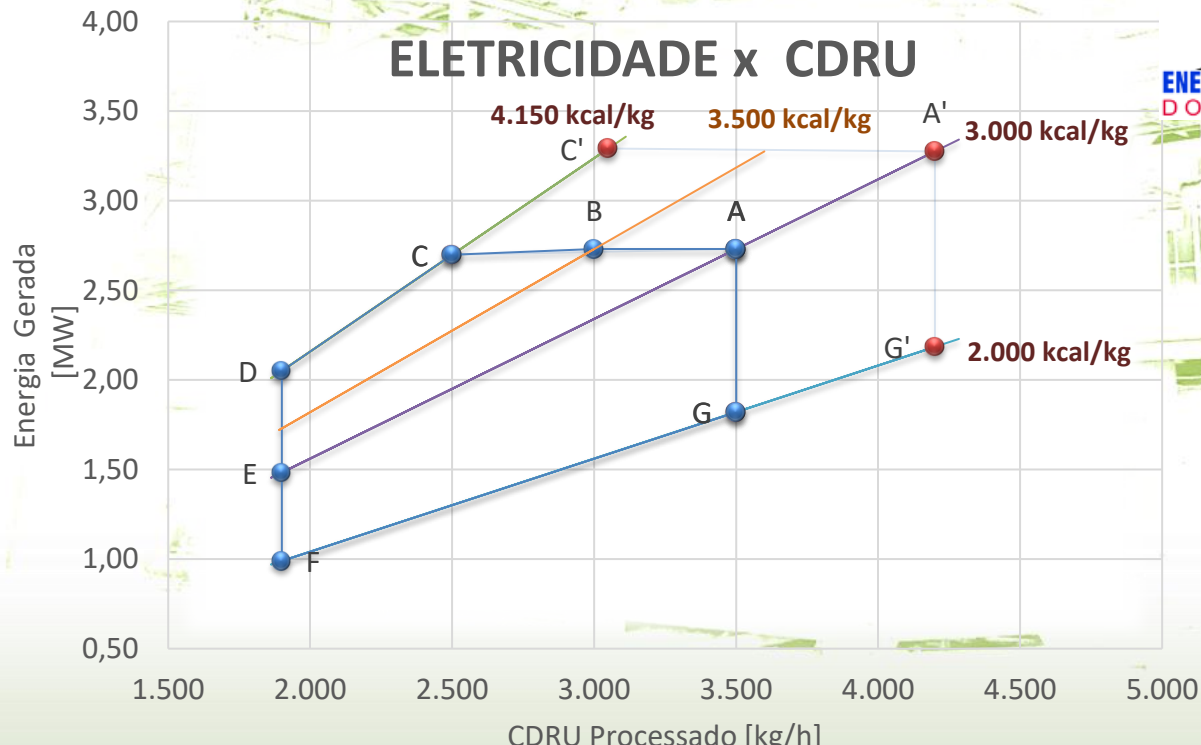
## 6 | GERADOR

Transforma energia mecânica em elétrica.



# Dimensionamento das plantas

- O diagrama abaixo demonstra a relação entre a capacidade de geração e energia com o poder calorífico do CDRU e a massa processada por unidade de tempo. Esta correlação é importante no tocante de viabilidade econômica, quanto ao dimensionamento do projeto e prospecção de recebimento de resíduos.







[https://www.youtube.com/watch?si=GNe9f3aJrgIUFCU&v=vkQ\\_HaNI9ac&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?si=GNe9f3aJrgIUFCU&v=vkQ_HaNI9ac&feature=youtu.be)

# PROCESSO INTEGRADO DE PIRÓLISE, GASEIFICAÇÃO E COMBUSTÃO

Nos processos para tratamento térmico em resíduos com adicional recuperação energética, são utilizadas comumente as técnicas de:

- Incineração; - Produção de biogás; - Gaseificação; - Pirólise;

Tais técnicas, mesmo as já consagradas pelo mercado internacional quanto as em desenvolvimento, apresentam deficiências no tocante ao tratamento integral resíduos ou nas emissões atmosféricas derivadas destes processos.



# PROCESSO INTEGRADO DE PIRÓLISE, GASEIFICAÇÃO E COMBUSTÃO

O projeto prevê a integração destas técnicas visando resolver suas ineficiências pelas suas complementações.

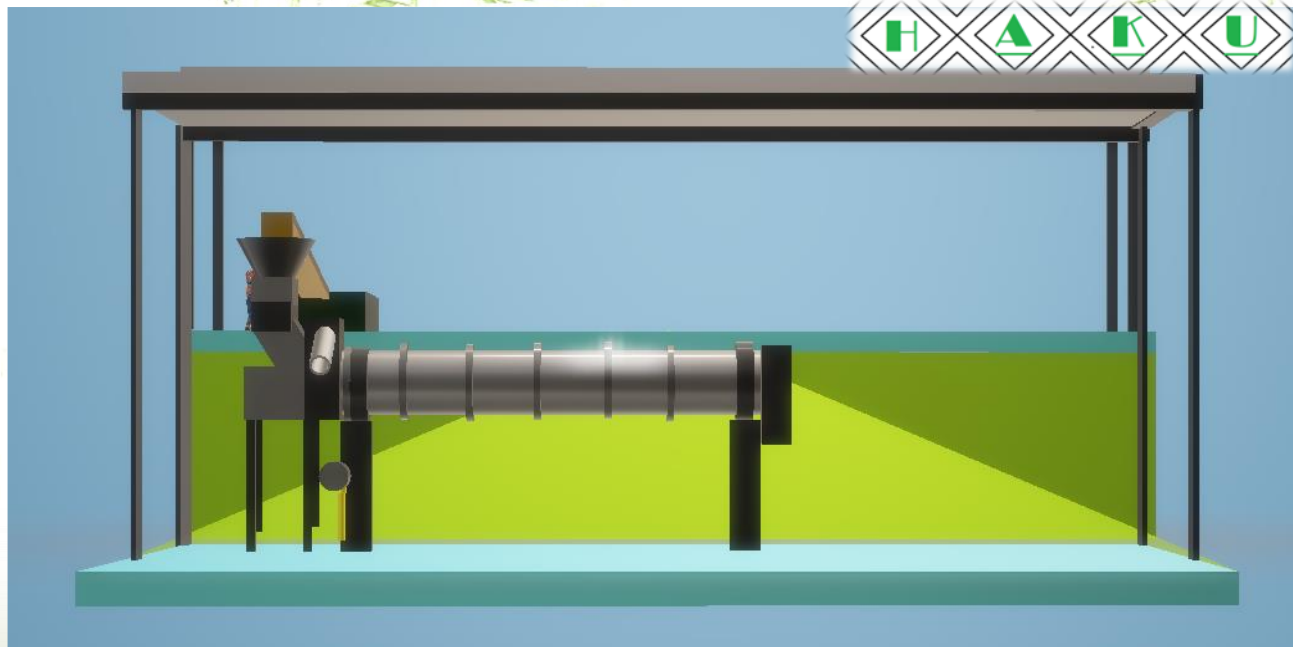
Este processo inédito integra de forma contínua os agora subprocessos de PIRÓLISE EM TAMBOR ROTATIVO, GASEIFICADOR COM GRELHAS MÓVEIS E COMBUSTOR DE GASES, cuja finalidade é o tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos (RSU) em conjunto com os resíduos de saneamento básico (RSB), contemplando suas recuperações energéticas.





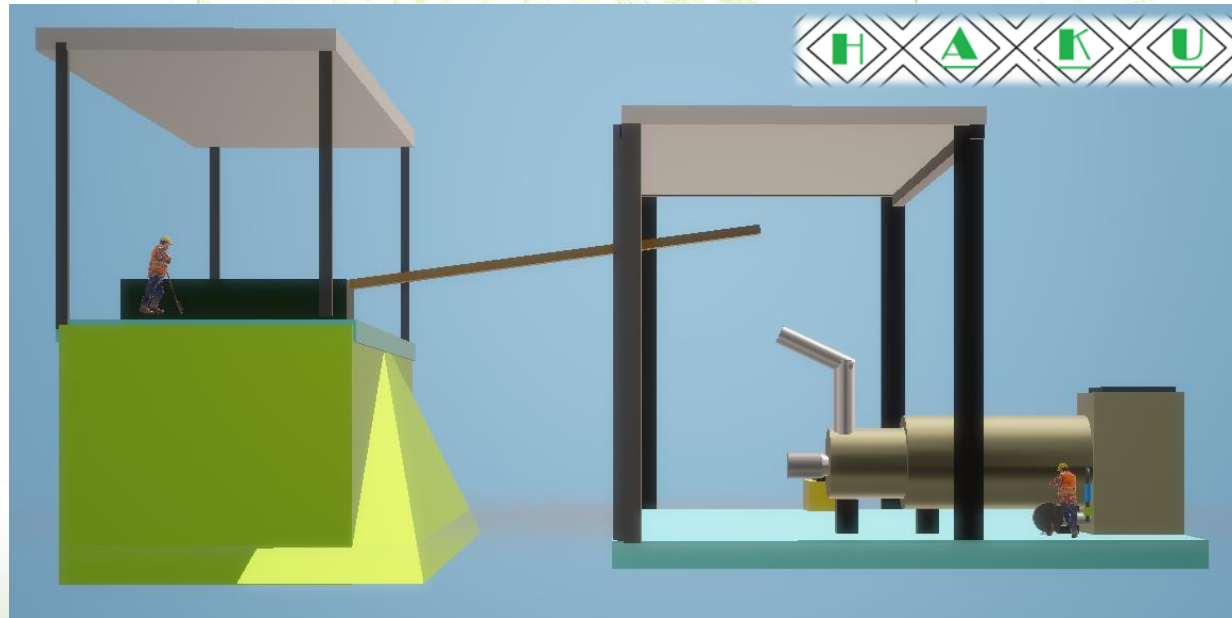
# PROCESSO INTEGRADO DE PIRÓLISE, GASEIFICAÇÃO E COMBUSTÃO

## PIRÓLISE EM FORNO ROTATIVO



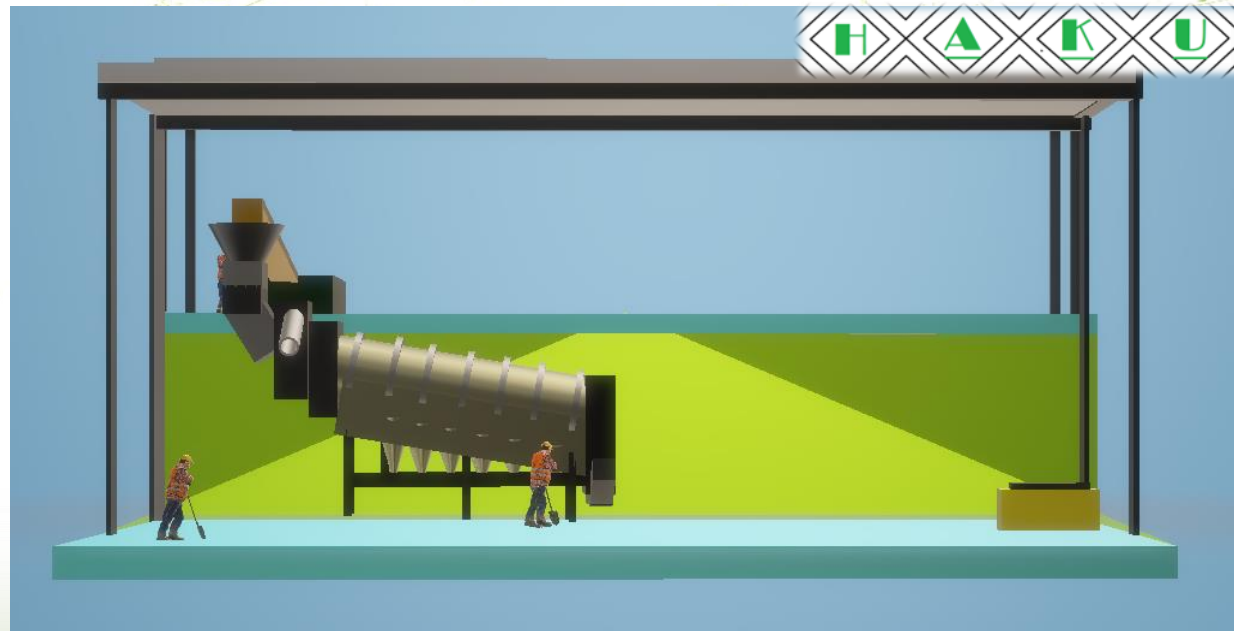
# PROCESSO INTEGRADO DE PIRÓLISE, GASEIFICAÇÃO E COMBUSTÃO

## COMBUSTOR DE GASES



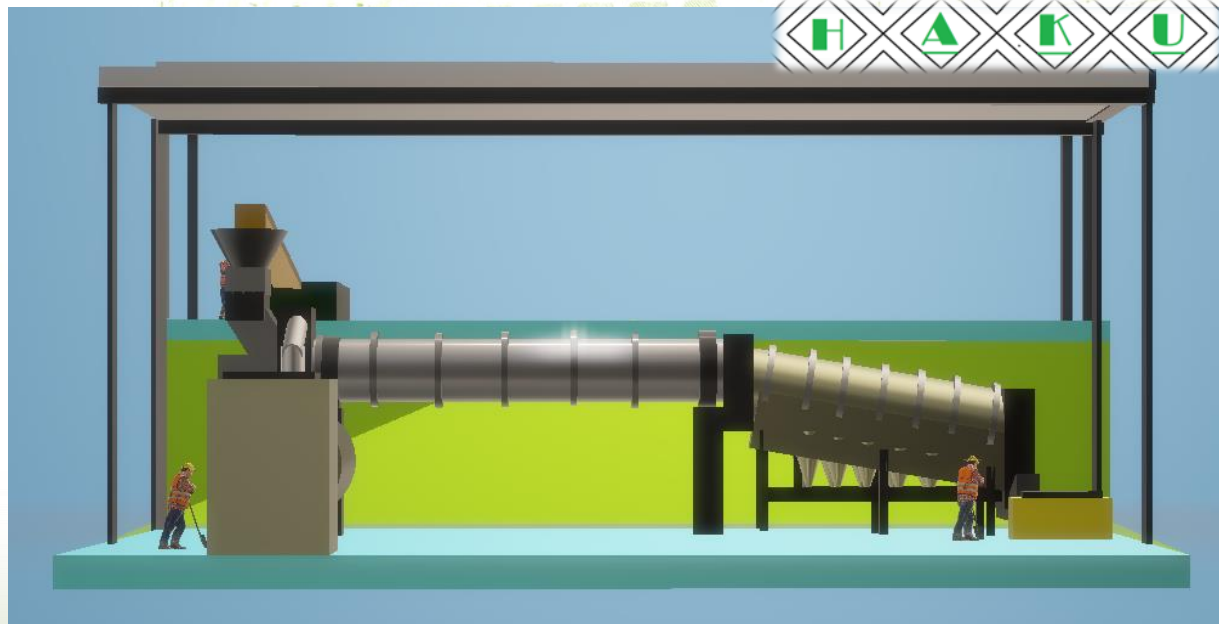
# PROCESSO INTEGRADO DE PIRÓLISE, GASEIFICAÇÃO E COMBUSTÃO

GASEIFICADOR COM GRELHAS MÓVEIS



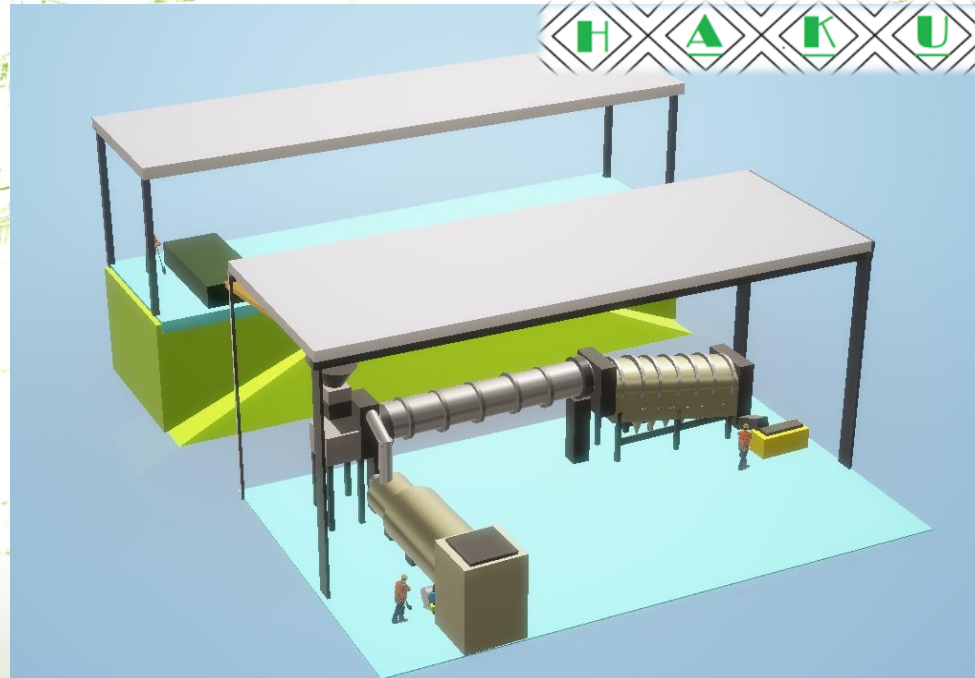
# PROCESSO INTEGRADO DE PIRÓLISE, GASEIFICAÇÃO E COMBUSTÃO

3 OPERAÇÕES INTEGRADAS



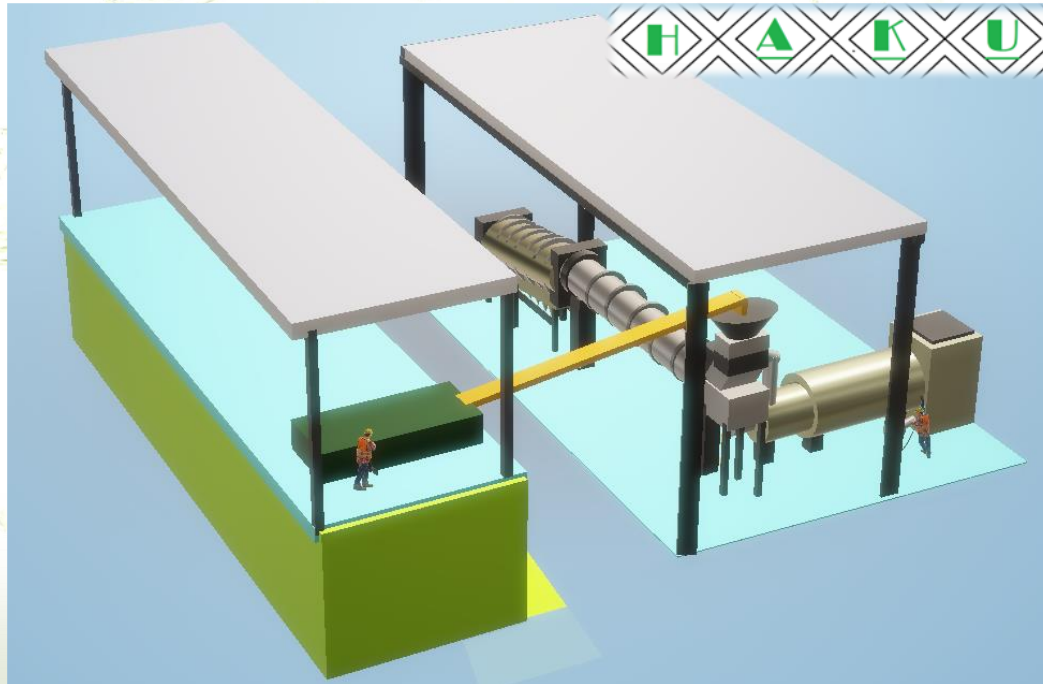
# PROCESSO INTEGRADO DE PIRÓLISE, GASEIFICAÇÃO E COMBUSTÃO

3 OPERAÇÕES INTEGRADAS

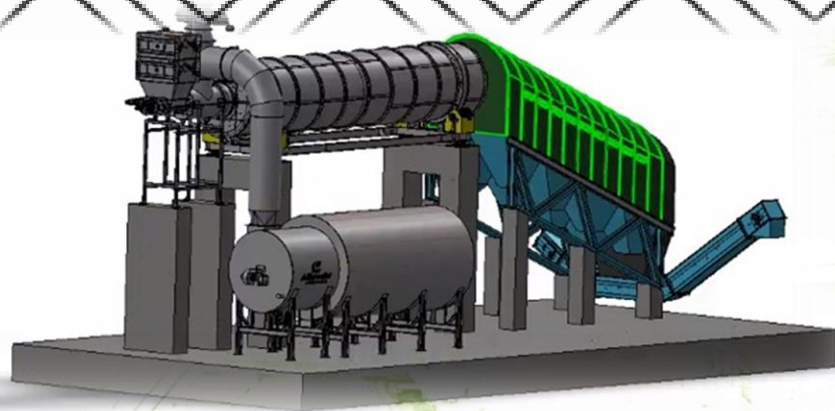


# PROCESSO INTEGRADO DE PIRÓLISE, GASEIFICAÇÃO E COMBUSTÃO

3 OPERAÇÕES INTEGRADAS



# H A K U



# Obrigado!



Contato: [evandro@elbrasil.com.br](mailto:evandro@elbrasil.com.br)