

Gaseificação de Biomassa para Produção de Energia em Pequena Escala: Atendimento a Comunidades Isoladas

Dr. André Gimenes
gimenes@gmail.com

Ciclo Temático: Civilização da Biomassa

20 de Março de 2007



**Grupo de Energia do
Departamento de Engenharia
de energia e Automação
Elétricas da EPUSP**



**Instituto de
Estudos
Avançados da
Universidade de
São Paulo**

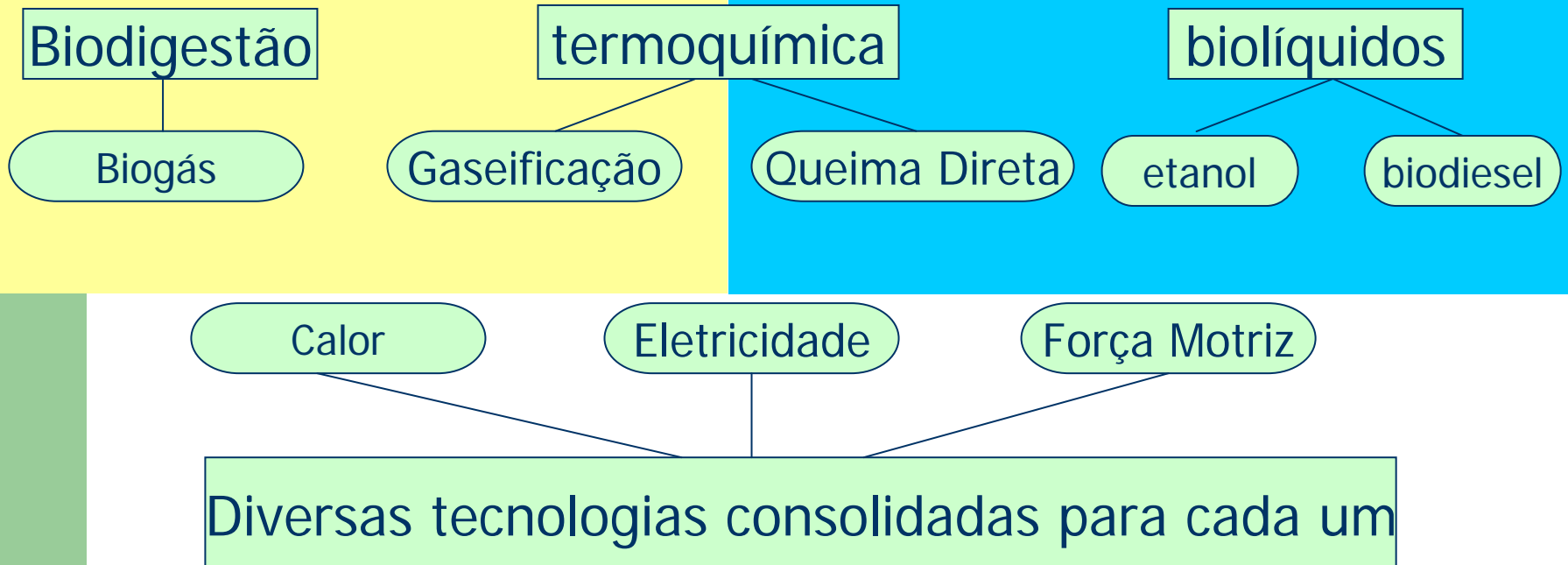
Biomassa



Rotas de conversão

Biomassa

Lodo de Esgoto, lixo, bagaço de cana, madeira etc.



Rotas de conversão

- **Termoquímica**
 - Combustão Direta do combustível para calor e geração
 - Conversão para combustível gasoso
- **Conversão Biológica**
- Digestão bacteriana – conversão da biomassa em biogás
- **Rota Biolíquida**
 - Biodiesel
 - Etanol

Biomassa - Usos

- **Produção de Calor:**

fogões, sistemas domésticos avançados de aquecimento, CHP.

- **Produção de Eletricidade:**

(co-)combustão, CHP, gaseificação (BIG-CC, motores, turbinas), biodigestão (motores a gas/híbridos).

Biomassa - Fontes

Fontes:

- **plantações: cana e sementes**
- **resíduos florestais**
- **resíduos agrícolas**
- **lixo municipal**
- **adubo animal**
- **etc.**



Mercados de Pequena Escala

- Pequena escala no Brasil – sistemas isolados do Norte
- Comunidades rurais de baixa renda
- Luz para todos: 7 milhões ainda sem conexão
 - muitos mais estão conectados, mas sem capacidade de consumo
 - Mercados incipientes com baixa capacidade de consumo e pagamento

Exemplo

The background image shows a rural settlement with several wooden houses. In the foreground, a group of children are standing and smiling. The scene is set in a grassy area with trees in the background.

- **Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - AM**
 - 4000 hab em 100.000ha
 - Área de várzea: alagamentos por longos períodos
 - População pobre: 0,4 US\$/pessoa/dia
 - Acesso a energia elétrica: máximo de 4h/noite e menos de 30 dias/mês (~1kW/família)

Exemplo – Usos finais e Fontes

- **Iluminação** – Velas, querosene e eletricidade
- **Refrigeração** – eletricidade e, raramente, GLP (\$)
- **Moagem** – manual e, raramente, motores combustão
- **Bombeamento de água** – manual e, eventualmente, motores elétricos
- **Geração elétrica:** quando existente é predominantemente proveniente de geradores diesel e, raramente, fotovoltaicos
- **Cocção:** lenha e, raramente, GLP – Poluição interna



Exemplo – Melhoria do suprimento energético

- Energia primária *disponível e acessível* é a biomassa
- Como utilizar este recurso energético para atender as necessidades destes cidadãos

Requisitos de simplicidade e custo

- **Necessidade de se valer de tecnologias operáveis e mantidas pela população local: gerador diesel – Nacional- facilidade e baixo custo para manutenção**
- **Energia de baixo custo (local x \$ transporte)**
- **Estes requisitos praticamente eliminam a combustão direta de biomassa para geração de energia elétrica (caldeiras + turbinas a vapor - Importados: alto custo e complexidade)**

Biomassa Gaseificação



Aplicações Típicas

Processo que converte combustível sólido em gasoso

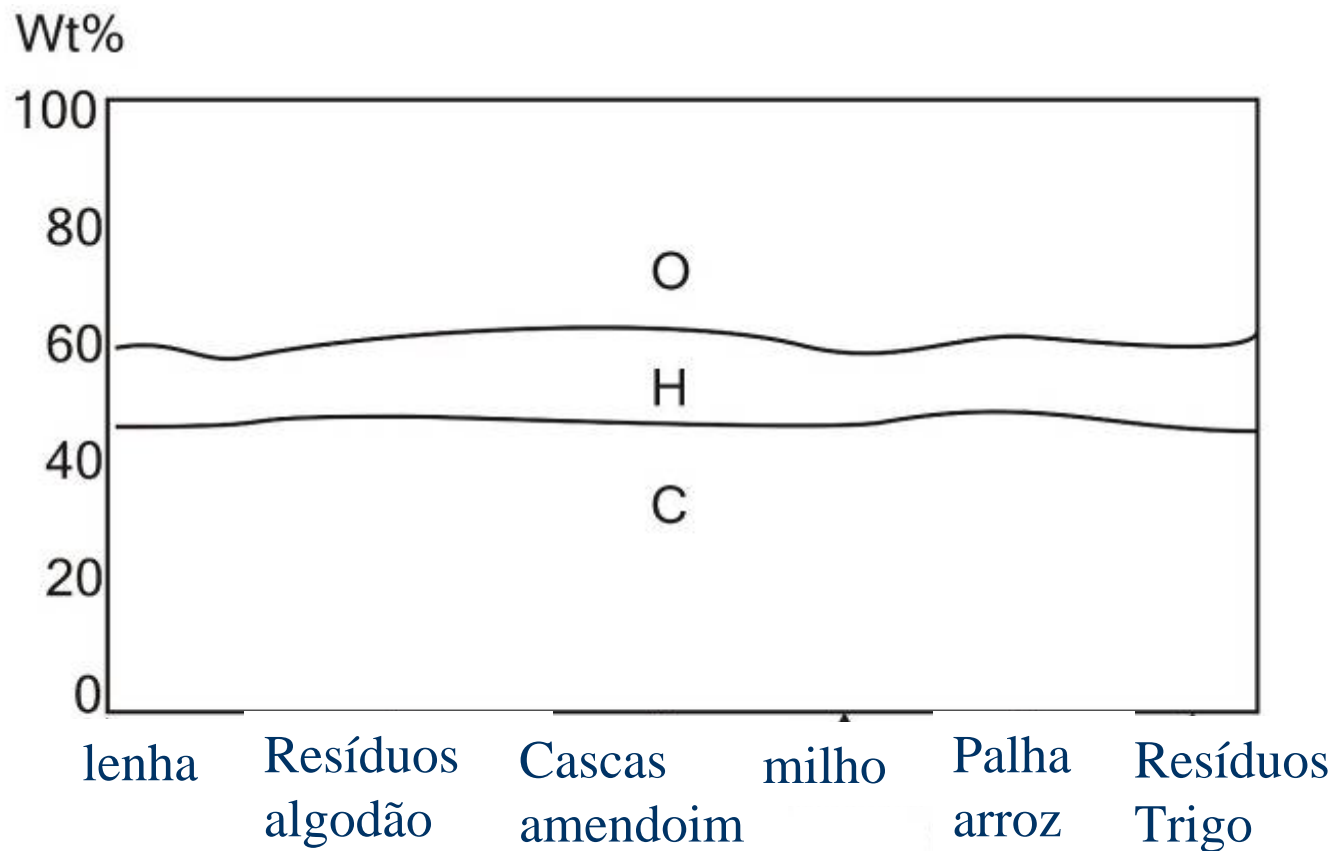
- **Usado em motores de combustão interna para geração de eletricidade em substituição a combustíveis fósseis**
 - Diesel – aplicação híbrida diesel + gás
 - Motor a Gas – aplicação direta
- **Produção de calor**
 - Baixa temperatura – secagem, cocção, etc.
 - Alta temperatura – fornos e processos industriais
- **Combinação das anteriores - CHP**

O que é o Processo de Gaseificação de Biomassa

- Biomassa contém carbono, hidrogênio, oxigênio e pequenas quantidades de outros elementos
- Na combustão com Ar: CO_2 e H_2O são gerados
- Na combustão com pouco Ar, ou sub-estequiométrica podem ser gerados produtos como CO e H_2 : “*queima mal feita*”.

O gás resultante do processo de combustão sub-estequiométrica é o **Gás Produzido (Gasogênio)**

Biomassa - Composição



Etapas do Processo de Gaseificação

- Aquecimento da biomassa e liberação de materiais voláteis
- Combustão dos materiais voláteis com Ar aquecimento da biomassa e aumentando a temperatura dos gases para algo em torno de 1200–1400°C
- Os gases quentes produzidos, que contém CO_2 and H_2O reagem com o carbono (carvão) e geram CO e H_2 Estas são reações endotérmicas que trazem as temperaturas para a faixa em torno de 600–700°C



Composição do Gas Produzido

CO	18 – 20 %
H2	18 – 20 %
CH4	1– 2 %
CO2	11 –12 %
N2	Restante

Combustão – Comparação

Combustível	Energia MJ/kg	Temperatura K
Petróleo	40 - 44	1800 - 1900
Lenha	14 - 17	1300 - 1700
Palha de arroz	10 - 13	1000 - 1300

Fonte: Biomass to Energy, IISc, Bangalore, 2003

- Temperaturas alcançadas na biomassa não são muito menores que as do petróleo

Combustão – Comparação

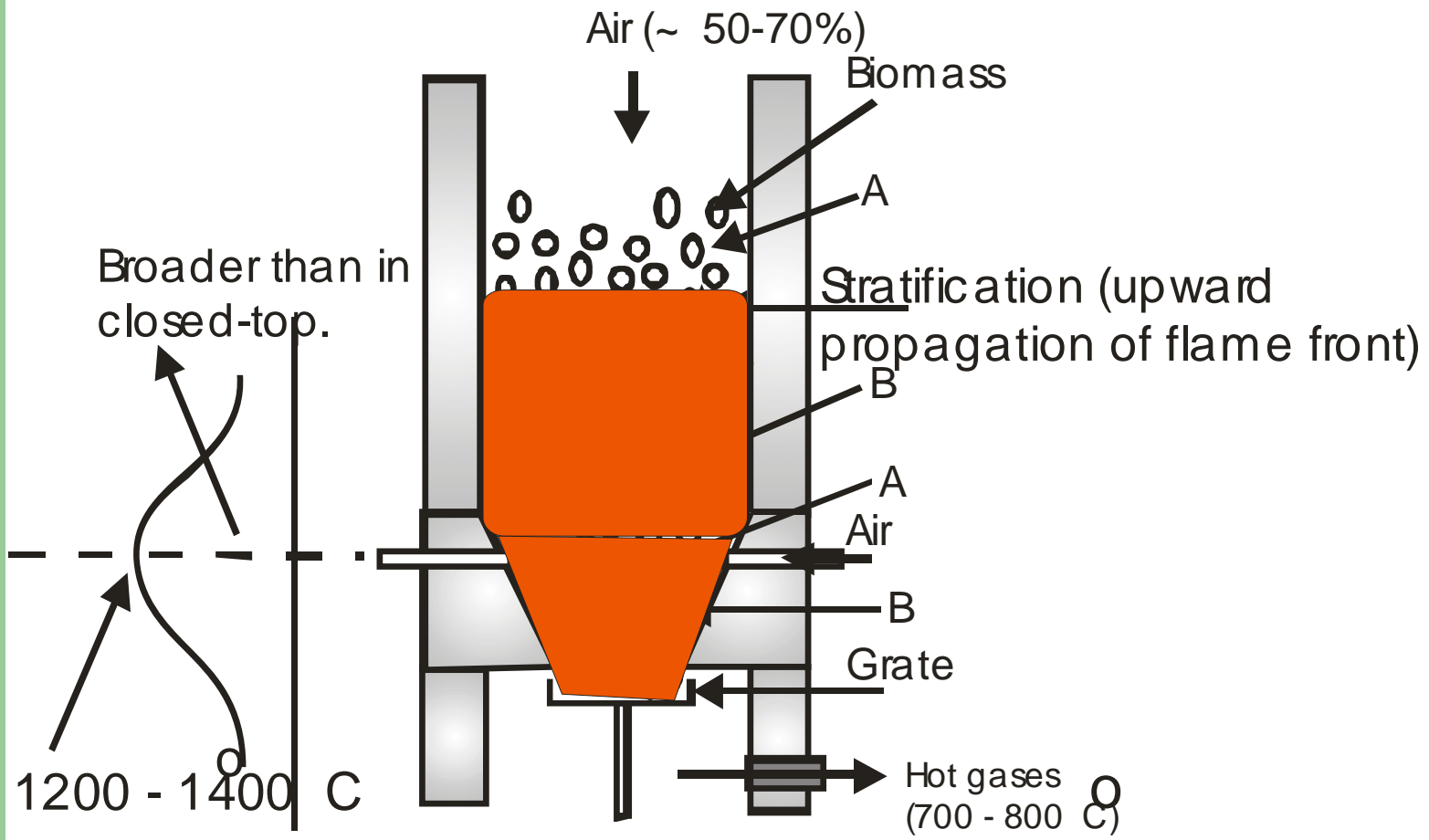
Combustível	A/C (ar/Comb)	Densidade Energética MJ/m ³
Petróleo	18	2,83
Gás Natural	18	3,00
Gás Produzido	1.2	2.40
Biogás	11	2.30

Fonte: Biomass to Energy, IISc, Bangalore, 2003

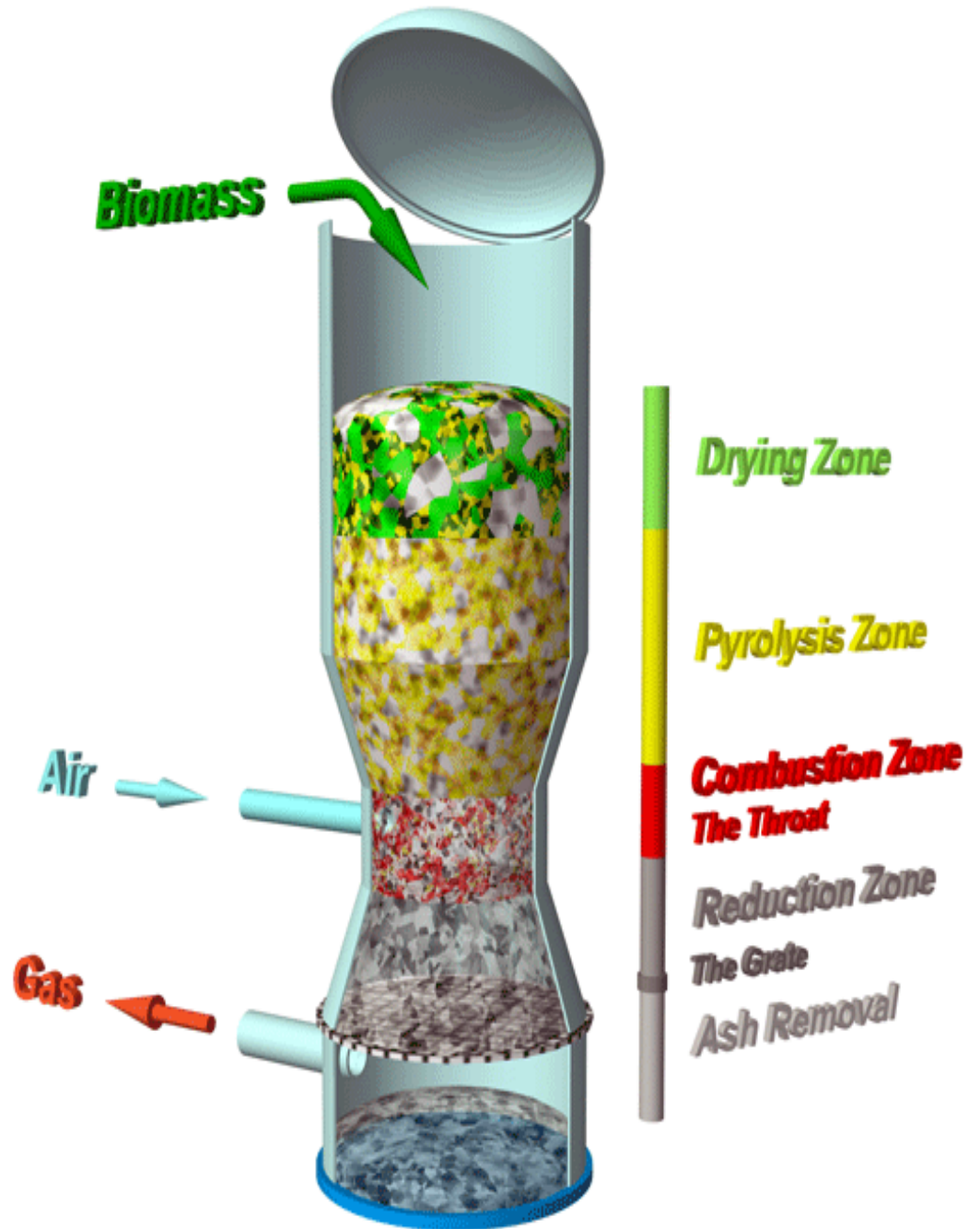
Tipos de Gaseificadores

- **Leito Fluidizado**
 - Para aplicações de larga escala
- **Leito Fixo**
 - Up draft — Alto conteúdo de alcatrão no gás
 - **Down draft**
 - Closed top
 - **Open top**

Gaseificador Open top - IISC



Closed Top



Impurezas

- **Alcatrão- Material Volátil não convertido**
 - Condensa e se deposita em várias passagens do processo
 - Causa dificuldades de operação em motores: deve estar abaixo de 10 ppm para operação satisfatória
- **Poeira — Carbono / cinzas**
 - Necessitam de remoção quando para uso do gás em motores

Impurezas - Remoção

- Alcatrão – permanência no reator a altas temperaturas
- **cinzas e demais impurezas** - processo de lavagem e ciclones, também ajudam na redução de temperatura do gás para uso
- Em alguns casos mais críticos é necessária a lavagem a frio (redução de vapor de água e condensáveis)

Tecnologias de Pequena Escala

- **Geração Elétrica:**
 - Gaseificador:
 - Moto-geradores Diesel e
 - Moto-geradores Otto - GN
- **Cocção:**
 - Fogão gaseificador – residencial
 - Fogão Ejetor - industrial
 - Fogão serragem
 - Fogão Biomassa Pulverizada

Geração Elétrica: Gaseificador – Moto-geradores Diesel

- **Qualidade do gás depende do modo de operação**
 - Motores Turbo são críticos (< 5 ppm)
 - Aspirados toleram contaminações mais altas (~ 50 ppm)
- **Motores Otto (GN) são importados e de manutenção mais cara e restrita**
- **Motores Diesel já são consolidados mesmo em regiões remotas do país**

Exemplos - IISc

- **Potências de 5 a 1000 kWe - mais de 150,000 h de experiência operacional**
- **Custos típicos**
 - A partir de 100 kW - 1500 USD/kW
 - Abaixo de 100 kW - 1200 USD/kW
- **Consumo**
 - 3.5 kg de biomassa = 1 kg de comb. fóssil
- **Energia Elétrica**
 - Biomassa: 1.0 – 1.4 kg/kWh

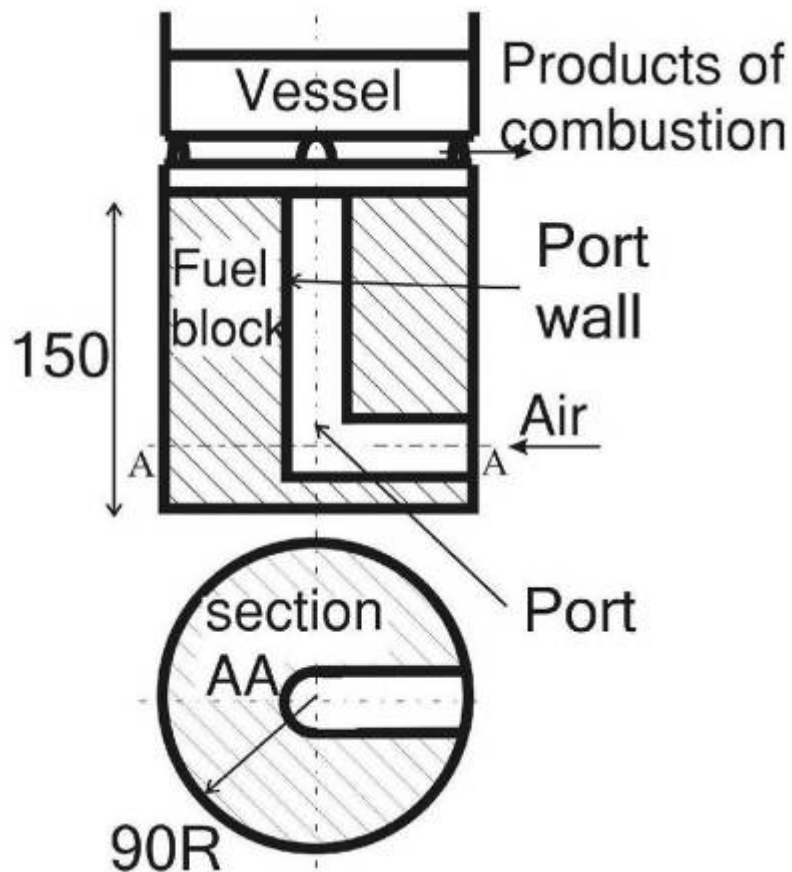






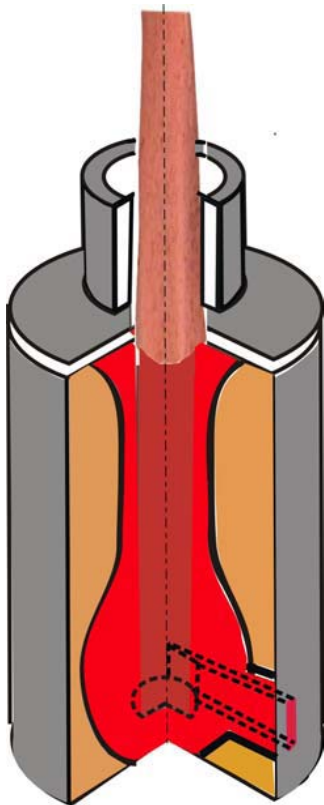


Fogão – Serragem -II Sc



- Serragem compactada ~ 250 kg/m³
- Chama é de boa qualidade

Fogão – Biomassa pulverizada -IISc

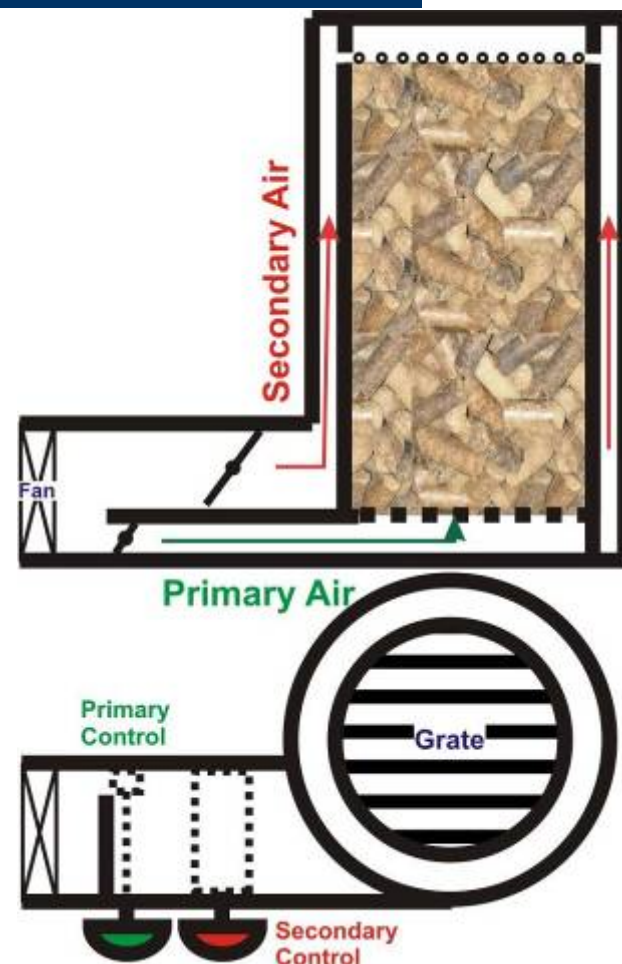


- Baseado em Gaseificação
- Qualidade excelente de chama

Fogão Gaseificador - IISc



Controle de Potência e
qualidade chama

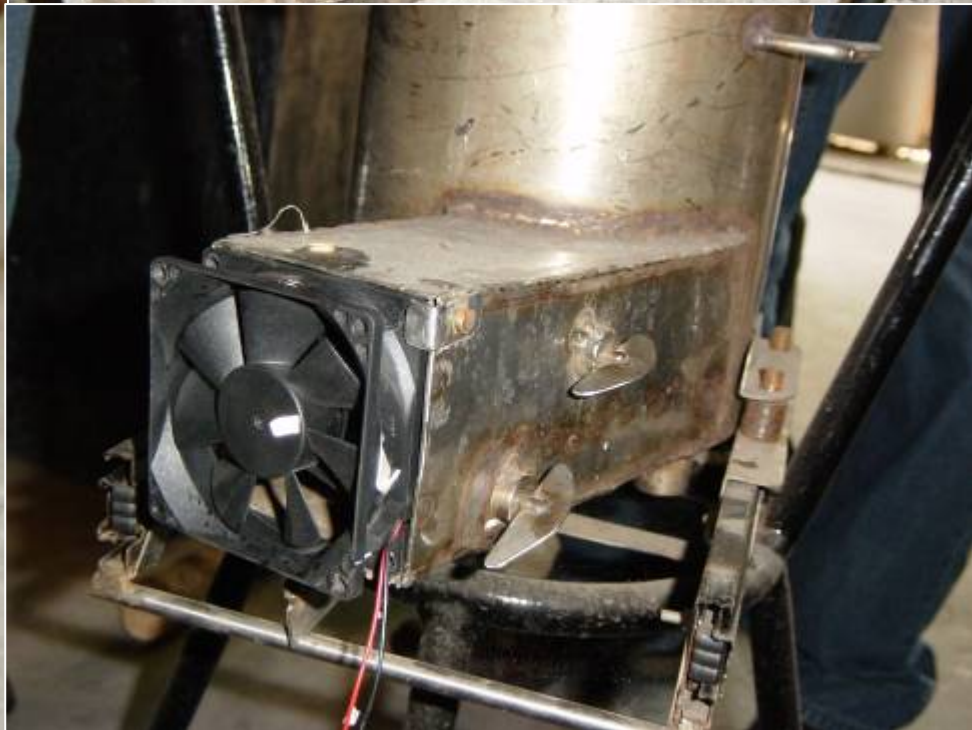


Fogão Gaseificador -IISc

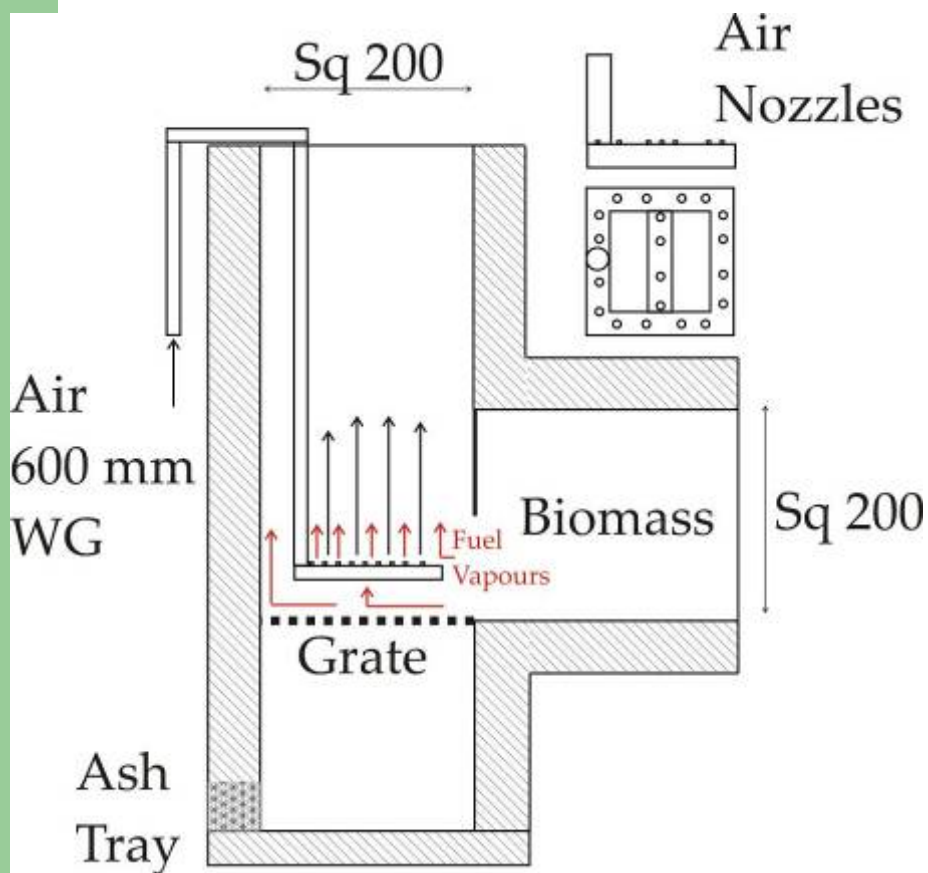
- Aceita combustível peletizado e madeira picada
- Potência entre 2-3 kW
- Tem 50% mais eficiência em relação ao uso direto de lenha para cocção
- **é livre de fumaça**
- Em 30 min. aumenta em 50 °C 45 litros de água com 0.6 kg de biomassa

Fogão Gaseificador -II Sc

Combustível	Carga g	Tempo de operação min
Madeira picada	225-250	30-35
Briquetes	350-400	45-50
Palha de café peletizada	550-600	65-70



Fogão Ejetor – Industrial IISc



Fogão Ejetor – Industrial IISc

- **Cocção em escala industrial**
- **Eficiência: 34%**
- **Potência: 25 kW**
- **Baixas emissões**
- **GLP necessário para servir almoço a 200 crianças: 30 kg**
- **1 Fogão ejetor de 6 kg/h ~ 150 kg de biomassa**
- **Consome Electricidade: 50kWh (~ geladeira pequena)**
- **Custo: 600 USD**



Conclusões

- Biomassa pode ser melhor utilizada nas aplicações de pequena escala e mercado não maduros – **simplicidade e baixo custo**
- Ajuda a melhorar substancialmente o acesso a energia de comunidades isoladas de baixa renda
- Redução da quantidade utilizada de biomassa
- Redução das emissões e poluição interna

A night scene featuring a stone wall in the foreground, a grassy field, trees, and a glowing street lamp against a dark blue sky. The text "Obrigado!" is overlaid in the center.

Obrigado!