

# **Carvão vegetal**

## **Aspectos Sociais e Econômicos**



**1º SEMINÁRIO MADEIRA ENERGÉTICA**  
**INEE 2-3 Setembro 2008**

**RS**  
**Consultants**

Apresentação preparada por:

Ronaldo Sampaio PhD.

- Diretor da RSConsultants

Paulo César C. Pinheiro Dr.

- Professor da EE UFMG

Contatos:

[Ronaldo@ISSBrazil.org](mailto:Ronaldo@ISSBrazil.org)

[Pinheiro@demec.ufmg.br](mailto:Pinheiro@demec.ufmg.br)

## O QUE É O CARVÃO VEGETAL

"Resíduo sólido resultante da decomposição térmica da biomassa obtido pelo aquecimento **na ausência de ar** (pirólise) a uma temperatura superior a 300°C"

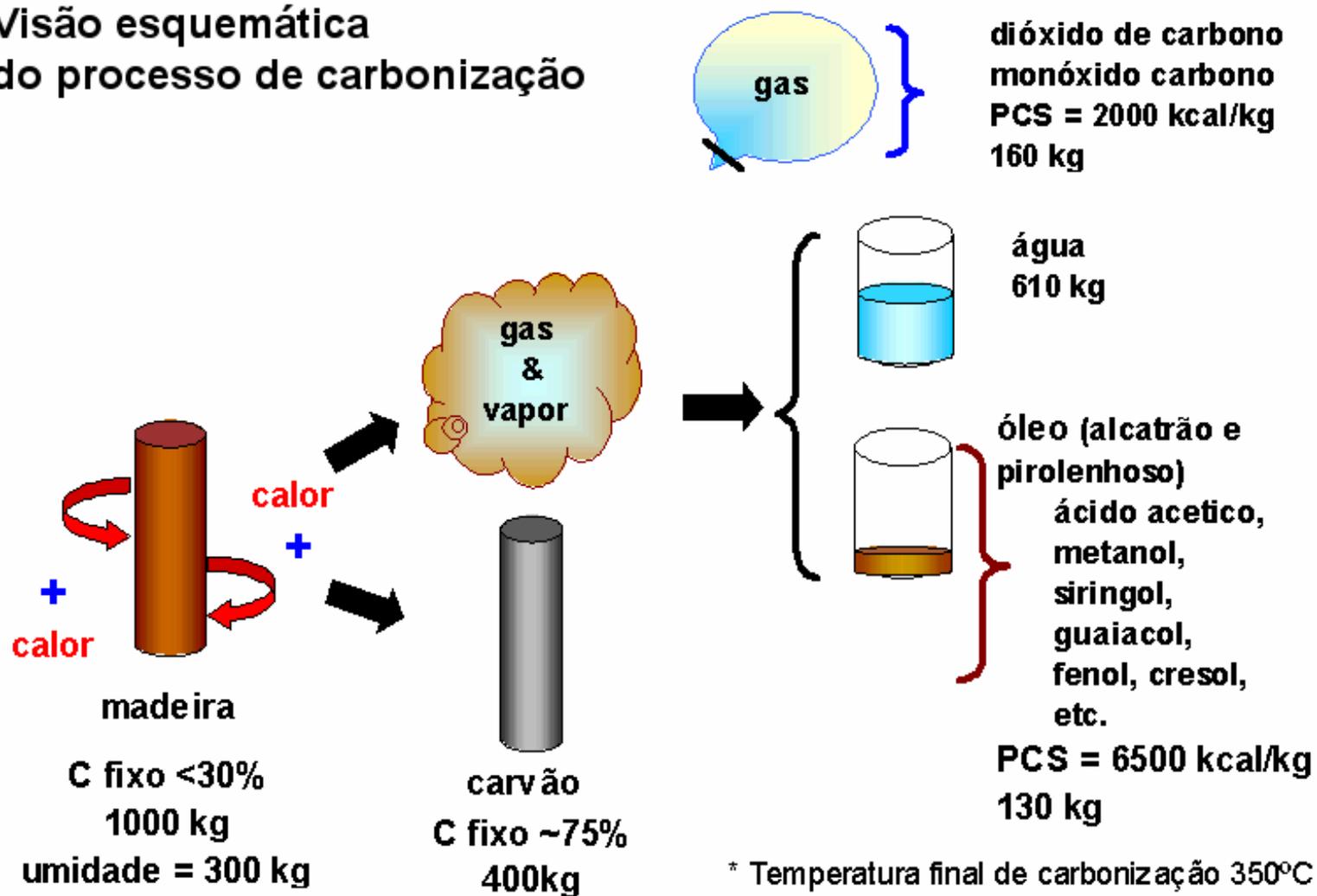
Sua produção vêm desde os primórdios da humanidade, sítios arqueológicos datam de 20.000 a 30.000 AC.

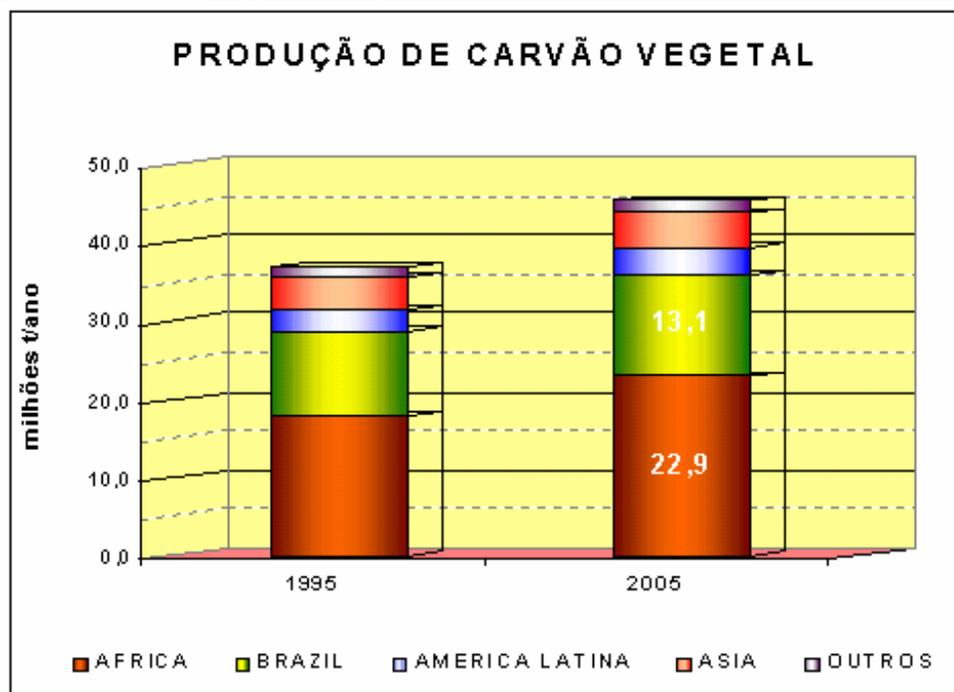
Como as temperaturas de combustão são altas, permite a fusão de metais.

Graças ao carvão vegetal o homem saiu da idade da pedra (idade do Bronze 3.000 AC) e o uso do fole de ar em 1.200 AC levou ao inicio a idade do Ferro.



## Visão esquemática do processo de carbonização





Produção mundial 45 milhões de toneladas (2005).

África 50% da produção mundial – (Uso doméstico).

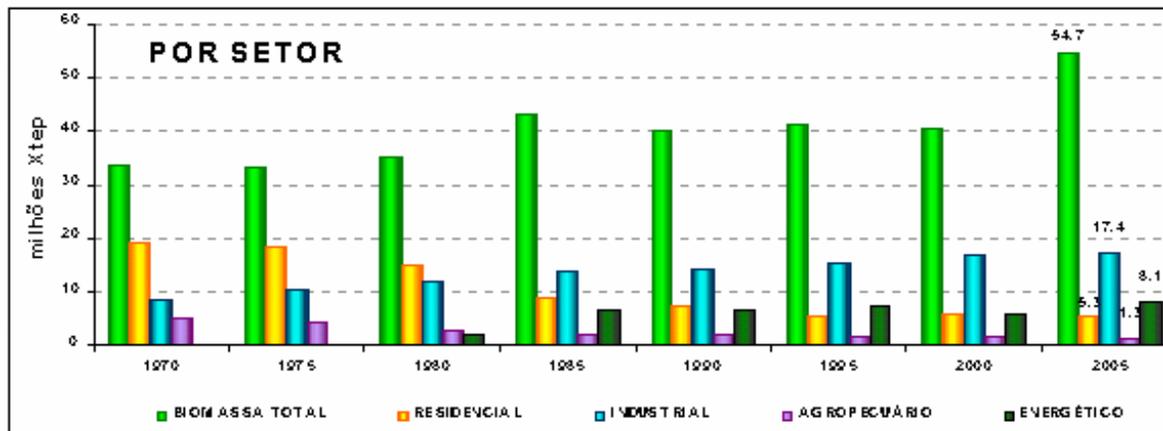
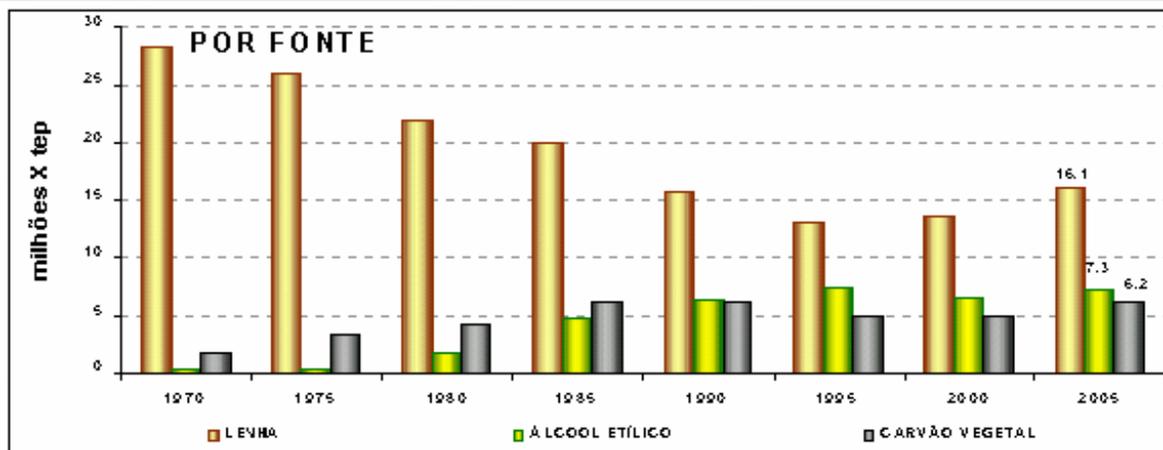
Brasil 28% da produção mundial – (90% uso siderúrgico).

A siderurgia a carvão vegetal é um relevante e tradicional exemplo de uso industrial de biomassa em larga escala.

O consumo de biomassa é crescente, principalmente no setor industrial e energético.

Lenha para uso doméstico e agropecuário é decrescente.

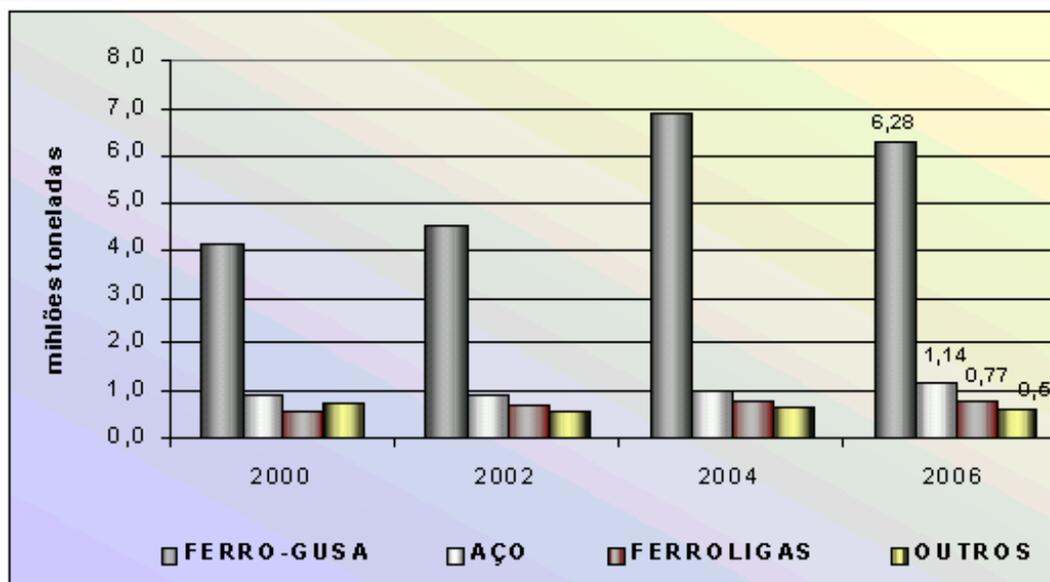
Participação de biocombustíveis é crescente:



Líquido: Etanol – 7,3 milhões de tep

Sólidos: Carvão Vegetal - 6,2 milhões de tep

Lenha Industrial - ~10 milhões de tep

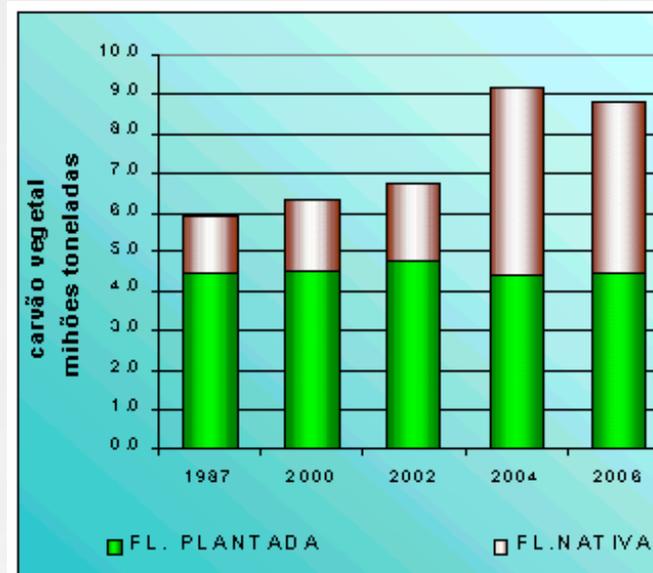
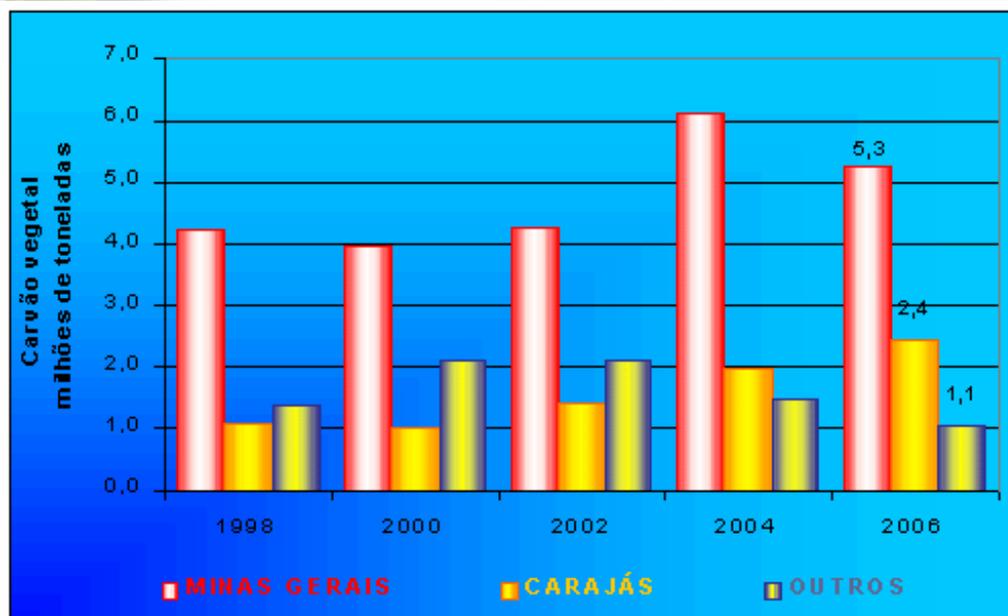


Siderurgia mundial vive um grande *boom*.

A reciclagem de sucata precisa de fontes de ferro virgem, o ferro-gusa de carvão vegetal é um produto *prime* devido a sua pureza.

O baixo investimento nos mini alto-fornos e alta produtividade das florestas de eucalipto garantem alta competitividade do gusa.

Grandes grupos estão investindo principalmente na região de Carajás.

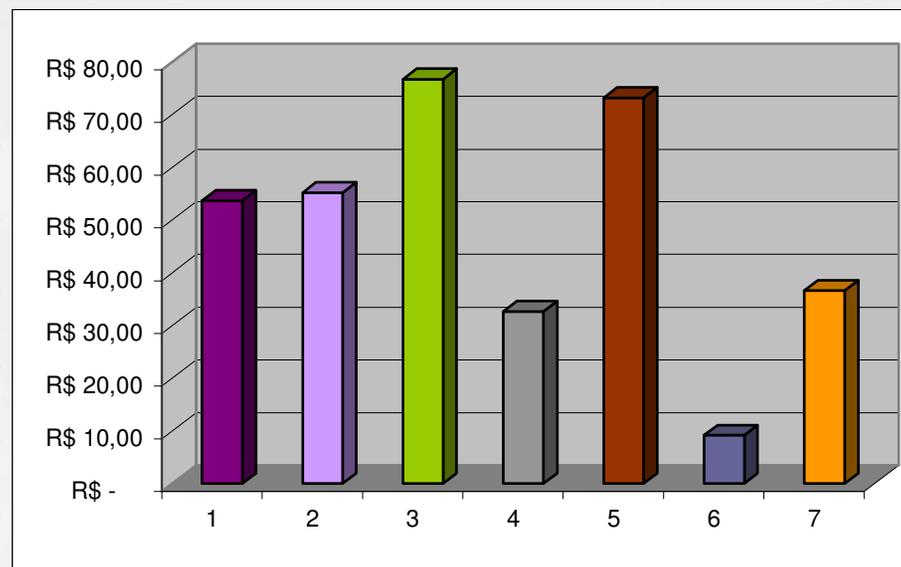


Por 20 anos a participação de carvão de floresta nativa ficou em 30%.

A partir de 2003 a demanda mundial por ferro-gusa e os altos preços levaram ao rápido aumento da produção elevando a participação da floresta nativa para 50%.

Ao preço de R\$ 400,00/ton de CV é viável o transporte por 2000 km.

|             |                              |            |               |
|-------------|------------------------------|------------|---------------|
| 1           | Despesas silvicultura        | R\$        | 53,68         |
| 2           | Juros Inv. Floresta (15% aa) | R\$        | 55,20         |
| 3           | Exploração                   | R\$        | 76,72         |
| 4           | Carbonização                 | R\$        | 32,64         |
| 5           | Expedição e frete (500 km)   | R\$        | 73,20         |
| 6           | Impostos                     | R\$        | 9,16          |
| 7           | Outros                       | R\$        | 36,64         |
| <b>Soma</b> |                              | <b>R\$</b> | <b>337,24</b> |

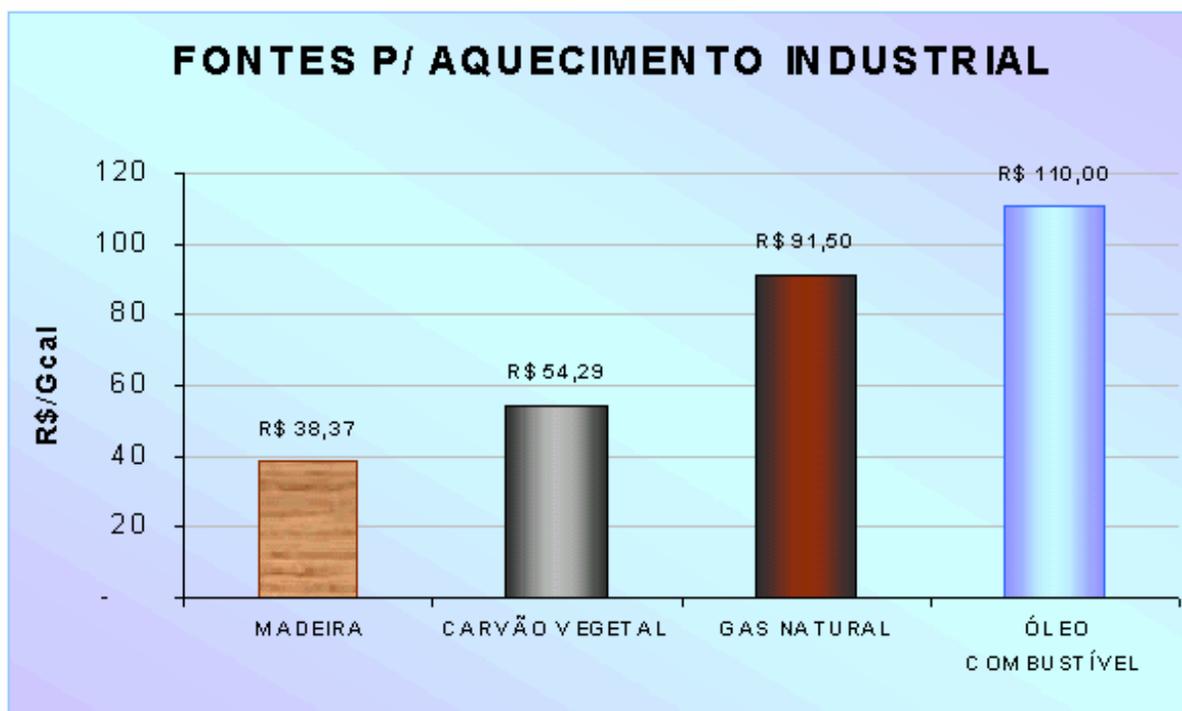


Madeira posta na unidade de carbonização é 55% do custo.

Investimento de R\$ 4.300/ha são 70% concentrados nos 18 meses iniciais e colheita aos 7 anos é a razão da alta participação de juros no custo. Dificuldades para empresas de médio porte.

Frete é fator importante de custo e os preços atuais viabilizam transportes por 2000 km.

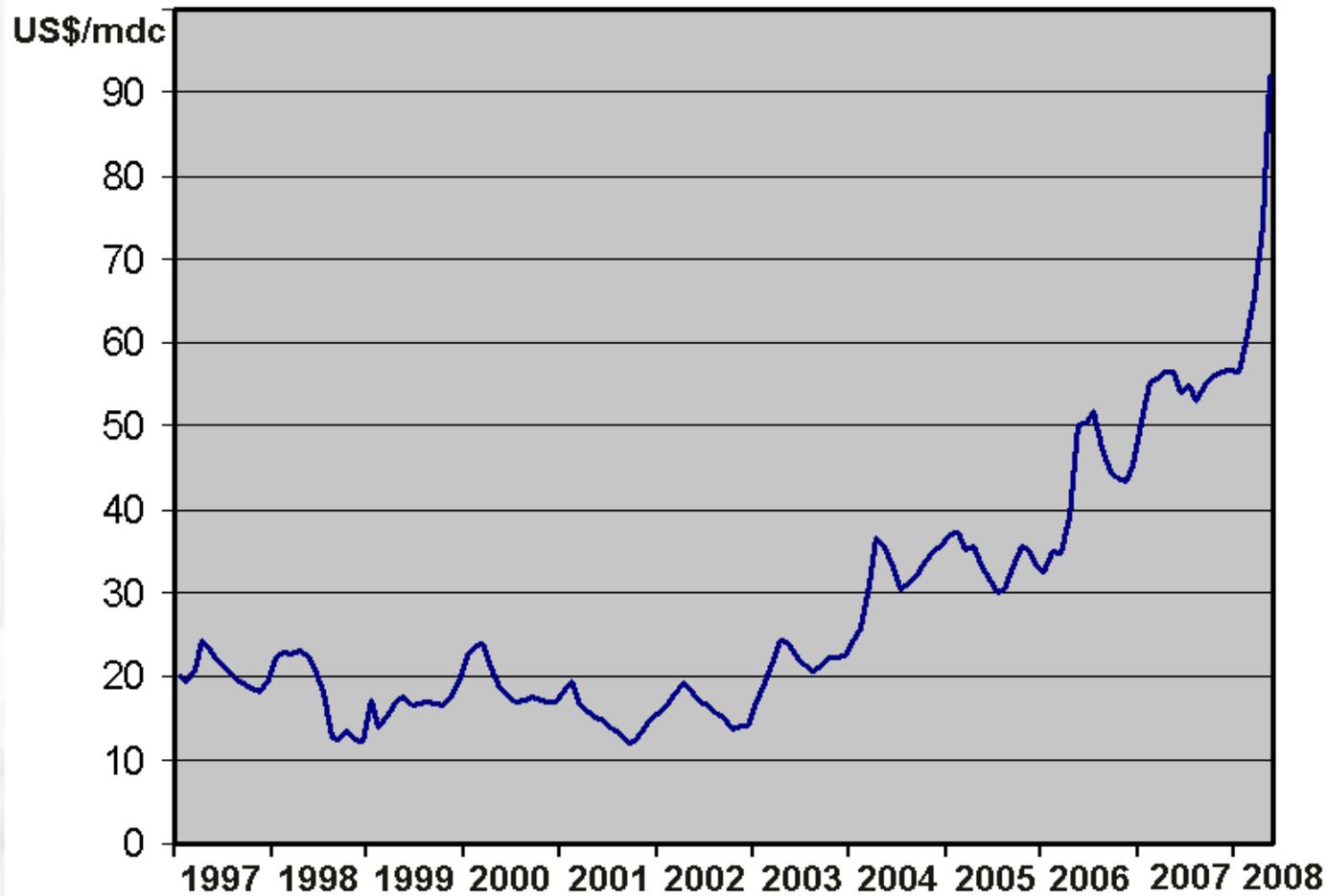
A carbonização representa 10% do custo e não tem merecido a atenção devida dos gestores deste negócio.



Biocombustíveis sólidos são imbatíveis em preço para aquecimento industrial.

Preferidos pelas indústria de pequeno e médio porte.

A falta de valorização do conhecimento leva a baixa eficiência de uso.



A produção, transporte e comercialização do carvão vegetal emprega grande número de pessoas, e opera como sistema de mercado com interferência limitada das autoridades. Entretanto, apesar de requer baixo investimento de capital e permanece disperso e pouco desenvolvido.

Nas áreas de produção de carvão vegetal seu rendimento é mais importante que o das outras alternativas tais como agricultura e pecuária, em que os fazendeiros encontram-se consistentemente em desvantagem devido a uma combinação dos subsídios agrícolas dos países desenvolvidos, das barreiras comerciais e das demandas dos organismos de ajuda internacional para o corte dos subsídios agrícolas nos países em desenvolvimento.

A produção de carvão pode-se tornar um das principais fontes de renda para a população pobre nas zonas urbanas e rurais. Estas pessoas podem entrar no mercado produtivo investindo somente seu trabalho. Assim é fácil atrair pessoas pobres na busca meios de sobrevivência.

A produção nacional de CV deve dobrar até 2015, devido aos novos empreendimentos siderúrgicos em implantação e ao aumento de capacidade.

## Como Suprir o Crescimento da Demanda

**Aumento da Área Plantada**

**Aumento da Produtividade Florestal**

**Aumento do Rendimento da Carbonização**

**Produção de Carvão Vegetal a Partir de Outras Matérias Primas:**

- Resíduos Urbanos e Agrícolas

Plantios apresentam crescimento com ênfase nos programas de fomento florestal.

## Evolução dos Plantios Anuais em MG

| Hectares |         |         |         |
|----------|---------|---------|---------|
| Ano      | Fomento | Próprio | TOTAIS  |
| 1997     | 11.778  | 23.686  | 35.464  |
| 1998     | 10.612  | 23.295  | 33.907  |
| 1999     | 14.381  | 21.408  | 35.789  |
| 2000     | 16.052  | 28.766  | 44.818  |
| 2001     | 12.506  | 51.234  | 63.740  |
| 2002     | 9.540   | 62.275  | 71.815  |
| 2003     | 16.531  | 88.061  | 104.592 |
| 2004     | 29.458  | 111.197 | 140.655 |
| 2005     | 27.714  | 133.544 | 161.258 |
| 2006     | 42.808  | 106.045 | 148.853 |

**A produtividade florestal no Brasil aumentou mais de 3 vezes nos últimos 40 anos.**

## **Florestas de Eucaliptos com 6 anos**



1965: 12 m<sup>3</sup>/ha/ano



2007 : 45 m<sup>3</sup>/ha/ano

Se enforar 5000 kg madeira anidra.

- produz 1000 kg de carvão
- rendimento b.s. ~ 20%

Se bem operado pode produzir

- rendimento b.s. ~ 30%
- 1500 kg de carvão

## TREINAMENTO DE PESSOAL

ABO QUENTE

para elevar rendimento  
treinamento, treinamento...

FORNO JG

Boa evolução operacional

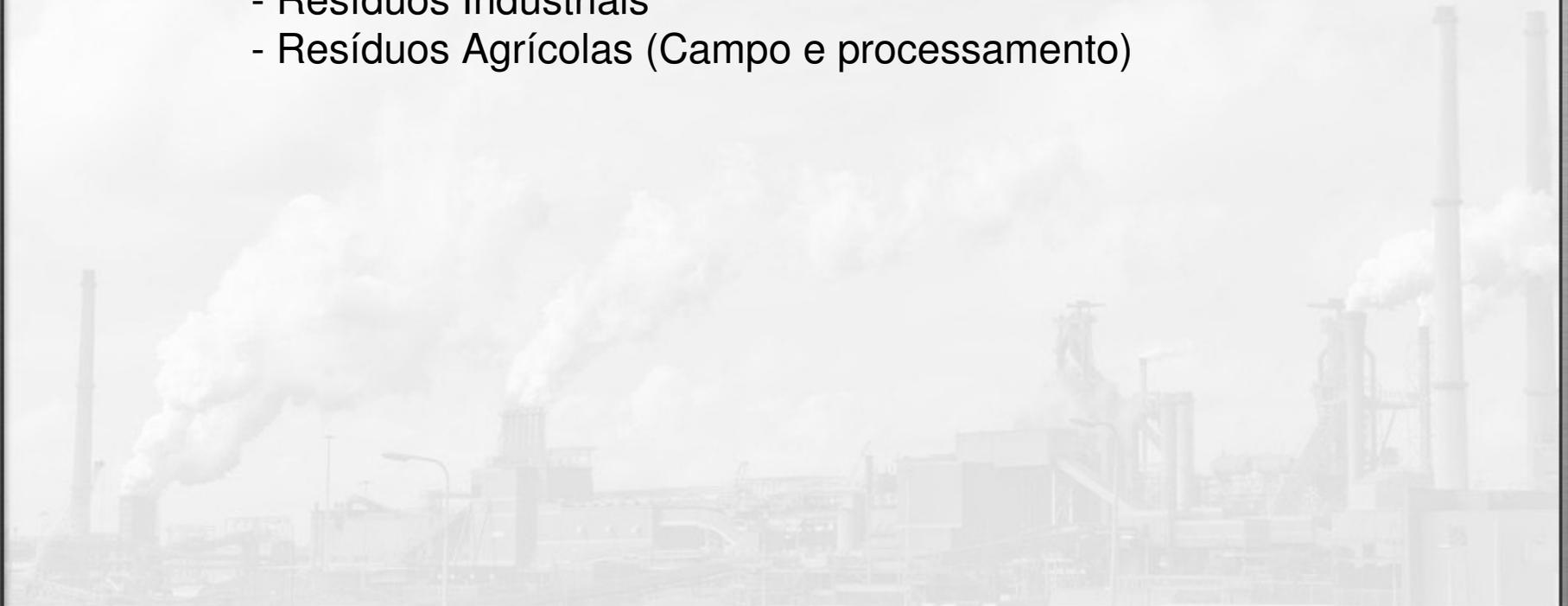
Se bem operado ao enforar 5000 kg  
madeira anidra.

- pode produzir 1800 kg de carvão
- rendimento b.s. ~ 36%

• Estimativa de rendimento médio atual =  
27% (1350 kg de carvão).

## **Todas Atividades Humanas Produzem Resíduos**

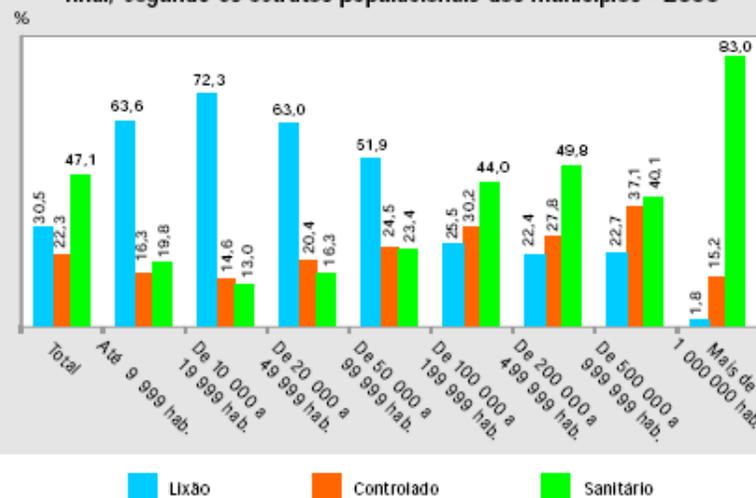
- Resíduo Urbano
- Resíduo Comercial e do setor de Serviços
- Resíduos Industriais
- Resíduos Agrícolas (Campo e processamento)



## Resíduos Urbanos

- O Brasil produz 180.000 ton/dia resíduos urbanos (Lixo)
- 100.000 ton/dia é gerado em cidades > 200.000 habitantes (50.000 ton/dia de matéria orgânica e 35.000 ton/dia de recicláveis)
- Somente 2% dos resíduos urbanos são reciclados
- Somente 47% são depositados em aterros sanitários

Gráfico 22 - Percentual do volume de lixo coletado, por tipo de destino final, segundo os estratos populacionais dos municípios - 2000



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

## Características dos Resíduos Urbano

| Cidade        | PIB R\$/ano (2001) | Composição do lixo (% massa) |       |          |       |       |        | Populaç (2004) | Lixo kg/dia capta 2004 | Matéria orgânica per capta kg/dia |
|---------------|--------------------|------------------------------|-------|----------|-------|-------|--------|----------------|------------------------|-----------------------------------|
|               |                    | Matéria Orgânica             | Papel | Plástico | Vidro | Metal | Outros |                |                        |                                   |
| Leopoldina    | 2936               | 48                           | 15    | 16       | 2,4   | 2,2   | 16     | 51.972         | 0,41                   | 0,20                              |
| Rio Grande    | 3824               | 51                           | 19    | 10       | 3,7   | 1,5   | 15     | 193.789        | 0,51                   | 0,26                              |
| Votorantim    | 4157               | 56                           | 8     | 21       | 2     | 3     | 10     | 103.722        | 0,49                   | 0,27                              |
| Guaratinguetá | 4808               | 58                           | 17    | 8        | 2,8   | 4,3   | 9      | 110.323        | 0,48                   | 0,28                              |
| Indaiatuba    | 5331               | 54                           | 10    | 8        | 1,7   | 1,9   | 25     | 170.703        | 0,52                   | 0,28                              |
| Valinhos      | 6819               | 53                           | 8     | 6        | 2,1   | 1,5   | 29     | 90.714         | 0,39                   | 0,21                              |
| Campinas      | 7339               | 46                           | 20    | 15       | 1,7   | 4,4   | 13     | 1031.887       | 0,70                   | 0,32                              |
| Vinhedo       | 7226               | 55                           | 10    | 5        | 2,2   | 0,7   | 28     | 54.194         | 0,41                   | 0,23                              |
| Porto Alegre  | 8466               | 53                           | 15    | 12       | 2,5   | 2,6   | 16     | 1360.590       | 0,74                   | 0,39                              |

Fonte: Bizzo, Walter. Waste Energy and Feed-stock Potential in Brasil. 2007

## Resíduos Agrícolas e Florestais

### Resíduos agrícolas:

- Ervas daninhas, folhas, palha de cereais e de milho, sabugo de milho, cascas de arroz e de aveia, dentre outros.
- Resíduos das serrarias (serragem), das usinas de açúcar e álcool (bagaço de cana), das indústrias de suco e óleos, indústrias de papel e celulose (sepilhos, maravalhas e cavacos desclassificados de eucalipto e pinus) etc.

Tabela 1. Potencial Econômico da Produção de Carvão Vegetal a Partir de Resíduos Agrícolas.

| Produto  | <sup>1</sup> Safra<br>2007-08<br>1.000 ton | Índice de<br>colheita | Disponibilidade de<br>Resíduos<br>1.000 ton | Produção de Carvão<br>$\eta = 0,30$<br>1.000 ton | Potencial<br>Econômico<br><sup>6</sup> US\$ 400/ton |
|--|--|-----------------------|---|--|---|
| Algodão - Caroço   | 2.434,1                                    | <sup>3</sup> 0,58     | 1.762                                       | 528,6  | US\$ 211 Milhões                                    |
| Arroz  | 12.070,0                                   | <sup>4</sup> 0,45     | 14.752                                      | 4.425,6  | US\$ 1.770 Milhões                                  |
| Feijão (1 <sup>a</sup> 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> safras) | 3.332,7                                    | <sup>3</sup> 0,30     | 5.443                                       | 1.632,9  | US\$ 653 Milhões                                    |
| Milho ( 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> safras)                | 55.266,7                                   | <sup>2</sup> 0,40     | 82.900                                      | 24.870,0   | US\$ 9.948 Milhões                                  |
| Soja   | 59.583,0                                   | <sup>2</sup> 0,35     | 110.654                                     | 33.196,2   | US\$13.278 Milhões                                  |
| Trigo  | 3.831,4                                    | <sup>2</sup> 0,40     | 5.747                                       | 1.724,1  | US\$ 689 Milhões                                    |
| Demais Produtos  | 2.796,7                                    | 0,40                  | 4.105                                       | 1.231,5  | US\$ 492 milhões                                    |
| Brasil   | 139.314,5                                  |                       | 225.363                                     | 67.600   | US\$ 27,0 Bilhões                                   |

Fonte: <sup>1</sup>Conab, Levantamento: Mar/2008. <sup>2</sup>Debarba, 2002. <sup>3</sup>IBGE. <sup>4</sup>Fagerial. <sup>5</sup>Lacerda (fibra+semente). <sup>6</sup>Abr 2008.

## Resíduos Agrícolas e Florestais

**Resíduos florestais:** desgalhamentos, podas, grimpas, limpezas, retiradas de tocos etc. (Cerca de 20% da massa da floresta)

- Resíduos gerados pelas indústrias madeireiras e de celulose.

## Resíduos da pecuária: Estercos

Estima-se que cerca de 40% dos resíduos agrícolas produzidos, nos países em desenvolvimento sejam queimados no campo sem qualquer aproveitamento.

Toda esta biomassa é desperdiçada sem qualquer uso econômico ou energético, causando problemas ambientais e de saúde pública.

## Logística de Coleta de Leite

No Brasil existem cerca de 1,2 milhões de pequenos produtores de leite

O leite é um produto que exige uma logística perfeita de transporte, para não perder a sua qualidade.

Com a criação das cooperativas agropecuárias, promoveu-se a comercialização do leite nas cidades, sendo necessário o estabelecimento de uma logística de coleta diária de leite, para que o produto não se deteriorasse. Foram estabelecidas "linhas de leite" diárias. Ao longo dos anos, as estradas vicinais que serviam às linhas de leite, foram continuamente melhoradas, sendo assegurado a entrega do leite mesmo no período de chuvas.

|   |                |
|---|----------------|
| Preço do Carvão Vegetal em Sete Lagoas    | R\$ 160,00/mdc |
| Preço pago ao Pequeno produtor em Piranga | R\$ 38,00/mdc  |

## Sistema Cooperativo de Produção e Coleta de Carvão Vegetal

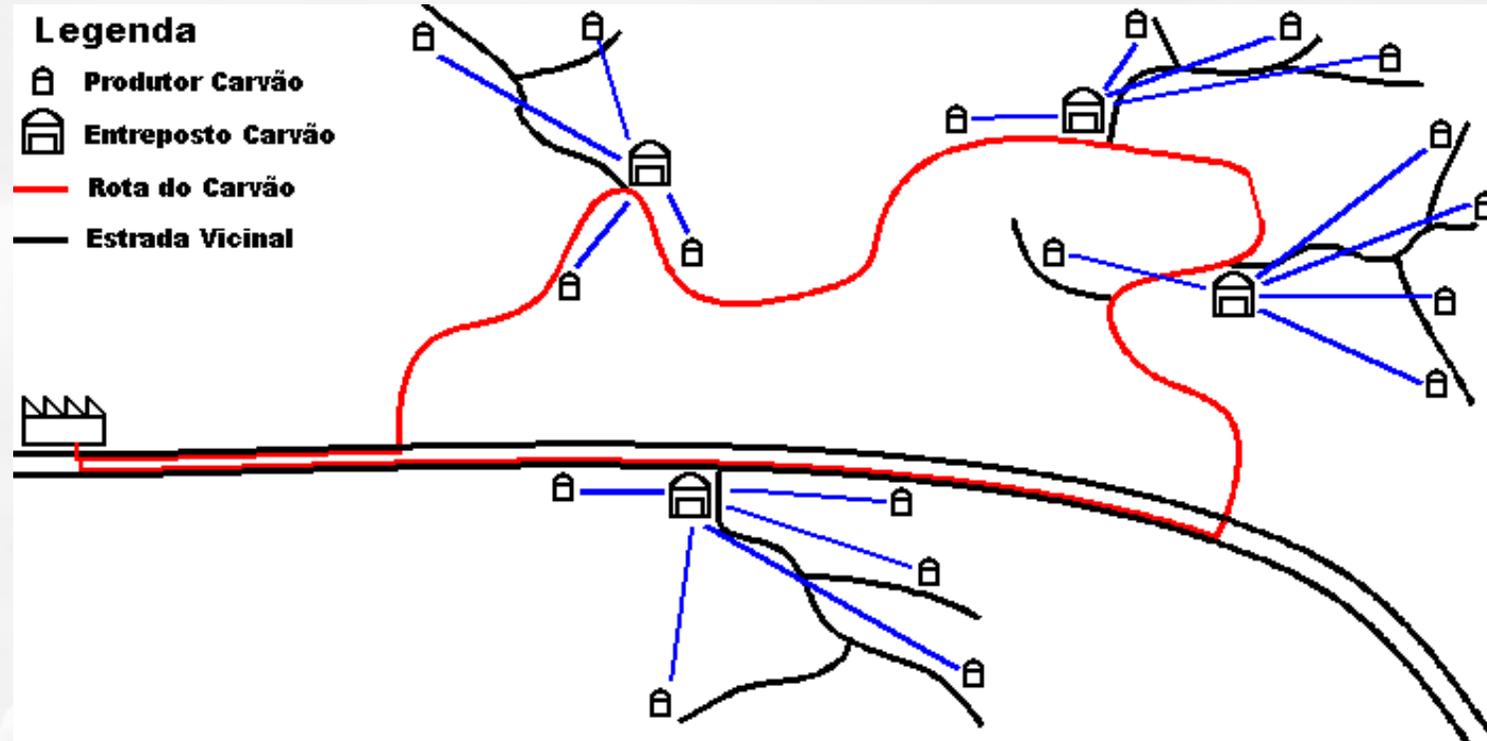
Considerando a universalidade e a confiabilidade da estrutura logística existente para a coleta de leite, ela pode ser aproveitada para coleta dos resíduos agrícolas, pecuários e florestais.

Como estes resíduos são de baixa densidade e baixo poder calorífico, não é viável economicamente o seu transporte a longas distâncias.

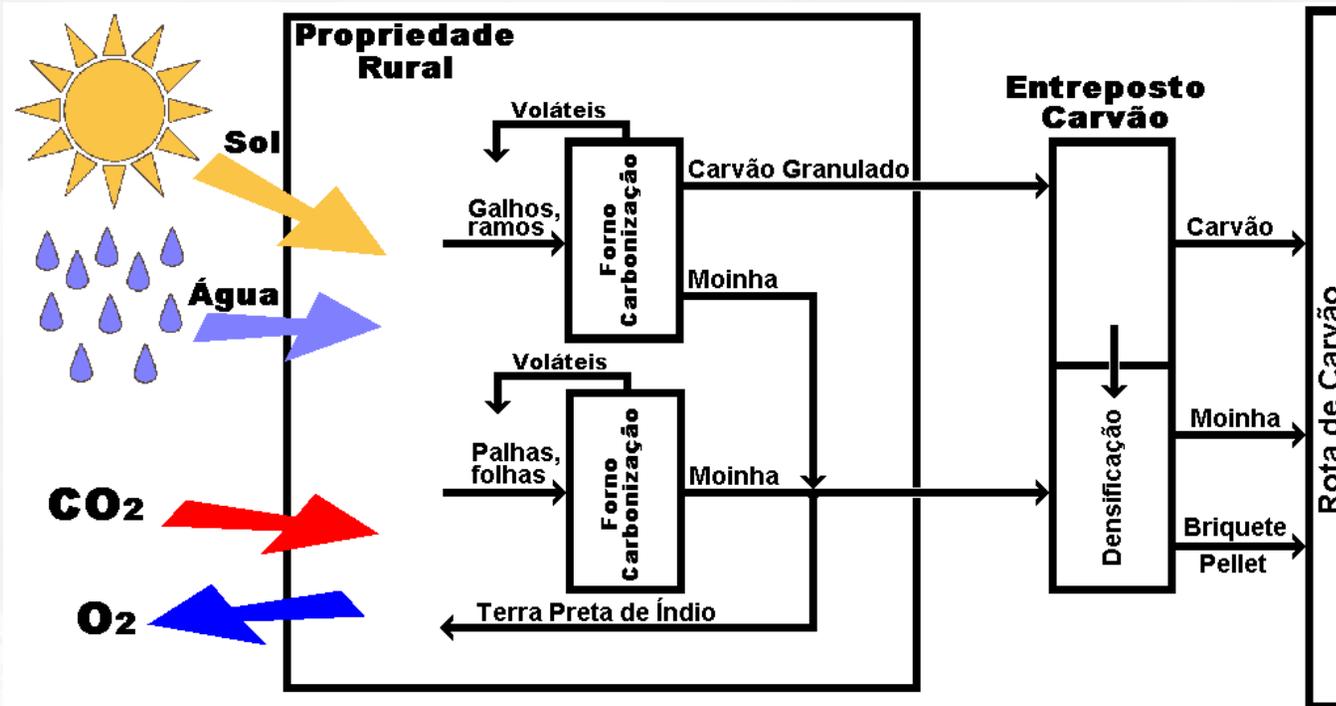
Para se tornar viável, é necessário aumentar a intensidade energética do produto através de um processo de valorização energética.

A carbonização é um processo térmico, de baixo custo, fácil operacionalização e que permite transformar estes resíduos rurais em carvão vegetal, um combustível de alta qualidade, alto poder calorífico, não perecível, grande demanda, e alto valor econômico.

## Sistema Cooperativo de Produção e Coleta de Carvão Vegetal



## Sistema Cooperativo de Produção e Coleta de Carvão Vegetal

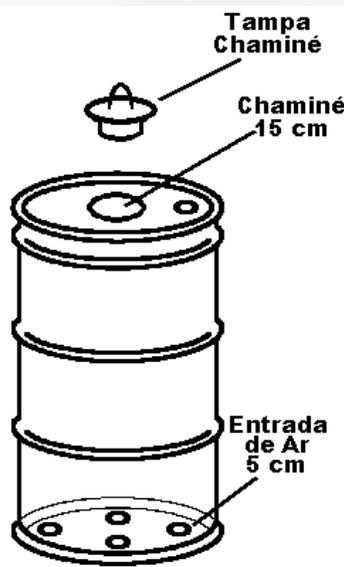


# RS Consultant Produção de Carvão Vegetal em Pequena Escala

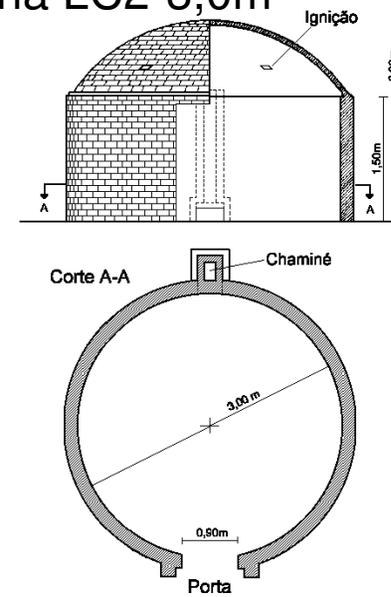
## Sistema Cooperativo de Produção e Coleta de Carvão Vegetal

Os pequenos produtores de leite poderão se tornar pequenos produtores de carvão vegetal.

Para a produção de 25 a 100 kg de carvão/dia, recomenda-se utilizar o forno metálico LC2-200L.



Para a produção de 1.000 a 2.000 kg/semana de carvão vegetal recomenda-se utilizar o forno de alvenaria LC2-3,0m



## Desafios do Uso da Biomassa com Fonte de Energia

### Desafios:

- Resolver o conflito Energia x Alimento
- Desenvolver tecnologias de colheita e logística
- Desenvolver tecnologias de maior rendimento de carbonização

### Principais Desvantagens:

- Baixa densidade e produção dispersa
- Estado Sólido
- Teor de Umidade

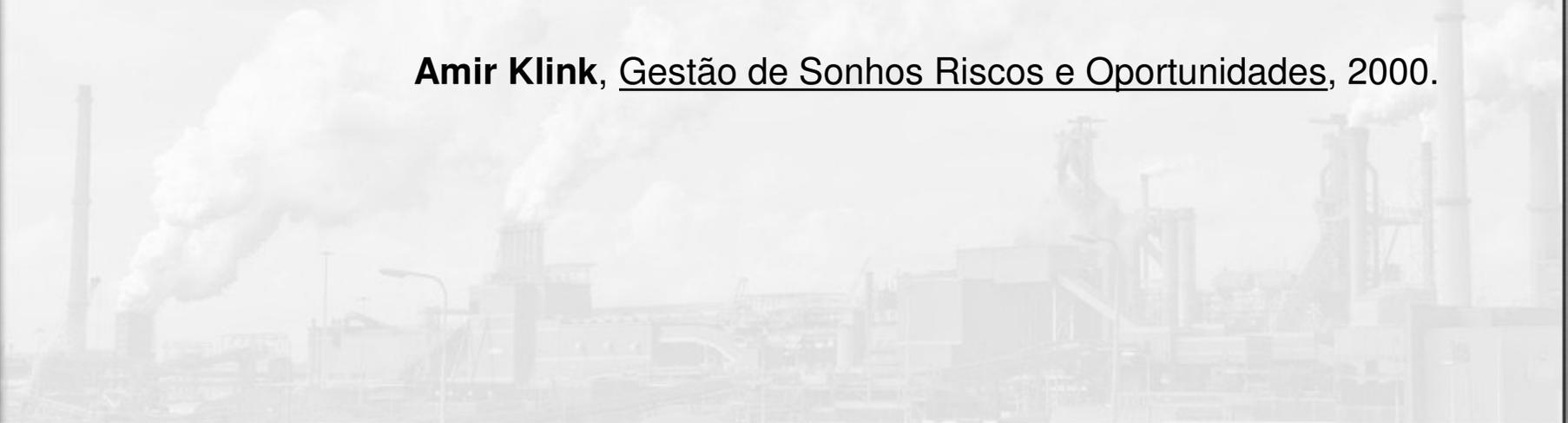
### Principais Vantagens:

- **RENOVAVEL**
- Recurso Local
- Geração de Empregos - Economia Popular

**"O Brasil é um país que convive com grandes desperdícios. Por incrível que possa parecer, isso é uma vantagem, pois, no dia em que formos competentes para eliminar esses desperdícios, vamos ter um aumento brutal de produtividade, de competitividade.**

**Já não se vê tanto desperdício na Dinamarca, Suíça, Áustria, Suécia, são economias que não têm muito o que melhorar neste aspecto, já estão num patamar de eficiência bastante elevado, não têm muitos saltos a dar. Nós não, temos que evoluir muito."**

**Amir Klink, Gestão de Sonhos Riscos e Oportunidades, 2000.**



**Paulo Cesar C. Pinheiro**

Dept. Engenharia Mecânica da UFMG

Av. Antonio Carlos 6627 31270-901 Belo Horizonte

Tel: (31) 3409-5451

Pinheiro@demec.ufmg.br



**Ronaldo Santos Sampaio**

RSConsultants

Tel: (31) 9127-8724, 3225-3472

Ronaldo@ISSBrazil.org