

# **SISTEMA COOPERATIVO DE PRODUÇÃO E COLETA DE CARVÃO VEGETAL**

**Prof. Paulo Cesar C. Pinheiro  
Dept. Engenharia Mecânica da UFMG, Brasil  
2do. Seminario Internacional de AUGM  
Tema: “Energías Sustentables”  
14 Abril 2011**

# Introdução

**Resíduos:** produtos de um processo, sem valor econômico.

- Resíduos agrícolas
- Resíduos florestais
- Resíduos urbanos
- Resíduos industriais

Estima-se que cerca de 40% dos resíduos agrícolas produzidos, nos países em desenvolvimento (425 Tg/ano de biomassa seca) sejam queimados no campo (Jallow, 1995).

A nível mundial, Woods & Hall (1994) estimaram cerca de 93 EJ/ano. Smil (1999), estimou a disponibilidade entre 3,5 e 4 bilhões de toneladas de resíduos agrícolas, com potencial energético de 65 EJ/ano (1,5 Gtoe/ano), dos quais 1,4 Gt são queimados sem qualquer aproveitamento.

# Introdução

O potencial energético dos resíduos rurais no Brasil não é precisamente determinado.

Pode ser estimado através do "índice de colheita".

**Índice de colheita aparente (IC):**

$$IC = \frac{P_g}{(P_b + P_g)} \quad P_b = P_g \left( \frac{1}{IC} - 1 \right)$$

$P_g$  = quantidade de produto (grãos etc) economicamente aproveitável (kg/ha)

$P_g + P_b$  = quantidade total de biomassa (kg/ha)

# Introdução

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

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

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.

**Tabela 2. Potencial Econômico da Produção de Carvão Vegetal a Partir de Palha de Cana.**

<b>Região</b>	<b>Cana Moída 1.000 ton</b>	<b>Potencial Resíduos Secos 1.000 ton</b>	<b>Produção Carvão <math>\eta = 0,25</math> 1.000 ton</b>	<b>Potencial Econômico US\$ 400/ton</b>
<b>São Paulo</b>	<b>181.500</b>	<b>25.400</b>	<b>6.350</b>	<b>2.540</b>
<b>Centro-sul</b>	<b>249.700</b>	<b>35.000</b>	<b>8.750</b>	<b>3.500</b>
<b>Norte-Nordeste</b>	<b>51.900</b>	<b>7.200</b>	<b>1.800</b>	<b>720</b>
<b>Brasil</b>	<b>301.600</b>	<b>67.600</b>	<b>16.900</b>	<b>US\$ 6,7 Bilhões</b>

Fonte: Kolbitz

# A Logística do Leite

O Brasil é o 6º maior produtor de leite do mundo. Esta produção encontra-se espalhada em cerca de 1,2 milhões de pequenos produtores, enquanto que em outros países encontra-se concentrada em grandes produtores (80 mil nos Estados Unidos e 30 mil na Argentina).

O leite se estraga rapidamente pela ação das bactérias, perdendo em pouco tempo seus nutrientes e valor econômico. Assim, o leite é um produto que exige uma logística perfeita de transporte, para não perder a sua qualidade.

No passado não havia uma logística de coleta e distribuição, e o leite produzido era consumido localmente. Assim, o leite não tinha grande valor comercial.

# A Logística do Leite

Com a criação das cooperativas agropecuárias, promoveu-se a comercialização do leite nas cidades, estabelecendo de uma logística de coleta diária de leite.

Foram estabelecidas "linhas de leite" diárias: um carreteiro era responsável por um trajeto através das fazendas, recolhendo os latões de leite e levando-os até as usinas de beneficiamento.

Ao longo dos anos, as estradas vicinais que serviam às linhas de leite, foram continuamente melhoradas, sendo assegurado à entrega do leite mesmo no período de chuvas.

Hoje existe um sistema de coleta do leite a granel no Brasil. Onde o leite é armazenado *in-loco* em tanques refrigerados a 4°C por até 48 horas.

# Produção Cooperativa de Carvão Vegetal

Existe uma grande quantidade de biomassa disponível nos pequenos estabelecimentos rurais, mas os produtores não possuem acesso ao mercado de carvão vegetal, uma vez que não possuem uma estrutura logística para a coleta e comercialização deste carvão.

Em Março 2008 o preço do carvão em Sete Lagoas MG, era de R\$ 160/mdc e o preço pago pelos atravessadores aos produtores do norte de Minas era R\$ 35/mdc.

Situação similar existia no passado no mercado de leite. Os produtores de leite se organizaram em cooperativas, que estabeleceram uma logística de coleta de leite e viabilizaram sua comercialização.

# Produção Cooperativa de Carvão Vegetal

A logística de coleta de leite encontra-se bem estabelecida, espalhada por toda extensão territorial do Brasil (mais de 60% dos 1,2 milhões de produtores), com estradas de qualidade.

Certas cooperativas utilizam softwares de gerenciamento e de otimização logística, além do rastreamento por satélite.

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.



# Produção Cooperativa de Carvão Vegetal

Os resíduos agrícolas são de baixa densidade e baixo poder calorífico, não sendo viável economicamente o seu transporte a longas distâncias.

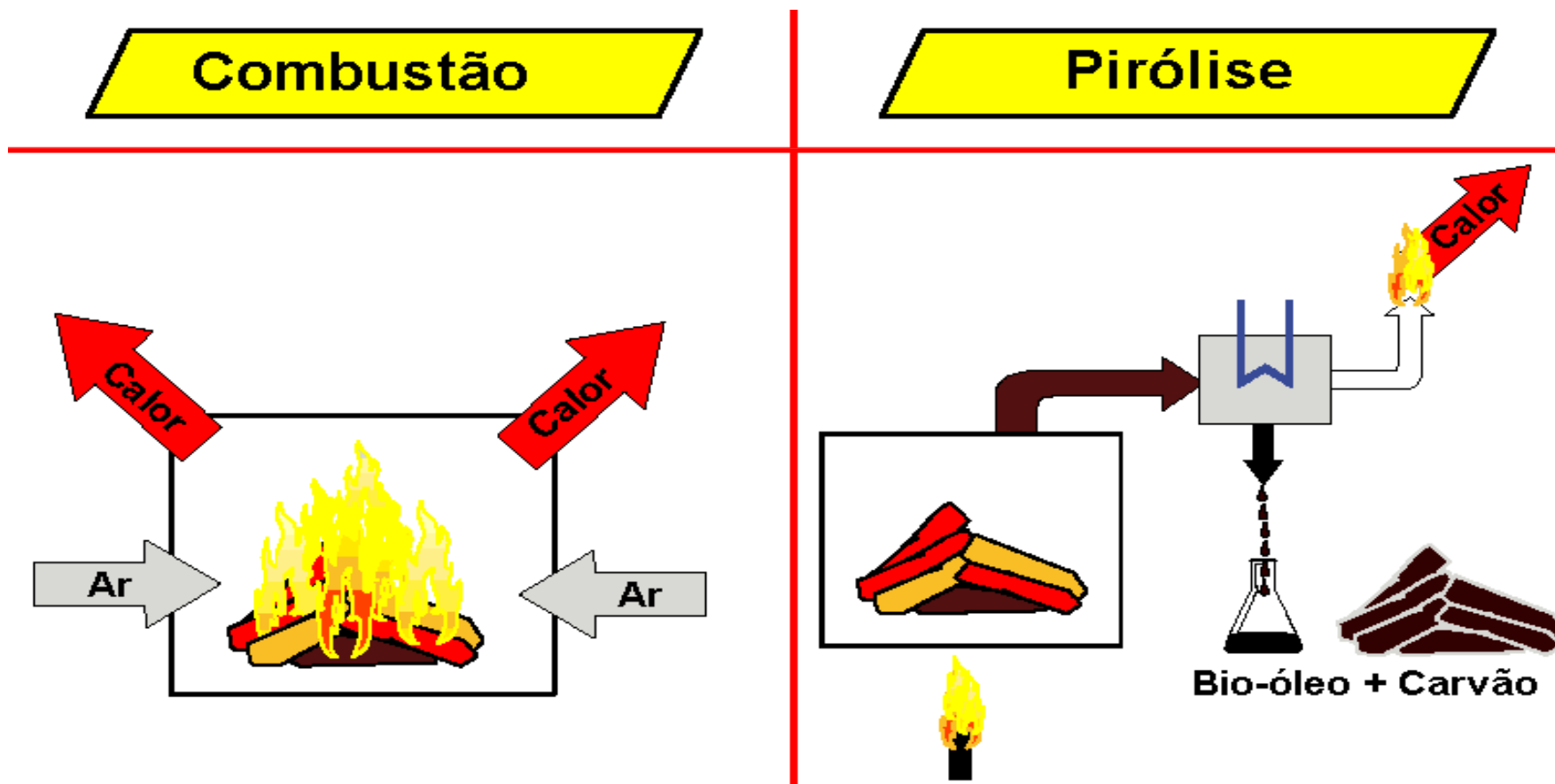
Para ser viável, é necessário aumentar a intensidade energética através de um processo de valorização energética.

A carbonização é um processo térmico 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.

# Produção de Carvão Vegetal

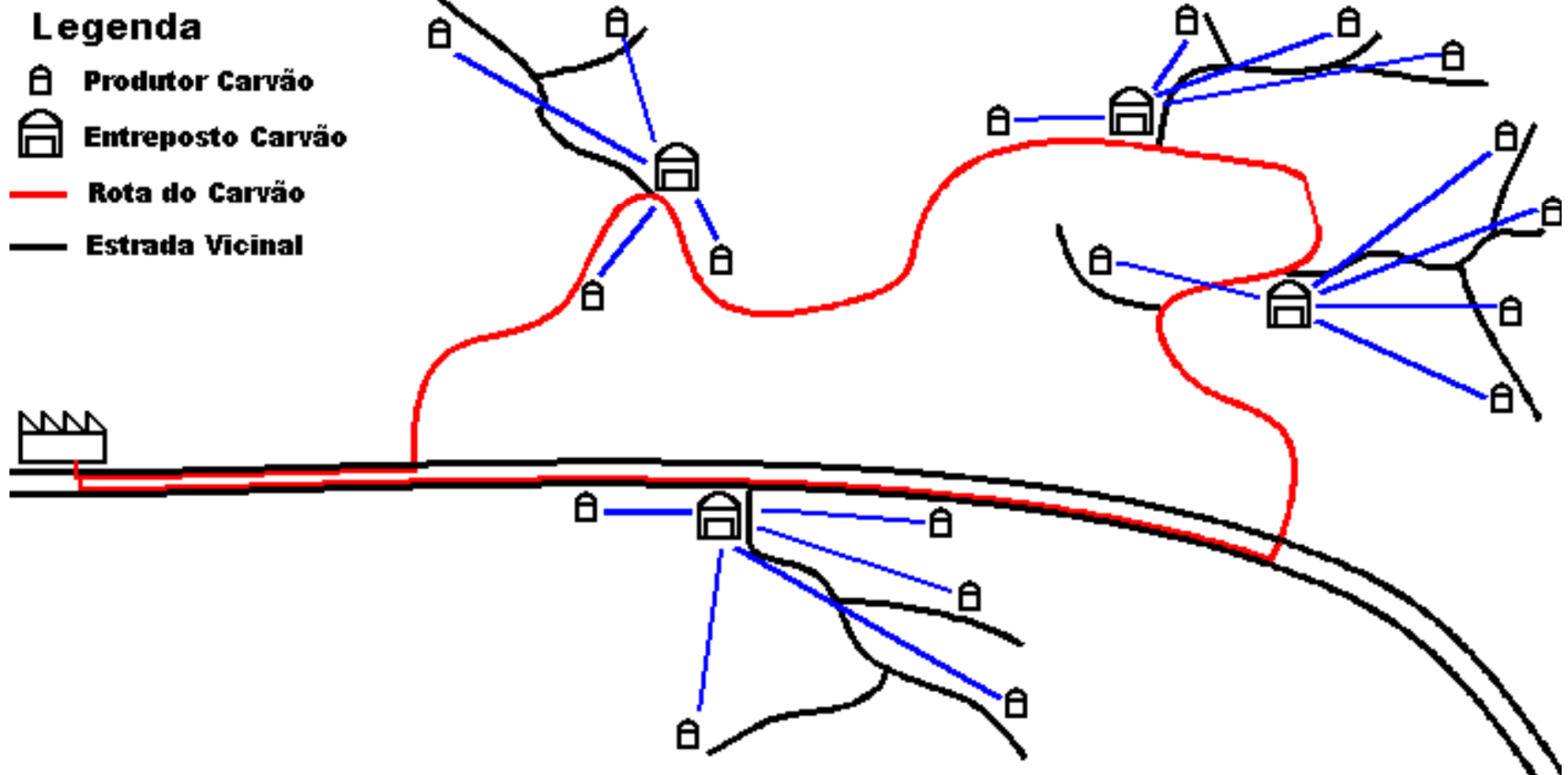
A **carbonização** é obtida por um processo de pirólise.

**Pirólise** consiste em aquecer a biomassa em uma atmosfera isenta de oxigênio. Os produtos da pirólise são carbono fixo (carvão vegetal), bio-óleos e gás combustível ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ).



# Linhas de Carvão Vegetal

O estabelecimento de "linhas de carvão" nas mesmas "linhas de leite" permite o uso da estrutura logística existente, possibilitando a coleta e comercialização do carvão vegetal produzido nas propriedades rurais.



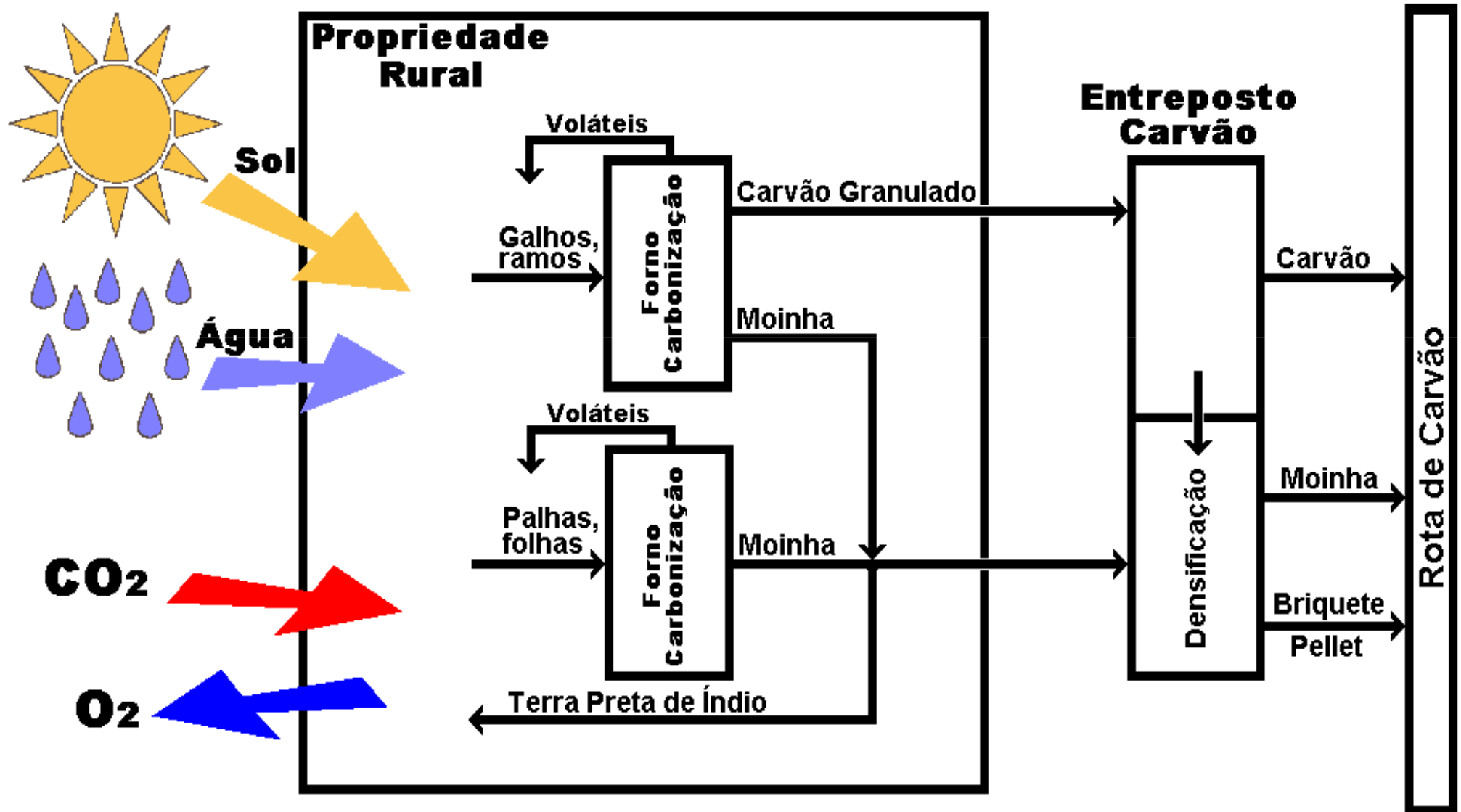
# Linhas de Carvão Vegetal

Os proprietários rurais produziram o carvão e o levariam até um entreposto à margem da "linha de carvão", onde o caminhão faria sua coleta e o levaria para o posto de comercialização ou diretamente a uma indústria consumidora.

O carvão a granel, originário de desgalhamentos, podas, grimpas, limpezas, retiradas de tocos etc, seria comercializado diretamente.

O carvão em pó, originário de palhas, capim, ramas etc, seria comercializado como moinha ou transformado em briquetes nos entrepostos. Este carvão em pó, caso não tenha demanda comercial, pode ser utilizado como adubo natural (terra preta de índio) na propriedade rural.

# balanço de Massa Prop. Rural



# Produção de Carvão Vegetal

As linhas de leite atendem a muitos pequenos produtores de leite, que poderão se tornar produtores de carvão vegetal.

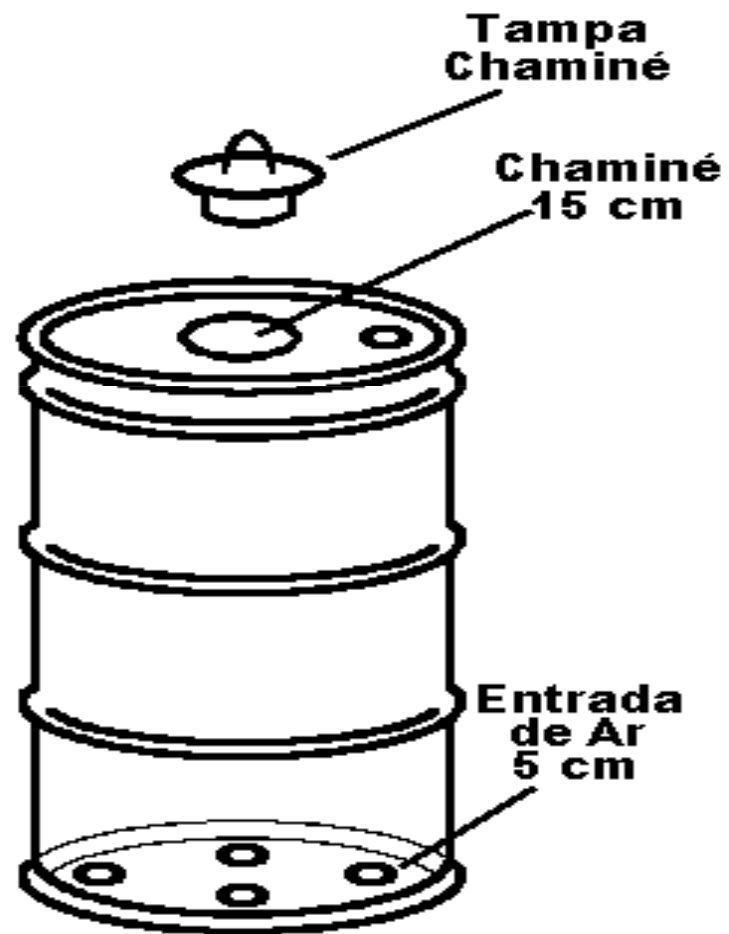
Assim é necessário implementar uma tecnologia de produção de carvão adaptada a estes produtores.

Para a produção de 25 a 100 kg de carvão/dia, recomenda-se utilizar o forno metálico LC<sup>2</sup>-200L.

Neste forno podem ser utilizados lenha, galhos, casca de coco, babaçu, palhas ou capim.

Este forno não funciona bem com material pulverizado (serragem, casca de arroz, casca de amendoim etc).

# Forno LC<sup>2</sup>-200L



# Produção de Carvão Vegetal

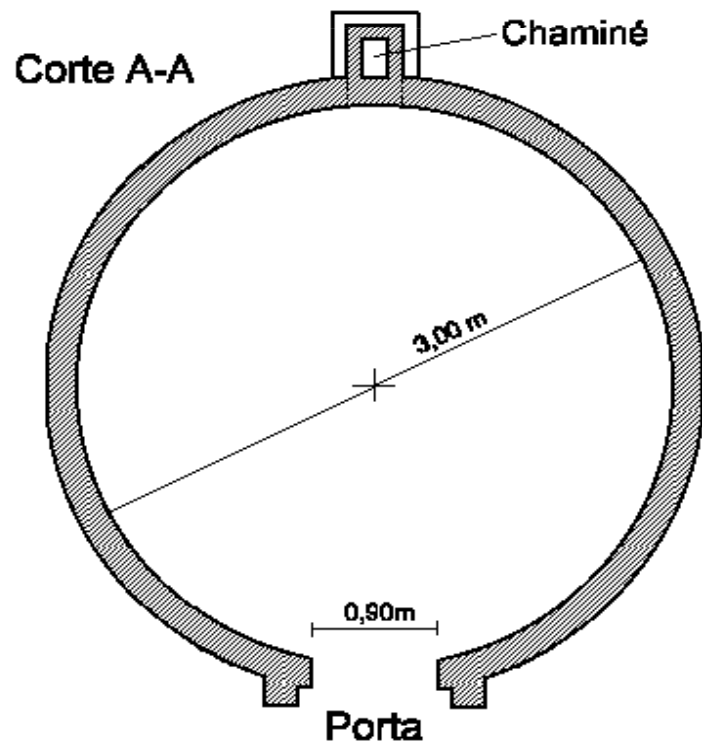
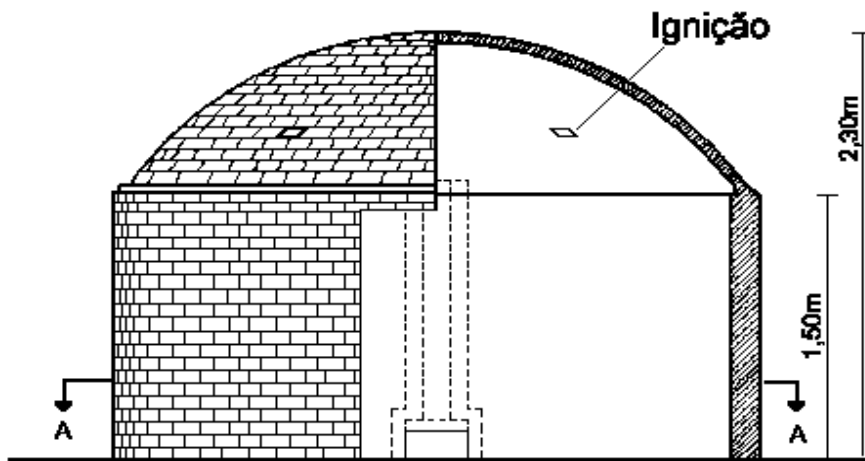
Para a produção de 1.000 a 2.000 kg/semana de carvão vegetal recomenda-se utilizar o forno de alvenaria LC<sup>2</sup>-3,0m.

Neste forno podem ser utilizados galhos, lenha, restos de serrarias e uma pequena parte de material granulado (casca de coco, babaçu, palhas e capim).

Ele não funciona bem com material granulado, e de jeito nenhum com material pulverizado. (serragem, casca de arroz, casca de amendoim etc).



# Forno LC<sup>2</sup> - 3,0m



# Fornos em Desenvolvimento no LC<sup>2</sup>

Para a produção de carvão a partir de material granulado ou pulverizado, o LC<sup>2</sup> Laboratório de Combustão e Carbonização da UFMG está desenvolvendo novos fornos de baixo custo e bom rendimento de carbonização



# Créditos de CO<sub>2</sub>

Os resíduos agrícolas são hoje abandonados no campo, decompostos por microorganismos e emitindo metano.

Pode ser realizado um projeto de créditos de CO<sub>2</sub> para utilização destes resíduos para a produção de carvão vegetal.

A incorporação do carvão vegetal no solo (terra preta do índio), também pode ser objeto de um projeto de créditos de CO<sub>2</sub>.

A implementação de um projeto de créditos de CO<sub>2</sub> é cara, não sendo viável para um pequeno produtor rural, mas é factível no âmbito de uma cooperativa de porte médio, trazendo para ela e seus associados benefícios econômicos e ambientais.

# Conclusões

A produção de carvão vegetal possibilita a valorização dos resíduos agrícolas e florestais, fomenta o uso da biomassa; estimula a utilização racional e eficiente dos recursos energéticos locais, possibilita uma geração de renda adicional, cria empregos, fixa o homem no campo, etc.

A produção de resíduos agrícolas está ligada diretamente à produção de alimentos, assim, a crítica a cerca da conversão de áreas agrícolas para a produção de combustíveis renováveis não se aplica aqui.

A utilização deste carvão em substituição aos combustíveis fósseis, diminui a dependência externa de combustíveis fósseis, diminui a emissão de gases de efeito estufa e possibilita a implantação de projetos de créditos de CO<sub>2</sub>.

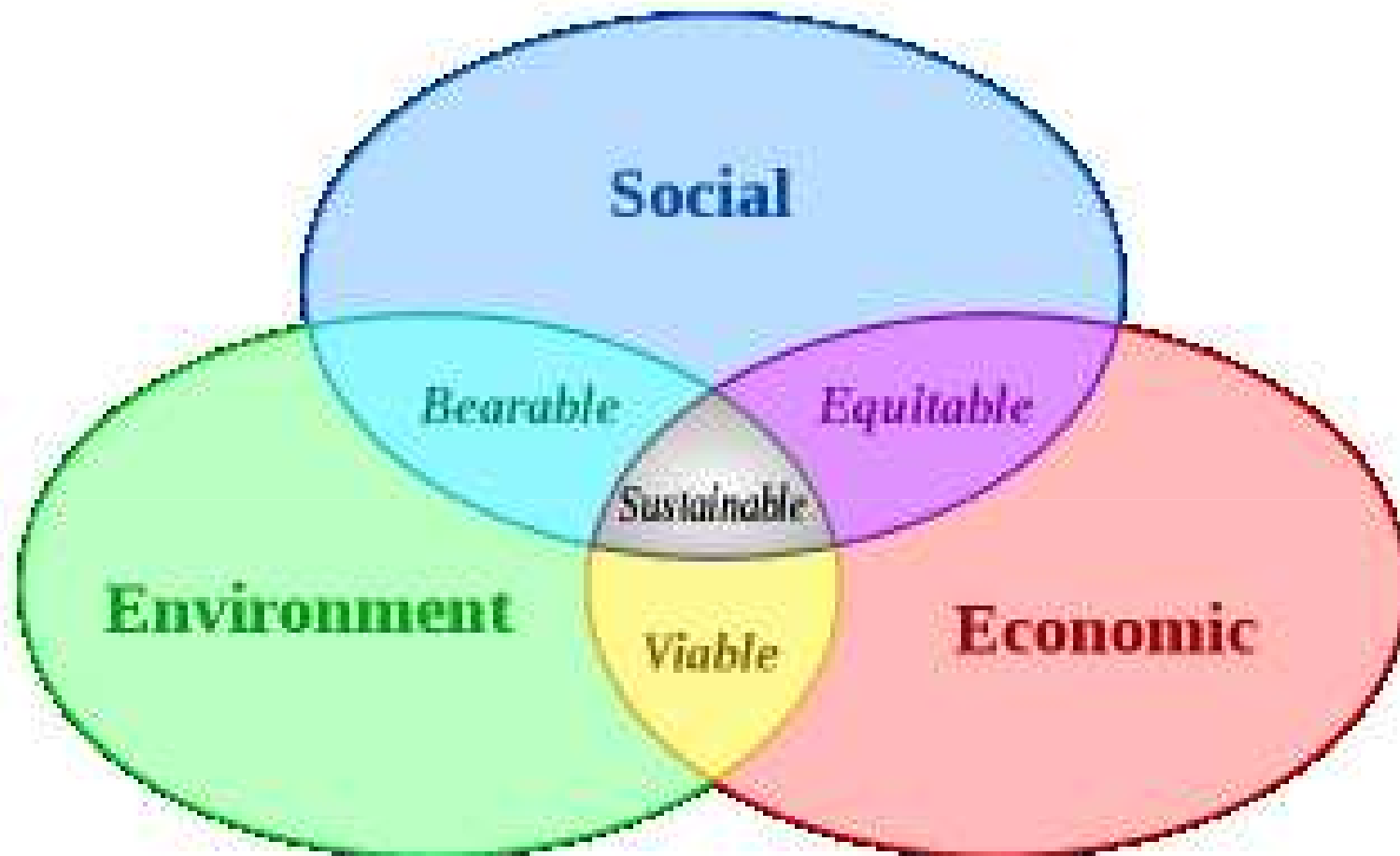
# Conclusões

A utilização da moinha de carvão como nutriente do solo (terra preta do índio), permite o aumento da produção agrícola, com aumento um correspondente da produção de resíduos, e diminuição do consumo de adubos industrializados, aumentando a renda do campo.

A logística implementada pela cooperativa evita a presença dos intermediários, aumentando a renda dos produtores.

Esta metodologia de produção soluciona vários problemas em termos de sustentabilidade socioambiental, preço, qualidade, regularidade de entrega, origem e rastreabilidade, logística de transporte e comercialização.

# 3 Pilares da Sustentabilidade



**Prof. Paulo Cesar C. Pinheiro**  
**Dept. Engenharia Mecânica da UFMG, Brasil**  
**pinheiro@demec.ufmg.br**