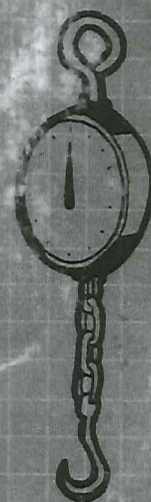
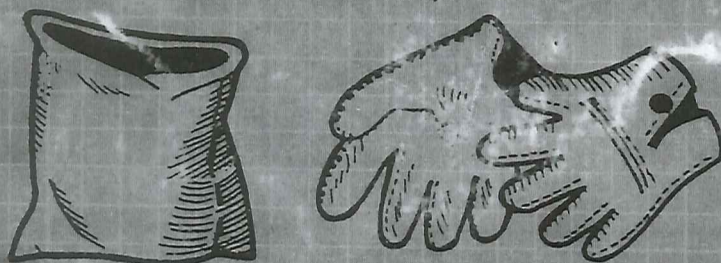
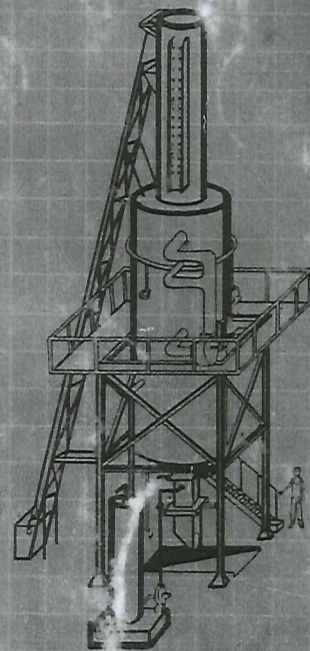
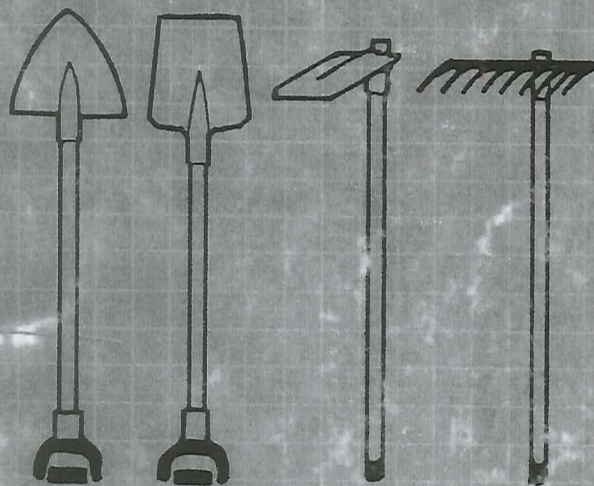


Série
**TECNOLOGIA
AGROINDUSTRIAL**

14

*Fabricação de
Carvão Vegetal*



62.74

948f

.1

6857

São Paulo
trabalhando

Governo do Estado de São Paulo
Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia
Coordenadoria da Indústria e Comércio

hu

Fabricação de Carvão Vegetal

Carlos Alberto Luengo
Francisco Emmerich

Amorim
26/08/46

N.º 36 857
ESCOLA SUPERIOR DE
AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
— BIBLIOTECA —



Governo do Estado de São Paulo
Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia
Coordenadoria da Indústria e Comércio

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

UTILIZAÇÃO DO CARVÃO VEGETAL	<i>Página</i> 07
------------------------------------	---------------------

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS DO CARVÃO VEGETAL	09
. Composição	09
. Poder Calorífico	11
. Porosidade	11
. Densidade ou Peso Específico	12
. Higroscopicidade	19
. Inflamabilidade	19

CAPÍTULO 3

A MADEIRA E SUA PREPARAÇÃO	21
----------------------------------	----

CAPÍTULO 4

TÉCNICAS DE FABRICAÇÃO	23
4.1. Cupim	23
. Preparação	23
. Operação	29
. Colheita	36
. Rendimento	41
4.2. Forno de Alvenaria Subterrâneo	42
. Construção	42
. Disposição da Madeira e Operação	48
. Colheita	51
. Rendimento	51

Série

TECNOLOGIA AGROINDUSTRIAL

- 1 - Edificações de Indústrias Alimentícias
Herbert Guilherme Fridolin Wirth Kehr
Celso Costa Lopes
- 2 - Higiene e Sanitização de Fábrica de Alimentos
Fumio Yokoya
- 3 - Controle de Qualidade nas Fábricas de Alimentos
Fumio Yokoya
- 4 - Refrigeração
László Halász (Coordenador)
Cesar Pirajá Pinheiro
Edmar Neto de Araujo Filho
Gilberto T. Sato
Italo Y. Yosimura
Regina Tayar
Rosely Lacerda
- 5 - Fundamentos da Tecnologia de Moagem
Ahmed A. El-Dash
- 6 - Fundamentos da Tecnologia de Panificação
Ahmed A. El-Dash
Celina de Oliveira Camargo
Norma Mancilla Diaz
- 7 - Fabricação de Amido e sua Utilização
Cesar Francisco Ciacco
Renato Cruz
- 8 - Tecnologia de Massas Alimentícias
Cesar Francisco Ciacco
Yoon K. Chang
- 9 - Queijo - Fundamentos Tecnológicos
José Sátiro de Oliveira
- 10 - Produtos de Soja - Leite, Farinha e outros
Antonio Celso Bueno Zangelmi (Coordenador)
Maria Angélica Tagliolatto
Eliane Laranja Dias
Dora Ann Lange
- 11 - Princípios Fundamentais em Tecnologia de Pescados
Edison José Geromel
Roberto José Forster
- 12 - Industrialização de Frutas em Calda e Cristalizadas, Geléias e Doces em Massa
Maria Hoelz Jackix
- 13 - Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais
Leopold Hartman
Walter Esteves
- 14 - Fabricação de Carvão Vegetal
Carlos Alberto Luengo
Francisco Emmerich
- 15 - Gasogênio
Inácio Maria Dal Fabbro (Coordenador)
Eliane Laranja Dias

APRESENTAÇÃO

A ação da Secretaria de Estado da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia no sentido de promover o desenvolvimento agroindustrial compreende a transferência de conhecimentos e aperfeiçoamentos tecnológicos gerados por entidades ligadas à pesquisa, ao ensino e ao planejamento integrado.

As particularidades de cada subsetor agroindustrial, no entanto, não permitem que tal atuação ocorra de forma generalizada. Assim é que esta Secretaria fez publicar a série "Tecnologia Agroindustrial", elaborada em razão de convênio com a Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia - F.T.P.T., cujos quinze títulos cobrem importantes temas relacionados a esse setor produtivo de nossa economia.

Os autores da série, pesquisadores da Fundação mencionada, realizaram trabalhos de inestimável valor tecnológico e que por certo contribuirão de forma efetiva para o aperfeiçoamento das agroindústrias paulistas.

A ação se completa com a divulgação e a distribuição dirigida desses trabalhos para cerca de onze mil empresas cadastradas pelo CEAI - Cadastro Estadual de Agroindústria, desta Secretaria.

O "I Simpósio de Tecnologia Agroindustrial", jornada de seminários e discussões sobre os diversos títulos da série — contando com a presença de cientistas da Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia - F.T.P.T. e para o qual foram convidadas todas as agroindústrias paulistas — é o evento que coroa mais uma iniciativa desta Pasta, com vistas ao desenvolvimento da Agroindústria em nosso Estado.

OSVALDO PALMA
Secretário de Estado

como desinfetante, para efetuar a eliminação de gases fétidos de habitações, cheiro ru-
líquidos e roupas de vestir, saneamento de poços, fossas, minas, etc.

No processo de utilização do carvão vegetal na siderurgia são gerados o que se
de "finos de carvão vegetal". Eles são obtidos após o peneiramento, antes do carv-
carregado no alto forno. No Brasil, esta matéria vem sendo usada na sintetização de mi-
de ferro. Surgem agora outras opções, principalmente na siderurgia, para tão nobre combu-
como: injeção pelas ventaneiras do alto forno; briquetagem para uso no alto forno; (e
cação e injeção no alto forno; e gaseificação para redução direta. Além disto, os finos
sendo utilizados adicionados ao óleo combustível, para aplicações em geral.

CAPÍTULO 1

UTILIZAÇÃO DO CARVÃO VEGETAL

No Brasil, o uso principal do carvão vegetal é na indústria siderúrgica, onde funciona como redutor e combustível na produção de gusa. Obtém-se ferro e aço de melhores qualidades que aqueles produzidos com coque metalúrgico, que é obtido de carvão mineral importado.

Outro uso muito importante é como substituto do óleo combustível, onde pode ser aplicado diretamente ou mediante gaseificação em quase todos os processos industriais, como na fabricação de cimento e cerâmica, caldeiras de vapor, etc. Deve-se dizer que a tecnologia de utilização do carvão mineral é aplicável ao vegetal, com a vantagem deste último ser mais limpo (menos cinzas e praticamente isento de enxofre), e mais reativo.

Para uso doméstico, o carvão vegetal é conhecido há muito tempo, aliás o ato de sua obtenção remonta há mais de 6000 anos. É usado em fogões de fornalha para preparar refeições em água quente. É preferido na preparação de churrasco porque proporciona um sabor gostoso à carne, e porque não é tóxico.

Atualmente, está sendo utilizado na propulsão de veículos com motores do tipo gás-gênio. Neste ponto, vale a pena ressaltar que tratores agrícolas já estão sendo fabricados com este tipo de motor.

O carvão vegetal, quando tratado com produtos químicos e vapor (carvão ativado), é usado no controle da poluição. Os higienistas utilizam o alto poder absorvente deste carvão

Carvão obtido a 250° C contém 65% de carbono

Carvão obtido a 300° C contém 73% de carbono

Carvão obtido a 400° C contém 80% de carbono

Carvão obtido a 1500° C contém 96% de carbono

Entretanto, a análise típica de uma madeira que poderia servir para fabricar um bom carvão vegetal, apresenta os seguintes valores:

Carbono	50,5%
Hidrogênio	6,2%
Oxigênio	42,4%
Cinza	0,4%

Note-se que a unidade não é indicada, pois a análise deverá ser sempre apresentada em base seca, enquanto que a madeira recém cortada pode possuir teores de umidade comparáveis em peso à quantidade de matéria seca.

Da comparação das análises do carvão e da madeira, é possível exemplificar alguns dos acontecimentos principais que caracterizam o processo de fabricação do carvão a partir da madeira, ou seja:

1. A porcentagem de carbono é drasticamente incrementada.
2. O teor de oxigênio é diminuído, acompanhando àquele de hidrogênio. Isto provoca a formação de água no processo.

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICA DO CARVÃO VEGETAL

A forma e as propriedades do carvão vegetal não são absolutamente fixas, mas dependem fundamentalmente do tipo da madeira e do processo de carbonização. A seguir, estão descritas as características principais dessas substâncias.

a) Composição

Desde que madeiras diferentes originam carvões também diferentes, apresenta-se, a composição química média de um bom carvão, carbonizado à temperatura da ordem de 500° C.

Carbono	84,5%
Hidrogênio	2,5%
Oxigênio	4,3%
Água (umidade)	7,5%
Cinza	1,2%

As porcentagens de água e cinza não devem ser superiores a 8% e 3% respectivamente, pois a qualidade do carvão seria deteriorada.

A porcentagem de carbono varia com a temperatura de carbonização, quanto maior é uma, maior é outra:

d) Densidade ou Peso específico

A densidade depende muito do tipo de madeira e tem muita importância na qualidade do carvão. As madeiras mais densas dão carvões mais densos e de melhor qualidade, principalmente para a indústria siderúrgica, quando funciona como redutor.

A seguir, apresentamos o peso específico e o peso de carvão vegetal equivalente ao estéreo das principais madeiras do Brasil.

b) Poder calorífico

As diferenças na composição da madeira e do carvão refletem-se no poder calorífico, sendo que ele aumenta com a proporção de carbono, podendo atingir 8000 kcal/kg.

Entretanto, o poder calorífico da madeira, em relação ao carvão, é bem inferior, conforme pode ser observado na seguinte tabela:

<i>Nome</i>	<i>Poder calorífico (Kcal/kg)</i>
Carvalho	4575
Pinho do Paraná	4788
Cedro	4562
Eucalipto	4760
Amendoim	4684

Estes valores, que são expressados em base seca, são valores publicados no Boletim n.º 17 do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Nota-se que os valores de mais de 60 espécies nacionais, estão contidos na faixa entre 4500 e 5100 kcal/kg como valor médio. Então, é evidente que o carvão vegetal, do ponto de vista energético, é um material bem mais nobre que a madeira de origem.

c) Porosidade

O carvão vegetal é um material altamente poroso. Isto justifica seu grande poder absorvente, daí suas aplicações práticas como desinfetante e descorante.

<i>Nome Vulgar</i>	<i>Nome Científico</i>	<i>Peso Específico *</i> <i>(15% umidade)</i>	<i>Peso de Carvão vegetal equivalente ao estéreo (kg) **</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus bositoana</i>	0,90	180
Eucalipto	<i>Eucalyptus botryoides</i>	0,89	178
Guaruaia	<i>Peltroforum vogelianum</i>	0,89	178
Pau roxo	<i>Peltogyne confertiflora</i>	0,89	178
Sapucaia vermelha	<i>Lecythis pisonis</i>	0,88	176
Eucalipto	<i>Eucalyptus rostrata</i>	0,87	174
Guatambu branco	<i>Aspidosperma olivaceum</i>	0,87	174
Canafístula	<i>Cassia ferruginea</i>	0,87	174
Guaçatonga	<i>Casearia inaequilatera</i>	0,81 — 0,87	162 — 174
Pau marfim	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	0,81 — 0,87	162 — 174
Peroba rosa	<i>Aspidosperma peroba</i>	0,66 — 0,87	132 — 174
Eucalipto	<i>Eucalyptus umbra</i>	0,86	172
Juvevê	<i>Celtis brasiliensis</i>	0,86	172
Grapiapunha	<i>Apuleia praecox</i>	0,83 — 0,86	166 — 172
Copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i>	0,70 — 0,82	140 — 164
Jatobá amarelo	<i>Hymenaea sp.</i>	0,85	170
Eucalipto	<i>Eucalyptus capitellata</i>	0,85	170
Leiteiro	Fam. <i>sapotaceas</i>	0,83 — 0,85	166 — 170
Sapuva	<i>Machaerium stipitatum</i>	0,84	168
Eucalipto	<i>Eucalyptus maideni</i>	0,84	168
Eucalipto	<i>Eucalyptus alba</i>	0,83	166
Eucalipto	<i>Eucalyptus goniocalyx</i>	0,83	166
Eucalipto	<i>Eucalyptus propinqua</i>	0,82	164
Eucalipto	<i>Eucalyptus pilularis</i>	0,82	164
Caviuna	<i>Dalbergia violacea</i>	0,82	164
Canela cebo	<i>Ocotea sp.</i>	0,82	164
Eucalipto	<i>Eucalyptus polyanthemus</i>	0,82	164
Eucalipto	<i>Eucalyptus maculata</i>	0,81	162
Pau pereira	<i>Platycyamus regnellii</i>	0,81	162
Urucurana	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	0,81	162

<i>Nome Vulgar</i>	<i>Nome Científico</i>	<i>Peso Específico * (15% umidade)</i>	<i>Peso de Carvão vegetal equivalente ao estéreo (kg) **</i>
Aroeira do sertão	Astronium unundeuva	1,16 — 1,21	232 — 242
Eucalipto	Eucalyptus paniculata	1,06	212
Angico preto	Piptadenia macrocarpa	1,05	210
Guapicica	Eugenia pseudocaryophyllus	1,05	210
Eucalipto	Eucalyptus citriodora	0,98 — 1,04	196 — 208
Guarajuba	Terminalia sp	0,73 — 1,04	146 — 208
Ipê Tabaco	Tecoma longiflora	1,03	206
Ipê Dardo	Tecoma ochracea	1,01	202
Ipê-una	Tecoma impetiginosa	0,96	192
Catuaém	Roupala brasiliensis	1,01 — 1,03	202 — 206
Jatobá	Hymenaea stilbocarpa	0,91 — 1,02	182 — 204
Sucupira amarelo	Ferreira spectabilis	0,96 — 1,01	192 — 202
Coração de negro	Apuleia ferrea	1,00	200
Cabriúva vermelha	Myroxylon toluiferum	0,93 — 0,98	186 — 196
Eucalipto	Eucalyptus microphylla	0,97	194
Leiteiro preto	Lucuma sp.	0,97	194
Guarantã	Esenbeckia leiocarpa	0,96	192
Angico vermelho	Piptadenia rigida	0,85 — 0,96	170 — 192
Pindaíba	Duguetia lanceolata	0,88 — 0,96	176 — 192
Itaúba	Silvia itauba	0,95 — 0,96	190 — 192
Eucalipto	Eucalyptus terelicornis	0,95	190
Faveiro	Peterodon pubescens	0,93 — 0,94	186 — 188
Cabriúva parda	Myrocarpus sp.	0,87 — 0,94	174 — 188
Taiúva	Chlorophora tinctoria	0,84 — 0,93	168 — 186
Pessegueiro bravo	Prunus brasiliensis	0,92	184
Sucupira parda	Bowdichia virgilioides	0,89 — 0,92	178 — 184
Eucalipto	Eucalyptus punctata	0,91	182
Buranhém	Pradosia glycyphoea	0,91	182
Guaritá	Astronium fraxinifolium	0,91	182
Jacarandá pardo	Machaerium villosum	0,79 — 0,91	158 — 182
Guaraiúva	Securinega guarayuva	0,90	180

<i>Nome Vulgar</i>	<i>Nome Científico</i>	<i>Peso Específico * (15% umidade)</i>	<i>Peso de Carvão vegetal equivalente ao estéreo (kg) **</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus kirtoniana</i>	0,71	142
Melaleuca	<i>Melaleuca sp.</i>	0,71	142
Canela preta	<i>Nectandra mollis</i>	0,70	140
Coerana	<i>Mastichodendron sp.</i>	0,70	140
Angico branco	<i>Piptadenia peregrina</i>	0,70	140
Eucalipto	<i>Eucalyptus oranensis</i>	0,70	140
Eucalipto	<i>Eucalyptus saligna</i>	0,69	138
Canela parda	<i>Nectandra sp.</i>	0,69	138
Jangada brava	<i>Bastardiopsis densiflora</i>	0,69	138
Tamboril branco	<i>Entrelobium sp.</i>	0,65 — 0,69	130 — 138
Canela ruiva	<i>Persea sp.</i>	0,63 — 0,69	126 — 138
Quaruba jasmirama	<i>Vochysia sp.</i>	0,68	136
Carvalho brasileiro	<i>Adenostephanus sp.</i>	0,68	136
Cangerana	<i>Cabralea cangerana</i>	0,67	134
Arruda brava	<i>Fagara sp.</i>	0,67	134
Cedrof	<i>Tapirira sp.</i>	0,67	134
Bracatinga	<i>Mimosa bracaatinga</i>	0,67	134
Grumixava	<i>Micropholis gardnerianum</i>	0,66	132
Canelão	<i>Ocotea sp.</i>	0,66	132
Pau d'alho	<i>Gallesia gorazema</i>	0,66	132
Açoita cavalo	<i>Luehea divaricata</i>	0,61 — 0,66	122 — 132
Mandioqueira	<i>Didymopanax sp.</i>	0,65	130
Imbuia	<i>Phoebe porosa</i>	0,65	130
Canela vermelha	<i>Persea sp.</i>	0,63 — 0,65	126 — 130
Eucalipto	<i>Eucalyptus paulistana</i>	0,64	128
Canela pimenta	<i>Ocotea tenuiflora</i>	0,64	128
Jurutê	<i>Cordia sp.</i>	0,64	128
Canelinha	<i>Ocotea sp.</i>	0,61	122
Burucí	<i>Meliosma brasiliensis</i>	0,61	122
Pinho brasileiro	<i>Araucaria brasiliana</i>	0,52 — 0,61	104 — 122
Capixingui	<i>Croton floribundus</i>	0,60	120

<i>Nome Vulgar</i>	<i>Nome Científico</i>	<i>Peso Específico * (15% umidade)</i>	<i>Peso de Carvão vegetal equivalente ao estéreo (kg) **</i>
Eucalipto	<i>Eucalyptus robusta</i>	0,80	160
Louro pardo	<i>Cordia hipoleuca</i>	0,73 — 0,80	146 — 160
Paratudo	<i>Tecoma caraiba</i>	0,79	158
Eucalipto	<i>Eucalyptus regans</i>	0,79	158
Monjoleiro	<i>Acacia polyphylla</i>	0,79	158
Guaiuvira	<i>Patagonula americana</i>	0,78	156
Eucalipto	<i>Eucalyptus longifolia</i>	0,78	156
Guapeva	<i>Lucuma sp.</i>	0,78	156
Amendoim	<i>Pterogyne nitens</i>	0,77	154
Eucalipto	<i>Eucalyptus microcorys</i>	0,77	154
Sapucaia branca	<i>Lecythis sp.</i>	0,69 — 0,77	138 — 154
Eucalipto	<i>Eucalyptus trabuti</i>	0,76	132
Canela sassafrás	<i>Ocotea pretiosa</i>	0,76	132
Canela oití	<i>Beilschmiedie sp.</i>	0,75	150
Cambará	<i>Moquinia polymorpha</i>	0,75	150
Jacaré	<i>Piptadenia communis</i>	0,75	150
Eucalipto	<i>Eucalyptus resinifera</i>	0,75	150
Araribá	<i>Centrolobium sp.</i>	0,73 — 0,75	146 — 150
Guatambu rosa	<i>Aspidosperma sr.</i>	0,75	150
Guatambu amarelo	<i>A. ramiflorum</i>	0,70 — 0,72	140 — 144
Peroba de Campos	<i>Paratecoma peroba</i>	0,72 — 0,75	144 — 150
Cuvantã	<i>Cupania sp.</i>	0,74	148
Imbira de sapo	<i>Lonchocarpus sp.</i>	0,74	148
Canela batalha	<i>Cryptocarya mandioccana</i>	0,73	146
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	0,73	146
Eucalipto	<i>Eucalyptus exserta</i>	0,73	146
Eucalipto	<i>Eucalyptus corynocalyx</i>	0,73	146
Canela parda	<i>Ocotea sp.</i>	0,73	146
Eucalipto	<i>Eucalyptus viminalis</i>	0,72	144
Louro vermelho	<i>Ocotea rubra</i>	0,72	144
Eucalipto	<i>Eucalyptus corymbosa</i>	0,72	144

<i>Nome Vulgar</i>	<i>Nome Científico</i>	<i>Peso Especifico * (15% umidade)</i>	<i>Peso de Carvão vegetal equivalente ao estéreo (kg) **</i>
Chichá	<i>Sterculia chicha</i>	0,39	78
Guapuruvu	<i>Schizolobium excelsum</i>	0,30 — 0,35	60 — 70
Imbiruçu	<i>Bombax endecaphyllum</i>	0,34	68
Paineira	<i>Chorisia speciosa</i>	0,26 — 0,34	52 — 68
Suinã	<i>Erythrina sp.</i>	0,32	64

(*) Condensado do Boletim n.º 31 do I.P.T./Junho 1945

(**) Valor aproximado.

<i>Nome Vulgar</i>	<i>Nome Científico</i>	<i>Peso Específico * (15% umidade)</i>	<i>Peso de Carvão vegetal equivalente ao estéreo (kg) **</i>
Eucalipto	Eucalyptus cinerea	0,60	120
Grevilia	Grevillea robusta	0,55 — 0,60	110 — 120
Freijó	Cordia goeldiana	0,59	118
Quaruba vermelha	Erisma uncinatum	0,59	118
Canela cedro	Ocotea sp.	0,59	118
Cinamomo	Melia azedarach	0,42 — 0,59	84 — 118
Canela branca	Cryptocarya moschata	0,58	116
Cangalheiro	Belangeria glabra	0,58	116
Passariuva	Sclerolobium sp.	0,56 — 0,58	112 — 116
Cedro	Cedrela fissilis	0,42 — 0,58	84 — 116
Baguaçu	Talauma ovata	0,57	114
Caroba	Jacaranda semiserrata	0,57	114
Figueira	Ficus pohliana	0,52 — 0,57	104 — 114
Tamboril	Enterolobium timbouva	0,51 — 0,57	102 — 114
Jequitibá rosa	Cariniana brasiliensis	0,53 — 0,54	106 — 108
Canela amarela	Nectandra sp.	0,53	106
Quivira	Solanum inaequale	0,53	106
Canela garuva	Nectandra sp.	0,53	106
Jacarandá mimoso	Jacarandá acutifolia	0,52	104
Pau de sangue	Pterocarpus sp.	0,49 — 0,52	98 — 104
Tapirira	Tapirira guianensis	0,51	102
Guaricica	Vochysia laurifolia	0,50	100
Sangue de drago	Croton echinocarpus	0,49	98
Mandioqueira	Didymopanax navarroii	0,47	94
Nogueira de Iguape	Aleurites moluccana	0,47	94
Tapiá	Alchornea sp.	0,45 — 0,47	90 — 94
Pinho bravo	Podocarpus sp.	0,44 — 0,47	88 — 94
Peroba d'água	Sapium sp.	0,46	92
Cipreste	Cupressus sp.	0,45	90
Imbaúba	Cecropia sp.	0,41	82
Caxeta	Tabebuia cassinioides	0,39	78

Nas regiões tropicais a perda de umidade cessa, após aproximadamente três meses. Se a madeira ficar exposta muito tempo, o rendimento poderá ser afetado pelo desenvolvimento de fungos ou pela ação de insetos.

Outro ponto a ser considerado é a estocagem da madeira. Os pedaços devem ser convenientemente empilhados em lugares ventilados e ensolarados. Isto facilita o controle de pessoal, e a manutenção da qualidade da madeira.

CAPÍTULO 3

A MADEIRA E SUA PREPARAÇÃO

O Brasil, pela sua extensão territorial, localização geográfica, diferentes tipos de solo, clima, microclima e relevo, é acessível à cultura de espécies florestais indígenas e exóticas, para diversos fins. O eucalipto, espécie exótica, introduzido com êxito no Brasil por Navarro de Andrade foi, e ainda é, a essência preferida para o reflorestamento, devido principalmente à sua rusticidade e desenvolvimento. Muito embora, praticamente, qualquer madeira possa ser transformada em carvão vegetal, é o eucalipto que fornece o carvão de melhor qualidade com rendimentos mais vantajosos. Todavia, a escolha das espécies e variedades do gênero *Eucalyptus* deve ser feita de acordo com a latitude, altitude e clima do país de origem das sementes e do lugar receptor, respeitando-se sempre os aspectos ecológicos envolvidos.

A preparação da madeira é de enorme importância na obtenção de um bom carvão, as peças devem ser cortadas convenientemente dependendo do tipo de forno, não devendo exceder um metro e meio de comprimento. O diâmetro não deve ser maior que vinte centímetros, caso contrário devem ser partidos. Um ponto de suma importância, é a secagem conveniente da madeira. Após o corte ela deve ficar exposta ao sol durante um mês e meio, aproximadamente. Se a madeira estiver muito úmida, o rendimento não será bom. Para facilitar a secagem, é conveniente obter-se pedaços menores imediatamente após a queda da árvore.

Notar a presença da escada, que é uma ferramenta imprescindível para "ajeitar" a disposição da madeira na parte superior do forno, sendo também utilizada nas etapas posteriores que serão descritas a seguir.



Figura 3

Para facilitar a ignição, o buraco central poderá ser enchido com pequenos pedaços de "tiço", ou madeiras leves de fácil combustão.



Figura 2

A disposição final da madeira deve ter a forma de uma abóboda, como mostra a Figura 3, sendo que se deve procurar ocupar todos os espaços, não deixando vazios.

As fileiras vão sendo fechadas, de cima para baixo (Figura 9), à medida que o processo avança.

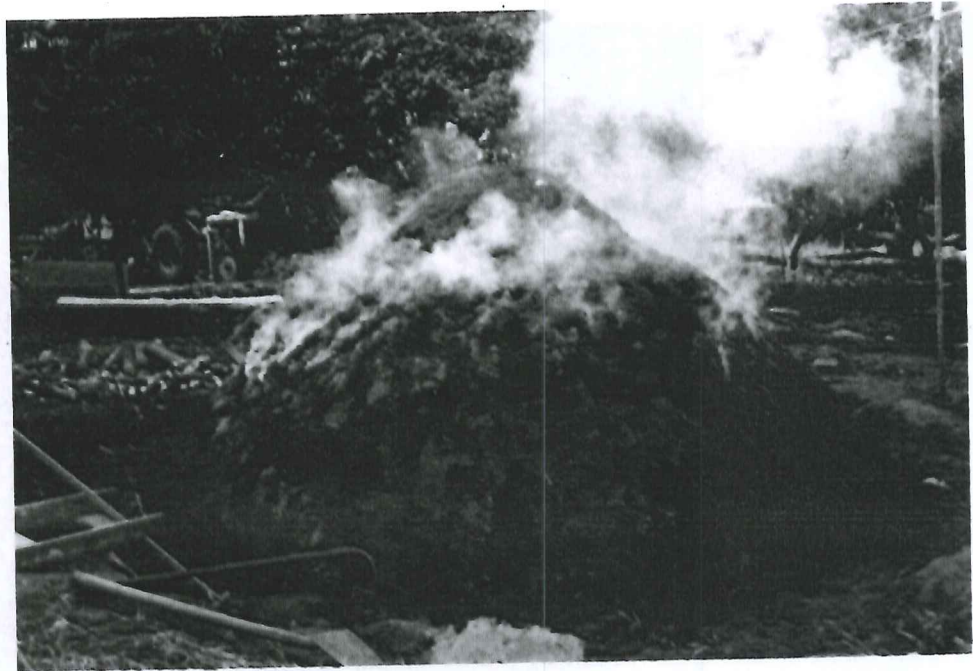


Figura 9

Se a fumaça que estiver saindo de uma fileira for branca, significa que a carbonização está progredindo normalmente. No caso da fumaça virar bem fraca, *antes* de azul, indica que deverão ser abertos mais buracos perto da base.

Quando a fumaça começa a sair azulada através de cada fileira de buracos (Figura 8), a começar pelos superiores, os mesmos devem ser fechados, pois já ocorreu a carbonização naquela altura. Isto pode ser observado, introduzindo-se uma vareta de ferro pelos buracos. Se a mesma não encontrar resistência de penetração, o carvão já se formou; caso contrário, significa que a madeira ainda não se carbonizou e esta fileira de buracos ainda não deve ser fechada.



Figura 8

c) Colheita

A colheita do carvão deve ser feita o mais breve possível, para evitar efeitos do sereno, chuvas e outras intempéries, que podem prejudicar a qualidade do carvão. Caso não seja possível colher o carvão num só dia, cobre-se o restante com polvorão, conforme Figura 12.



Figura 12

É importante tomar muito cuidado, uma vez que parte do carvão poderá estar quente. No caso de recomeçar a fumaça, ele deverá ser recoberto imediatamente com polvorão. Água não deverá ser usada, pois diminuirá a qualidade do carvão.

CAPÍTULO 4

TÉCNICAS DE FABRICAÇÃO

Forneceremos a seguir, a metodologia necessária à obtenção de carvão vegetal. São descritos, com ilustrações e fotografias, o modo de se construir e operar vários tipos de fornos, que foram utilizados em plantas da Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, no período de maio a agosto de 1981.

4.1. CUPIM (meda vertical ou balão)

a) Preparação

A montagem do "cupim" é feita, dispondo-se a madeira verticalmente em duas camadas (ou giros) circulares.

A disposição da primeira camada é mostrada na Figura 1, onde observamos que as madeiras mais grossas ficam no centro e as mais finas na periferia. Isto deve ser feito para que o processo de carbonização seja mais homogêneo e eficiente, pois a pirólise ocorre do centro para a periferia. Deve-se observar que fica uma parte oca de uns 20 cm de diâmetro no centro, por onde deve ser colocado o material combustível para a ignição.

Depois que é feita a ignição, fecha-se a cabeça com barro e terra. Algumas horas depois, o cupim começa a suar; é a água da madeira que está saindo, sob a forma de vapor. Neste ponto, o material combustível está quase todo queimado e deve ser substituído, *reabrindo-se* a cabeça e colocando-se mais material (Figura 7). Este processo demora um dia e meio, mais ou menos, e deve ser feito duas ou três vezes por dia.

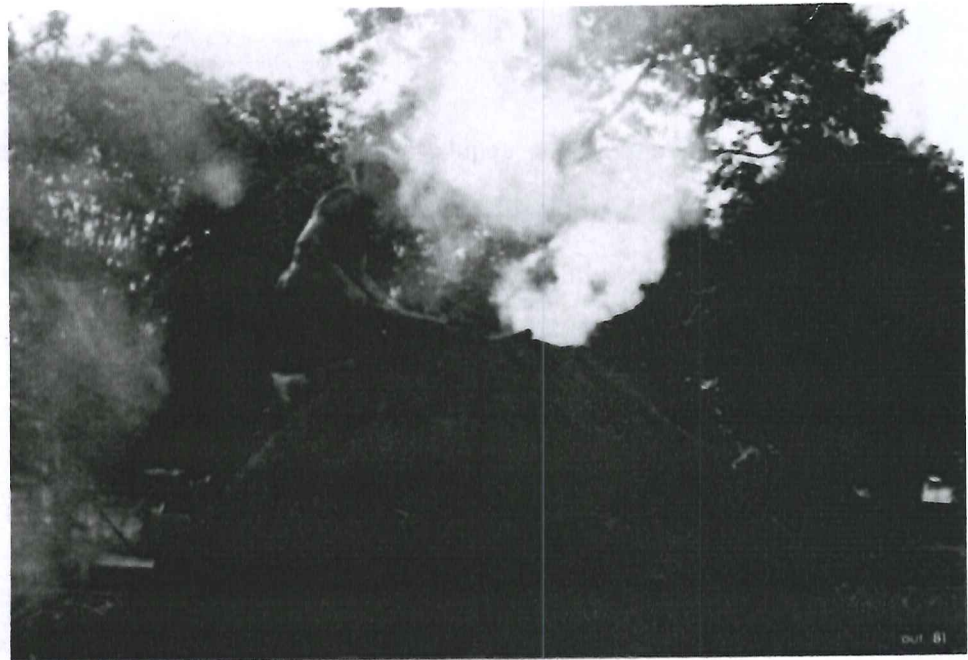


Figura 7

e) Higroscopicidade

O carvão, logo que é preparado, tem capacidade de absorver água (higroscopicidade) que varia de 4 a 16%. Quanto maior a temperatura de carbonização, menor é o poder higroscópico.

Assim:

Carvão obtido a 150° C absorve 21% de água

Carvão obtido a 250° C absorve 7% de água

Carvão obtido a 350° C absorve 6% de água

Carvão obtido a 450° C absorve 4% de água

Carvão obtido a 1500° C absorve 2% de água

f) Inflamabilidade

A inflamabilidade do carvão está muito ligada à sua densidade e condutividade calorífica, que será tanto maior quanto maior for a temperatura de carbonização. Os carvões leves, porosos, incompletamente carbonizados, ardem com chama luminosa, o que é bom. Os pesados dão chama curta, e depois seguem ardendo ao ar sem chama. Os carvões muito densos ardem com dificuldade, e só continuam ardendo quando estão em contato direto com o fogo calorífico, ou quando expostos.



Figura 1

Nota-se que, previamente à montagem da madeira, deve-se remover toda a vegetação do lugar que será ocupado pelo forno. Tipicamente, a área a ser limpa e alisada será de 4 x 4 metros. Também é importante mencionar que o empacotamento deverá ser o mais compacto possível, evitando-se deixar espaços vazios que irão prejudicar o rendimento.

A segunda camada é disposta sobre a primeira, com a inclinação das madeiras mais acentuada, conforme mostra a Figura 2. A madeira desta camada pode ser mais grossa que a inferior e deve-se deixar, como na primeira, uma parte oca central com o mesmo objetivo

b) Operação

A operação é iniciada com a ignição (ou toque de fogo). Para fazer-se a ignição corta-se, por exemplo, pequenos pedaços de madeira, que são incendiados e jogados no orifício central oco; isto é mostrado na Figura 6.



Figura 6

Para completar a ignição, poderá ser necessário duas ou três cargas de brasa, até que a fumaça comece a sair pelos buracos laterais do forno.

superior da carga já está carbonizada. Os buracos intermediários estão em plena atividade. Os inferiores ainda não começaram a soltar fumaça.

Neste ponto já se observa, Figura 11, o encolhimento (“colapsamento”) do cupim, que acompanha o processo de carbonização da madeira, pois o carvão tem volume inferior à madeira. O colapsamento do cupim é acompanhado de um decréscimo marcado na quantidade de fumaça.

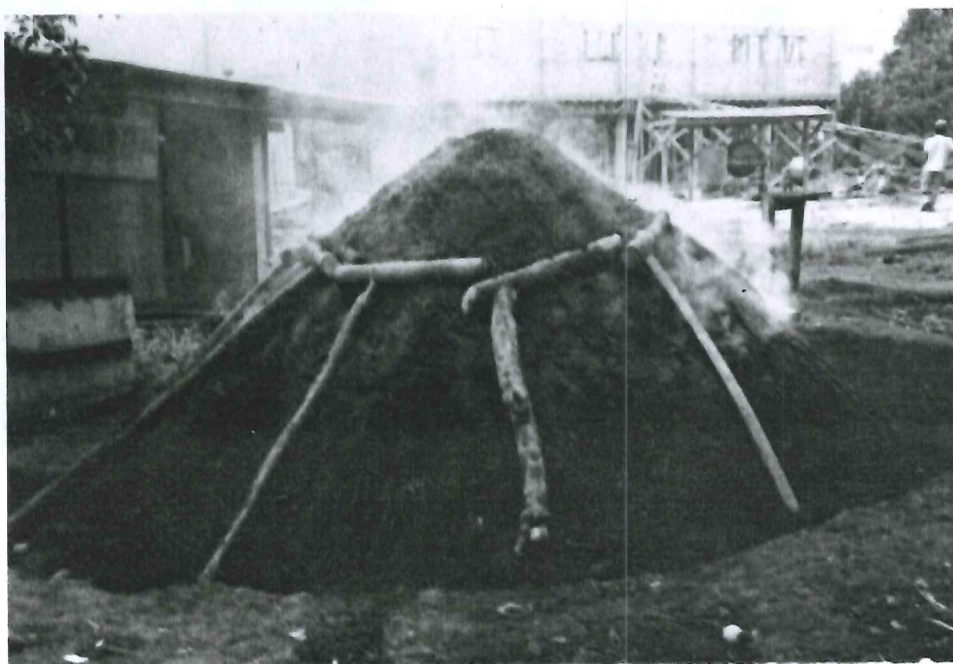


Figura 11

Depois de um certo tempo, a camada de barro superior seca-se bastante e começa a descer muita terra ("povorão"), que tende a fechar os buracos inferiores; para que isto não aconteça, coloca-se uma série de pedaços de madeira, acima dos orifícios dispostos conforme mostra a Figura 10, de forma a evitar tal fato.

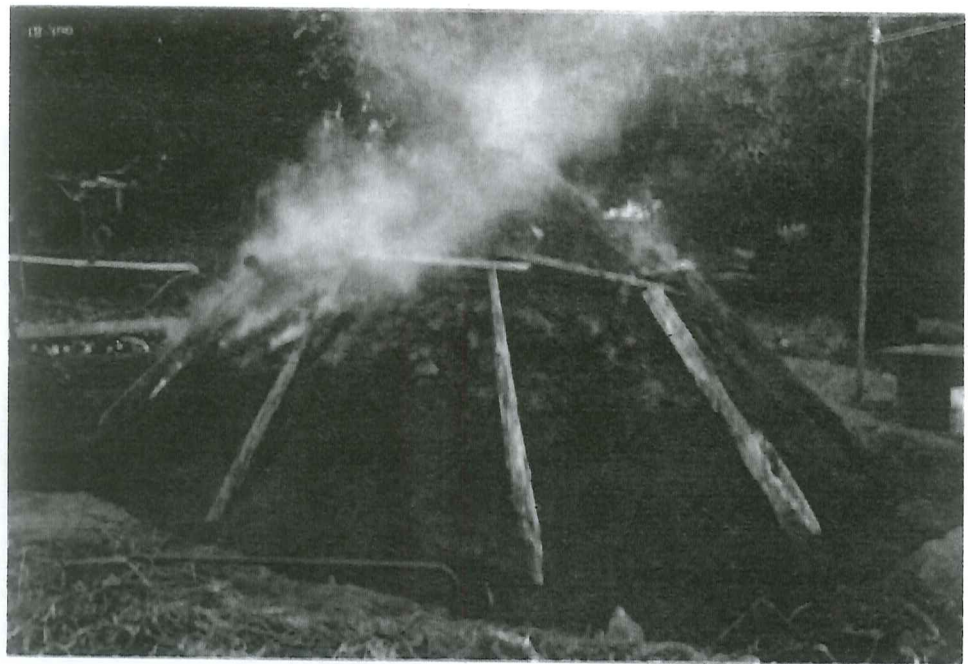


Figura 10

É importante verificar o andamento da carbonização cada duas ou três horas. Na fotografia, pode-se notar que os orifícios superiores já estão fechados, indicando que a parte

No processo de colheita, o carvão pode ter combustão instantânea ao entrar em contato direto com o ar: neste caso, joga-se o polvorão sobre o mesmo, como mostra a Figura 14. Sempre será bom ter um balde com água por perto, unicamente para casos de emergência.



Figura 14

Quando a fumaça sai azulada pela última fileira de buracos (última fileira inferior) a carbonização chegou ao fim. Isto se pode saber alternativamente, usando-se uma vareta de ferro. Todo este processo demora uns oito dias (para este tamanho de cupim — 3 a 4 toneladas de madeira). Fecham-se, então, todas as possíveis entradas de ar e espera-se o carvão esfriar, o que demora um ou dois dias.

O carvão, após ensacado (Figura 16), deve ser disposto em pequenos grupos separados, pois pode ainda conter fogo em seu interior, ocasionando incêndio.

Como medida de precaução é importante que antes de ser ensacado, permaneça frio por pelo menos três horas.



Figura 16

do
não
12.

Usa-se o polvorão ao invés da terra em volta do cupim, pois a última traz a umidade do terreno; já o polvorão é uma terra seca.

O carvão é recolhido em camadas, da periferia para o centro (Figura 13). Isto é feito para que haja melhor uniformidade de qualidade, pois o carvão mais externo é de pior qualidade. Ocorre, inclusive, o aparecimento do carvão "tiço" ou "tição" na periferia, que é a lenha mal carbonizada, podendo ser utilizada como material combustível para outra carbonização.



nte.
gua

Figura 13

4.2. FORNO DE ALVENARIA SUBTERRÂNEO

a) Construção

Inicia-se a construção, cavando-se um buraco de aproximadamente 1 (um) metro de altura; o diâmetro do forno pode variar de 2 a 4 metros, sendo que o mais usado é o de três metros. Faz-se também uma rampa de acesso ao fundo do forno, conforme mostra a Figura 17.



Figura 17

O carvão, à medida que for sendo colhido, deve ser ensacado. Este processo é mostrado na Figura 15, onde se utiliza um "garfão" para que não entre polvorão junto com o carvão.



Figura 15

Ao atingir o nível do solo, deve-se colocar uma camada de tijolos horizontalmente, e também deve-se revestir cada chaminé. A seguir, sobrepõe-se camada por camada (Figura 19), dando uma certa inclinação a cada uma, de forma a tornar o forno com a forma de um hemisfério, como se verá a seguir.

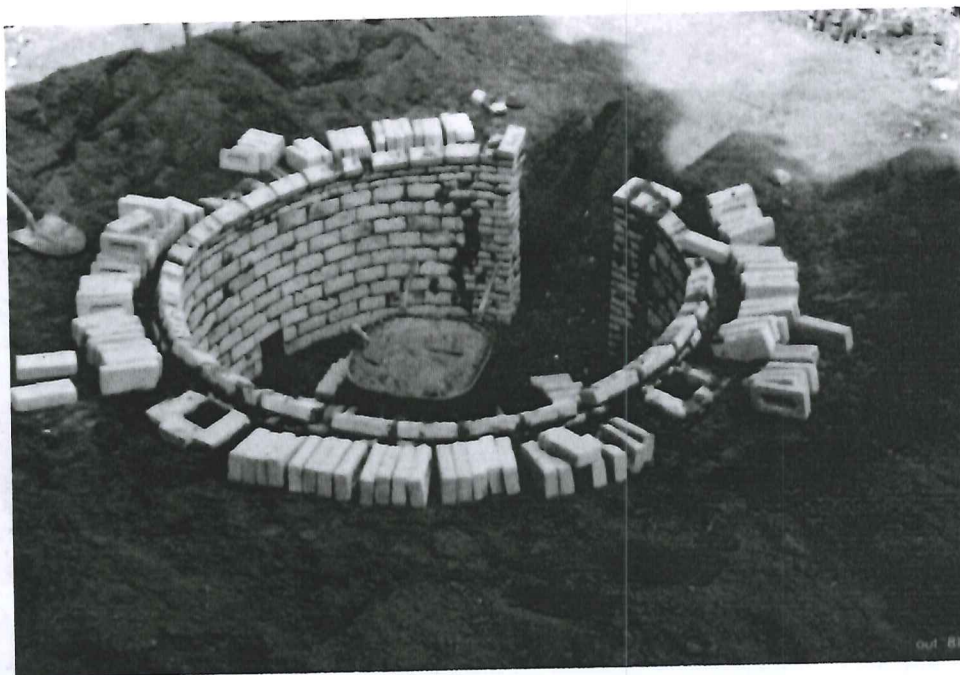


Figura 19

d) Rendimento

Uma cuidadosa avaliação de rendimento é importante para se verificar o funcionamento do forno. É conveniente a utilização do formulário padrão, e das técnicas de pesagem e determinação de umidade, descritas na seção 6.

	<i>Tipo</i>	<i>Eucaliptus "Citreodora"</i>
Madeira	Tempo de secagem	2 1/2 meses
	Peso (PM)	3650 kg
	Umidade	20%
Carvão	Colheita	48 sacos
	Peso (PC)	964 kg
	Rendimento (PC/PM x 100)	26%

Na Figura 22 já se vê a forma final do forno. Deve-se notar que existem três fileiras de buracos. Neste forno foram deixados três buracos na primeira fileira (a superior), cinco na segunda e seis na terceira (a inferior). Além disto, deixa-se um buraco de uns trinta centímetros de diâmetro na parte superior, que é por onde se fará o toque de fogo.



Figura 22

Deve-se notar que são deixados 3 "filões", dois diametralmente opostos entre si e um com a porta, estes "filões" são chamados de "chaminés" do forno, e são revestidos com latão, como mostra a Figura 18. Vemos também nesta figura o levantamento das primeiras camadas de tijolo (tijolo comum com barro do terreno). Deve-se notar que nos lugares das chaminés é deixado um vão livre com altura de dois tijolos, que é por onde entrará o ar. Para que os tijolos superiores não cedam, basta colocar uma vareta de vergalhão abaixo do primeiro tijolo de cada chaminé.



Figura 18

b) Disposição da madeira e operação

A disposição da madeira é feita, primeiramente, com uma camada vertical de aproximadamente um metro de altura; deve-se procurar preencher todos os espaços. Acima desta camada, dispõe-se a madeira horizontalmente até o teto do forno. Após a colocação da madeira, fecha-se a porta do forno com tijolos e cobre-se todos os tijolos com uma camada de barro, como mostra a Figura 24.

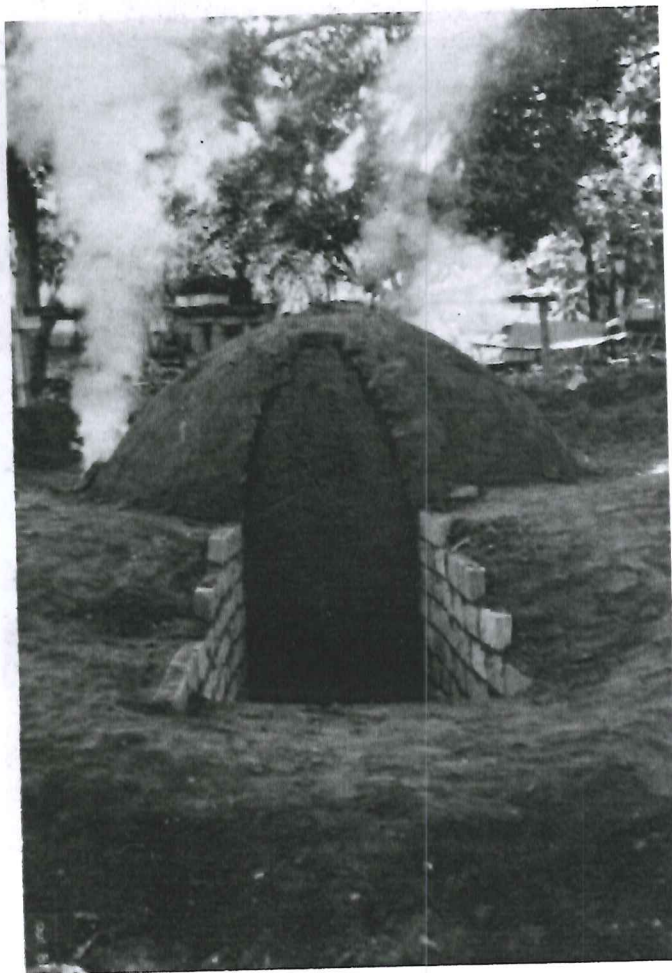


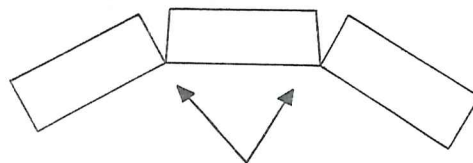
Figura 24

Na Figura 20 já se nota como o hemisfério vai se formando.



Figura 20

Pode-se pensar que os tijolos tendem a cair; isto não acontece, pois eles são "seguros" entre si pelos cantos das arestas comuns; o desenho mostrado na Figura 21 ilustra tal fato.



Pontos onde os tijolos são "seguros"

Figura 21

Quando a fumaça começa a sair azulada pelas chaminés (Figura 26), a carbonização chegou ao final. O tempo total do processo depende do tamanho do forno, da madeira e do seu estado (teor de umidade). Para um forno padrão de três metros de diâmetro varia de 1 a 3 dias, ou mais, se a umidade for muito elevada.

Após o final da carbonização, fecham-se todas as possíveis entradas de ar e espera-se o forno esfriar, o que demora aproximadamente dois dias.

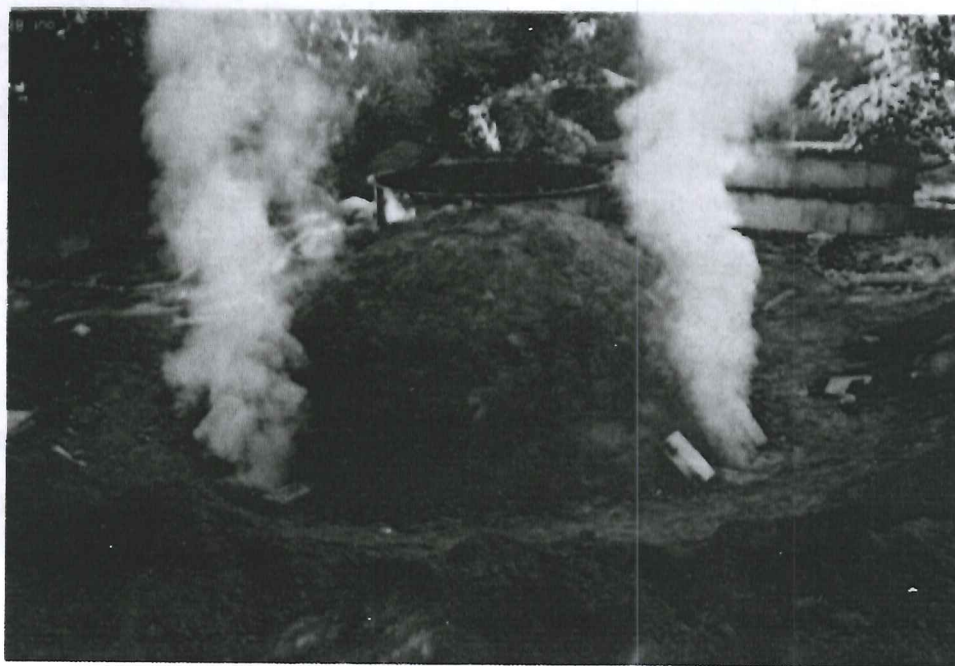


Figura 26

A porta do forno, por onde será colocada a madeira, é mostrada na Figura 23. Vê-se que seu contorno é feito com o tijolo em posição perpendicular ao das paredes do forno. Para evitar que água de chuva entre no forno, drena-se a entrada, cavando-se um buraco de uns quarenta centímetros de profundidade por vinte centímetros de largura, enchendo-o com pedra brita. Isto é visto na Figura 23 (parte sombreada mais brilhante).

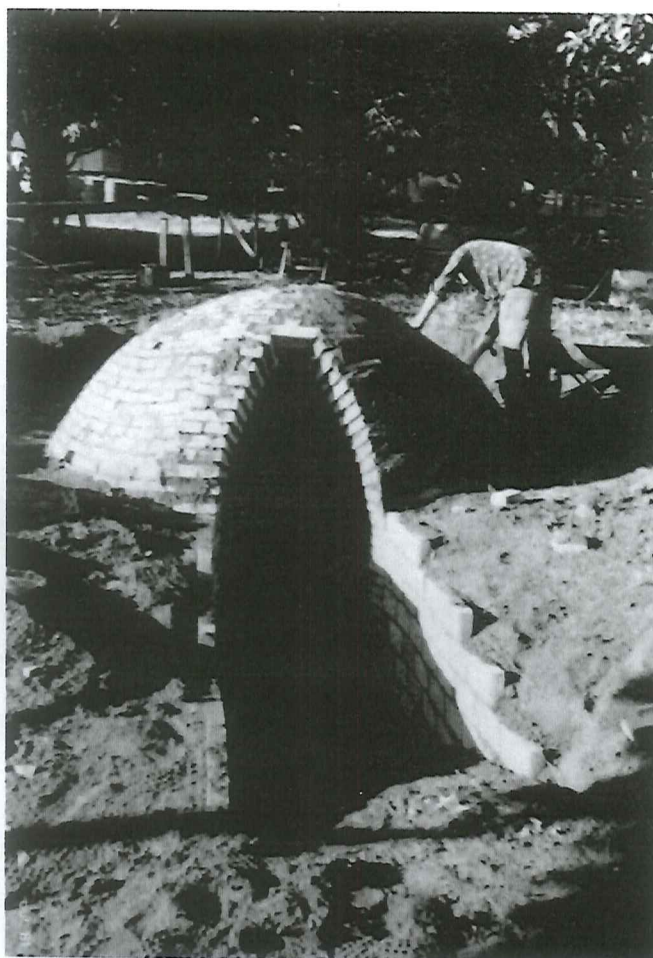


Figura 23

4.3. FORNO DE ALVENARIA "AR LIVRE"

Este forno assemelha-se muito ao anterior, como veremos a seguir.

a) Construção

Difere do subterrâneo em apenas dois aspectos. Primeiro, que é construído a partir do nível do terreno, e segundo, que não possui chaminés. Ao invés de chaminés existem mais duas fileiras de buracos na parte lateral, vide Figura 27.



Figura 27

O toque de fogo é feito, colocando-se material combustível pela abertura superior, por exemplo pedaços de madeira ou "tiço" com fogo. Depois que realmente pegou fogo, fecha-se a abertura superior. A partir daí, a fumaça vai saindo pelas fileiras de buracos. Os mesmos devem ser fechados, à medida que a fumaça vai saindo azulada, tal como no cupim. Quando a última fileira é fechada, a fumaça só sai pelas chaminés, como mostra a Figura 25.



Figura 25

c) Colheita

É exatamente igual ao do forno subterrâneo. O carvão colhido é mostrado na Figura 29.



Figura 29

d) Rendimento

Idêntico ao do subterrâneo.

c) Colheita

Após o esfriamento do forno, retiram-se os tijolos que foram colocados na porta e recolhe-se o carvão.

Não são necessários os cuidados que foram empregados na colheita do cupim, pois neste caso não existe o perigo de auto-combustão.

Depois de recolhido, o carvão deve ser imediatamente ensacado, da mesma forma como foi indicado para o carvão do cupim.

d) Rendimento

Varia de 25 a 30% dependendo bastante da umidade e do tipo de madeira utilizada.

A madeira deve ser cortada em pedaços da ordem de um metro. Sua disposição pode ser semelhante à do cupim, sendo que a forma final será cilíndrica. A Figura 31 ilustra tal fato.



Figura 31

Acima da última camada devemos deixar algum material combustível, para que o toque de fogo se propague com maior rapidez, como gravetos ou pedaços finos de madeira.

b) Disposição da madeira e operação

A disposição da madeira é a mesma do forno anterior, e sua operação é também similar. A única diferença é que, no final do processo de carbonização, a fumaça vai saindo pelos buracos inferiores, que devem ser tapados, de cima para baixo, à medida que o mesmo avança, como é visto na Figura 28.

A carbonização termina, quando se fecha a última fileira de buracos.



Figura 28

Quando o forno estiver bem aceso, fecha-se o buraco superior com uma tampa, colocando-se barro por cima. A partir daí, a fumaça começa a sair de início pelas fileiras superiores, como se vê na Figura 33.



Figura 33

4.4. FORNO METÁLICO PORTÁTIL

O forno utilizado é mostrado na Figura 30. Como vemos, ele é constituído de um conjunto de cinco cilindros superpostos. Seu diâmetro é de 2,20 m e sua altura 2,30 m.



Figura 30

a) Montagem

Seleciona-se um lugar seco, livre de troncos e próximo ao local de fornecimento da madeira. Remove-se a vegetação e nivela-se o solo para se obter uma superfície circular plana, com cerca de 3 m de diâmetro ou mais.

4.5. RETORTAS

As técnicas de fabricação descritas nas seções anteriores, são versões atualizadas de tecnologias bem antigas que possuem desvantagens inerentes, existindo apenas um mínimo de controle operacional dos fornos, e a qualidade do produto não é controlada.

Assim, é comum observar a variação da composição química do carvão dentro de faixas inaceitáveis para uma operação eficiente dos altos fornos, acrescentando ainda os problemas de autocombustão e formação de finos. A solução destes problemas pode ser o uso de tecnologias mais modernas, do tipo descrito a seguir.

Apesar dos investimentos necessários serem relativamente maiores, não estão fora de alcance de organizações como cooperativas de carvoeiros ou empresas de porte médio.

Para um melhor entendimento do funcionamento das novas tecnologias ou retortas, deve-se notar que no processo de formação do carvão vegetal, ou *carbonização* nos fornos tradicionais já descritos, perdem-se os efluentes condensáveis. Entretanto, na *destilação* da madeira, os condensáveis como alcatrão, ácido acético, metanol e outros que constituem a solução pirolenhosa, são recuperados como insumos químicos ou aproveitados no processo pelo seu conteúdo energético.

A seguir, descreve-se uma retorta com uma capacidade de produção anual equivalente a uns quinze fornos de alvenaria. Note-se que, além da produção do carvão, são recuperados parte dos efluentes condensáveis ou solução pirolenhosa, de grande valor comercial.

Após a colocação da madeira, sobrepomos ao cilindro a tampa metálica, que deve estar isolada do mesmo através de uma camada de barro, pois caso contrário haveria sempre uma entrada nociva de ar.

b) Operação

O toque de fogo é feito através do buraco da tampa superior, colocando-se material incandescente. A Figura 32 mostra o instante em que isto acontece. A operação deste forno é bastante similar aos descritos anteriormente neste manual.



Figura 32

Os fornos deste tipo são geralmente compostos de quatro troncos, de modo a serem facilmente montados, desmontados e transportados.

Os blocos de madeira devem ser cortados até uns 40 cm de comprimento, e o diâmetro não deverá ser maior que vinte centímetros. Após o corte, são introduzidos na parte superior da retorta. O processo acontece em passos sucessivos começando pela secagem parcial na extremidade superior. No meio, ocorre a carbonização e na extremidade inferior o carvão é resfriado e carregado em peneiras e correia transportadora.

Em funcionamento, a retorta deve ser rodeada de instalações periféricas como é mostrado na Figura 35, de modo a otimizar-se o rendimento. Após esgotada a área de aproveitamento econômico, todo o equipamento é mudado para outro lugar da floresta.

Se a fumaça estiver saindo branca e espessa por todos os buracos numa fileira, isto indica que o processo está indo bem. À medida que a carbonização avança, a fumaça vai saindo azulada e as fileiras vão sendo fechadas de cima para baixo. Para isto utiliza-se barro, cuja fixação é auxiliada pelas bordas planas que existem em cada cilindro.

No controle do processo de carbonização, pode-se fechar uns buracos e deixar outros abertos, numa mesma fileira. Tudo depende da maneira como o processo avança.

No final, quando a fumaça sair azulada pela última fileira de buracos, todas as possíveis entradas de ar devem ser tapadas. Espera-se o forno esfriar, o que demora um dia aproximadamente.

c) Colheita

Após o esfriamento do forno, remove-se a tampa superior, recolhe-se o carvão e, em seguida, o ensaca. Isto é feito de cima para baixo, retirando-se gradativamente cada cilindro.

d) Rendimento

Varia entre 20 e 25%.

Rendimentos

Os rendimentos do processo são produtos voláteis condensáveis, alcatrões e carvão. As quantidades relativas dependem da espécie de madeira a ser carbonizada, seu teor de umidade, e da temperatura máxima atingida. A tabela seguinte fornece uma relação dos produtos obtidos a partir da destilação de madeiras brasileiras, em condições de laboratório.

<i>Substância</i>	<i>Rendimento (% madeira seca)</i>
Solução pirolenhosa	49
Gás	18
Carvão vegetal	33
	<hr/>
	100

Sendo que a composição aproximada da solução pirolenhosa é a seguinte:

<i>Componente</i>	<i>%</i>
Ácido acético	6.0
Acetona + ácido fórmico	1.4
Metanol	2.5
Prod. orgânicos diversos	13.0
Água da pirólise	27.1
	<hr/>
	49.0

Na Figura 34 é mostrada uma perspectiva de uma retorta vertical de aproximadamente dez metros de altura com capacidade de produção de até quatro toneladas de carvão/dia.

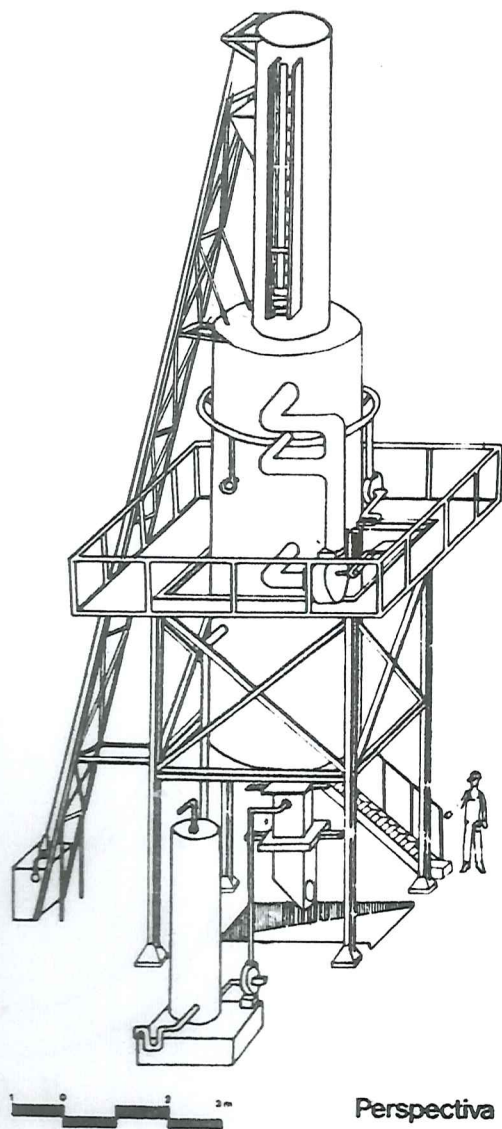


Figura 34

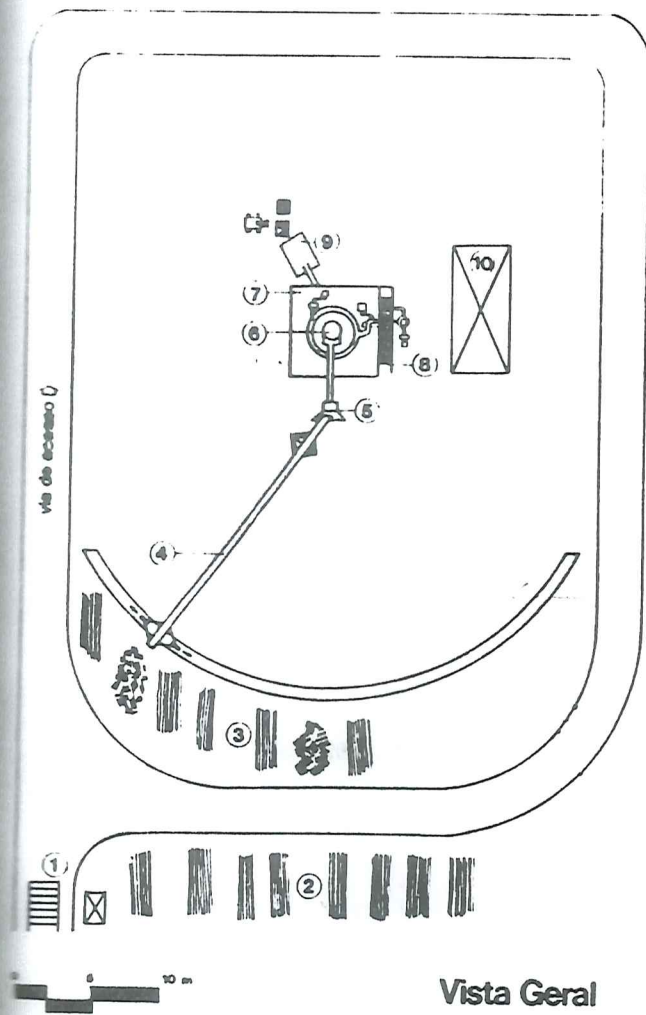
RETORTA VERTICAL — Capacidade de 1500 t. de carvão/ano

O rendimento em carvão vegetal de uma planta de carbonização industrial, em relação à madeira consumida, varia consideravelmente, devido a três fatores fundamentais:

1. O grau de umidade da madeira não é bem definido
2. As dimensões da lenha em um estere apresentam incertezas
3. O momento da pesagem do carvão não é bem definido. Após o resfriamento há absorção de oxigênio e da umidade do ar, o que introduz modificações consideráveis na densidade.

O valor considerado regular para o rendimento em carvão de retorta, produzido a partir da madeira seca ao ar com 25% de umidade, é de cerca de 28% em peso para o carvão anidro.

Instalação para uma retorta vertical
 Capacidade de 1500 t. de carvão/ano



1. Pesagem
2. Estoque de madeira a cortar
3. Estoque de madeira cortada
4. Correia transportadora orientável
5. "Skip"
6. Retorta Vertical
7. Plataforma
8. Escada de acesso
9. Correia transportadora para carvão vegetal
10. Instalações de serviço, vestiário, grupo gerador.

Figura 35

- A madeira deverá ser cortada imediatamente após a árvore cair, uma vez que o corte será bem mais fácil e a umidade irá evaporar bem mais rapidamente nos pequenos pedaços.

- O tempo de secagem não deverá ser superior a três meses, porque a taxa de evaporação já terá diminuído muito e, portanto, a umidade ficará constante. Tempos maiores de secagem somente favorecerão a ação dos fungos e/ou insetos, que poderão prejudicar o rendimento.

- A estocagem do carvão é um ponto importante a ser considerado. Geralmente, o carvão é vendido por volume e não por peso, o que não é conveniente. Pouco a pouco este costume irá mudar. Sempre que for possível, os sacos de carvão deverão ser pesados com uma balança e o peso correspondente escrito em um papel e colado no saco.

- O saco de tela, que é normalmente usado, dista de ser uma solução aceitável, porque é permeável à água e também deixa escapar o pó, fazendo a tarefa de manuseio muito suja. Os sacos de papel reforçado ou plástico seriam uma solução mais aceitável, desde que são limpos, fáceis de fechar com grampos e possuam uma superfície mais apropriada para escrever-se nela

Aqui, é importante salientar que parte da solução pirolenhosa deposita durante a decantação, recebendo o nome de alcatrão.

O gás possui a composição típica de um gás pobre, de poder calorífico relativamente baixo, que pode ser queimado com facilidade para obtenção de energia térmica, ou reciclado no processo de carbonização.

<i>Componente</i>	<i>% volume</i>
CO ₂	30
O ₂	6
CO	22
N ₂	31
H ₂	1
CH ₄	8
C ₂ H ₆	1
Outros hidrocarbonetos	1
	<hr/>
	100

Todos os sub-produtos podem ser recuperados como insumos químicos, com as instalações adequadas. Se, por acaso, isso não for conveniente do ponto de vista econômico, eles podem destinar-se à queima em caldeiras, para fins de geração de energia elétrica. Este fato traz certa flexibilidade ao sistema: na ausência de mercado, os efluentes combustíveis são utilizados para fins energéticos.

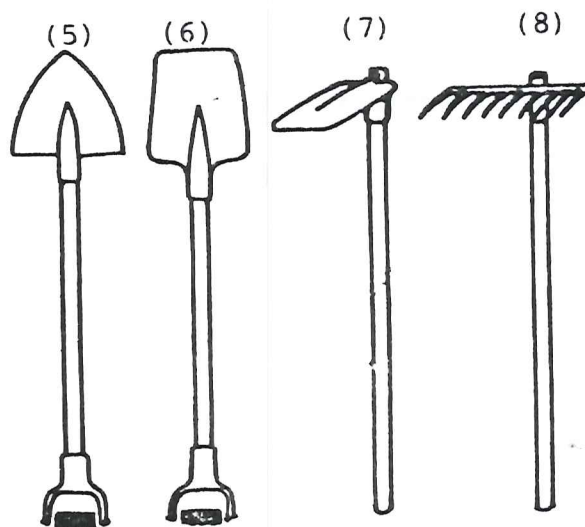
Para a área de assentamento do forno, barro de cobertura, etc., são necessários os seguintes equipamentos:

(5) pá de ponta

(6) pá

(7) enxada

(8) rastelo

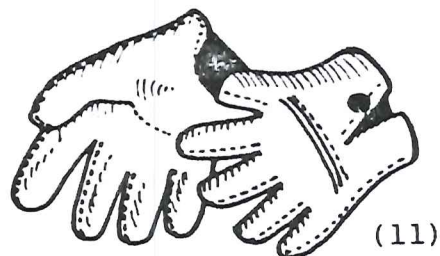
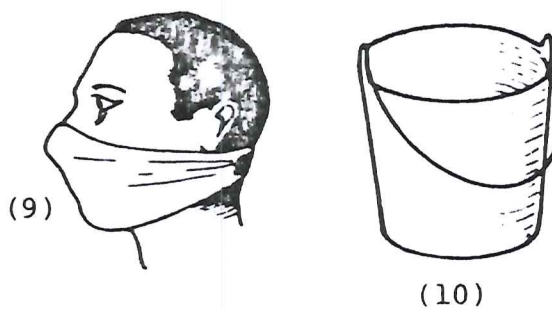


As ferramentas mencionadas a seguir são muito úteis para acompanhar o funcionamento do forno:

(9) Lenço para proteger-se contra a poeira

(10) Balde para água de emergência

(11) Luvas de amianto para mexer com as partes quentes



CAPÍTULO 5

RECOMENDAÇÕES IMPORTANTES PARA OS CARVOEIROS

- Praticamente qualquer madeira pode transformar-se em carvão vegetal, porém as características do produto final dependem muito do tipo da madeira utilizada. Por exemplo, é sabido que madeiras pouco densas, como o pinho, após a secagem irão produzir carvões relativamente moles, com pouca ou nenhuma resistência mecânica. Estes carvões são úteis para usos domésticos. Outras madeiras, como aquelas provenientes dos eucaliptos ou do cerrado, são mais densas e irão produzir carvões mais compactos, mais apropriados para usos metalúrgicos.
- A preparação da madeira é de fundamental importância para a obtenção de um carvão de boa qualidade. Os pedaços deverão ter entre 1 a 1,5 m de comprimento para o cupim, e de 0,5 a 1 m no caso do forno metálico portátil. Seu diâmetro nunca deverá exceder 20 cm, sendo necessário partir os pedaços maiores até o tamanho mencionado.
- A madeira apodrecida deverá ser rejeitada.
- É importante reduzir ao mínimo a umidade da madeira. Após o corte até o tamanho desejado, os pedaços devem ser *espalhados*, deixando-os secar durante pelo menos seis semanas, para conseguir rendimentos aceitáveis na fabricação.

5.2. PROCEDIMENTOS PARA CONTROLE

O controle de qualidade da produção é muito desejável para assegurar um bom relacionamento com os clientes e, portanto, a manutenção da lucratividade do negócio a curto e a longo prazo.

A seguir, são indicados vários formulários que, se preenchidos com regularidade, ajudarão no cumprimento deste propósito.

Formulário 1 — (Controle da fornada)

Fornada n.º		
Madeira	Tipo	
	Tempo de Secagem	
	Peso (PM)	
	Umidade	
Carvão	Colheita	
	Peso (PC)	
	Rendimento (PC/PM x 100)	

5.1. FERRAMENTARIA

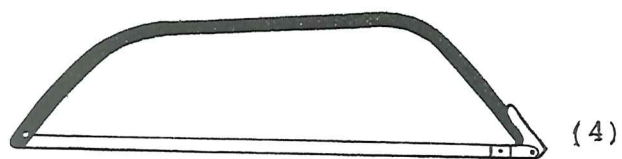
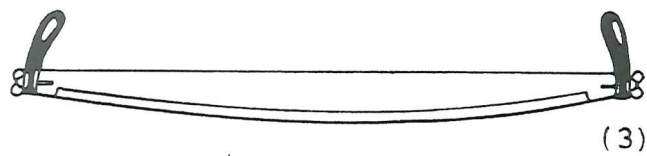
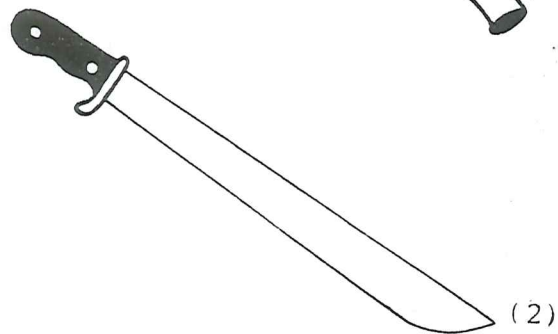
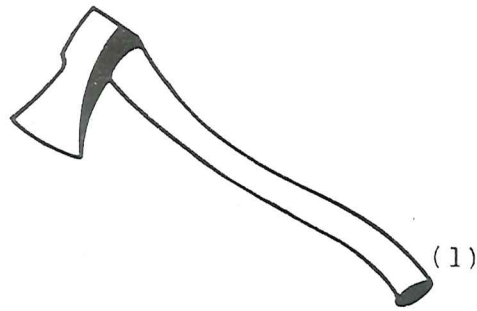
Para desmatamento, corte e preparação da madeira, as seguintes ferramentas são utilizadas:

(1) Machado

(2) Facão

(3) Serra

(4) Serra



O formulário 2b pode ser usado para verificar os resultados de cada time e também o desempenho dos fornos. A produção total deverá ser igual à quantidade recebida no depósito cada mês (formulário 2c).

Grupo n.º

Carvão

Mês: junho

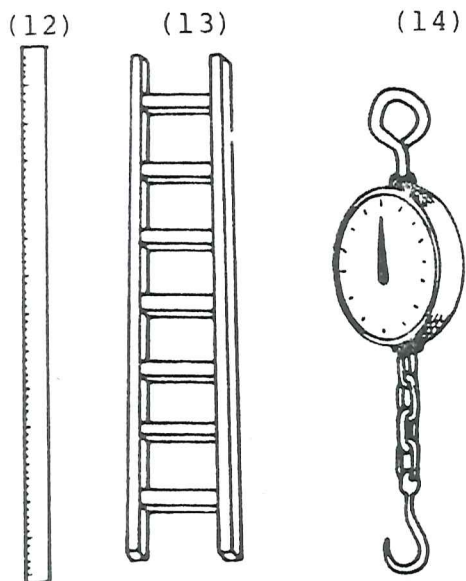
Produção mensal

Ano: 1981

<i>Tipo Forno</i>	<i>N.º estereos</i>	<i>Data ignição</i>	<i>Fechado</i>	<i>N.º Sacos</i>	<i>Verificado por</i>
Grande	6	3/6	6/6	18	
Pequeno	3	4/6	7/6	10	
⋮	⋮			⋮	⋮
Total	108	—	—	298	

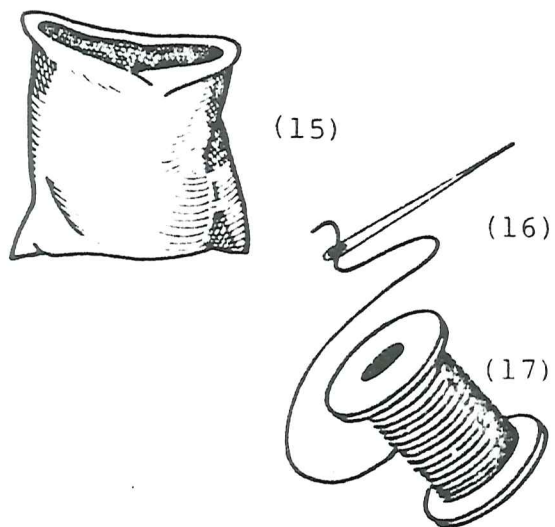
Para avaliação da colheita e medição do rendimento, aconselham-se os seguintes utensílios:

- (12) Régua graduada
- (13) Escada
- (14) Balança para pesagem dos sacos de carvão



Finalmente, para a estocagem serão necessários:

- (15) Sacos para estocagem do carvão
- (16) e (17) Agulha e fio para a costura dos sacos.



5.3. ANÁLISE DE MADEIRAS E CARVÕES

Na seção 3 foram explicitadas uma série de propriedades características dos carvões e sua importância do ponto de vista da sua utilização. Na determinação de algumas delas, é necessário dispor-se de equipamentos de custo elevado, mas nem sempre isso é verdade. A seguir iremos descrever a metodologia e o equipamento necessário para realizar várias análises fundamentais. O custo da montagem de um pequeno laboratório para providenciar as análises aqui descritas, está dentro das possibilidades de uma organização relativamente pequena, como cooperativas de carvoeiros ou a média empresa.

Pessoal necessário

Técnico químico

Material

- Balança de precisão até 1 mg
- Dessecador com sílica gel ou cloreto de cálcio
- Forno até 1000° C — tipo caixa, com capacidade *não* superior a um litro
- Estufa até 150° C
- Cadinhos de porcelana com tampa e diâmetros entre 37 e 41 mm
- Placa de Petri com tampa (vidro)

Formulário 2

Os formulários 2a, 2b e 2c ajudarão o capataz a controlar a eficiência e a localizar aqueles lugares onde poderão ser introduzidas melhoras.

O formulário 2a é utilizado para controlar a quantidade de madeira que está sendo preparada. É útil para verificar a produção dos lenhadores, e também para controlar o tempo de secagem.

Grupo n.º 2

Preparação madeira

Mês: junho

Produção mensal

Ano: 1981

<i>Data</i>	<i>Nome Lenhador</i>	<i>N.º do estereo</i>	<i>Verificado por</i>
3
30			
Total			

b) Determinação de voláteis

As madeiras e carvões vegetais, possuem materiais voláteis, que são expelidos durante o processo de carbonização. A parte restante, na ausência de materiais inertes, é chamada de "carbono fixo". É, portanto, importante determinar estas quantidades na madeira, para verificar seu potencial como fonte originária de matéria prima. Nos carvões, devido ao fato das temperaturas de carbonização não serem uniformes no forno, o conteúdo de carbono pode mudar de amostra para amostra, dependendo da qualidade da fornada e outros parâmetros.

É, então, importante a análise de voláteis para determinar a quantidade de carbono fixo, ou seja:

$$\% \text{ carbono fixo} \cong 100 - \% \text{ voláteis}$$

A relação acima é uma boa aproximação para as madeiras, que quase não apresentam resíduos na combustão.

Para a determinação dos voláteis, procede-se da seguinte maneira:

Ligar o forno e estabilizar a temperatura de 950° C. Pré-aquecer os cadinhos usados na determinação de umidade, mas agora com tampas e contendo amostras, da seguinte maneira: com a porta do forno aberta, por dois minutos na parte superior do forno (300° C), e por três minutos na beira da abertura do mesmo (500° C), (é conveniente usar pequenos recipientes de fio de níquel-cromo para segurar os cadinhos). Feito isso, colocar as amostras

O formulário 2c será útil para controlar a entrada e a saída de cervão do depósito.
 Ele é a chave para manter um bom controle das vendas.

Carvão

Mês: junho

Estoque no depósito

Ano: 1981

<i>Data</i>	<i>N.º sacos recebidos</i>	<i>Recebidos de</i>	<i>N.º de sacos vendidos</i>	<i>N.º de sacos restantes no depósito</i>	<i>Verificado por</i>
	Transporte da página anterior			312	
1/6	16	time 3	25	303	
	⋮		⋮	⋮	
30	25	2	2	183	
Total	598	1-2-3	727	183	

a) Determinação de umidade

Ligar o forno até a temperatura de 750° C, e colocar dois cadinhos no mesmo por 10 minutos. Deixar esfriar no dessecador por uma hora. Pesar e adicionar uma grama de amostra, com precisão de pesagem de 1 mg, em cada um dos cadinhos. Colocá-los na estufa por duas horas a uma temperatura de 105° C. Esfriar no dessecador por uma hora e pesar.

Repetir este procedimento, até que a diferença entre a pesagem anterior e a pesagem final não exceda 1 mg. Neste caso, a amostra será considerada seca. (Notar que os tempos de secagem não deverão ser maiores de uma hora). A porcentagem de umidade será dada por:

$$\% \text{ H}_2\text{O} = \frac{(\text{massa úmida} - \text{massa seca})}{\text{massa amostra}}$$

A umidade da madeira, imediatamente após o corte está na faixa de 50%. Depois da secagem esse valor pode cair até 20-30%. O carvão, entretanto, deverá apresentar teores de umidade não maiores de 10%.

NOTAS SOBRE OS AUTORES

Nome: CARLOS ALBERTO LUENGO

Doutor em física, dedica-se à pesquisa e desenvolvimento tecnológico desde a sua especialização no Instituto para a Ciência Física Pura e Aplicada da Universidade da Califórnia — San Diego. No presente ele é professor MS-5 pertencente ao quadro do Instituto “Gleb Wataghin” da UNICAMP. Desde 1977 coordena o projeto de Pesquisa em Caracterização e Utilização de Carvão que se desenvolve na instituição mencionada, patrocinada pela FINEP e CNPq.

Nome: FRANCISCO EMMERICH

Estudante de Pós-Graduação em Física do Instituto de “Gleb Wataghin”.

