



**PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO**

**PROJETO BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável**

**PRODUTO 02**

**JOF – 1069/2019**

**Convocação 001/2018**

**LICITANTE: Instituto de Ciências Agrárias – ICA/UFMG**

**Montes Claros, 11/2019**

## Sumário

<b>1. RESUMO EXPLICATIVO DO PRODUTO</b> .....	4
<b>2. MEMORIAL DESCRITIVO PARA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA</b> ..	4
2.1 OBJETIVO DO MEMORIAL.....	4
2.2 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA.....	4
2.2.1 <i>Descrição geral do sistema fornos-fornalha</i> .....	4
2.2.2 <i>Materiais Necessários para construção dos fornos e dutos</i> .....	5
2.2.3 <i>Construção dos fornos</i> .....	6
2.2.4 <i>Construção da Fornalha</i> .....	7
2.2.5 <i>Consideração final</i> .....	9
<b>3. PLANTAS BAIXAS DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA</b> .....	9
<b>4. DESENHO DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA</b> .....	9
<b>5. ADAPTAÇÃO DO LOCAL PARA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA</b> ....	11

## **1. RESUMO EXPLICATIVO DO PRODUTO**

O produto de número 02 traz o memorial descritivo para a instalação do sistema fornos-fornalha, especificando os materiais necessários e os critérios para a sua construção. Juntamente são apresentadas as plantas baixas e o desenho executivo do sistema que será instalado no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG em Montes Claros, MG. Todos estes documentos foram previamente fornecidos pelo Projeto BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável e servirão de apoio para a empresa que futuramente será contratada para a construção. Também é aqui demonstrado que os primeiros passos para instalação dos fornos e da fornalha já foram concluídos com êxito, e são referentes a escolha do local, demarcação, limpeza e levantamento topográfico. As próximas atividades de nivelamento, compactação e demais melhorias na área serão descritas no produto 03.

## **2. MEMORIAL DESCRITIVO PARA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA**

### **2.1 OBJETIVO DO MEMORIAL**

O presente memorial tem por objetivo descrever os materiais necessários para construção de um sistema fornos-fornalha, assim como estabelecer critérios de construção do mesmo.

### **2.2 CONSTRUÇÃO DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA**

#### *2.2.1 Descrição geral do sistema fornos-fornalha*

O sistema fornos-fornalha a ser construído consiste em quatro fornos circulares de superfície com diâmetro de 3 m, interligados a uma fornalha central para queima dos gases da carbonização, sendo todo o sistema construído com tijolos maciços (barro queimado). Optou-se por esse tipo de forno, devido seu baixo custo, facilidade de construção e operação, além de ser bastante difundido entre os produtores de carvão vegetal.

Esse conjunto de quatro fornos acoplados a fornalha pode ser replicado de acordo com a demanda de produção, seguindo-se um layout adequado, ou seja, deve-se respeitar uma distância mínima entre os conjuntos, de modo que seja possível o acesso do operador de fornos às fornalhas.

### 2.2.2 Materiais Necessários para construção dos fornos e dutos

Na Tabela 1 é apresentada a relação dos materiais necessários para a construção dos fornos.

**Tabela 1.** Materiais necessários para construção do fornos e dutos.

<b>MATERIAIS</b>	<b>QUANTIDADE E DIMENSÕES</b>	<b>FINALIDADE</b>
Tijolo maciço de barro queimado (5 x 10 x 20 cm)	12.000 tijolos	Construção dos fornos e dutos
Gabarito da parede do forno	1 barra de ferro 3/8 de 2 m de comprimento	Construção da base do forno
Gabarito para porta forno	2 tabuas de 1,5 m de comprimento e 20 cm de largura; 1 Tabua de 70 cm de comprimento e 20 cm de largura; 1 tabua de 90 cm de comprimento e 20 cm de largura	Marcação da porta do forno
Gabarito forno copa	1 tabua de 2,3 m de comprimento, 5 cm de largura e 2 cm de espessura	Construção da copa do forno
Cinta metálica	4 chapas de 1" de largura; 3 mm de espessura e 10 m de comprimento	Evitar a expansão dos fornos
Barra de ferro rosqueada (3/8" de diâmetro)	4 barras de ferro rosqueada 3/8 de 40 cm de comprimento e 8 porcas	Travamento da cinta dos fornos
Cantoneira ou barra de ferro tipo U	4 cantoneiras de 1 m de comprimento 12 cm de largura e 5 cm de altura	Suporte da cúpula do forno sobre o vão da porta
Chapa metálica	4 chapas de 40 cm de comprimento por 20 cm de largura	Suporte da saída de gases do forno para o duto
Chapa metálica	4 chapas 35 cm largura por 50 cm de comprimento	Fechamento do forno
Chapa metálica	4 chapas 65 cm largura por 50 cm de comprimento; e 1 chapa 29 cm largura por 37 cm de comprimento	Controle da vazão de saída de gases dos fornos

Cantoneira	4 de 30 cm de largura por 50 cm de comprimento	Fechamento do forno
Solo argiloso e água	20 m <sup>3</sup> de solo argiloso	Confecção da argamassa para assentamento dos tijolos e barrelamento
Cilindros metálicos	32 (16 com tampa) de 25 cm de comprimento, 5 cm de diâmetro interno e 1 mm de espessura	Comunicação entre a parte interna do forno para medição de temperatura
Cilindros metálicos	4 (1 por duto) de 25 cm de comprimento, 5 cm de diâmetro interno e	Medição de temperatura da saída dos gases da carbonização

### 2.2.3 Construção dos fornos

Para a marcação da base, levantamento das paredes e da cúpula dos fornos utiliza-se um gabarito (cintel) de madeira ou outro material. Para a confecção do cintel serão necessárias duas hastes, uma será a haste central (altura de 2 m) e outro demarcará o raio do forno, haste lateral (comprimento: 1,5 m).

Após a confecção do cintel, inicia-se a marcação e a construção dos fornos de acordo com a sequência abaixo:

**a)** Acompanhando a marcação de tijolos feita sob o solo, realiza-se a construção da base das paredes do forno com o assentamento de uma fileira de tijolos com argamassa.

**b)** Sobre a base deve ser construída a parede em camadas simples de tijolo de barro (10 cm), porém próximo à porta, a parede é construída em camada dupla (20 cm).

**c)** Na parte inferior do forno são deixadas seis aberturas (“tatus”), sendo três de cada lado do forno de 12 por 12 cm, para entrada de ar e controle da carbonização.

**d)** A porta do forno consiste em uma abertura de formato trapezoidal: com base maior de 90 cm, base menor de 80 cm e altura de 150 cm. Pode ser feito também um gabarito de madeira nestas dimensões para facilitar a construção.

**e)** Na direção oposta da porta, uma abertura de 30 x 30 cm é deixada para a saída dos gases gerados durante a carbonização.

**f)** Finalizada a construção das paredes do forno, cobre-se a abertura da porta com uma

cantoneira metálica em forma de “U” para auxiliar no suporte da cúpula.

**g)** Inicia-se a construção da cúpula do forno, sendo os tijolos da parede e da cúpula colocados com as juntas desencontradas. Após a deposição das primeiras camadas de tijolos da cúpula, instala-se, externamente ao forno, a cinta metálica unida por roscas e porcas. A cinta é instalada para dar reforço ao forno.

**h)** Externamente ao forno, na saída de gases para o duto será instalada uma cantoneira de 30 x 50 cm para encaixe de uma guilhotina feita de chapa de ferro com 35 x 50 cm e 3 mm de espessura para vedação do forno durante o resfriamento. Será feito também uma chapa de 65 x 50 cm e 3 mm de espessura e conectado ao seu centro com auxílio de uma barra de ferro 3/8 uma outra chapa de 30 x 37 disposta na vertical, cuja função é o controle da vazão de saída dos gases através da sua movimentação durante a carbonização.

**i)** Após o término da construção do forno, deve ser feito o “barrelamento”, ou seja, aplicar uma mistura de água e solo argiloso sobre o forno, numa textura bem fina para que a mesma permaneça aderida ao forno depois de seca.

#### *2.2.4 Construção da Fornalha*

A fornalha será desenvolvida com objetivo de atender os pequenos produtores de carvão vegetal, logo, será projetada de modo que permita fácil construção, utilizando materiais de fácil acesso e baratos, podendo ser acoplada em fornos “rabo-quente”, fornos de superfície e de “encosta”, desde que tenham um único ponto de tiragem dos gases. Além disso, a mesma é de fácil operação e manutenção e possui baixo consumo de material combustível.

A fornalha será construída em alvenaria, sendo composta de um sistema de alimentação dos gases (interligado aos fornos por meio de dutos), câmara de combustão, sistema de admissão de ar primário e chaminé. Na Tabela 2 é apresentada a relação dos materiais necessários para a construção da fornalha.

**Tabela 2.** Materiais necessários para construção da Fornalha.

<b>MATERIAIS</b>	<b>QUANTIDADE E DIMENSÕES</b>	<b>FINALIDADE</b>
Tijolo maciço de barro queimado (5 x 10 x 20 cm)	1350 tijolos	Construção da base da fornalha; câmara de combustão e chaminé
Gabarito de madeira	Dimensão de 32,5 cm de raio e uma haste de ferro de 1 m de comprimento para suporte do gabarito	Construção da base da fornalha
Solo argiloso e água	4 m <sup>3</sup>	Confeção da argamassa para assentamento dos tijolos
Cinta metálica	3 chapas de 1" de largura; 3 mm de espessura e 3,30 m de comprimento	Evitar a expansão da fornalha
Barra de ferro rosqueada (3/8" de diâmetro)	3 barras de ferro rosqueada 3/8 de 60 cm de comprimento e 12 porcas	Travamento das cintas da fornalha
Porta metálica para a fornalha	chapa de 40 cm de comprimento e 30 de largura	Abastecimento do combustível auxiliar
Cantoneira	1 de 30 cm de largura por 40 cm de comprimento	Fechamento da porta da fornalha
Manta cerâmica	densidade de 160 kg/m <sup>3</sup> , comprimento de 3,81 m, espessura de 5 cm e 0,61 m de largura (total de 4 caixas)	Isolamento térmico da fornalha

Após a confecção do gabarito, inicia-se a marcação e a construção dos fornos da fornalha de acordo com a sequência abaixo:

**a)** A construção da fornalha de formato circular, com diâmetro interno de 75 cm (dimensão do cintel é de 37,5 cm de raio), inicia-se com a marcação da base e a partir desta, realiza-se a construção das paredes com camadas duplas de tijolos (20 cm) até a altura total (1m).

**b)** A câmara de combustão apresenta duas aberturas, sendo uma ao nível do solo para admissão de ar e cinzeiro e a outra para alimentação de combustível auxiliar (resíduos), sendo esta última localizado a 5 cm do solo. As dimensões tanto da entrada de ar auxiliar

quanto da alimentação da câmara de combustão por resíduos são respectivamente, 15 por 15 cm e 40 por 30 cm.

c) O estrangulamento da câmara de combustão exerce uma importante função no processo de queima dos gases, pois ela faz com que os mesmos sejam mantidos na câmara de combustão pelo tempo necessário para sua combustão, tornando a fornalha mais eficiente.

d) A chaminé foi construída em formato circular sobre a câmara de combustão e no mesmo sentido ao fluxo dos gases. O diâmetro interno da chaminé com a manta de fibra cerâmica é de 55 cm e sua altura total é de 4 m. Como há uma grande variação das dimensões dos fornos, aconselha-se realizar testes com a altura da chaminé, que por sua vez é diretamente proporcional ao potencial de tiragem dos gases.

#### *2.2.5 Consideração final*

Estas especificações básicas atende perfeitamente aos objetivos do Projeto Siderurgia Sustentável, que visa suprir a necessidade de pequenos e médios produtores de carvão vegetal, para adequarem-se as novas tecnologias e possivelmente a leis futuras, que exigirão a redução da emissão dos gases de efeito estufa.

### **3. PLANTAS BAIXAS DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA**

As plantas baixas servirão de apoio para a equipe que será contratada para a construção dos fornos (Anexo I). Este material foi disponibilizado pelo Projeto BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável.

### **4. DESENHO DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA**

As figuras a seguir referem-se ao projeto executivo de construção do sistema fornos-fornalha. Todas as figuras foram cedidas pelo Projeto BRA/14/G31 – Siderurgia Sustentável.

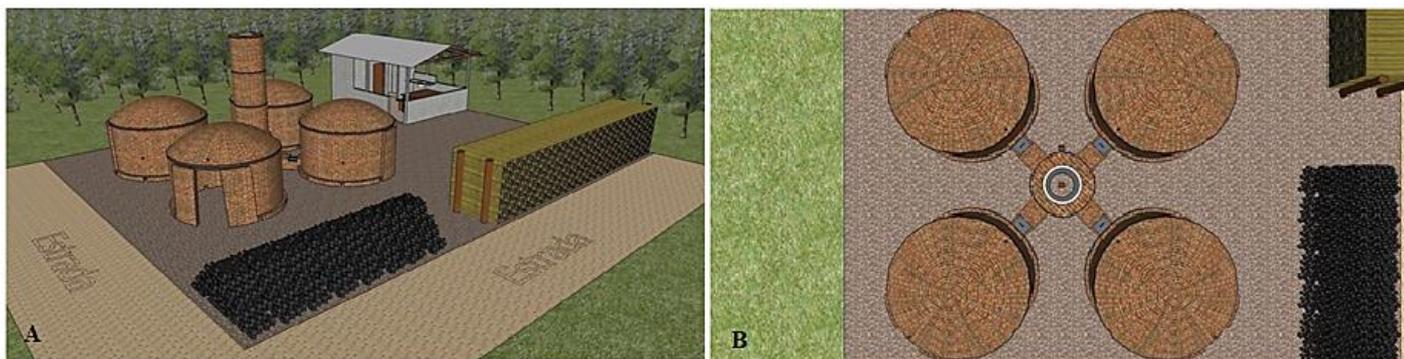


Figura 1: Vista geral do sistema fornos-fornalha com quatro fornos circulares, uma fornalha, galpão de apoio, local para estoque de madeira e de carvão (A). Vista superior dos fornos com a fornalha interligada (B).

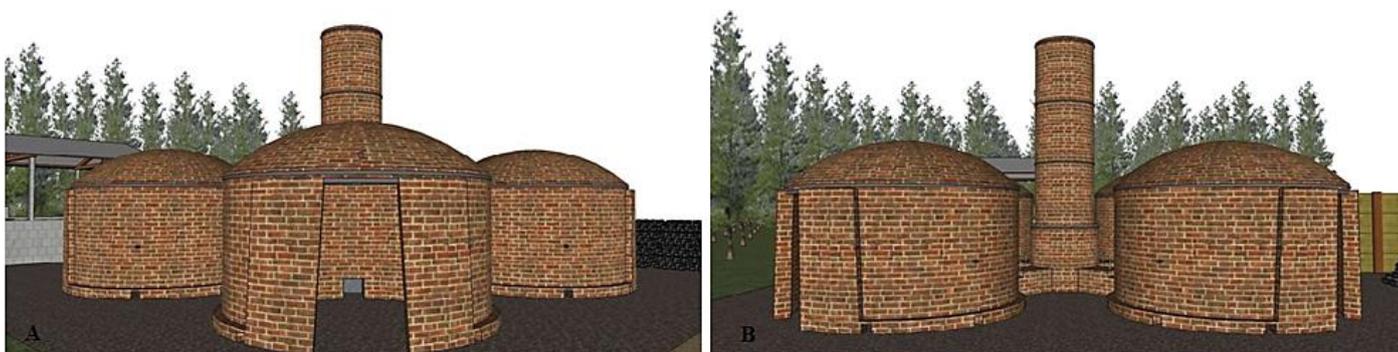


Figura 2: Vista frontal do forno circular com detalhe da porta de entrada para carregamento de madeira (A) e fornos circulares com a cúpula e a fornalha ao centro (B).



Figura 3: Forno circular com detalhe do “tatu” na porção inferior para controle do processo de carbonização, assim como do local para colocação do pirômetro medidor da temperatura no interior dos fornos (A). Ductos que ligam os fornos a fornalha para queima dos gases (B).

## 5. ADAPTAÇÃO DO LOCAL PARA CONSTRUÇÃO DO SISTEMA FORNOS-FORNALHA

O sistema fornos-fornalha será instalado nas dependências da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, no Instituto de Ciências Agrárias – ICA - Montes Claros, MG (Figura 4), próximo aos Laboratórios do Curso de Engenharia Florestal, especificamente, na produção de energia ( $16^{\circ} 41' S$  e  $43^{\circ} 50' W$ ).



Figura 4: Área destacada em amarelo para instalação do sistema fornos-fornalha.  
Fonte: Google Earth, 2019.

A área específica para a instalação dos quatro fornos e da fornalha, conforme planta baixa é de cerca de  $15 \text{ m}^2$ , porém um espaço maior foi separado considerando o local para armazenagem da madeira e do carvão vegetal produzido (Figura 5). Esta área já passou por uma limpeza geral visando a retirada de plantas daninhas e qualquer sujeira que dificultará a alocação dos fornos (Figura 6). A roçada e preparo da área foi feito com trator e roçadeira acoplada e pá niveladora, preservando as espécies arbóreas locais e que não atrapalhariam a instalação.



Figura 5: Marcação da área destinada para instalação dos fornos pela equipe técnica com o auxílio do Engenheiro Civil do ICA/UFMG (A). Detalhe da área antes da limpeza, com presença de plantas daninhas, árvores e arbustos de pequeno porte (B).



Figura 6: Atividade de roçada com uso do trator e roçadeira para a limpeza do local de construção dos fornos (A). Área com limpa e com a preservação de árvores locais (B).

Após a limpeza local, a equipe técnica, juntamente com o Engenheiro Civil da universidade realizaram o nivelamento planialtimétrico do solo. Esta atividade é fundamental para posterior aplainamento e compactação. Todo o trabalho topográfico, bem como a limpeza do local foram fornecidos pelo Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, sendo considerados contrapartidas da UFMG para o projeto Siderurgia Sustentável.

Cabe ressaltar que não foi destinado uma área para o galpão de apoio aos trabalhadores (as), pesquisadores (as) e participantes de atividades de capacitação pois o mesmo já existe próximo a unidade onde os fornos serão construídos. A estrutura já dispõe de local abrigado do sol e da chuva (sala, com porta e tranca, para armazenamento de material e equipamentos necessários à operação do sistema fornos-fornalha); banheiro completo com sanitário e chuveiro; pia para lavagem de louça; mesas e cadeiras para refeições, reuniões e descanso; sistema de esgotamento e tratamento de resíduos gerados. As instalações, entretanto, necessitam de ajustes para recepção dos participantes

envolvidos no projeto, tais como: climatização, instalações elétricas e hidráulicas, dentre outras. Estas melhorias serão realizadas visando atender o produto de número cinco.