



IPEF: FILOSOFIA DE TRABALHO DE UMA ELITE DE EMPRESAS FLORESTAIS BRASILEIRAS

ISSN 0100-3453

CIRCULAR TÉCNICA Nº 181

FEVEREIRO 1993

REFLEXÕES SOBRE QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL PARA USO SIDERÚRGICO

José Otávio Brito*

O conceito de “qualidade”

O conceito de qualidade tem sido uma das questões mais discutidas dentro do moderno sistema produtivo industrial mundial, o que tem resultado em profundas transformações na filosofia de trabalho das empresas. Há uma crescente tomada de consciência de que melhorias contínuas na qualidade são frequentemente necessárias para atingir e assegurar um bom desempenho econômico. Mas afinal, o que é qualidade? Podemos defini-la?

Numa simples consulta a um dicionário vamos encontrar a definição de que “qualidade é a propriedade, atributo ou condição de coisas ou de pessoas capaz de distinguí-las das outras e de lhes determinar a natureza; numa escala de valores, qualidade significa a condição de avaliação e, conseqüentemente, aprovação de qualquer coisa”. Numa visão voltada mais especificamente para um estado de produção, a Organização Internacional para Padronização – ISSO define qualidade como “a totalidade de medidas e características de um produto, que sustentam sua capacidade de satisfazer necessidades estabelecidas”.

Diante da modernidade do tema pode-se tentar fazer reflexões de como estaria situado o carvão vegetal para uso siderúrgico.

Os pontos chave da qualidade do carvão vegetal para siderurgia

* Professor do Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

Ser inodoro, ser duro, apresentar ruído metálico ao ser quebrado, ter uma superfície de ruptura curva, lisa e sedosa, mostrar a estrutura da madeira, queimar sem desprender fumaça, fagulha ou cheiro, ter cor negra e brilhante. Esta é uma das mais práticas e conhecidas maneiras para se definir o que seja um carvão vegetal dito "de qualidade". No entanto, tal definição é bastante simplista para a definição do conceito de qualidade do produto para emprego siderúrgico.

Dada as funções que o carvão vegetal exerce no alto forno de redução de minério, a sua qualidade exerce uma significativa influência na produtividade do aparelho. Pode-se afirmar que a maior parte das exigências para a definição dessa qualidade estão razoavelmente definidas. A própria experiência adquirida por várias décadas de uso desse produto, associada às comparações que podem ser efetuadas com o coque mineral permitem tal referência. Tais exigências estão definidas através do conhecimento de características físicas e químicas do carvão vegetal.

Principais características físicas

Pode-se afirmar que as características físicas mais importantes para a operação do alto forno são a granulometria, a densidade e a resistência mecânica, esta última implicando diretamente sobre a friabilidade do carvão vegetal.

A **granulometria** é um fator básico na permeabilidade da carga dentro do alto-forno. Há indicações de que o calibre médio do carvão deve ser o triplo do minério para permitir a máxima vazão de gases sem perigo de fluidização do redutor. Nos alto-fornos de maior porte, para se assegurar uma melhor preparação da carga, o tamanho médio do carvão vegetal nele utilizado deve ser maior do que o utilizado em fornos pequenos (ASSIS et alii, 1982 e MATOS, 1976). Sabe-se, porém que por natureza, o carvão vegetal apresenta dificuldades para a manutenção de uma granulometria uniforme.

Mesmo com as tais dificuldades, a granulometria do carvão vegetal é uma característica que pode ser relativamente "gerenciável" ao nível do atendimento das exigências para seu emprego como redutor. Isto é possível graças a quase que generalizada adoção da prática do peneiramento do carvão vegetal antes de sua introdução no alto-forno, havendo definições claras quanto aos limites de tolerância exigidos para esta característica.

A **densidade** do carvão vegetal é um fator que tem sido destacado como estando diretamente relacionado com a produtividade do alto-forno. Aqui também se conhece muito bem suas influências, destacando-se, sobretudo o fato de que a operação com carvão mais denso implica em maiores tempos de residência da carga metálica no interior da zona de reserva térmica do alto-forno. Uma consequência direta é a de que, para um mesmo tipo de carga metálica e granulometria menores consumos de carbono são normalmente obtidos. Portanto, não havendo prejuízo às outras propriedades, a densidade do carvão vegetal deve ser a maior possível (ABM, 1975).

Há referências de que um aumento de 80 kg/m^3 na densidade aparente do carvão vegetal poderá levar a uma redução de $5,7 \text{ kg/t}$ de gusa no consumo específico de carbono (ASSIS et alii, 1982).

A **resistência mecânica** do carvão vegetal é outra característica de suma importância no seu emprego siderúrgico e, dentro desta característica, o ponto a merecer maior destaque é a sua friabilidade.

O carvão vegetal é por natureza um produto bastante friável, característica esta que é agravada pelas numerosas operações de manuseio e transporte que o mesmo sofre até alcançar o interior do alto-forno. Em verdade, os níveis de resistência mecânica do carvão vegetal tem implicações diretas sobre a sua granulometria. Carvões menos resistentes irão

mais facilmente degradar-se, resultando na diminuição do seu tamanho médio, o que não é desejável conforme visto anteriormente.

No entanto, pode-se considerar que o aspecto mais importante quanto à friabilidade do carvão vegetal não se encontra diretamente relacionado com o seu uso no alto-forno. Refere-se à questão dos "finos", que diante dos padrões atuais usados na produção, manuseio e transporte de carvão vegetal até o interior do alto-forno, dificilmente deixarão de serem gerados.

Ocorre que, dentro de condições padrões, a quantidade de "finos" gerada normalmente excede aos limites máximos toleráveis para o seu emprego no equipamento de redução. Dessa maneira as principais considerações acêrca desse "sub-produto" estão muito mais relacionadas às alternativas para o seu aproveitamento do que às questões de qualidade propriamente ditas.

Principais características químicas

Dentre as características químicas mais importantes implicadas com a qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico têm sido destacadas a umidade, a composição química e a reatividade.

Na questão da umidade é amplamente conhecido que o seu teor no carvão vegetal deve ser o mais reduzido possível para o uso siderúrgico. Uma das razões é que a maior parte da água introduzida junto com o carvão é eliminada do interior do alto-forno na forma de vapor. Isto ocorre na zona próxima à goela do alto-forno, onde a água é vaporizada pelos gases quentes oriundos das reações processadas no interior do equipamento.

Dessa forma, quanto mais elevado o teor de umidade, mais calor dos gases será necessário para a evaporação da água. Para coque mineral há referências de que para cada 1 % de umidade ocorre, em média, uma redução de 6 % na temperatura do gás (MATOS, 1976).

No contexto global, duas conseqüências poderão surgir no emprego de carvão vegetal com elevada umidade. Uma delas poderá ser o aumento no consumo do carvão, como conseqüência da necessidade da ocorrência de uma maior intensidade de reações de combustão para fornecimento de calor. A outra conseqüência poderá ser a necessidade da elevação da temperatura do ar das ventaneiras para compensar a redução de temperatura no interior do alto-forno. Tais providências podem levar a desequilíbrios a nível da eficiência e produtividade do equipamento.

Há referências do uso de carvão vegetal em alto-fornos siderúrgicos com umidades variando entre 8 e 20 %. Tais referências indicam também que quando os valores se situam nos níveis mais elevados, chega a haver prejuízos da ordem: de 10 % na produção do alto-forno (ABM, 1975).

A mudança das características físicas, principalmente da granulometria, poderá ser a outra implicação do uso de carvão vegetal com elevada umidade. A eliminação de água do seu interior, em geral, implica na fissuração e quebra das peças, o que leva à redução do tamanho médio e a geração de "finos".

Se um reduzido teor de umidade é desejado para o carvão vegetal, não pode ser desprezada também a necessidade da manutenção de um teor mais constante possível. Pode-se mesmo considerar que, numa eventual limitação de possibilidades de redução dos teores, a manutenção de um valor mais constante possível é o mínimo indispensável no sentido da regularidade de marcha de um alto-forno.

Tratando-se de **composição química** lida-se talvez com uma das características das mais valorizadas a nível de qualidade de carvão vegetal. Isto é particularmente verdadeiro

em se tratando da chamada análise imediata, que dá indicações, principalmente, dos teores de materiais voláteis e de carbono fixo existentes no produto.

Esta valorização talvez tenha ocorrido, em primeiro lugar graças à simplicidade com que se pode proceder à análise, fazendo com que a mesma se torne rotineira. Em segundo lugar surge o fato da existência de uma boa correlação do teor de carbono fixo e o teor de carbono elementar existente no carvão, principalmente, quando o mesmo é obtido a temperaturas superiores a 400°C.

Com relação aos níveis de exigências para a composição química, há referências de que a quantidade de carbono presente num carvão é refletido, principalmente, na utilização do forno por unidade de volume. Para um mesmo volume, maior é a sua utilização do mesmo à medida em que o carbono fixo aumenta. Há referências de que o aumento de 16 % no teor de carbono fixo implica na redução de 4,3 kg de carbono por tonelada de gusa (ASSIS et alii, 1982).

Outra vantagem indicada para o uso de carvão vegetal com elevados teores de carbono fixo é a conseqüente menor presença de materiais voláteis no produto. Com isso, as fissuras decorrentes da eliminação destes materiais durante o aquecimento seriam menores, diminuindo-se assim o índice de redução granulométrica e de geração de finos no alto forno.

Há, contudo, indicações de uma outra corrente de interpretação para a questão dos teores de carbono fixo e de materiais voláteis do carvão vegetal usado no alto-forno siderúrgico. Tal corrente indica a possibilidade do uso de carvão com menores teores de carbono fixo e, conseqüentemente, teores mais elevados de materiais voláteis. No caso, deve-se considerar que os materiais voláteis também participariam das reações do alto-forno, dada à presença de substâncias redutoras em sua constituição.

Dentro de certos limites, a vantagem do uso de carvões com teores mais elevados em materiais voláteis estaria relacionada a um possível melhor balanço na geração e utilização de gases no contexto global da usina, além de aspectos econômicos, associados à possibilidade da obtenção de melhores rendimentos de conversão madeira/carvão.

Dessa forma, a questão da qualidade do carvão vegetal ao nível de sua composição química, principalmente quanto à influência do teor de carbono fixo, é ainda um problema bastante complexo, que carece um estudo mais aprofundado.

A reatividade é a capacidade que o carvão tem em regenerar o poder redutor do gás. Em outras palavras, é uma medida relativa da capacidade de um carvão em reagir com o dióxido de carbono, resultando em Monóxido de Carbono ($C + CO_2 = 2CO$). O Monóxido de Carbono CO resultante constitui-se no mais importante agente de redução do minério no interior do alto-forno.

A reação de regeneração é regida pela temperatura, sendo que o valor que define o seu ponto de início depende do tipo de carvão empregado. Desta forma, considera-se que sejam menos reativos os carvões que exibam maiores temperaturas de reação. Para o coque mineral a regeneração do poder redutor ocorre a temperaturas acima de 900°C, enquanto que para o carvão vegetal as temperaturas são menores. Desta maneira, o carvão vegetal é considerado mais reativo que o coque mineral.

Há uma tendência em se considerar que, nas mesmas condições operacionais, e em comparação com o coque mineral, a maior reatividade do carvão vegetal poderá implicar na ocorrência de reações de regeneração numa maior amplitude e, por conseqüência, maior poderá ser o consumo deste insumo para fabricar-se uma mesma quantidade de gusa. Desta forma, surge o conceito de que não havendo sérios prejuízos a outras características, deve-se buscar carvões vegetais que apresentem menores valores de reatividade, visando a redução do consumo específico de carbono e, por conseqüência de carvão.

Tudo indica que a busca de um carvão vegetal com menor reatividade poderá ser um ponto positivo também no aspecto da sua produção. Mesmo sendo uma afirmação prematura, pois há que se estudar o assunto, é esperado que na busca desta característica, poderão estar implicadas necessidades do uso de madeiras mais densas e menores temperaturas de carbonização. Em geral, isto significa maiores rendimentos de produção de carvão, o que é meta sempre desejada. Diga-se ainda que esta conceituação está em consonância com a idéia anteriormente destacada em relação à possibilidade do uso de carvão vegetal redutor com menores valores de carbono fixo.

Contudo, deve-se estar atento para o fato de que a reatividade somente mais recentemente passou a ter abordagem em termos de qualificação do carvão vegetal para uso siderúrgico. Em função disto, existe ainda uma carência de estudos para maior compreensão e definição dos limites a serem considerados para a mesma. Do mesmo modo, deve ficar claro que as condições operacionais de um alto-forno a carvão vegetal são diferenciadas daquelas de um equipamento coque. E, portanto, também conveniente que sejam estudadas as interações e comprometimentos existentes entre a reatividade e as demais características do carvão vegetal, bem como com os parâmetros do alto-forno e demais componentes da carga de redução.

De qualquer maneira, até o encontro de melhores definições, e considerando-se a simples questão da qualificação do carvão vegetal em comparação ao coque mineral, pode-se considerar que quanto menor for a sua reatividade, melhor será sua qualidade em termos do seu uso no alto-forno.

O atendimento das exigências

O atendimento das exigências de qualidade do carvão vegetal para o seu uso siderúrgico é meta que tem sido cada vez mais discutida em nosso País. Atualmente, há um conhecimento razoável dos limites que podem e que devem ser trabalhados para que se possa produzir e utilizar em siderurgia um carvão dito de qualidade.

É evidente que existam alguns pontos a serem ainda melhor estudados, conforme especificamente mencionados anteriormente na discussão em torno das principais características do carvão vegetal.

Historicamente, contudo, as possibilidades do atendimento das exigências de qualidade do carvão vegetal para siderurgia sempre estiveram limitadas por dois obstáculos muito fortes. Estes obstáculos referem-se à heterogeneidade da matéria-prima florestal usada (madeiras de matas nativas), e aos equipamentos e métodos empregados na obtenção do carvão. Nessa condição, até mesmo o atendimento de uma simples definição de qualidade do carvão vegetal, conforme aquela mencionada no início desse trabalho, sempre estiveram comprometidas, no mínimo ao nível da sua constância.

Felizmente, temos assistido nos últimos anos fortes transformações de conceitos e, principalmente, de mentalidade na atividade global de produção e uso de carvão vegetal na siderurgia.

A tendência cada vez maior do emprego de madeiras de reflorestamento com espécies homogêneas é um dos princípios básicos para a manutenção de uma qualidade efetivamente constante. Neste ponto vale lembrar o papel de grande importância que passam a ter os profissionais ligados à atividade florestal. Diante da altíssima importância que a matéria-prima tem em termos de influências nas características e propriedades do carvão vegetal, ao conceito de produtividade florestal hoje encontra-se atrelado um componente fundamental que é o aspecto da qualidade da madeira.

A sensível melhoria das condições processuais de obtenção de carvão vegetal que temos assistido nos últimos tempos também é outro fator de extremíssima importância a ser destacado. A busca e o uso de novos tipos de equipamentos e de controle de produção, treinamento e especialização de mão-de-obra, etc., tem também contribuído de forma expressiva para as possibilidades do atendimento de exigências de qualidade do carvão vegetal.

Finalmente, uma importantíssima nova e sólida consciência tem sido estabelecida ao nível do usuário do carvão vegetal, e que se situa na usina siderúrgica. Sabe-se hoje da existência de medidas efetivas para o avanço de conhecimentos dos reais níveis de exigências de qualidade do carvão vegetal no aparelho redutor. Merece ainda destaque o fato de, atualmente ser normal e freqüente a troca de informações entre o produtor e o usuário do carvão, no sentido do conhecimento da receptibilidade do produto na usina em termos de sua qualidade. Historicamente, tal fato somente ocorria esporadicamente, e em situações extremas.

Dessa forma, pode-se chegar à afirmação de que o nível de otimização em termos de qualidade do carvão vegetal para fins siderúrgicos ainda não foi alcançado. Não há dúvidas, porém, que há totais condições para se tentar atingir esta meta. Contudo, em épocas passadas os estudos estavam todos praticamente para serem realizados. Hoje, as necessidades de estudos e reflexões atingiram níveis mais elevados, e os avanços somente poderão ser alcançados na dependência de esforços muito maiores. Desta que se, entretanto, que dentro destes esforços não podem ser esquecidos conceitos de que qualidade não significa "abertura de cofres", mas muitas vezes "abertura de cabeças". Para se alcançar a desejada qualidade é necessária uma política e regras e de objetivos que devem ser de amplo conhecimento e seguidos com bastante rigor em todos os segmentos da cadeia. Tal cadeia inclui a produção de matéria-prima, passando pela produção do carvão vegetal e chegando à utilização do produto.

Referências bibliográficas

ABM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS. **Siderurgia brasileira a carvão vegetal**. 2.ed. São Paulo, 1975. 234p.

ASSIS, P.S. et alii. Utilização de carvão vegetal em siderurgia. In: FUNDAÇÃO CETEC – **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte, 1982, p.281-31.

MATOS, J. Preparação de carga. In: ABM – Curso sobre redução de minérios de ferro em alto-forno. 3.ed. São Paulo, 1976. p.21-55.