



Consumo de energia e custo de secagem de café cereja em propriedades agrícolas do sul de Minas Gerais



Carlos H. R. Reinato¹, Flávio M. Borém², Evódio R. Vilela³, Franscisval M. Carvalho⁴
& Eduardo de P. Meireles⁵

¹ DCA/UFLA, CEP 37200-000. Fone: (35) 3829-1392. E-mail: reinato@ufla.br (Foto)

² DEG/UFLA. Fone: (35) 3829-1488. E-mail: borém@ufla.br

³ UFLA. Fone: (35) 3829-1397

⁴ UFLA. Depto. de Administração

⁵ UFLA. Bolsista de Iniciação Científica, Depto. de Engenharia

Protocolo 044 - 3/4/2001

Resumo: Determinar o consumo de energia durante a secagem do café usando-se lenha e gás liquefeito de petróleo (GLP) como combustíveis em algumas propriedades, da região sul de Minas e avaliar as razões de possíveis variações existentes no custo entre produtores foi proposta deste trabalho. Vinte propriedades foram visitadas, mas apenas quatro selecionadas, com o objetivo de se padronizar a caracterização técnica e econômica da secagem; esta padronização incluiu: lavagem e separação do café, processamento separado do café bóia do verde-cereja, pré-secagem do café cereja em terreiro e complementação da secagem do café cereja em secador rotativo com capacidade de 15000 L, usando-se lenha ou GLP como combustíveis. Procedeu-se ao acompanhamento de três testes em duas propriedades usando-se GLP como combustível para aquecimento do ar na secagem e três testes em outras duas propriedades usando lenha, também como combustível. Os resultados obtidos conduziram às seguintes conclusões: as variações na temperatura do ar das secagens em que se usou lenha como combustível, foram maiores que as observadas nos testes nos quais foi empregado GLP; o consumo de GLP no queimador onde se usou chama intermitente, foi maior quando comparado com um queimador regulado para realizar uma queima constante do GLP; enfim, o consumo de combustível está fortemente relacionado ao manejo adotado durante a secagem.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., lenha, GLP, secagem

Energy consumption and drying costs of green cherry coffee on agricultural farms in Southern Minas Gerais, Brazil

Abstract: The main objective of this work was to determine the consumption of energy during the drying using firewood and petrol-liquefied-gas, as fuels in some farms, as well as, to evaluate the possible reasons of variation in the cost among different producers. Twenty properties were visited and four were selected. The selection was made aiming at standardizing the technical and economic characterization of drying process. The standardization process adopted was the following: washing and separation of the coffee; separation of coffee which floats from the green-cherry; previous drying of the coffee cherry in yard, and complementary drying of cherry coffee using rotary dryer with 15,000 L capacity using firewood and petrol-liquefied-gas as fuels for heating the air. Six drying tests were accomplished using petrol liquefied gas and firewood. The analysis of the results leads to the following conclusions: the temperature variations of the air in the drying process that used firewood, as fuel were greater than those observed in the tests that used petrol-liquefied-gas. The consumption of petrol-liquefied-gas in the burner that used intermittent flame was greater when compared with a regulated burner to accomplish a constant heating. The consumption of the fuel of petrol-liquefied-gas or firewood is strongly related to the management adopted in the drying process.

Key words: *Coffea arabica* L, drying, firewood, petrol-liquefied-gas

INTRODUÇÃO

A implantação de um programa interno de conservação de energia constitui o primeiro passo para o uso racional da energia dentro de uma unidade de processamento de produtos agrícolas. Um programa bem elaborado permite otimizar-se o uso da

energia, evitando ações isoladas e duplicação de esforços que tendem a perder o seu efeito no decorrer do tempo. De acordo com Silva (1983) a operação de secagem é, sem dúvida, a que mais consome energia no processo de produção agrícola, podendo representar até 50% do seu consumo. As operações de secagem e armazenamento, quando conduzidas corretamente

e com equipamentos eficientes, contribuem significativamente para a redução dos custos operacionais, pela economia de energia que propiciam.

O café maduro (cereja) possui teor de água de aproximadamente 60% b.u. O café derriçado apresenta desuniformidade em relação à maturação necessitando, portanto, de métodos e cuidados especiais durante a secagem.

A secagem em terreiro, apesar de ser bastante tradicional, apresenta problemas específicos, como a dependência dos fatores climáticos e a necessidade de mão-de-obra, além de grandes áreas planas para a construção de terreiros; por outro lado, a secagem em secadores mecânicos permite contornar esses problemas, mas, em razão de necessitar de energia para movimentar o café, aquecer e movimentar o ar apresentam custos bem mais elevados; no entanto, um manejo correto maximiza a eficiência do secador contribuindo, assim, para redução do custo final de secagem. O custo da energia utilizada na secagem depende da temperatura de secagem, do fluxo de ar, do tempo de secagem e do preço do combustível.

Prete et al. (1995) avaliaram o efeito da temperatura de secagem em estufa com circulação forçada de ar, de frutos de café colhidos nos estádios de maturação cereja e verde, e observaram que a secagem dos frutos colhidos no estádio cereja, independente da temperatura de secagem, resultou em grãos normais, com pequenos números de defeitos.

Osório et al. (1983) estudando secador intermitente de fluxos concorrentes para café com temperaturas do ar de secagem de 80, 100 e 120 °C, constataram que os fatores que mais exerceram influência no tempo total de secagem foram: temperatura de secagem, teor de umidade inicial e final e vazão do ar, com efeitos pronunciados na temperatura.

Outrossim, as fontes de calor para a secagem artificial do café são fornecidas pela queima de lenha ou de combustíveis fósseis. Em todas as suas aplicações busca-se sempre a otimização de seu uso, maximizando a eficiência, enquanto outras formas de aquecimento do ar que permitam a queima direta do combustível sem a produção de resíduos indesejáveis apresentam grande aplicação na secagem do café.

Lasseran (1979) cita que até 1979 o óleo diesel, pelo seu preço vantajoso e pela facilidade de utilização, monopolizou a área de combustível de secagem mas, com a proibição da utilização de quaisquer derivados de petróleo na secagem de produtos agrícolas pelo Conselho Nacional do Petróleo (CNP), em janeiro de 1980, optou-se pela substituição dos queimadores de óleo, por fornalhas a lenha, como combustível. Nos últimos 20 anos, o combustível mais usado na secagem do café foi, sem dúvida, a lenha.

Citam-se, como vantagens da madeira como combustível, o seu baixo teor de enxofre e de cinzas e, como desvantagens, o fato de ser volumosa (250 a 450 kg m⁻³ de madeira seca) e apresentar baixo poder calorífico, comparada com os derivados de petróleo (Russomano, 1987).

A madeira, segundo Russomano (1987) sendo atualmente o principal combustível na geração de calor para a agricultura brasileira, especialmente na forma de lenha, participa com aproximadamente 98% e os 2% restantes se distribuem igualmente entre o carvão vegetal e o gás liquefeito de petróleo (GLP).

Segundo Silva (1986) o aumento do consumo de madeira gera o fenômeno da escassez relativa, ou seja, depósitos próximos e economicamente viáveis em função dos custos de exploração e transporte.

Em função da crescente demanda de lenha no Estado de Minas Gerais, pelas diversas categorias de consumidores, as reservas de florestas naturais e de cerrado estão se tornando cada vez mais escassas e distantes dos centros de consumo. Os custos de transporte constituem um dos principais fatores de encarecimento do produto, o que deverá forçar os consumidores a que o busquem em outros substitutivos, com a mesma ou melhor eficiência.

A disponibilidade de matas nativas na região de Minas Gerais foi analisada em estudo encomendado pelo IBDF (1974), confirmando previsões de que já em 1985 as matas existentes não seriam suficientes para as necessidades daquele ano.

Para uma idéia da magnitude do consumo de matas nativas em Minas Gerais, registra-se que, se o estoque acumulado durante 15 anos pelo plantio de Eucaliptos fosse utilizado para suprir o consumo atual de florestas nativas, em menos de dois anos aqueles estoques estariam liquidados (Brasil, 1984). Nesse contexto, o uso da lenha como fonte energética na agricultura se torna cada vez mais limitante necessitando, portanto, de estudos de novas fontes de energia para o aquecimento do ar para a secagem de produtos agrícolas.

O GLP é o principal gás combustível no Brasil, sendo o mais difundido para uso doméstico, além do seu uso contribuir para a diminuição do desmatamento, hoje um sério problema nacional. Para que se tenha idéia da importância do GLP na manutenção do parque florestal brasileiro, ressalta-se que o consumo de uma tonelada de GLP evita que 50 árvores sejam derrubadas (Brasil, 1984).

A principal vantagem do GLP é a praticidade no manuseio e a constância no fornecimento de calor, além de possuir boa eficiência térmica (60%) e um poder calorífico alto (33.440 kJ kg⁻¹) em relação à lenha. Existem, porém, muitas dúvidas e divergências entre técnicos e produtores relacionadas as vantagens econômicas do uso do GLP na secagem do café, pois, na verdade, pouco se conhece sobre os custos de secagem do café que diferentes produtores possuem ao usarem lenha ou GLP como combustível.

Tendo em vista a necessidade de se caracterizar o custo da secagem de café, o objetivo deste trabalho foi determinar o consumo de energia durante a secagem do café, usando-se lenha e GLP como combustíveis em algumas propriedades na região do Sul de Minas Gerais, e verificar as razões de possíveis variações existentes no custo entre os produtores.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, visitaram-se 20 propriedades agrícolas produtoras de café na região do Sul de Minas. Quatro propriedades foram selecionadas com o objetivo de se padronizar a caracterização técnica e econômica da secagem, de acordo com o seguinte procedimento: lavagem e separação do café, processamento separado do café cereja e bóia, pré-secagem do café cereja em terreiro e complementação da secagem do café cereja em secador horizontal rotativo, com capacidade de 15.000 L, usando-se lenha como combustível em duas propriedades e GLP como

combustível, em outras duas propriedades. Cada teste foi realizado de acordo com os critérios adotados por cada produtor, para melhor se caracterizar as diferenças entre os custos de cada propriedade agrícola, não sendo, portanto, padronizados o valor e as oscilações da temperatura de secagem, marca e modelos dos equipamentos.

A avaliação dos sistemas de secagem foi realizada segundo metodologia adaptada proposta por Bakker-Arkema et al. (1978); já a temperatura (°C) e a umidade relativa (%) do ar ambiente foram obtidas por meio de um psicrômetro aspirado, registrando-se a temperatura do bulbo seco e do bulbo molhado, em intervalos de uma hora, enquanto a temperatura (°C) do ar de secagem foi medida com um termômetro de mercúrio no duto de entrada de ar do secador. A temperatura (°C) da massa de café foi medida em três pontos do secador. As leituras foram realizadas com o secador parado e o termômetro de mercúrio inserido na massa de café a uma profundidade de 30 cm. As medições foram realizadas em intervalos de duas horas.

Para determinação do teor de água, amostras foram obtidas a partir de dez amostras simples de 0,5 L coletadas durante o carregamento e descarregamento do secador. A umidade inicial e final (% b.u.) foi determinada pelo método padrão de estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3$, durante 24 h (Brasil, 1992).

A massa específica foi estimada segundo a equação $395,22+786,21 \times 10^3 U+331,66 \times 10^4 U^2$ (U - Umidade, b.u.) conforme Couto et al. (1999).

O volume (m^3) do produto úmido foi determinado a partir do cálculo do volume ocupado dentro do secador, e o volume (m^3) do produto seco foi definido a partir do cálculo do volume ocupado pelo produto na moega de descarga; por outro lado, a vazão ($\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$) de gás foi obtida segundo metodologia descrita por Otaviani & Biagi (2000). As correções de pressão e massa específica do GLP foram realizadas de acordo com Matsumoto (1999) apud Otaviani & Biagi (2000). Para registrar o tempo de funcionamento do queimador com a chama acesa, usou-se um contador eletromagnético ligado ao timer do queimador, cujos resultados foram expressos em consumo total (kg) obtido a partir do produto do consumo horário (kg h^{-1}) pelo tempo de funcionamento do queimador com chama acesa.

Enfim, o consumo de lenha foi determinado por meio da pesagem e medição do volume da lenha utilizada em cada secagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da temperatura do ar ambiente, de exaustão, da massa e do ar no plenum dos testes realizados com lenha, são apresentados na Figura 1 e, dos testes realizados com GLP, na Figura 2. Observou-se que todos os testes foram realizados em condições ambientais semelhantes, com temperaturas variando entre 20 e 30 °C garantindo, assim, maior padronização dos testes estudados, e que a temperatura do ar no plenum nos testes em que se usou lenha como combustível, variou com grande frequência, entre 82 e 35 °C (Figuras 1A, B, C). A temperatura da massa acompanhou as variações ocorridas no ar do plenum em todos os testes em que se empregou lenha, atingindo valores de até 60 °C (Figura 1A). Por outro lado, a temperatura da massa manteve-se constante nos testes que usaram GLP, apresentando variações apenas no teste representado na Figura 2A.

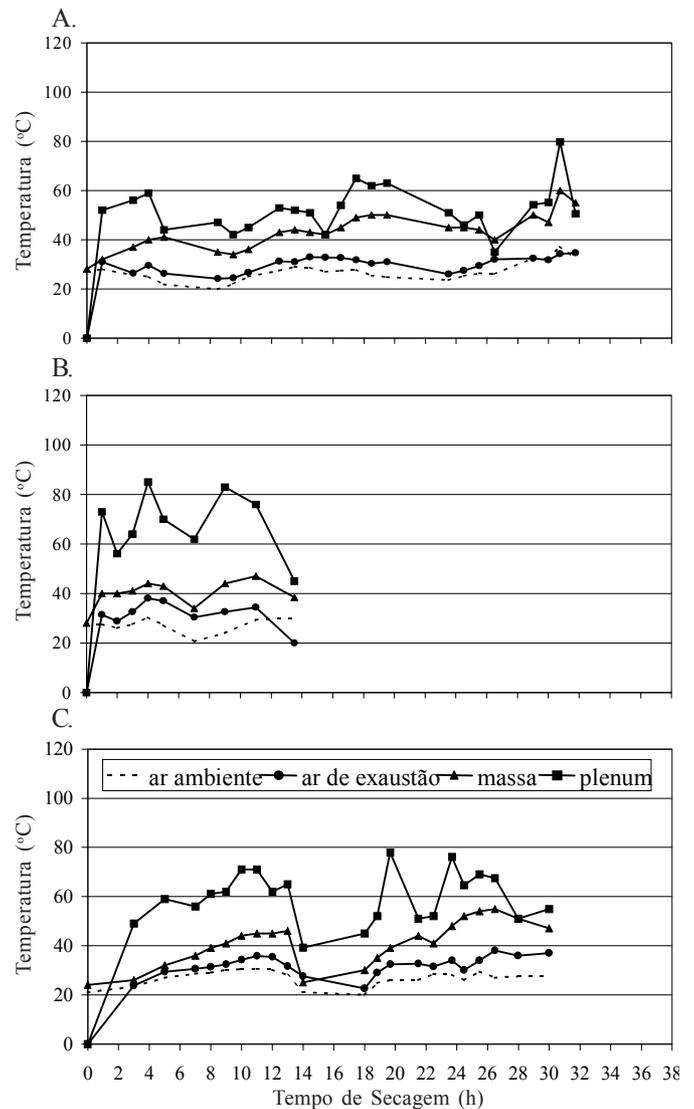


Figura 1. Valores da temperatura do ar ambiente, da massa, do ar de secagem no plenum e do ar de exaustão dos testes em que se usou lenha (A, B, C) como combustível

Tais variações ocorreram como consequência da inconstância de fornecimento de lenha na fornalha, provocando picos de temperatura ao longo da secagem, nos momentos em que ocorria uma nova carga de lenha. Essas variações e os valores máximos atingidos são indesejáveis, pois podem comprometer a qualidade final do café.

Nos testes em que foi usado GLP como combustível, a temperatura do plenum permaneceu mais uniforme (Figuras 2B, C) exceto o teste apresentado na Figura 2A, caso em que o operador variou a regulagem do termostato do queimador inúmeras vezes, ao longo da secagem. Os dados observados confirmam o que tem sido considerado pela maioria dos técnicos; entretanto, é importante ressaltar que a forma de operação da fornalha e dos queimadores, influencia diretamente no processo de secagem e, portanto, uma ação imediata que pode ser tomada para melhorar o desempenho dos secadores e economia de combustível, é o treinamento dos operadores dos sistemas de secagem.

Os resultados de tempo de secagem, consumo de combustível e eficiência de secagem, são apresentados na Tabela 1.

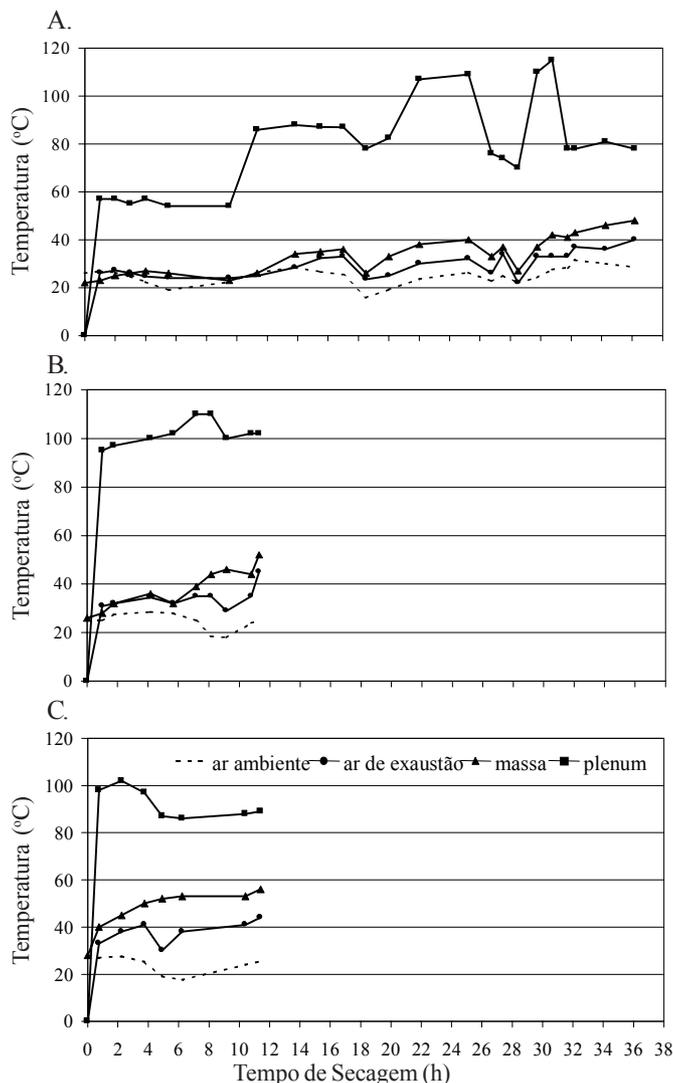


Figura 2. Valores da temperatura do ar ambiente, da massa, do ar de secagem no plenum e do ar de exaustão dos testes com GLP (A, B, C) como combustível

Apesar de se haver adotado, inicialmente, critérios para padronização dos testes, observou-se a ocorrência de variações em alguns parâmetros, como a umidade inicial e final e volume secado.

Observa-se que os valores do custo de secagem por unidade de água removida, considerando-se os preços praticados no sul de Minas no segundo semestre de 2000 para os

combustíveis estudados, são consideravelmente mais baixos para a lenha; no entanto, o custo de combustível depende de vários parâmetros, como: umidade inicial e final, temperatura do ar de secagem, fluxo de ar, manejo da fornalha e do queimador, entre outros; como exemplo, ressalta-se a diferença no custo total de secagem entre os testes “B” e “C” do GLP, apresentados na Tabela 1.

A única diferença entre esses testes foi a intermitência da chama do queimador. No teste “C”, a chama foi mantida intermitente, e no teste “B”, constante. Observou-se que, apesar de apresentarem iguais tempos reais de secagem, houve uma relevante diferença no consumo de combustível, sendo maior quando o queimador foi operado com chama intermitente. No caso do teste “A” utilizando GLP, observa-se que o custo total foi o mais elevado, apesar de apresentar baixo custo de secagem por quilograma de água removida. Neste teste, o tempo total de secagem (36 h) resultou num elevado consumo de combustível. Diversos motivos podem ter contribuído para o fato: a) umidade inicial do café muito elevada, 38,03% b.u., que resulta, naturalmente, num consumo maior de combustível; b) contração volumétrica da massa de café e não preenchimento do volume vazio, resultando em elevada perda de ar com potencial de secagem; c) variações na temperatura de secagem, implementadas pelo operador, como pode ser observado na Figura 2A.

Apesar do custo de combustível aqui observado ter sido mais baixo para a lenha, vale a pena ressaltar que o custo total de secagem envolve outros custos, como: mão-de-obra, depreciação e energia elétrica os quais, devidamente computados, podem resultar em custos totais mais reduzidos para a secagem do café com GLP.

CONCLUSÕES

1. As variações de temperatura nos testes com lenha como combustível, foram maiores que aquelas observadas nos testes em que se usou GLP como combustível.
2. O consumo total de combustível está diretamente relacionado com o manejo utilizado na secagem.
3. O custo de combustível na secagem, com chama intermitente, foi maior quando comparado com a chama constante.

Tabela 1. Parâmetros de secagem do café cereja em três testes para casa combustível (lenha e GLP) realizados em diferentes usando-se lenha e GLP como combustíveis

Testes	Umidade (% b.u.)		Tempo de Secagem (h)		Volume (m ³)	Massa Específica (kg m ⁻³) ²	Água Removida (kg)	Consumo de Combustível	Custo do Combustível ¹ (R\$) ³		Custo de Secagem (R\$ kg ⁻¹ água removida)	
	Inicial	Final	Total	Real ¹					Unidade ³	Total		
Lenha	A	21,28	12,93	27,00	12,50	15,00	426,97	614,20	2,52 m ³	10,00	63,00	0,04
	B	25,96	9,50	47,75	29,75	15,00	437,98	1194,52	4,63 m ³	10,00	115,75	0,04
	C	26,67	11,46	48,00	30,00	15,00	439,77	1133,2	4,38 m ³	10,00	109,50	0,04
GLP	A	38,03	13,49	72,18	36,00	14,50	473,08	1945,85	172,09 kg	1,00	172,09	0,09
	B	21,96	11,58	19,91	11,41	12,03	428,49	605,13	74,19 kg	1,00	74,19	0,12
	C	21,97	11,73	23,66	11,31	14,08	428,49	699,89	111,93 kg	1,00	111,93	0,16

¹ Tempo de secagem, descontado o tempo de repouso e no caso de uso de GLP, refere-se somente ao tempo no qual a chama permaneceu acesa.

² Couto et al. (1999)

³ Preço médio praticado no Sul de Minas nos meses de julho e agosto de 2000

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a ULTRAGAS, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho, e aos proprietários rurais, que permitiram a coleta de dados em suas instalações.

LITERATURA CITADA

- Bakker-Arkema, F.W.; Lerew, L.E.; Brook, R.C.; Brooker, D.B. Energy and capacity performance evaluation of grain dryers. St. Joseph, Michigan, ASAE, 1978. 13p. ASAE paper, 78-3523
- Brasil. Ministério da Agricultura. Cordenadoria de Agroenergia. Proposta de utilização energética de florestas e resíduos agrícolas. 1. ed. Brasília: Ministério da Agricultura, 1984. 166p.
- Couto, S.M; Magalhães, A.C; Queiroz, D.M; Bastos, I.T. Massa específica aparente e real e porosidade de grãos de café em função do teor de umidade. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, n.1, p.61-68, 1999.
- IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Zoneamento econômico florestal do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: IBDF, 1974. 5p.
- Lasseran, J. C. Combustíveis e geradores de ar quente. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, v.4, n.2, p.75-88, 1979.
- Osório, A.G.S.; Silva, J.S.; Dalpasquale, V.A.; Oliveira, J.L. Secagem de café em secadores de fluxos concorrentes. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.9, n.99, p.18-24, 1983.
- Otaviani, J.C.; Biagi, J. D. Custo energético e consumo de gás liquefeito de petróleo em secagens de café. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 29, 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBEA, 2000. CDRom
- Prete, C.E.C.; Abrahão, J.T.M.; Barca, A.A.L. Efeito da temperatura de secagem de frutos de café colhidos nos estádios de maturação cereja e verde, sobre a condutividade elétrica dos grãos. In: Congresso de Pesquisas Cafeeiras, 21, 1995, Caxambu. Anais... Caxambu: MA/Procafé, 1995. p.119-121.
- Russomano, V.H. Introdução à administração de energia na indústria. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1987. 262p.
- Silva, J. S. Adaptação da fornalha de fogo direto na secagem de grãos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.9, n.99, p.7-12, 1983.
- Silva, S. O. Preço de lenha para produtores de cal em três microrregiões homogêneas do estado de Minas Gerais. Lavras: ESAL, 1986. 58p. Dissertação Mestrado