

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DO PROCESSO DE SAPECO NO PRÉ-PROCESSAMENTO DA ERVA-MATE

AGENOR MACCARI JR.¹, MARLENE R. DE QUEIROZ², LAUREN D.B. RONCATO-MACCARI³, SILVIA A. NEBRA⁴

1 Eng^o Agrônomo, Prof. Assistente, Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba – PR, Fone: (0xx41) 3350-5676, maccari@ufpr.br.

2 Eng^a Agrícola, Profa. Associada, Conselho Integrado de Tecnologia de Processos, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP.

3 Eng^a Agrônoma, Pesquisadora, Cambona Tecnologia Agroindustrial, Curitiba – PR.

4 Física, Profa. Titular, Depto. de Energia, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Campinas – SP.

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB

RESUMO: O pré-processamento de erva mate consiste basicamente em duas operações, o sapeco e a secagem. O sapeco é uma operação executada para inativar as enzimas presentes nas folhas de erva-mate, e portanto, afeta a qualidade e a conservação do produto, o que torna importante a realização de estudos sobre tal operação. Este trabalho apresenta dados sobre a tecnologia usada no sapeco da erva-mate no Paraná, com o objetivo de estabelecer um perfil das ervateiras e da tecnologia em uso no pré-processamento da erva-mate. Através de um questionário aplicado nas ervateiras paranaenses foram levantados dados sobre estrutura de produção e variáveis operacionais. Os resultados mostraram que as unidades cancheadoras empregam sapecadores mecânicos, dimensionados de acordo com as características/necessidades de cada unidade. A maior parte das cancheadoras emprega lenha como combustível, e o controle do processo de sapeco não utiliza dados analíticos, sendo realizado de forma empírica. A remoção de água durante o sapeco da erva-mate foi estudada após a seleção de cinco sistemas de sapecadores mecânicos. Observou-se um consumo de energia diferenciado entre os cinco sistemas testados. Os equipamentos de maior tamanho mostraram melhor desempenho energético considerando os parâmetros de Consumo e Eficiência.

PALAVRAS-CHAVE: secagem, sapecador, erva-mate

ENERGETIC AVALIATION OF 'SAPECO' PROCESS DURING PRE-PROCESSING OF MATE

ABSTRACT: The processing of mate is basically consisted of two operations, enzyme inactivation process (sapeco) and drying. The sapeco process is an important step because affects the quality and conservation of final product. This study shows a set of data about the technology used in mate operating units of Paraná state. A questionnaire was applied to obtain data about the production structure and the operational variables of the units. The results showed that the pre-processing mate operations are carried out by different types of mechanical equipments (sapecadores), dimensioned according to the interest or characteristics of each operating unit. Firewood is the principal fuel used in the mate processing units, and the control of sapeco process does not use analytical data. The evaporation of water during the mate sapeco process was studied in five different systems of mechanic equipments (sapecador). These systems showed different energetic performance, the biggest ones had best results considering consume and efficiency.

KEYWORDS: drying, sapecador, mate.

INTRODUÇÃO: A área de ocorrência da erva-mate no Brasil se concentra na Região Sul, onde se produz cerca de 97% da produção nacional. Seriam cerca de 480 municípios produtores, em uma área de exploração estimada em 773 mil ha (ANDRADE, 1999), gerando mais de 700 mil empregos (MACCARI, 2000). Apesar desta magnitude, são poucos os dados oficiais sobre o setor ervateiro brasileiro, em particular sobre a estrutura industrial e a tecnologia em uso no processamento da erva. As principais operações no pré-processamento (cancheamento) da erva-mate seriam o sapeco e a secagem (VALDUGA, 1995), operações realizadas nas unidades cancheadoras, empresas ervateiras

que produzem a erva cancheada (produto empregado nas unidades industriais). O sapeco é uma operação executada para inativar as enzimas presentes nas folhas de erva-mate, enzimas estas responsáveis pela rápida degradação do produto após a colheita (PAULA, 1968). Assim, o sapeco seria a operação onde a erva-mate é exposta às chamas para se fazer um branqueamento. A operação pode ser executada manualmente (FERREIRA FILHO, 1948) ou em equipamentos mecânicos, os sapecadores. O sapecador mecânico pode ser descrito como um cilindro metálico giratório e inclinado (ANDRADE, 1999), um equipamento simples e de fácil operação, mas que não possui mecanismos de controle de processo, podendo dificultar a padronização do produto. O controle operacional é feito alterando a intensidade da chama da fornalha e a alimentação da erva-mate no sapecador. Na prática, o operador do equipamento faz tal controle monitorando a saída do produto, conforme o aspecto da erva-mate sapecada (VALDUGA et al., 2003). Apesar de sua simplicidade, o sapeco afeta a qualidade e a conservação do produto, o que exige a realização de estudos sobre o tema e torna essencial a disponibilidade de dados sobre a operação e os equipamentos disponíveis. Este trabalho apresenta dados sobre a tecnologia usada no sapeco da erva-mate no Paraná, Estado que se destaca como maior produtor brasileiro, respondendo por 42,1% da produção nacional (DESER, 2001).

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho iniciou com um levantamento através de visita e aplicação de questionário para coleta de dados nas ervateiras paranaenses em atividades na safra 2003. O questionário aplicado continha questões sobre a estrutura das empresas e a tecnologia em uso, sendo entrevistados proprietários e/ou gerentes das ervateiras. Usando os dados do questionário foi possível determinar um perfil das ervateiras e da tecnologia em uso no cancheamento da erva-mate. Além disto, os dados permitiram a seleção de três empresas cancheadoras, localizadas dentro das regiões de maior participação na produção paranaense de erva-mate e empregando tecnologia condizente com o padrão médio observado nas unidades cancheadoras do Estado. Nas três ervateiras selecionadas foram identificados cinco sistemas de processamento, todos empregando sapecadores mecânicos. Cada sapecador foi estudado, com a coleta de dados para caracterização e avaliação do equipamento. A Tabela 1 apresenta as dimensões e a capacidade operacional total dos sapecadores nos 5 sistemas estudados.

Tabela 1 – Características dos sapecadores nos sistemas estudados

Características do Sapecador		Sistema				
		01	02	03	04	05
Dimensões	Comprimento (m)	8,0	8,0	9,8	8,5	9,0
	Diâmetro (m)	1,8	1,8	2,8	2,1	1,9
Capacidade do sistema (kg/h)		1750	2500	5000	3000	1750

Foram realizadas medidas instrumentais e coletadas amostras do produto durante o processamento para análises laboratoriais. As informações coletadas *in loco* abrangiam a estrutura disponível da unidade, dados do sapecador e suas variáveis operacionais, informações usadas no estudo das figuras de mérito. Foram levantados dados sobre estrutura de produção (capacidade e características dos sapecadores, motores elétricos e demanda de mão-de-obra) e variáveis operacionais (volume processado; consumo de energia; temperatura de operação dos equipamentos e do material processado; características da erva-mate verde e seu teor de umidade durante o processo). Na avaliação energética foram adotados indicadores básicos citados por PAKOWSKI e MUJUNDAR (1995), empregados na determinação da eficiência e do consumo específico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A etapa de aplicação do questionário permitiu identificar 98 unidades cancheadoras ativas no Paraná, durante a safra 2003. A tabulação dos dados dos questionários aplicados nestas unidades permitiu identificar aspectos básicos como:

- As unidades cancheadoras empregam sapecadores mecânicos, porém, nem todos os sapecadores observados são do tipo “moderno”, como descritos por ANDRADE (1999). Ainda são encontrados sapecadores antigos, modelos rústicos e de baixa produtividade, como os descritos por FERREIRA FILHO (1948).
- Com a possibilidade de construção dos equipamentos em dimensões variáveis e sua flexibilidade de operação, os sapecadores são dimensionados de acordo com as características/necessidades de cada

unidade e, até mesmo de cada secador. Isto explica a situação constatada, onde 82 das 98 unidades cancheadoras (83,67%) possuem apenas um sapecador.

- A maior parte (95,9%) das cancheadoras emprega lenha como principal combustível, tanto em grandes quanto pequenas empresas, apesar dos riscos de contaminação do produto com derivados da combustão da madeira (PEREIRA et al., 2000; MACHADO et al., 1996). Entretanto, a queima da lenha é vista como essencial por parte dos ervateiros, considerando os requisitos de qualidade de certos segmentos do mercado de erva-mate (aroma de fumaça) e os preços das outras opções. O uso de outros combustíveis é feito apenas para a secagem do produto.

- Perguntados sobre a forma de controle do processo de sapeco, os ervateiros mostraram que contam em boa parte com indicadores práticos para monitoramento do sapeco, sem equipamentos analíticos. Em todas as unidades visitadas o controle da intensidade da chama era efetuado por funcionário que, após a inspeção do produto sapecado, determinava a necessidade de maior ou menor quantidade de calor, providenciando a alimentação de lenha à fornalha.

O principal objetivo do sapeco é a inativação térmica das enzimas (PAULA, 1968; VALDUGA, 1995), o que se dá pela exposição direta do produto às chamas e aos gases de combustão. Porém, o aquecimento da erva-mate não apenas inativa as enzimas, mas remove parte da umidade presente na folha, fazendo uma pré-secagem do produto. Deste modo, foi estudada a remoção de água durante o sapeco da erva-mate. Para tanto foram coletados dados nos cinco sistemas estudados, os quais foram empregados em cálculos cujos resultados obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados do estudo do sapeco nos sistemas de cancheamento.

Índices de Desempenho	Sapecador / sistema de processamento				
	01	02	03	04	05
Erva-mate processada (kg/h)	1300	2000	3000	2500	1400
Água evaporada no sapeco (%)	52,8	63,0	67,6	63,6	54,6
Eficiência					
Energética (%) – energia térmica	10,1	12,5	18,3	15,7	14,9
Remoção de umidade (kg/MJ)	0,043	0,053	0,077	0,067	0,063
Consumo					
Energético específico (energia térmica) (kJ/kg de água evaporada)	23.240	18.903	12.881	15.039	15.873
Específico de energia térmica (kJ/kg do produto)	10.587	10.821	8.299	9.238	6.965
Específico de energia elétrica (MJ/kg do produto e (kWh/kg)	0,0220 (0,0061)	0,0126 (0,0035)	0,0312 (0,0092)	0,0122 (0,0034)	0,0194 (0,0054)
Específico de lenha (kg/kg do produto)	0,60	0,62	0,48	0,53	0,40

É importante reafirmar a inativação de enzimas e não a secagem do produto como objetivo do sapeco. Assim, se considerado este objetivo principal, estudos de avaliação do processo devem incluir a análise da atividade enzimática. No entanto, a avaliação do sapeco como uma operação de secagem se justifica, considerando que ocorre efetivamente remoção de água do produto durante o processo na faixa aproximada de 52% a 67% (Tabela 2). A secagem, por sua vez, é realizada na erva-mate sapecada, o que torna importante conhecer o efeito do sapeco sobre as características da erva-mate verde e os consumos de energia neste processo.

Se considerado o consumo de energia e a massa de água evaporada durante o sapeco, o processo mostra um consumo elevado. Os valores apresentados por MUJUNDAR e MENON (1995) indicam que os secadores rotativos consomem entre 4600 a 9200 kJ para cada quilograma de água evaporada (consumo específico de energia térmica). A Tabela 2 mostra um consumo de energia diferenciado entre os cinco sistemas testados, entretanto uma parte dos equipamentos apresenta desempenho dentro desta faixa de consumo, ou seja, da mesma ordem que os secadores rotativos.

Considerando-se os desempenhos dos sapecadores de cada um dos sistemas, nota-se uma tendência de melhores resultados para equipamentos de maior tamanho. Assim, os sapecadores 3, 4 e 5, mostraram melhor desempenho energético considerando os parâmetros de Consumo e Eficiência.

A massa de água evaporada na erva-mate nos cinco sistemas estudados, bem como os dados de umidade da erva-mate sapecada, indicam que o sapeco é responsável pela remoção de grande parte da água presente na matéria-prima, fato já destacado por KÄNZIG (1996).

CONCLUSÕES: Apesar do sapeco ser uma operação realizada para inativar enzimas associadas à degradação da matéria-prima, verificou-se que esta operação é responsável pela remoção de boa parte da água presente no produto. Entretanto, isto ocorre mediante o consumo de grande quantidade de energia na forma de lenha, tornando necessária uma avaliação criteriosa da operação, por suas implicações econômicas e ambientais. Os dados levantados a campo mostram que há uma tecnologia já sedimentada para a condução desta operação durante o cancheamento da erva-mate.

AGRADECIMENTOS: Trabalho desenvolvido com apoio da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná - Programa de Apoio à Pesquisa Básica e Aplicada (003/2001) - Projeto "Processamento de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no Paraná"

REFERÊNCIAS

- ANDRADE F. M. de **Diagnóstico da Cadeia Produtiva da *Ilex paraguariensis* St. Hill, Erva-Mate**. São Mateus do Sul: Fundo Brasileiro para a Biodiversidade/FUNBIO, 1999. s.p.
- DESER - Departamento de Estudos Sócio-Econômicos Rurais. **A Cadeia Produtiva da Erva-Mate. Informativo de Conjuntura Agrícola e Comercialização do Alto Uruguai**. Curitiba, n.3. 13p. Set/Out 2001.
- FERREIRA FILHO, J.C. **Cultura e preparo da erva-mate**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1948. 53 p. (Serviços de Informação Agrícola, 680).
- KÄNZIG, R.G. Transformación primaria. In: Yerba Mate: Curso de Capacitación en Producción, 3., 1996, Misiones. **Resúmenes...** Cerro Azul: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1996. p.129-139.
- MACCARI JUNIOR, A. (coord.) **Produtos Alternativos e Desenvolvimento da Tecnologia Industrial na Cadeia Produtiva da Erva-Mate**. Curitiba: Câmara Setorial da Cadeia Produtiva da Erva-Mate do Paraná/Ministério da Ciência e Tecnologia/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2000. p.136-160.
- MACHADO, L.S.; NOLL, I.B.; SCHENKEL, E.; TOLEDO, M.C.F. Preliminary study on the contamination of mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) by benzo(a)pyrene. **1996 IFT annual meeting: book of abstracts**, p. 27, 1996.
- MUJUMDAR, A.S.; MENON, A.S. Drying of Solids: Principles, Classification, and Selection of Dryers. In: MUJUMDAR, A.S. **Handbook of industrial drying**. New York: Marcel Dekker, Inc, 1995. p.1-39.
- PAKOWSKI, Z.; MUJUMDAR, A. S. Basic Process calculations in drying. In: MUJUMDAR, A.S. **Handbook of industrial drying**. New York: Marcel Dekker, Inc, 1995. p.71 à 112.
- PAULA, R.D.G. **Novos estudos sobre o mate**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, Ministério da Indústria e do Comércio, 1968. p.12,
- PERALTA, J.M.; SCHMALKO, M.E. Modelado de la transferencia de calor y materia en el sapecador. Congresso Sul-Americano da Erva-Mate, 3., 16 a 19 de novembro de 2003. Chapecó (SC); **Anais...** Chapecó: EPAGRI, 2003. CD.
- PEREIRA, C.P.; TOLEDO, M.C.F.; NOLL, I.B. **B(a)P in Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) processed by Liquefied Petroleum Gas**. Resumo de trabalho. Disponível na Internet. <http://www.confex.com/ift/99annual/abstracts/4420.htm>. 04 ago.2000.
- VALDUGA, A.T.; FINZER, J.R.D.; MOSELE, S.H. **Processamento de Erva-Mate**. Erechim, RS: EdiFAPES, 2003. p.33-48.
- VALDUGA, E. **Caracterização química e anatômica da folha de *Ilex paraguariensis* Saint Hilaire e de algumas espécies utilizadas na adulteração do produto**. Curitiba, 1995. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. 97 p.