



CAPACITAÇÃO

PARA A TOMADA DE DECISÕES NA ÁREA DE

ENERGIA



**ENCONTRO SOBRE ENERGIA
NO CAMPO**

Itajubá, Julho de 1986



PROJETO FINEP/PNUD/UNESCO - BRA 82/004

ENCONTRO SOBRE ENERGIA NO CAMPO

ITAJUBÁ, JULHO DE 1986

Organizadores

Grupo de Agroenergia da Escola Federal de Engenharia de Itajubá

Patrocinadores

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos
Secretaria de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

FUPAI - Fundação de pesquisa e assessoramento à indústria

Editores:

Afonso Henriques Moreira Santos
Luiz Augusto Horta Nogueira
- Grupo de Agroenergia -

As idéias expressadas pelos autores dos artigos assinados, são próprias dos mesmos e não refletem necessariamente as da Unesco. As designações usadas, as expressões e a apresentação adotada para todos os materiais desta publicação, não devem ser interpretadas por algum país ou território, como uma aproximação com seu regime político ou com a delimitação de suas fronteiras.

Impresso em 1990 pelo Escritório Regional de Ciência e Tecnologia da Unesco para a América Latina e o Caribe - ROSTLAC - Montevideu - Uruguai

APRESENTAÇÃO

As questões associadas ao uso e produção de energia no âmbito rural apresentam vários componentes que qualificam sua importância, segundo diversos enfoques e permitem sua consideração de forma abrangente. Conforme os balanços nacionais e regionais, a demanda de vetores energéticos comerciais associada ao segmento agropecuário é reduzida relativamente à demanda total, e de "per si" não justificaria um maior esforço para análise e planejamento.

No entanto, é fundamental que se considerem outros aspectos. O desenvolvimento do setor agropecuário brasileiro é essencial dentro das metas de crescimento de nosso país, e a obtenção de melhores índices de produtividade passa necessariamente pela incorporação intensa de fatores tecnológicos, dentre os quais se destaca a energia seja de forma direta ou embutida em insumos e equipamentos. Ainda que se questione a aceitação e apropriação passiva de concepções e modelos característicos de países mais desenvolvidos, é evidente que para atenuar nossa quase sistemática dependência externa de alimentos básicos e manter o saldo positivo na exportação de bens agrícolas, será necessário dispor de farta energia, consumida desde as operações de preparo do solo até a colheita, pré-processamento e transporte, incluindo os tratos culturais e a irrigação.

Além de seu papel dinamizador da produção agropecuária, a presença da energia no contexto rural é um fator importante para a aquisição e difusão de melhores condições de vida para a população aí residente. Este componente social é significativo, sobretudo quando se consideram as condições de carência energética em que vivem a expressiva maioria dos habitantes da zona rural.

O reconhecimento desta multifacetada importância da energia no meio rural, no âmbito de nossos propósitos de crescimento harmônico, não é um conceito novo. Provavelmente tais idéias já estavam subjacentes nos programas de eletrificação rural, há cerca de 25 anos. Mas sem dúvida foram as profundas mudanças vividas nos últimos 10 anos em nosso país, no seio da denominada crise energética e dentro de um processo de modernização da economia que melhor explicitaram a grande responsabilidade do planejamento energético rural, buscando o uso racional dos recursos locais e o incremento da produção e dos padrões de bem-estar.

Para aprofundar estas questões, houveram algumas reuniões e seminários a nível nacional, sempre procurando considerar sua interdisciplinariedade e, em certas oportunidades, seus aspectos regionais. Não obstante, resta muito por estudar, discutir e compreender principalmente quando programas de Irrigação e Reforma Agrária passam ao plano das ações. Foi buscando quando não respostas, maiores perguntas, que o Grupo de Agroenergia da Escola Federal de Engenharia de Itajubá propôs o ENEC - Encontro sobre Energia no Campo. Contando com o decisivo apoio da FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos/MCT, da Secretaria de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais e da FUPAI - Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria, foi possível reunir, por quatro dias, em julho de 1986, cerca de cem pesquisadores e interessados sobre o assunto.

As conclusões obtidas e posteriormente encaminhadas a diversos órgãos de decisão e divulgadas na imprensa, a profundidade e a amplitude das discussões e o ambiente amistoso e produtivo formado durante o Encontro foram os índices de seu sucesso. Para alargar seus resultados, este volume traz as conclusões e a maior parte dos trabalhos apresentados. Infelizmente foi impossível obter em tempo hábil a totalidade dos trabalhos, mas o que se logrou reunir representa bem como se desenvolveu o Encontro sobre Energia no Campo.

Com esta publicação se espera ter uma contribuição efetiva para a análise e compreensão das questões agroenergéticas, no ensejo de despertar a atenção de planejadores e estudiosos para um tema apaixonante e fundamental.

ÍNDICE

Temário	1
"Carências imediatas da agricultura brasileira: reforma agrária e irrigação" Mário Ramos Villela Secretário da Agricultura e Pecuária de Minas Gerais	5
Circuito Agroenergético	19
Trabalhos	
DEMANDA DE ENERGIA NO MEIO RURAL	25
- Evolução do Consumo de Energia no Setor Agrícola: Aspectos Macroeconômicos Roberto Iazlovitch Besnosik	27
- Usos de Lenha no Setor Rural Eduardo Costa Vasconcelos	49
- Energia para Atividades Agro-Pastoris Francisco Sayão Lobato	65
ESTUDOS DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ENERGIA	73
- Perfil do Consumo Energético do Setor Agrícola do Estado de São Paulo Sinclair Mallet - Guy Guerra	75
- Desempenho de Tratores Agrícolas Eduardo Godoy de Souza	87
- Uso de Energia para Irrigação Edson Eiji Matsura - Eduardo Costa Lima Silva	113

- A Lenha como Combustível Doméstico Omar Campos Ferreira - Ademir Antonio Guarnieri Jair Carlos Mello	125
- Eficiência da Maquinária Agrícola Marcos Milan	149
COMBUSTÍVEIS E TRACÇÃO	165
- Óleos Vegetais: Produção e Uso Automotivo no Meio Rural Hermano Peixoto de Oliveira	167
- Considerações Gerais sobre a Estação de Biogás Automotivo a Baixa Pressão da UNESP Luiz Carlos Beduschi - Antonio Francisco Ortolani Osvaldo Coan	181
SUPRIMENTO ELÉTRICO	189
- Microcentrais Hidráulicas para o Meio Rural Zulcy de Souza	191
- Pequenas Centrais Termelétricas com Locomóveis Luiz Augusto Horta Nogueira - Afonso Henriques Moreira Santos	199
SUPRIMENTO DESCENTRALIZADO	215
- Energia Eólica Telmo Silva de Araújo	217
- Energia Solar: Aquecimento e Refrigeração Genésio José Menon	247
- Secagem com Energia Solar Juarez de Sousa e Silva - Paulo César Correa	267
- Integração Energética do Gasogênio em Sistemas de Secagem José Tomaz V. Pereira	287
ESTRATÉGIAS DE INTRODUÇÃO DE NOVAS FONTES ENERGÉTICAS NO MEIO RURAL	305
- Avaliação da Indústria de Equipamentos de Pequeno e Médio Porte para Aproveitamento de Fontes Renováveis de Energia Fernando Sérgio Bonanni	307

- Produção Integrada de Energia e Alimentos: Uma Resposta ao Desafio Agrícola do Terceiro Mundo? Emílio Lèbre La Rovere	319
- Experiência da Extensão Rural no Setor Energético Élio Sette	335
Conclusões e recomendações do ENEC Encontro sobre energia no campo	341
Participantes do encontro sobre energia no campo	349

* * *

ENCONTRO SOBRE ENERGIA NO CAMPO
TEMÁRIO

ABERTURA: "Carências imediatas da agricultura brasileira: reforma agrária e irrigação"
Mário Ramos Villela
Secretário da Agricultura e Pecuária de Minas Gerais.

GRUPO 1 - DEMANDA

- 1.1 -Evolução do consumo de energia no setor agrícola: aspectos macroeconômicos
Responsável: Roberto Iazlovitch Besnosik
Instituição: AIE/COPPE/UFRJ
- 1.2 Desenvolvimento de novas fronteiras agrícolas e a demanda energética associada
Responsável: Maurílio Galvão da Silva
Instituição: SEPLAN - Porto Velho - RO
- 1.3 Consumo de lenha no setor rural
Responsável: Eduardo Costa Vasconcelos
Instituição: CETEC - Belo Horizonte - MG
- 1.4 Características da demanda de energia elétrica no setor rural
Responsável: Levindo Coelho
Instituição: CEMIG - Belo Horizonte - MG
- 1.5 Consumo atual e evolução da demanda de derivados de petróleo do setor agrícola e de áreas remotas
Responsável: Francisco Sayão Lobato
Instituição: CNP - Brasília - DF

COORDENADOR: Sérgio Valdir Bajay
Instituição: UNICAMP
Pela EFEI: Arnóbio Cavalcanti Filho

GRUPO 2 - CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO

- 2.1 Perfil energético da agroindústria
Responsável: Sinclair Mallet Guy Guerra
Instituição: CEESP - São Paulo - SP
- 2.2 Eficiência de motores para uso agrícola
Responsável: Eduardo Godoy de Souza
Instituição: CENEA - Sorocaba - SP
- 2.3 Uso de energia para irrigação
Responsável: Edson Eiji Matsura
Instituição: FEAgri - UNICAMP - Campinas - SP
- 2.4 Conservação de energia em fogões a lenha
Responsável: Omar Campos Ferreira
Instituição: UFMG - Belo Horizonte - MG
- 2.5 Eficiência de maquinária agrícola
Responsável: Marcos Milan
Instituição: ESALQ - Piracicaba - SP

COORDENADOR: Ademar Brandini
Instituição: EMBRAPA - Brasília - DF
Pela EFEI: Eli Silva

GRUPO 3 - COMBUSTÍVEIS E TRACÇÃO

- 3.1 Óleos vegetais: produção e uso automotivo no meio rural
Responsável: Hermano Oliveira
Instituição: CEPED - Salvador - BA
- 3.2 Biogás automotivo
Responsável: Oswaldo Coan
Instituição: UNESP - Jaboticabal - SP
- 3.3 Automotores com gasogênio
Responsável: Ricardo Cunha Antunes
Instituição: DAE/Secretaria de Minas e Energia - Belo Horizonte - MG
- 3.4 Micro destilarias de álcool
Responsável: Antonio Carlos R. Gonçalves
Instituição: EMBRAPA - Brasília - DF

3.5 Tração animal

Responsável: Paulo Roberto Abreu de Figueredo
Instituição: IAPAR - Pato Branco - PR

COORDENADOR: Jair Carlos Mello

Instituição: UFMG - Belo Horizonte - MG

Pela EFEI: João Batista Turrioni

GRUPO 4 - SUPRIMENTO ELÉTRICO

4.1 Pequenas Centrais Hidrelétricas - enfoque pa
ra microcentrais
Responsável: Zulcy de Souza

4.2 Pequenas Centrais Termelétricas
Responsável: Luiz Augusto Horta Nogueira
Instituição: EFEI - Itajubá - MG

4.3 Suprimento de energia elétrica nas áreas ru-
rais de Rondônia
Responsável: Edireza Garcia Ferreira
Instituição: CERON - Porto Velho - RO

4.4 Planejamento e operação dos sistemas elétricos
rurais: índices de desempenho
Responsável: Nelson da Silva Rosa
Instituição: ELETROBRÁS - Rio de Janeiro - RJ

4.5 Extração de pequenas potências de linhas aé -
reas de transmissão, para o meio rural
Responsável: Renato de Aquina Faria Nunes
Instituição: EFEI - Itajubá - MG

COORDENADOR: David de Sousa

Instituição: ESAL - Lavras - MG

Pela EFEI: Germano Lambert Tôrres

GRUPO 5 - SUPRIMENTO DESCENTRALIZADO

5.1 Energia eólica
Responsável: Telmo Araújo
Instituição: UFPB - Campina Grande - PB

5.2 Biogás
Responsável: Percy Idelfonso Spitzuer Júnior
Instituição: Universidade Estadual de Maringá -
Maringá - PR

- 5.3 Energia solar: aquecimento e refrigeração
 Responsável: Genésio José Menon
 Instituição: EFEI - Itajubá - MG
- 5.4 Energia solar: Secagem de grãos
 Responsável: Juarez Souza e Silva
 Instituição: UFV - Viçosa - MG
- 5.5 Integração energética do gasogênio em sistemas de secagem
 Responsável: Tomaz Vieira Pereira
 Instituição: UNICAMP - Campinas - SP

COORDENADOR: Antonio Rene Irurra
 Instituição: CNPq - Brasília - DF
 Pela EFEI: Sebastião Varella

GRUPO 6-- ESTRATÉGIAS DE INTRODUÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA NO MEIO RURAL

- 6.1 Situação da indústria nacional como fornecedora de equipamentos energéticos com fontes alternativas.
 Responsável: Fernando Sérgio Bonanni
 Instituição: EFEI - Itajubá - MG
- 6.2 Experiência da extensão rural no setor energético
 Responsável: Élio Sette
 Instituição: ACARPA - Curitiba - PR
- 6.3 Linhas de crédito para o setor agroenergético
 Responsável: Jorge Abreu
 Instituição: BNDES - Rio de Janeiro - RJ
- 6.4 Fomento a pesquisa sobre fontes e usos energéticos no meio rural
 Responsável: Emílio Lèbre La Rovere
 Instituição: FINEP - Rio de Janeiro - RJ
- 6.5 Experiência cooperativista no suprimento energético agrícola
 Responsável: Orlando Ferreira de Freitas
 Instituição: Coop. Bom Despacho - MG

COORDENADOR: Flávio Azambuja
 Instituição: Ministério das Minas e Energia - Brasília - DF
 Pela EFEI: Eliseu Augusto Vicente

CARÊNCIAS IMEDIATAS DA AGRICULTURA
BRASILEIRA REFORMA AGRÁRIA E IRRIGAÇÃO

Mário Ramos Villela ()*

(*) *Secretário da Agricultura e Pecuária de Minas Gerais.*

Nós recebemos com muita satisfação o convite convocação para vir a esse encontro participar da sua abertura. E essa satisfação decorre não só da posição episódica que ocupamos de Secretário de Estado da Agricultura e Pecuária, mas sobretudo de um profissional ligado ao setor agrícola por vocação e teimosia, a questão energética tem para nós da agricultura, aliás, para todos os setores, um papel, uma importância crucial. Para nós da agricultura quem sabe maior, face à atualidade da questão agrícola no nosso País. Certamente que a nossa participação servirá muito mais como um esquentar de motores na medida em que não sendo especialista na área energética certamente não traríamos uma contribuição substantiva para a discussão que se faria, a não ser o testemunho de algumas questões relevantes que passam necessariamente pela questão energética. Foi assim que entendemos essa proposta de participação no evento.

Nós não gostaríamos de tomar muito tempo porque analisando o temário desse encontro vimos nele uma oportunidade rara de se penetrar a fundo todas as questões pertinentes ao problema energético sobretudo no campo, e o campo não só como consumidor de energia, mas principalmente produtor de energia e um produtor extremamente importante na matriz energética do nosso estado. Alguns aspectos que certamente ajudarão a entendermos a complexidade desta questão passam necessariamente pela contribuição que a agricultura classicamente tem que dar à sociedade como um todo, as dificuldades que ela tem encontrado para cumprir este papel e um esboço rápido do cenário que nos espera se tudo permanecer constante ou se outras coisas acontecerem de sorte a facilitar ou a dificultar o papel que essa agropecuária tem que desempenhar.

Evidentemente o quadro referencial será o nosso estado. O nosso estado tem esse privilégio de ser uma amostra relativamente bem representativa do País. Tirante a Amazônia que nós não temos uma amostra em Minas, as outras regiões todas têm aqui um pouquinho, um pedacinho dela. De modo que para aqueles que não estão vinculados a Minas Gerais é possível que algumas inferências possam ser feitas para um quadro geral de referência do País como um todo.

A história da agricultura em nosso País certamente tem um marco extremamente importante, 1922. Nós costumamos analisar como referência 1930 porque marcou efetivamente o início da proposta industrialista do nosso País, mas as condições políticas para que nós chegássemos em 30 com uma proposta de desenvolvimento via industrialização tem as suas raízes no tenentismo. Foi ali que a sociedade brasileira tomou uma decisão de que faria realmente a sua caminhada em busca do desenvolvimento, do progresso e da afirmação através da industrialização. Foi ali que se criaram as condições políticas para que essa opção fosse tomada. Em 1930, veio o desaguadouro desta opção.

Normalmente se afirma que a proposta da industrialização ser o melhor caminho para a sociedade brasileira e para o País. Têm sido referendado, com muita afirmação, com mais força nos períodos democráticos da nossa atribulada vida institucional. Na verdade os governos democráticos é que têm tido condição, via respaldo popular de consolidar essa afirmação.

Esse é um dado importante porque se costuma, sobretudo nós da agricultura costumamos, imaginar que esa via industrialista é um hábito de força e não tem sido. A história tem mostrado que não, a sociedade brasileira efetivamente optou por este caminho e quanto mais ela é chamada a participar, mais e la tem dado legitimidade a este processo. Os primeiros sinais do Plano Cruzado parecem confirmar esta hipótese de trabalho.

Evidentemente que para construir isto que nós temos hoje, que chamamos oitava economia do mundo e um Parque Industrial invejável, a agricultura brasileira teve sua contribuição substantiva. Para a primeira fase foi dela, drenado o capital que formou a massa crítica que fundou as bases da Indústria Nacional. Evidentemente que talentos também foram dela requeridos, e mão-de-obra nem contar. De sorte que nós desaguamos no final do século com agricultura, certamente marcada por esta drenagem. Drenagem que tem deixado sulcos profundos, algumas cicatrizes não fechadas. Principalmente, porque diferentemente de

outras nações do mundo, chamadas desenvolvidas, a demora para os setores que construíram através dessa sangria de recursos de toda ordem da agricultura, em começar a exercer o verbo devolver, sabidamente um verbo de difícil conjugação.

Essa demora em devolver à agricultura aquilo que ela emprestou tem trazido algumas dificuldades para continuando a contribuição clássica que todas as agriculturas dão. Isso tem contribuído marcadamente para algumas desigualdades que notoriamente o nosso País ainda vive. A sua função clássica de produzir alimentos, do ponto de vista da sociedade urbana ao mais baixo custo possível que as tecnologias permitam, tem sido bastante dificultada por esta letargia no processo de devolução. A agricultura para continuar desempenhando este papel, que tem uma forte contribuição para a equidade, tem tido algumas dificuldades porque estamos demorando a devolver por exemplo, capitais nas condições que ela forneceu para que possa se construir uma agricultura no tamanho da expectativa e da realidade de um País hoje com 135 milhões de habitantes e um componente muito grande de habitantes ainda com grande parcela da sua renda comprometida com alimentação.

Alguns obstáculos inerentes ao próprio setor têm dificultado isto. À luz de comparações nem sempre fáceis de serem feitas, porque em realidades diferentes, tem-se mostrado a nossa agricultura com um desempenho funcional, ou seja, ela tem respondido ao que tem sido solicitado, no aspecto de contribuição para a equidade nem sempre tem sido assim. Isso passa necessariamente para aspectos como estruturas fundiárias uma questão para a qual há o interesse de explorar nesse encontro, e aspectos de tecnologias e de aproveitamento de recursos naturais que poderiam, ser melhor utilizados, dar uma contribuição substantiva para atender a função de produzir insumos fundamentais para os outros setores e para a sociedade. E que na verdade não tem acontecido.

Sob o aspecto de estrutura fundiária, o nosso estado também é exemplo de uma realidade muito próxima da realidade nacional. Nós temos aqui um Princípio de Pareto funcionando às avessas. De cerca de 83% dos agricultores potencialmente aptos a darem a contribuição tanto na produção de alimentos como na produção de excedentes exportáveis, essenciais para o equilíbrio de nossa balança comercial, funções agora ampliadas com a produção de biomassa para energia, dispõem de apenas 23% das terras. A questão de modificação da estrutura fundiária tem muito a ver com outras restrições que o País tem, como obstáculos que impedem sua caminhada na senda do desenvolvimento mais harmônico.

Seria bom que se tentasse ver isso à luz da responsabilidade da agricultura em um futuro previsível. No horizonte de 10 anos não seria muito, mas também não é pouco para se fazer previsão e cotejar essa responsabilidade para os próximos 10 anos com desempenho recente dos últimos 10 anos. Esse é um quadro de referência, que parece oportuno para se entender por que o melhor desempenho do setor agropecuário passa por uma reflexão da estrutura fundiária hoje existente. Passa também pela necessidade de colocarmos recursos a serviço da maior produtividade agropecuária e passa pelos cuidados que deveremos ter para que na busca da otimização não se perca pela miragem da maximização que necessariamente não passa pelo equilíbrio no uso de recursos colocados, a disposição da sociedade.

Podemos definir um cenário imaginário que a população brasileira nos próximos 10 anos poderá chegar a uma taxa incremental anual de 2%. Não é ilusório pensar isso com a taxa dos últimos 10 anos de 1,5% e com a tendência que se tem de declínio. Alguns outros especialistas imaginam que essa taxa vai ficar em 2,2%, mas vamos trabalhar com 2% porque é um número que me parece adequado, inclusive porque penso devia aspirar a ele. Se nós imaginarmos que a renda geral da população cresça a 4% que é uma expectativa dos planos de desenvolvimento, não só as propostas explicitadas, mas parece que vem contida dentro do plano de metas que está por sair, imaginando uma elasticidade - renda dos alimentos de um modo geral variando de 0,5% para os básicos e 1% para alguns produtos chamados nobres como proteínas animais de origem animal, produtos que fornecem sais minerais e vitaminas como os hortigranjeiros de um modo geral, ter-se-ia aí uma contribuição para incrementada demanda de alimentos nos próximos 10 anos variando entre 2% a 4%. A contribuição para a exportação é difícil de dimensionar, embora ela possa ser controlada, o mesmo passando com a produção de biomassa energética, cuja demanda também pode ser controlada já que é administrada pelo governo. Estimando em cerca de 3% esta taxa anual de crescimento, tem-se uma necessidade anual de incremento da produção para alimentos da ordem de 5% para os básicos ou 7% para alguns produtos nobres. Estas estimativas são frutos de um trabalho de um grupo de pesquisadores da EMBRAPA da área de irrigação reunidos pelo seu então Presidente Eliseu Alves desenvolveu um cenário buscando saber qual a contribuição que a agricultura irrigada poderia dar ao País. O Dr. Eliseu, agora envolvido com o Programa de Irrigação na medida em que ele dirige uma empresa do Governo voltada para o programa de irrigação a CODEVASF trabalhou melhores

ses dados e o que se está fornecendo aqui é fruto da contribuição destes pesquisadores. Outro pesquisador ligado a esse problema de produção de alimentos no Brasil, Fernando Homem de Melo, da USP, tem estimativas que não fogem muito disto, de modo que 5 e 7% ao ano, deve ser um incremento de demanda por produtos originários da agricultura na próxima década.

Considerando os dados de produção da safra 84/85, houve uma produção de 54 milhões de toneladas de grãos. É preciso se preocupar com grãos porque, na verdade, 70% da população brasileira tem como principal carência o déficit calórico, e os grãos em nosso País são a principal fonte de calorias para a população. A preocupação com produtos de abastecimento interno depende da quantidade de gente que deve se alimentar, antes de pensar em alimentar outros ou pelo menos concomitantemente, como costuma acontecer. Nós produzimos esses 54 milhões de toneladas em 50 milhões de hectares. Se imaginarmos esse crescimento de 5% ao ano, precisamos chegar em 1995 não com 54 milhões de toneladas de grãos. Se nós não tivéssemos melhoria na produtividade, continuando com 1.06 toneladas por hectare, seria preciso acrescentar aos 50 milhões de hectares, 31 milhões de hectares, vale dizer 3.1 milhões de hectares ao ano, o que não é um incremento fácil de obter-se de agora para frente. A razão fundamental disso ser mais difícil é que nós estamos no limiar do esgotamento da expansão da área agricultável. Eu vou falar sempre em área agricultável, pois são duas coisas bastante diferentes. Esse incremento agora vai ser mais difícil, especialmente porque nós estamos no limite da expansão da fronteira agrícola externa. Aumentos de áreas para colocar a serviço da agricultura não serão tão fáceis de obter como nós tivemos nos últimos 20 anos, sobretudo na década de 70 em que se incorporou no centro sul a nossa última fronteira agrícola à produção, os cerrados através da sua conquista pela tecnologia agropecuária nacional.

A nossa última fronteira agrícola externa está muito longe, chama-se Amazônia. Nós a conhecemos ainda pouco, e estamos fazendo um esforço muito grande de pesquisas naquela região. Apenas começamos, é muito tarde e seria uma temeridade querer transportar para a Amazônia os sistemas de cultivos e os cultivos que temos no centro sul sob pena de efeitos deletérios de monta. E se isso houvesse, nós temos um problema que é distância para os produtos de baixa densidade econômica como pode acontecer com os grãos, que são nossa preocupação mesmo que nós tivéssemos uma tecnologia disponível na Amazônia, certamente o custo de transporte no espaço destes produtos tal

vez os tornassem gravosos. Nós deveríamos imaginar que vanta gens comparativas o centro-sul continuaria tendo para este grupo de produtos. Evidente que a Amazônia pode se dar uma con tribuição muito grande em outras áreas.

Então nós vamos ter que ter estes incrementos agora não só com a componente expansão de área, mas via incrementos de produtividades. E aí vem a questão exatamente de como nós podemos fazer isso: administrando o conflito que às vezes o uso intensivo de áreas pode trazer, sobretudo quando tecnologias não são ainda disponíveis. Os aspectos ambientais que nós temos hoje à flor da pele são outra restrição importante. É claro que terras que estão ociosas por imposição mesmo dos cultivos e das tecnologias, terras em descanso, nós temos um grau de liberdade muito curto, a menos que as tecnologias novas in diquem tempo mais curto de exploração. Não temos muito o que fazer a não ser continuar deixando terras em descanso para recu perar níveis de produtividade e economicidade que sem o des canso não se obteria.

Algumas áreas não estão sendo exploradas porque existem os problemas tecnológicos. Um exemplo clássico no nosso estado são as várzeas. Certamente nós hoje dispomos de tecnologia que pode colocá-las a serviço da agricultura através de drena gem e irrigação. Nós ainda temos algumas dificuldades de me dir o impacto ambiental neste caso, pelo fato de estarmos u sando essas várzeas apenas recentemente.

Nós vemos terras que não estão sendo incorporadas ao pro cesso produtivo por reserva de valor. Evidentemente que não há outro caminho que não a ação coercitiva de dar uma opção: ou essas terras são colocadas a serviço da produção de alimentos ou elas são alienadas e colocadas nas mãos de quem queira par ticipar disso. Aí é que a fronteira Amazônica pode ser um ca minho a resolver este conflito que já está instalado e que es tá agora dominando. Nós perdemos na década de 70 a grande o portunidade de administrar esse conflito, da pressão pela terra para ser colocada a serviço da sociedade como um bem so cial que é, produzindo bens que a sociedade demandaria. Quando se começou o início da incorporação da fronteira do centro-oeste e sobretudo a Amazônia ao processo produtivo nacional, de veríamos ter levado em conta que historicamente essas fronte i ras, as últimas fronteiras, sempre foram utilizadas como uma válvula de descompressão do problema fundiário nas áreas já ocupadas. E na verdade uma substituição de atividades, a pecuá

ria extensiva que normalmente é o desbravador de toda fronteira, tende a caminhar na medida em que essas áreas mais próximas aos grandes estômagos são chamadas a uma atividade mais intensiva. Isso é secular e universal. Então na verdade o centro-oeste, sobretudo o oeste e a área Amazônica poderiam ter dado uma contribuição muito maior se isso tivesse sido levado em conta. Nós precisamos fazer aqui no centro-sul no ramo da pecuária, a pecuária intensiva e destinar essas áreas novas para estas atividades extensivas.

Deveríamos também dentro desta grande área, deixar áreas que a medida que a tecnologia fosse mostrando poderiam ser usadas para substituição de agricultores que, dominando o processo produtivo no centro-sul tinham terras como fator limitante. Nós tivemos alguns espasmos nesta direção, mas a grande utilização que se deu para a nova fronteira foi para grandes empreendimentos, inclusive com finalidades especulativas notórias. Hoje nós temos a dificuldade de ter o grau de liberdade desejável para usar aquela área, primeiro para substituir as atividades extensivas do centro-sul, onde não cabem mais pela pressão que a sociedade faz sobre estas áreas, para colocá-las a serviço da produção de bens. Agora as dificuldades são notoriamente maiores e a pressão que se vê contra o processo de Reforma Agrária parte exatamente dos setores que estão fazendo atividades extensivas no centro-sul, onde não cabem e cada vez não vão caber mesmo. Eles são os primeiros a resistir a idéia de passar para atividades intensivas ou então de passar para outrem a exploração dessas áreas. O compilador disso e o magnificador desse impasse é exatamente um descuido que nós tivemos de fazer a utilização das novas fronteiras como um instrumento de descompressão de tensões que inevitavelmente viriam para essas áreas. A questão não é muito mais de racionalidade do que de emoção, certamente existente quando o conflito é exacerbado.

Claramente o processo de melhorar esse perfil de tenência de terra no centro-sul passa por um reclamo da sociedade e não por um capricho de um governo. Na verdade não se pode dar ao luxo de capricho um governo, mas para refletir na verdade anseios e administrar inclusive os conflitos de anseios conflitantes desta sociedade é que temos na verdade de fazer um processo de transformação das atividades extensivas que ainda existem no centro-sul para atividades intensivas. Porque na verdade terra agricultável é muito mais finita do que terra recurso natural. Os recursos que são necessários para transformar terra recurso natural

em terra agricultável são de tal volume, sobretudo em países onde os outros setores não conjugam o verbo devolver, que não é muito fácil a gente pôr como sinônimo um espaço recurso natural como espaço dedicado à agricultura. Evidentemente isso envolve custos e, se houver a disponibilidade de devolver, mesmo assim, existem custos que precisam ser analisados e que tornam às vezes, o aspecto de vantagens comparativas um fator limitante para uma agregação de mais terras. É assim que a questão fundiária me parece que do ponto de vista da racionalidade, para não estendermos mais. Nós temos que mudar o perfil tecnológico da agropecuária do centro-sul e isso passa necessariamente por uma decisão primeiro do proprietário de fazer essa mudança e em não a fazendo e resistindo a fazê-la, aceitar a idéia de que alguém vai participar é trato de terra que ele ocupa dessa experiência. Essa me parece a questão que envolve o processo da imprescindibilidade de um processo de Reforma Agrária. Não de mera distribuição de terra, estou falando em mudança de perfil tecnológico e não em mudança de mãos apenas da propriedade.

Para nós crescermos 3.1 milhões de hectares por ano nós vamos ter que fazer um esforço muito grande é na busca de maior produtividade. Essa maior produtividade para que se possa ter aqueles 34 milhões de toneladas ao final de 10 anos. Muita gente pode dizer assim: "puxa, nas de 70 até agora a gente ficou praticamente nos 50 milhões de toneladas", que é um número decantado em prosa e verso, mas é preciso analisar o custo social desse marasmo. Evidentemente que nós temos hoje uma disponibilidade de alimentos per capita muito menor da que tínhamos na década de 70. Esse é um aspecto de iniquidade muito grave. O custo social desta manutenção desses níveis de produção de alimentos no País está muito elevado. Eu acho que ninguém aceitaria isso como um custo que pudesse ser bancado por uma fração da sociedade que cada vez tem menos condições de bancá-la "ad eternum". Nós temos que colocar na cabeça que o País tem que fazer um esforço muito grande para sair disso e chegar nos próximos anos a 100 milhões de toneladas desses produtos que são essenciais. E não se sabe quais seriam as conseqüências de manutenção desse status quo.

É previsível que para incorporarmos 3.1 milhões de hectares/ano, vamos ter que intensificar o uso de algumas tecnologias que são usadas muito fracamente no nosso País. A agricultura irrigada é evidentemente uma alternativa que temos. O mesmo grupo do Dr. Eliseu fez umas simulações segundo as quais poderíamos reduzir esse número de 31 milhões de hectares

incorporados, para 4.400 milhões, resultando uma expansão de 440 por ano, se nós incorporássemos nestes 10 anos 3,5 milhões de hectares de agricultura irrigada. Desde o descobrimento até agora só se irrigou no Brasil efetivamente 1,5 milhão de hectares, portanto nós não fizemos a agricultura irrigada. Nós ocupamos a 31ª posição em agricultura irrigada e na América Latina nós somos o 5º. Nós não passamos das oitavas de final.

Evidentemente nós não temos a agricultura irrigada como uma alternativa, e talvez isso ajude a explicar inclusive por que nós não conseguimos sair dos 50 milhões de toneladas. Essa parece a proposta que o governo atual está encarando, irrigarmos, em um espaço de 5 anos, 1 milhão de hectares no Nordeste. O semi-árido teria que ser primeira prioridade porque lá efetivamente água, é um recurso mais limitante do que nas outras áreas. Agora está se elaborando um programa de 2,5 milhões de hectares, para o Brasil menos o Nordeste. Isso complementaria os 3,5 milhões de hectares que permitiria uma expansão não de 3.1 milhões de hectares em novas áreas na agricultura de sequeiro ou tradicional junto com a pouca área irrigada que tínhamos, mas crescemos 4.4 milhões de hectares que daria para 5 anos 2.2 milhões de hectares, um número factível face ao desempenho que nós tivemos no passado.

Na verdade se for analisado o conjunto dos produtos agrícolas de 77 a 84, crescemos quase 5%, cerca de 5.7%. Mas a análise agregada esconde uma distorção muito grave porque considera crescimentos por exemplo de cana de 7,8% por ano, função do Proálcool.

Inclui incrementos de 4.5% para culturas exportáveis como café, laranja e soja, mas esconde uma disponibilidade per capita dos básicos de -1,9% ao ano. Daí é que a análise agregada não ajuda muito a entender a nossa perplexidade. O desempenho recente de alguns anos atrás não nos autoriza a imaginar que se nada foi feito, as coisas melhorem. Daqui para a frente elas tendem a piorar.

E é por isso que nós vamos ter que encarar o aspecto da agricultura irrigada como uma alternativa, como uma ferramenta a mais que vamos ter que colocar a serviço da agricultura irrigada como uma alternativa, como uma ferramenta a mais que vamos ter que colocar a serviço da agricultura, inclusive, para administrar o conflito da tensão de posse da terra. Então ela pode ser e ao mesmo tempo é, uma ferramenta que nos ajuda a resolver um problema imediato e de disponibilidade física de alguns alimentos básicos, e por via de consequência estratégica para o País, realizar seus grandes objetivos da sociedade com um todo,

como também é uma fonte de distensão porque, na medida que nós não precisamos de avançar 3.1 milhões de hectares/ano, avançamos 440 mil. Evidentemente nós estamos tendo condições de administrar esses conflitos pela mudança do perfil da agropecuária, sobretudo no centro-sul, de uma forma mais planejada e mais negociada, que é a mudança da agricultura e pecuária extensiva para a agricultura e pecuária intensiva.

Essas questões todas trazem um fator complicador e agora a análise para este caso é mais grave para Minas Gerais. É o problema energético. Por uma ação deliberada do governo está havendo uma mudança no perfil energético e Minas sentiu isso na pele, a tal ponto de se chegar, segundo os dados do balanço energético estadual, em 85, com lenha e carvão representando 41% da nossa fonte de energia para todos os setores e com biomassa incluindo os outros produtos de origem vegetal, representando a metade. Como acomodar uma agricultura que precisa e ter incrementos de disponibilidade de alimentos sobretudo de algumas alimentos estratégicos, porque afetam a base da pirâmide, com essa necessidade da agricultura mineira dar uma contribuição substantiva como fonte de energia? Isso certamente será a grande questão que será discutida durante esses 3 ou 4 dias que os senhores estarão aqui. Nós vamos ter que fazer um esforço muito grande. De repente se pediu para substituir fontes de energia, mas esqueceu-se de que uma mudança nessa velocidade tão elevada se fez inclusive restringindo áreas para produção de alimentos, não se analisando o impacto global dessa decisão. Esse incremento abrupto da demanda de biomassa de maciços florestais não poderia ser respondido adequadamente.

O que nós vemos hoje é esse verdadeiro assalto que deliberadamente a sociedade está fazendo aos recursos naturais do estado. É preciso agir rapidamente, numa intensidade maior que a atual, senão nós vamos atingir o caos. Os números desse caos eu não arvoraria em repetir aqui, mesmo porque os senhores vão trabalhar sobre eles. Mas nós temos que essa é uma decisão política a ser tomada imediatamente e é bom que não se fique cobrando de outras decisões políticas. É grande a preocupação que está tendo, por exemplo, o governo em relação a isto. Evidentemente que nós não podemos pensar em atender essa demanda que pode ter alguma recaída agora face aos preços relativos de outras fontes, mas a tendência no longo prazo preocupa. É importante estarmos prevenidos, a perspectiva é de que essa demanda se não aumente, não tenha incrementos como teve nestes últimos 3 anos, apesar de uma ação deliberada de governo. Ela não tende a recuar nos níveis anteriores, sobretudo se nós inclusive colocarmos à disposição de todos os agentes econômicos, sobretudo da agricultura, alternativas para uso dessa energia mais

adequadamente, mais intensamente. Os agricultores estão usando pouca energia auto-produzida. Os senhores conhecem isso melhor do que nós e vão certamente trabalhar sobre estes dados. A medida que o agricultor for despertando para isto e uma expectativa que nós temos desse encontro é que ele nos ajude a despertar a agricultura para isto, certamente nós não teremos uma redução de demanda que deixasse o governo tranqüilo com relação à biomassa florestal.

No que tange a Minas Gerais nós temos alternativas, sobretudo para lenha e carvão, de incrementar sua produção. Todas elas passam por necessidade de financiamento, pela própria natureza, período longo de maturação deste investimento. Temos que reativar linhas de créditos que ficaram adormecidas e que precisam ser buscadas agora, temos que buscar avidamente, colocar à disposição, a um espectro maior de tomadores. As tecnologias já disponíveis sobretudo na área de Conservação de energia ou de busca de maior produtividade na exploração dos maciços sejam nativos ou artificiais, parece-me a grande batalha que temos que desenvolver e que por tão grande não pode ficar restrita a uma instituição ou a um responsável institucional. O plano de produção de biomassa em Minas passa por esta questão institucional, em que nós precisamos de mais parceiros para não ficar o "locus" dessa ação apenas num órgão estadual como o IEF, mas envolve na verdade um mutirão e passa por uma decisão política. Nós temos que ajudar cada vez mais a tornar claro que investir em atividade de produção de Biomassa, inclusive florestal, é uma questão de sobrevivência. Ou nós incrementamos isso ou nós vamos ter na verdade um impasse, quicá mais sério do que nós estamos presenciando agora com relação à tenência de terra.

E os dois podem ser convergentes para o mal como podem ser convergentes para o bem. Nós poderíamos ter uma administração deste conflito, e administrando bem este setor um ajudar o outro. Essa me parece uma questão muito boa que deveríamos nos ocupar, e nada melhor do que um Encontro como este onde não só generalistas muitos generalizantes como nós ousam levantar as questões, mas sobretudo os que os especialistas pudessem nos dar uma contribuição para fazer esse mutirão de convergência e não mutirão de divergência em que pode se transformar rapidamente questões como essa. Nós quando recebemos a programação desse Encontro ficamos muito felizes de saber que o grupo de AGROENERGIA DA EFEI já está sendo capaz de catalizar inteligências de tantas áreas, de tantas disciplinas, fazendo-as convergir para esta questão, e sobre o manto da Energia no Campo na verdade, os senhores irão aguçar aqui questões que dizem respeito a toda a sociedade e não a um grupo social só como são os agricultores.

Eu acho que as soluções que nós encontrarmos para otimizar produção e uso de energia no campo, têm um condão de contribuir significativamente para a gente resolver uma outra questão que é na verdade o uso geral de energia e a contribuição que a agricultura não conflitante pode dar para essa questão de menor dependência, de substituição de importações, todos aqueles grandes parâmetros que os grupos voltados para a energia normalmente trabalham. Nós precisamos na verdade de mexer na estrutura fundiária porque senão nós não resolveremos este desafio. O mexer na estrutura fundiária não como um fim em si mesmo mas como um meio de nós mudarmos o perfil tecnológico do Centro-Sul. Nós temos que introduzir tecnologias que estão sub-utilizadas não só pela miopia do governo mas porque certamente ainda falta muito de ciência para que nós as usando mais intensivamente não façamos de modo a degradar o próprio recurso que queremos otimizar como é, por exemplo, o recurso hídrico.

Aí está o desafio da irrigação e a questão de energia para um estado como Minas e que me parece tão agudo ou mais agudo do que estas duas questões anteriores, sobretudo pelo tempo que se precisa para mudar um perfil de oferta desse insumo básico "vis-à-vis" uma pressão de demanda jamais vista, especialmente em nosso estado, mercê de seu perfil industrial hoje extremamente dependente de fontes de energia renováveis, uma delas a biomassa. Nós ainda não conseguimos levar a pouca tecnologia existente para todos seus usuários potenciais. Esse é um problema urgente, é preciso mais tecnologia que só as usinas de conhecimentos, e aqui nós temos é partícipes de várias delas, poderiam produzir e colocar à disposição destes usuários potenciais. Gostaria de dizer aos senhores por isso tudo que a nossa expectativa é de uma enorme contribuição desse encontro.

E oxalá nós, enquanto governo e entidades do governo possamos não esquecer as recomendações e sobretudo as conclusões e os produtos que os senhores entregarão aqui. Façamos o papel de pombo-correio, levar rapidamente esses ganhos para aqueles que efetivamente em os utilizando, darão o sentido social à sua produção. Agradeço muitíssimo aos senhores a paciência de terem num encontro extremamente especializado dado chance a generalizações como a que eu ousei fazer aqui. Muito obrigado!

CIRCUITO AGROENERGÉTICO

Nosso primeiro objetivo quando imaginamos este circuito foi criar condições de uma aproximação maior entre os participantes do Encontro sobre Energia no Campo, em um ambiente estimulante para discussões no tema de interesse comum para todos nós. Além disso, é uma oportunidade para dar a conhecer um pouco esta região do Sul de Minas, e os costumes energéticos da sua zona rural, que nem todos ainda verificaram "in loco". E, finalmente, levantar algumas questões que têm sido debatidas no Grupo de Agroenergia da EFEL e que talvez possam ter respostas durante os debates do Encontro; como por exemplo a progressiva penetração das fontes comerciais de energia em detrimento do uso de recursos próprios.

O percurso escolhido se desenvolve na Serra da Mantiqueira e em uma das mais altas estradas do Estado de Minas Gerais, com diversos trechos acima de 1500 m de altitude. As propriedades rurais nesta zona, como em toda a região, são pequenas e de exploração mista de lavoura e pecuária leiteira. Planta-se entre outras culturas, feijão, batata, mandioca, banana, pera, fumo e eucalipto. Contudo, não faltam grandes fazendas, com mais de 3000 ha. Enfim, é uma região que tem um pouquinho de tudo. E com uma beleza natural meio caipira, mas real. Dentro deste panorama, procuramos destacar uma agroindústria de pequeno porte, uma micro central e uma pequena central hidrelétrica e um sistema energético integrado em uma serraria. Esperamos concluir comendo a bôia juntos, à beira d'água e à sombra das árvores

Grupo de Agroenergia

3.1 ALGUMAS OBSERVAÇÕES DO ROTEIRO (os números referem-se ao mapa anexo)

01. O vale do Alto Sapucaí tem várzeas bastante férteis, onde se cultiva milho ou feijão no verão e batata durante o inverno. A irrigação por aspersão é uma prática consagrada, geralmente empregando grupos motobomba Diesel. O consumo de combustível é alto, da ordem de 40 l de óleo diesel por bomba e por dia, durante quase 3 meses. Por que não se utiliza energia elétrica? Não faltam redes de distribuição praticamente ao lado da bomba. É uma questão técnica? ou econômica? Como viabilizar o uso racional dos recursos energéticos próprios, através de gasogênio, por exemplo? Curiosamente, um dos conjuntos aspersores usa a pressão natural determinada pelo desnível entre a várzea e a nascente no morro.
02. Ainda que existam redes de distribuição de Energia Elétrica nesta zona, com um alto adensamento, e portanto com custos reais por consumidor mais reduzidos, são inúmeras as casas, geralmente as mais pobres, que ainda se iluminam com querosene, em lamparinas e lampiões. Como integrar este mercado potencial? Continuaremos considerando apenas a demanda solvente no planejamento energético?
03. Mesmo que de menor significado no panorama nacional, a produção da bacia leiteira do Alto Sapucaí tem importância regional, sendo comum os pequenos laticínios que produzem queijo tipos: minas frescal e mussarela. O Laticínio Água Limpa processa diariamente 3500 l de leite na região, queima lenha para gerar vapor de processo. O transporte do leite "in natura" também usa tração animal. A importância da tração animal pode ser avaliada pelo número de ferraduras vendidas diariamente em Itajubá: 150 pares, em média.
04. Tivemos um pouco de sorte em encontrar assim, na beirada do asfalto, uma pequenina hidrelétrica, ainda mais de baixo da concessionária. A usina da fazenda do Seu Benedito Rodrigues e de Dona Terezinha, com sua pequena turbina, fornece energia elétrica a 3 famílias. Mas agora estão querendo desativar a autogeração, porque afinal de contas, a "luz da Cemig tá aí mesmo". O que falta para um pequeno proprietário como este melhorar sua pequena usina? É orientação ou crédito? Os dois?.

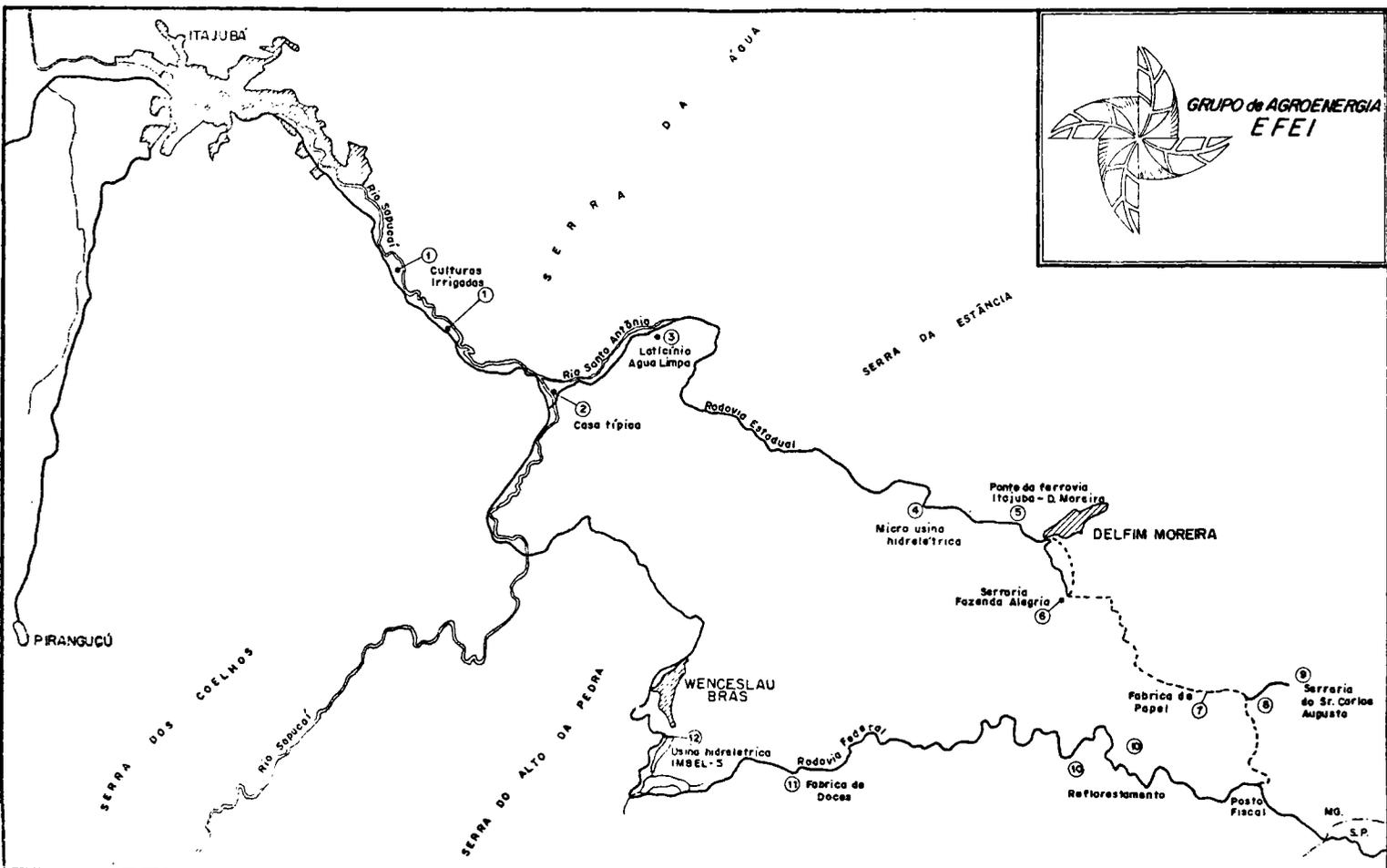
05. A antiga Rede Mineira de Viação possuía um ramal que fazia a ligação entre Itajubá a Delfim Moreira, hoje desativado. Esta ponte arco de pedra é um monumento a estes tempos heróicos, em que o combustível para transporte de carga era a lenha, trocada hoje pelos derivados de petróleo.
06. Utilizando os edifícios da antiga Fábrica de Doces Peixe, a serraria Fazenda Alegria, do grupo Brascan, emprega 130 pessoas, beneficiando madeira para mobiliário e fabricação de caixotes, em Pinus, obtido de reflorestamento próprio de 2600 ha. O sistema energético é parcialmente integrado, comprando-se energia elétrica da CEMIG e gerando vapor para sua secagem da madeira a partir dos resíduos. Também é fabricado carvão vegetal, em três pequenos fornos. A serraria é gerenciada de modo empresarial moderno e permite observar que mesmo com o aproveitamento quase integral da madeira para fins comerciais, o volume de resíduos é elevado.
07. Há poucos anos atrás, a estrada Itajubá-Delfim Moreira ainda era de terra batida, e o trecho até a divisa com São Paulo era praticamente uma estrada vicinal. Espera-se para até o fim do ano a inauguração do asfalto. Contudo, a facilidade de transporte que a pavimentação traz, carrega consigo a rápida mudança de conceitos e valores, e permite a expansão industrial. Uma fábrica de papel coloca algumas questões: Serão os efeitos ambientais adequadamente controlados? Que efeito uma fábrica introduz no sistema energético rural? Observe-se exemplarmente o sistema de despejo de resíduos na fábrica Caramico.
08. A "Araucaria brasilienses" é uma espécie nativa nesta região serrana, e em alguns lugares forma maciços muito densos, com árvores centenárias. Esperamos que com a criação da Área de Proteção Ambiental da Mantiqueira, decreto já assinado pelo Presidente Sarney, encontrem-se instrumentos efetivos de proteção a esse patrimônio natural.
09. Quando começamos a planejar o circuito agroenergético, já conhecíamos no bairro do Quilombo, a serraria do Sr. Carlos Augusto, um interessante exemplo do uso racional dos resíduos da exploração florestal e por isso a incluímos. Nesta serraria, até fins de junho, a madeira de Pinus, ob

tida de reflorestamento, era desdobrada em tábuas para construção e mobiliário. As pontas e as costaneiras resultantes serviam de fonte de energia para o acionamento das serras, empregando uma locomóvel, e os resíduos ainda excedentes eram transformados em carvão vegetal. Com a expansão das atividades, o proprietário preferiu conectar-se à rede elétrica de serviço público e desativar sua locomóvel. Será mais interessante ter maiores excedentes de resíduos? Seria viável ter aumentado o fator de utilização da locomóvel, colocando-a para geração elétrica no período noturno, suprindo as casas vizinhas? Não é possível elevar-se a eficiência das locomóveis? Tais aspectos ainda são de muito interesse nas diversas serrarias da região amazônica que seguem operando com este equipamento.

10. Os reflorestamentos efetuados em nossa região, geralmente com recursos do Fiset, têm atendido 2 grandes fins: matéria-prima para produção de celulose e papel e combustível em cerâmicas, padarias e outros setores. Contudo, com a evolução do conceito de "floresta energética" ou "floresta de ciclo curto", não seria interessante fomentar-se especificamente esta modalidade de reflorestamento, em que o afastamento entre as árvores é menor e permite maiores produtividades, avaliadas em Kcal/ha? Mesmo com o "Plano Cruzado", o preço da lenha na região continua subindo, e arrastando consigo o preço do tijolo por exemplo. É possível pensar-se em padronizar preços e qualidade de biomassa energética? Isso incentiva seu uso?
11. Já em Delfim Moreira pode ser observada a chaminé da CICA, que, como outras empresas de menor porte, dedica-se à fabricação de doces em massa, especificamente marmelada, goiabada, pessegada, bananada e laranjada. Esta região respondia por quase a totalidade da produção de marmelo industrializado no Brasil, havendo mesmo uma cidade denominada Marmelópolis. Nos últimos anos houve significativa retração deste tipo de agroindústria, associada à redução do cultivo de frutas. Algumas empresas encerram suas atividades, outras permanecem esperando dias melhores. Será que o "Plano Cruzado" vai aumentar também a venda de doces?
12. A história da industrialização desta região teve, como um dos seus marcos, a inauguração da Fábrica de Armas do Exército, hoje IMBEL-5. A demanda de energia, associada a esta fábrica, fez com que se construísse uma Central Hi-

drelétrica de 3200 KW, que hoje poderia ser chamada de PCH (Pequena Central Hidrelétrica). Esta central fornecia, também, energia para a Fábrica Presidente Vargas, em Piquetê, além de abastecer três vilas de operários. Com o crescimento da demanda, esta PCH foi parcialmente desativada, deixando correr livre a água que poderia contribuir, incredivelmente, para o sistema interligado. Esta central, cujas características lembram aquelas dos Alpes Suíços, pode ser citada como exemplo da interiorização da energia e elétrica que, em geral, acompanhava o crescimento das agrô indústrias ou indústrias têxteis. Hoje, ao vivenciarmos a expansão agrícola do centro-oeste, não deveríamos nos mirar neste espelho? Por que incentivarmos as contribuições marginais para resolvermos os grandes problemas?

Já diziam os sábios índios Coroados. "AMANTY-KIR", Mantiqueira, a "Montanha-que-chora". Este é o nosso temor, pois o inverno anda chuvoso e como temos que percorrer uma estrada em construção, uma garoa mais forte pode atrapalhar. Portanto, nosso circuito depende de um alvará de São Pedro, só fornecido no dia da saída...



CIRCUITO AGROENERGÉTICO

ENEG. ENCONTRO SOBRE ENERGIA DO CAMPO
Itajuba, 1965

ESCALA : 1:100.000
Fonte (BGE. (adaptado).

DEMANDA DE ENERGIA NO MEIO RURAL

EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR AGRÍCOLA:
ASPECTOS MACROECONÔMICOS

Roberto Iazlovitch Besnosik ()*

(*) AIE/COPPE/UFRJ

INTRODUÇÃO

O objetivo central deste trabalho é analisar a evolução do consumo de energia no setor agrícola à luz dos determinantes do desenvolvimento da agricultura brasileira no passado recente.

O trabalho encontra-se dividido em três partes.

Inicialmente apresentamos em traços gerais a evolução do consumo de energia na agricultura, enfatizando o papel da política agrícola na conformação das principais mudanças.

Procuramos em seguida discutir os impactos dos choques do petróleo sobre a adequação econômica das tecnologias modernas intensivas em derivados de petróleo. Isto é feito através da análise dos preços dos energéticos e dos custos de produção dos principais produtos agrícolas.

Na terceira parte relacionamos a evolução da demanda de diesel com o processo de mecanização da agricultura. Formula-se então um modelo para repartição do consumo de diesel por lavouras, bem como para estimação das áreas mecanizadas.

I. EVOLUÇÃO RECENTE DA DEMANDA DE ENERGIA

O processo de modernização da agricultura, a partir do final da década de 60, tem sido o principal determinante das mudanças no consumo setorial de energia.

O dinamismo deste processo foi muito grande, de modo que no princípio da década de 80 a base técnica da produção já se encontrava bastante modificada.

A política agrícola teve participação fundamental no desencadeamento, no direcionamento e na manutenção do dinamismo, utilizando o Sistema Nacional de Crédito Rural como principal instrumento para estimular as mudanças.

A demanda direta de energia associada às tecnologias difundidas concentra-se basicamente nos requerimentos de combustíveis para mecanização dos processos produtivos. Também é muito importante, por outro lado, a demanda indireta por derivados de petróleo e gás natural como matéria-prima para produção de insumos químicos como fertilizantes e defensivos.

A Tabela 1 mostra a evolução da demanda direta de energia no período 1973-1984, segundo dados do Balanço Energético Nacional de 1985.

Destaca-se em primeiro lugar o predomínio do óleo diesel, que nos anos finais da série respondia por mais de dois terços do consumo energético setorial.

TABELA 1

Demanda Direta de Energia no Setor Agropecuário (em 10^3 tep*)

ANO	FONTE	LENHA	ÓLEO DIESEL	ÓLEO COMBUSTÍVEL	ELETRICIDADE	GASOLINA GLP QUEROSENE	TOTAL
1973		432	858	68	45	-	1403
1974		440	949	80	56	-	1525
1975		449	1054	85	64	-	1652
1976		533	1219	98	75	1	1926
1977		528	1385	99	90	1	2103
1978		531	1574	108	115	2	2330
1979		536	1789	112	137	2	2576
1980		539	2050	109	175	2	2875
1981		540	2224	94	214	2	3074
1982		540	2291	109	237	6	3183
1983		519	2141	81	277	2	3020
1984		507	2179	75	324	2	3087

* Considerou-se o poder calorífico inferior na conversão para TEP FONTE: BEN 85-M.M.E.

A lenha e o óleo combustível apresentam ao longo do período um quadro de estagnação explicado em cada caso por motivos bem diferentes.

No caso da lenha, trata-se de um energético vinculado historicamente a formas de produção primitivas que perderam gradativamente importância no contexto do processo de modernização. O consumo de lenha relaciona-se também intimamente com a população rural e esta apresentou ligeiro declínio, passando de 39.101×10^3 HAB em 1973 para 35.888×10^3 HAB em 1984.

Quanto ao óleo combustível, o consumo cresceu ligeiramente até o início da década de 80 quando sua utilização para secagem foi proibida.

O consumo de eletricidade cresceu aceleradamente ao longo do período, embora os totais sejam bem inferiores ao óleo diesel. Os crescimentos no consumo dos dois energéticos, porém, estão claramente relacionados entre si, na medida em que tenderam a se concentrar principalmente em áreas nas quais o processo de modernização significava uma ampla transformação não só das condições de produção como também das relações sociais e das condições de vida.

O consumo de óleo diesel no setor rural está, é claro, estreitamente ligado à difusão das máquinas com motor de ciclo diesel, nas quais predominam amplamente os tratores de roda, vindo bem atrás em importância (quanto aos estoques existentes) as colheitadeiras.

A difusão dessas máquinas recebeu grande impulso em meados da década de 60, com a instalação no país de indústrias produtoras no contexto da implantação da indústria automobilística. Como pode-se observar na Tabela 2, o estoque dos tratores em funcionamento na agropecuária cresceu rapidamente desde a década de 50, quando o abastecimento do mercado era feito por importações. A partir dos anos 60, todavia, o crescimento foi acelerado pelo início da produção nacional e pelo estímulo da política creditícia.

A estagnação no consumo de óleo diesel nos primeiros anos da década de 1980 está diretamente associada à crise econômica do país. As vendas de tratores foram em 1981 cerca de 35% inferiores às de 1980, e somente em 1984 fizeram-se sentir os primeiros sinais de recuperação. Para a crise do mer-

TABELA 2

EVOLUÇÃO DOS TRATORES NA AGROPECUÁRIA - BRASIL

ANOS	Nº DE TRATORES
1920	1706
1940	3377
1950	8372
1960	61324
1970	165870
1975	323113
1980	530691

Fonte: FIBGE

cado interno contribuíram as dificuldades crescentes nas condições de financiamento das compras, a diminuição do volume financiado e aumentos reais nos preços de máquinas e combustíveis.

A despeito da recuperação, a produção de tratores em 1984 e 1985 foi inferior à produção de 1980 em 20,8% e 13,2% respectivamente.

O processo de modernização foi bastante desigual, dando-se com muita intensidade em algumas regiões ao passo que outras eram mantidas praticamente à margem do processo. Isto levou à constituição de um mercado de diesel também muito concentrado em umas poucas regiões. Os Estados de São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul respondiam em 1975 por 71,3% da demanda total de diesel e 44,4% das terras para lavouras. A Região Nordeste, por sua vez, respondia por 6,5% do mercado de diesel e 27,6% das terras para lavouras. A distribuição do mercado de diesel por lavouras é analisada na seção III.

Os fertilizantes concentram grande parte da demanda indireta de energia na agricultura. Segundo um estudo da FAO, a fabricação e utilização de maquinário agrícola representavam no início da década de 70 o principal ponto de utilização de energia comercial na agricultura mundial com 51,1% do consumo total. Em segundo lugar vinham os fertilizantes com 44,5%.

A Tabela 3 mostra a evolução da produção nacional, importação e consumo aparente de fertilizantes no Brasil, de 1950 até o início da década de 80.

O consumo aparente total cresceu lentamente até a segunda metade da década de 60 e aceleradamente a partir de então. Este comportamento, que foi semelhante no ramo dos defensivos agrícolas, reflete o atrelamento dos mercados de insumos químicos ao processo de modernização da agricultura. A partir de 1974 a dinâmica do mercado foi modificada pela implementação do Programa Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola e do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas (1975). Ocorreram a partir de então significativos processos de substituição de importações destes insumos. O mercado de fertilizantes cresceu rapidamente até 1980. Em 1981, porém, o consumo foi cerca de 35% inferior ao do ano anterior, a exemplo do que ocorreu no mercado de tratores. O consumo manteve-se estagnado até 1984, quando houve uma sensível recuperação do mercado. O consumo deste ano, porém, foi ainda 17,8% inferior ao consumo de 1980.

No caso dos fertilizantes, destacou-se a consolidação no país de uma composição da demanda que amortece significativamente a dependência da agricultura brasileira aos derivados de petróleo. Os fertilizantes nitrogenados são de longe os mais intensivos em requerimentos energéticos (para os nitrogenados, principalmente derivados de petróleo). Ocorre que no Brasil a maior demanda é por fertilizantes fosfatados, vindo a seguir os potássicos e só então os nitrogenados.

Esta composição da demanda, aliás, singulariza a agricultura brasileira com relação ao panorama internacional. O predomínio dos nitrogenados na composição da demanda tornou a indústria internacional de fertilizantes bastante vulnerável à crise energética. Para se ter uma idéia da posição diferente do Brasil, basta verificar que em 1981/82 a composição N-P-K a nível mundial era estimada em 1,0 - 0,6 - 0,5, enquanto no caso brasileiro era de 1,0 - 2,1 - 1,5.

O mercado de fertilizantes tem alto grau de concentração regional e por lavouras.

TABELA 3

EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO NACIONAL, IMPORTAÇÃO E CONSUMO APARENTE DE FERTILIZANTES NO BRASIL
1950-1980 MÉDIAS TRIENAIS (EM TONELADAS DE NUTRIENTES)

ANOS	NITROGENADOS			FOSFATADOS			POTÁSSICOS	Σ NPK		
	Produção	Importação	Consumo Aparente	Produção	Importação	Consumo Aparente	Importação	Produção	Importação	Consumo Aparente
1950-52	780	13671	14451	6964	50145	57109	22526	7744	86342	94086
1953-55	1143	19288	20431	14818	62108	76926	36366	15961	117762	133723
1956-58	1720	31675	33395	30470	79062	118532	55634	41190	166371	207561
1959-61	13352	42110	55462	76096	48557	124653	78858	89448	169525	258973
1962-64	11202	44424	55626	95286	41177	136463	76655	106488	162256	268744
1965-67	9577	70785	80362	91973	55144	147117	110002	101550	235931	337481
1968-70	12196	182858	195054	139906	178338	318244	230426	152102	591622	743724
1971-73	90665	254680	345345	288439	449998	738437	446454	379104	1151132	1530236
1974-76	172799	258429	431228	609350	469419	1078769	600152	782149	1328000	2110149
1977-79	259650	467475	727125	1145966	441194	1587160	1018488	1405616	1927157	3332773
1980-81	365892	420808	786700	1364978	188886	1653864	1036610	1730870	1746304	3477174

FONTE: IPEA/IEA

Os principais Estados consumidores de fertilizantes em 1978 eram São Paulo (26,0% do total), Paraná (21,0%), Rio Grande do Sul (19,0%) e Minas Gerais (12,3%). Não há grandes diferenças entre nitrogenados, fosfatados e potássicos quanto à distribuição regional do consumo.

A demanda de fertilizantes por produtos estava concentrada em 1978 em soja (19,8%), cana-de-açúcar (15,5%), café (15,3%), trigo (8,5%), arroz (7,5%) e milho (5,4%). Os demais produtos não tinham participação significativa. Lavouras alimentares importantes como feijão e mandioca tinham participação marginal no mercado de fertilizantes (0,7 e 0,1% respectivamente).

As desigualdades tecnológicas entre produtos e regiões na agricultura brasileira são um aspecto fundamental para a compreensão das relações entre agricultura e energia.

Dentre os mecanismos postos em ação para estimular a mudança da base técnica da produção a partir de meados da década de 60, é preciso destacar o papel da institucionalização do crédito rural e da reforma dos sistemas nacionais de pesquisa agrícola e assistência técnica aos produtores. A forma pela qual foram postos em prática esses mecanismos explica o caráter concentrado do processo de modernização e, conseqüentemente, dos mercados de energia direta e indireta.

II. IMPACTOS DOS CHOQUES DO PETRÓLEO SOBRE O PROCESSO DE MODERNIZAÇÃO

Procuramos discutir nesta seção, resumidamente, a seguinte questão: em que medida a crise de energia, ao atingir a agricultura, pode inviabilizar as tecnologias intensivas em derivados de petróleo e acarretar uma crise da própria agricultura?

A política energética, através, basicamente, da política de preços, teve um papel central na conformação dos impactos dos choques do petróleo sobre a agricultura.

A Tabela 4 mostra a evolução dos preços reais dos principais derivados de petróleo requeridos pela agricultura "industrializada" (óleo diesel e nafta), mais o próprio petróleo e gás natural. Considera-se os preços de nafta e gás natural porque ambos são utilizados como matéria-prima na pro-

TABELA 4
EVOLUÇÃO DO PREÇO REAL DE PETRÓLEO, ÓLEO DIESEL, NAFTA E
GÁS NATURAL - 1968-82

ANO	PETRÓLEO	ÓLEO DIESEL	NAFTA PARA FERTILIZANTES	GÁS NATURAL PARA FERTILIZANTES
1968	0,26	1,97		0,16
1969	0,29	2,25		0,24
1970	0,26	2,32		0,30
1971	0,32	2,44		0,31
1972	0,31	2,61		0,35
1973	0,43	2,54		0,35
1974	1,42	2,72		0,38
1975	1,26	2,95		0,44
1976	1,26	3,22	1,82	0,45
1977	1,28	3,68	1,74	0,54
1978	1,19	3,55	1,42	0,64
1979	1,57	3,85	1,28	0,61
1980	2,52	3,77	0,73	0,32
1981	2,44	4,45	0,56	0,54
1982	2,31	4,18	0,41	0,55

(1) IPA - DI

FONTE: CNP, Petrobrás

dução da amônia que serve de base para a produção dos fertilizantes nitrogenados (e também de alguns fosfatados). No final da década de 70 a nafta cedeu o papel de principal matéria-prima para o gás natural, que em 1981 respondia por 60% da produção nacional de amônia (ABIQUIM, 1981).

A constatação mais imediata é uma enorme diferença na evolução dos preços das diversas fontes de energia. Diante de diferenças acentuadas no comportamento dos preços das fontes, não faz sentido falar de um problema de energia na agricultura de modo genérico. É preciso especificar de que fontes e de que usos da energia se está tratando.

Os efeitos dos aumentos nos preços do petróleo e seus derivados sobre os custos de produção agrícolas foram menores do que em geral se supõe devido aos subsídios ao consumo de energia via fertilizantes.

Os impactos foram muito mais significativos para mecanização do que para o uso de insumos químicos.

Os dados indicam que a *diferença* entre os preços do diesel e do petróleo permaneceu aproximadamente num mesmo nível

ao longo de todo o período observado. Os aumentos nos preços do petróleo foram transmitidos aos preços do óleo diesel praticamente em sua totalidade (bastando supor que os custos de transformação do petróleo não apresentaram grandes elevações no período)(*).

Nos últimos anos da série os preços de nafta e gás natural aproximaram-se bastante entre si. A relação:

preço nafta

preço petróleo

que era superior à unidade em 1976-78, caiu rapidamente atingindo um mínimo de 0,18 em 1982.

Os preços baixos dos derivados de petróleo usados na produção de fertilizantes reforçam assim a vantagem que o Brasil possui devido à natureza dos solos, que como já foi visto se caracterizam por uma carência relativamente pequena de fertilizantes nitrogenados, de longe os mais intensivos em derivados de petróleo. Tanto pelo lado das *quantidades* requeridas como pelo lado dos *preços* pagos o problema dos gastos com energia via fertilizantes é fortemente amortecido no caso brasileiro (**).

(*) Outros derivados, como a gasolina, sofreram aumentos de preço maiores que os correspondentes apenas ao repasse dos aumentos nos preços do petróleo.

(**) De acordo com dados do Instituto de Economia Agrícola (Secr. Agr. SP) para o Estado de São Paulo o preço real dos fertilizantes mostrou-se significativamente ascendente ao longo da década de 70, tendo passado de um índice 100,0 em 1970 para um índice 175,2 em 1981. A coincidência entre esses aumentos dos preços dos fertilizantes e os aumentos nos preços do petróleo levou diversos autores a concluir precipitadamente que os últimos explicavam os primeiros. A explicação deve ser buscada em outros aspectos da indústria de fertilizantes que não o custo da energia.

O impacto dos choques do petróleo sobre o setor agrícola foi marcado pela mediação de duas políticas distintas agindo em sentido contrário. De um lado a política de subsídios ao consumo de nafta e gás natural pela indústria de fertilizantes, amorteceu os impactos dos aumentos nos preços do petróleo. Por outro lado esses aumentos eram transmitidos ao óleo diesel, o que pressionava no sentido da evolução efetiva dos custos de produção.

O problema dos impactos dos choques do petróleo sobre a modernização da agricultura relaciona-se assim fundamentalmente com a *mecanização* dos processos produtivos.

A Tabela 5 mostra aspectos importantes da relação entre consumo de combustíveis e custos de produção agrícolas. Apresenta-se dados relativos às principais lavouras temporárias em São Paulo nos anos de 1972, 1977 e 1982 (antes do 1º choque, entre o 1º e o 2º e após o 2º).

Como o preço do óleo diesel quase dobrou no período, podia-se esperar um aumento sensível de sua participação nos custos operacionais. Os resultados encontrados não coincidem com esta expectativa. Nos casos de algodão, amendoim e feijão houve pequeno decréscimo na participação do diesel, no caso do trigo não houve variação significativa e nos casos de arroz, milho e soja houve aumento de importância. Pode-se verificar também que a participação varia muito dependendo do produto cultivado, sendo maior a participação nas lavouras com menor custo operacional por hectare e por quilograma de produto.

Nota-se na segunda a terceira partes da tabela que houve um movimento mais ou menos generalizado de aumento significativo nos custos operacionais (com exceção da soja, sem variação, e arroz com declínio nos últimos cinco anos). No que se refere aos insumos energéticos já se destacou que as pressões de aumento de custos se concentraram nos combustíveis das máquinas. Mas o que chama a atenção é que outras pressões têm tido maior importância em vários produtos (algodão, amendoim, feijão e trigo).

Concluimos que:

1º O modelo tecnológico característico do processo de modernização da agricultura parece estar marcado por sérios problemas de custos;

TABELA 5

PARTICIPAÇÃO DAS DESPESAS COM ÓLEO DIESEL EM TRATORES DE RODAS NO CUSTO OPERACIONAL EFETIVO DE LAVOURAS TEMPORÁRIAS - SÃO PAULO 1972, 1977, 1982

DESP. DIESEL TR. CUSTO OPER. EF. (1 HA) (%)	ALGODÃO	AMENDOIM	ARROZ	FEIJÃO	MILHO	SOJA	TRIGO
1972	6,55	7,00	-	9,78	10,70	5,90	4,26
1977	4,78	7,21	8,28	8,77	14,86	7,11	3,47
1982	5,79	6,41	12,54	7,98	16,24	8,67	4,70
CUSTO OPER. EF. (Cr\$ 77) (1 HA)	ALGODÃO	AMENDOIM	ARROZ	FEIJÃO	MILHO	SOJA	TRIGO
1972	4543,24	4543,24	-	2297,21	2771,64	3281,82	1690,34
1977	8888,38	6596,14	4129,11	2529,84	3150,31	2642,51	2712,74
1982	10580,54	7425,07	3994,66	4278,16	3511,69	3029,08	3461,63
CUSTO OPER. EF. PRODUTIVIDADE (Cr\$ 77) (1 HA)	ALGODÃO	AMENDOIM	ARROZ	FEIJÃO	MILHO	SOJA	TRIGO
1972	2,93	2,18	-	2,02	0,92	1,66	1,22
1977	5,03	3,03	3,62	4,68	1,28	1,63	1,51
1982	4,86	3,06	2,89	4,46	1,43	1,68	3,04

FONTE: IEA/FGV/CNP

2º As pressões com origem nos aumentos nos preços dos derivados de petróleo não são as únicas e provavelmente não são as principais causas dos problemas mencionados. Além disso as pressões só são significativas nos combustíveis usados nas máquinas agrícolas.

Respondendo à questão levantada no início desta seção, podemos dizer que os impactos da "crise de energia" sobre a agricultura foram significativos em alguns pontos, mas é bastante claro que o padrão tecnológico predominante não entrou em crise devido a esses impactos.

III. CRISE RURAL, MECANIZAÇÃO E DEMANDA DE ENERGIA

Já destacamos o papel central do aumento do consumo de óleo diesel na evolução recente da demanda de energia na agricultura. Vimos que esse aumento no consumo de diesel expressa a mecanização dos processos produtivos agrícolas no contexto da modernização da agricultura desencadeada a partir de meados da década de 60.

O mecanismo fundamental para estimular os agricultores a mudarem a base técnica da produção foi o crédito rural, concedido desde o final da década de 60 até o final da década de 70 em montantes crescentes e com juros subsidiados (em vários anos com juros reais negativos). A distribuição desigual dos recursos creditícios, privilegiando certas regiões, produtos e grupos de produtores foi um dos principais determinantes do caráter concentrado e desigual do processo de modernização e dos mercados de energia associados.

Apresentamos nesta seção a formulação simplificada de um modelo para desagregação da demanda de combustíveis entre lavouras, baseado na hipótese de que na década de 70 os agricultores mudaram a base técnica da produção em função de sua ligação com o Sistema Nacional de Crédito Rural.

As informações energéticas disponíveis ao nível do país como um todo se referem ao setor agropecuário agregadamente. É possível porém, estimar a demanda de energia na agricultura de modo mais desagregado, considerando a evolução das principais culturas e as demandas de energia associadas. Além da vantagem evidente do maior detalhamento das informações, esse tratamento permite uma interação entre o planejamento agrícola e o planejamento energético que não é possível quando as informa-

ções são mantidas em alto nível de agregação. A decomposição da demanda permite pensar nas implicações energéticas de estratégias alternativas para a evolução da estrutura de produção da agricultura.

A impossibilidade de trabalhar com todas as lavouras, por limitação de dados ou dificuldades de manipulação dos mesmos levou à seleção de uma amostra com um grupo de produtos selecionados. A amostra foi determinada da seguinte forma; consideramos as lavouras mais importantes pelo critério de área colhida até completar 90% da área colhida total de 1983.

Foram incluídas assim milho, soja, arroz, feijão, cana-de-açúcar, café, mandioca, trigo e algodão. Essa amostra pode ser ampliada no futuro, o que possibilita a inclusão de lavouras importantes que não foram aqui consideradas, como é o caso de laranja, cacau, banana, fumo, etc.

A Tabela 6 mostra a evolução da área colhida das lavouras selecionadas, apresentando ainda alguns indicadores gerais sobre o setor agrícola no período: índices da área colhida, do produto real e do crédito de custeio (*).

A proposição central do modelo é que a participação das lavouras no mercado de combustíveis era determinada, na década de 70, pelo grau de acesso a financiamentos é determinado pela participação na distribuição dos créditos de custeio ponderada pela participação nas áreas colhidas e pelos custos operacionais de produção por hectare. O indicador assim obtido pode ser ainda melhorado por uma ponderação pela participação dos gastos com mecanização nos custos operacionais de produção por hectare.

(*) O crédito rural se divide em créditos para investimento, custeio e comercialização. Optamos por utilizar o crédito de custeio por duas razões. Primeiro, as informações sobre custeio são desagregadas por lavouras, ao passo que investimento e comercialização incluem outras rubricas que dificilmente podem ser separadas por lavouras. A segunda razão é que a utilização do crédito para investimento introduziria um viés que teria o papel de acentuar o peso das lavouras com maior escala média de produção no mercado de energia. Desconsiderar-se-ia um importante mercado informal de máquinas e equipamentos agrícolas que permite a muitos pequenos produtores mecanizarem sua produção em detrimento da propriedade das máquinas e equipamentos.

TABELA 6

ÁREAS COLHIDAS DE LAVOURAS SELECIONADAS E INDICADORES SOBRE O SETOR AGRÍCOLA - 1973 - 83
(Área em hectares)

ANO	LAVOURA	MILHO	SOJA	ARROZ	FEIJÃO	CANA-DE- AÇÚCAR	CAFÉ	MANDIOCA	TRIGO
1973		9.923.570	3.615.058	4.794.832	3.815.452	1.958.776	1.079.741	2.103.751	1.839.391
1974		10.672.450	5.143.367	4.664.883	4.288.555	2.056.691	2.155.017	2.006.222	2.471.150
1975		10.854.687	5.824.492	5.306.270	4.145.916	1.969.227	2.216.921	2.041.416	2.931.508
1976		11.117.570	6.417.000	6.656.480	4.059.176	2.093.483	1.121.015	2.093.638	3.539.891
1977		11.797.411	7.070.263	5.992.090	4.551.032	2.270.036	1.941.473	2.175.525	3.153.333
1978		11.124.827	7.782.187	5.623.515	4.617.259	2.391.455	2.183.673	2.148.707	2.811.189
1979		11.318.885	8.256.096	5.452.086	4.212.424	2.536.976	2.406.239	2.111.052	2.926.764
1980		11.451.297	8.774.023	6.243.138	4.643.409	2.607.628	2.433.604	2.015.857	3.122.107
1981		11.520.336	8.502.169	6.101.772	5.026.925	2.825.879	2.617.836	2.067.253	1.920.142
1982		12.619.531	8.203.277	6.024.657	5.926.143	3.084.297	1.895.486	2.122.029	2.827.929
1983		10.705.979	8.137.112	5.108.250	4.064.028	3.478.785	2.346.007	2.061.203	1.879.078

(continua ...)

Tabela 6 (continuação)

ANO	LAVOURA	ALGODÃO	TOTAL	ÍNDICES DO TOTAL (1973 = 120)	ÍNDICES DE PRODUTO REAL -AGROPECUÁRIA(1970=100)	ÍNDICES DE CRÉDITO DE CUSTEIO (1973=120)
1973	4.318.679	34.449.250	120,0	120,0	120,0	
1974	3.844.816	37.303.151	129,9	129,8	169,6	
1975	3.876.389	39.166.826	136,4	136,0	281,2	
1976	3.409.185	40.507.438	141,1	139,9	311,5	
1977	4.096.970	43.048.133	150,0	156,4	313,1	
1978	3.951.040	42.633.852	148,5	152,4	296,1	
1979	3.646.145	42.866.667	149,3	160,0	403,2	
1980	3.699.495	44.990.558	156,7	170,0	404,0	
1981	3.510.972	44.092.284	153,6	180,8	366,2	
1982	3.624.217	46.327.566	161,4	176,3	397,5	
1983	2.926.496	40.706.938	141,8	180,2	271,3	

FONTE: FIBGE

Obtemos assim índices relativos de intensidade de mecanização entre as lavouras. De posse destes índices partimos para a determinação da demanda de energia e das áreas mecanizadas por lavoura de acordo com os passos seguintes.

Supomos que o índice obtido no primeiro ano da série para a soja, que sabemos ser uma lavoura intensamente mecanizada, corresponde a 100% de mecanização e que as demais lavouras possuem taxas de mecanização determinadas pela proporção de seus índices com relação aos de soja.

Obtemos assim uma demanda de energia e uma área mecanizada hipotéticas, baseadas num caso específico em que a soja seja 100% mecanizada. Sabemos que esse caso específico não precisa corresponder à realidade e conhecemos a demanda total de diesel do setor agropecuário pelos dados do Balanço Energético Nacional. O total obtido do consumo no ano-base é então ajustado ao total do B.E.N. As demandas de energia por lavoura e as respectivas áreas mecanizadas são determinadas proporcionalmente.

Uma vez determinada a estrutura de demanda do ano-base, o consumo de diesel e as áreas mecanizadas por lavoura para os demais anos são determinados automaticamente pelo montante e pela participação dos créditos de custeio, das áreas colhidas e dos custos de produção.

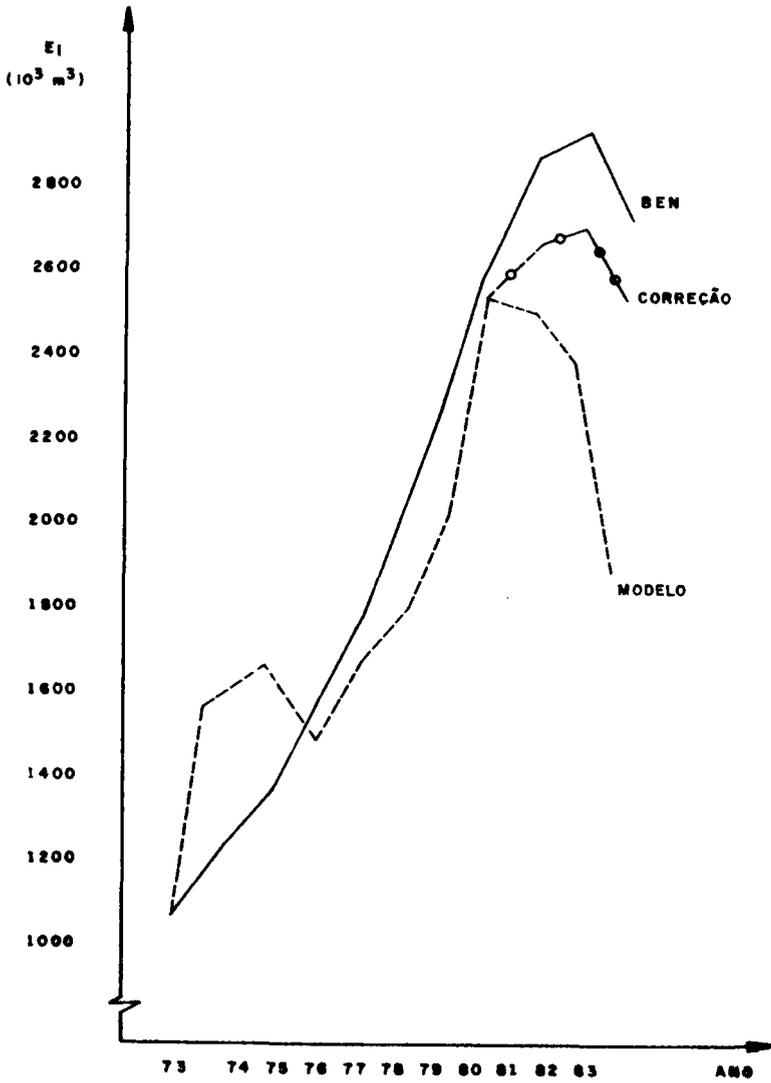
Podemos então testar a hipótese de que a mecanização e demanda por combustíveis foram determinados na década de 70 pelo grau de acesso a financiamentos do Sistema Nacional de Crédito Rural.

As demandas de diesel por lavoura estimadas para os anos subsequentes da série são somadas e o total de cada ano é comparado com o consumo de diesel no setor agropecuário fornecido pelo B.E.N.

Se os totais evoluem de maneira semelhante o modelo funciona bem, bastando ajustar os valores estimados aos totais fornecidos pelo B.E.N.

O Gráfico I compara como evoluiu o consumo de óleo diesel na agricultura de acordo com o B.E.N. e com este modelo a partir de 1973, quando os dois totais foram igualados.

GRÁFICO 1
CONSUMO DE ÓLEO DIESEL NA AGRICULTURA



As curvas seguem um mesmo movimento até 1980 e a partir daí seguem em direções opostas. A explicação para esta mudança deve ser buscada nas mudanças na política de crédito rural no início da década de 80, no contexto da recessão da economia do país.

O total de recursos caiu sensivelmente em termos reais, ao mesmo tempo que o custo financeiro subiu continuamente. Nessas condições os agricultores se viram defrontados com a opção de não produzir ou produzir rompendo a estreita relação entre crédito e produção.

A discrepância entre as curvas que aparece no gráfico para o início da década de 80 corresponde ao que ocorreria na hipótese de que os agricultores não mudassem seu comportamento no contexto da recessão. É uma hipótese pouco plausível como mostra a curva do consumo real de diesel estimado pelo B.E.N.

Com o propósito de corrigir esta distorção introduzimos uma hipótese alternativa (*), assumindo que no período do 1981-1983 as dificuldades de crédito a juros acarretaram um pequeno efeito sobre as decisões dos agricultores, mas muito inferior ao caso em que eles decidissem produzir apenas sob as condições favoráveis do período anterior.

Adotamos a suposição de que o efeito das novas condições sobre a decisão de produzir representou a *curto prazo* uma parte pequena do efeito que resultaria caso os agricultores tomassem suas decisões levando em conta apenas as condições vigentes no passado. Isso pode ser expresso como:

$$N'_{\text{ano}} = \frac{N_{\text{ano}}}{N_{\text{ant}}} - 1 \times 0,2 + 1 \times N_{\text{ant}}$$

onde:

N'_{ano} = Área mecanizada do ano

N_{ano} = Área mecanizada estimada no modelo

(*) Esta hipótese alternativa e sua formulação matemática foram gentilmente sugeridas pelo Prof. João Lizardo Araújo.

N_{ant} = Área mecanizada estimada no modelo no ano anterior

$\frac{N_{\text{ano}}}{N_{\text{ant}}} - 1 \times 0,2 + 1$ representa um fator de co-

rreção dos efeitos das mudanças no crédito sobre a mecanização, tal como estes apareceriam no funcionamento normal do modelo.

Feita esta correção as curvas voltam a se aproximar nos últimos anos da série. Podemos então estimar as áreas mecanizadas e demandas de diesel associadas, o que aparece resumidamente na Tabela 7.

Este modelo pode ser útil também para previsão da demanda futura de diesel, bastando para isto definir hipóteses sobre:

- crescimento anual da produção agrícola;
- uma divisão deste crescimento em aumentos de produtividade e aumentos nas áreas de cultivo ;;
- uma divisão do crescimento da produção agrícola de acordo com os objetivos da política macroeconômica: mercado interno, especialmente alimentos, e contas externas, incluindo tanto lavouras para mercados externos como cana-de-açúcar para substituição de gasolina por álcool;
- uma decomposição do crescimento das áreas de cultivo em mecanizado e não mecanizado;
- devido a esforços de pesquisa, um lento e contínuo declínio dos requerimentos de energia para processos de produção mecanizados.

TABELA 7

ÁREAS MECANIZADAS E DEMANDA DE ENERGIA POR LAVOURAS
MÉDIA - 1981 - 1983

Lavouras	Área Mecanizada (HA)	Taxa de Mecanização(*) (%)	Demanda de Diesel (10 ³ ℓ)
Milho	3.984.627	34,3	404.440
Soja	6.003.298	72,5	450.247
Arroz	2.685.822	46,8	384.073
Feijão	1.798.627	35,9	216.285
Cana-de-açúcar	2.562.349	49,9	628.064
Café	1.726.422	75,5	411.752
Trigo	1.937.959	87,7	122.091
Algodão	1.172.523	69,9	189.949
TOTAL	20.871.627	47,8	2.806.901

(*) Área colhida mecanizada/área colhida total da lavoura

FONTE: Elaboração própria com base em dados do B.E.N. - M.M.E., FIBGE, FGV e IEA.

USOS DE LENHA NO SETOR RURAL

Eduardo Costa Vasconcelos ()*

() CETEC - MG*

I. INTRODUÇÃO

O uso de lenha no setor rural, concentrado principalmente na utilização para cocção de alimentos, naturalmente se situa dentro de uma esfera maior, a demanda global de lenha.

Verifica-se que, no conjunto de pressões de demanda exercidas pelos diferentes setores consumidores, o setor rural, mais especificamente a população rural, tem sido o mais atingido. Por não dispor de estrutura organizada, a população rural acaba-se vendo privada de um insumo básico e indispensável para conseguir uma alimentação sadia.

É sob esta ótica que se concentra a análise da demanda de lenha no setor rural, apresentada neste trabalho. É com preocupação de contornar o problema de escassez de lenha, que se apresentam algumas sugestões que atingem mais diretamente, e a curto prazo, o setor rural.

II. CARACTERÍSTICAS DO CONSUMO DE LENHA

Ao observarmos os dados de consumo energético em Minas Gerais (Tabela I), vemos que a lenha, como fonte primária, representa cerca de 36% do consumo global de energia no Estado, o que significa um consumo aproximado de 24 milhões de toneladas/ano ou 70 milhões m³ st/ano.

Conforme se vê pela Tabela II, o consumo de lenha se dá principalmente nos centros de transformação (carvoarias) com 67% do total, seguido pelo setor residencial, urbano e rural, com 27%.

Outros usos de lenha no setor rural, como por exemplo a secagem de grãos, atinge cerca de 1% do consumo total.

TABELA I
 CONSUMO TOTAL DE ENERGIA EM MINAS GERAIS

Fontes	10 ³ tEP %					
	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Lenha e Carvão Vegetal	5.941 35,5	6.499 34,7	7.260 36,1	6.835 36,1	6.519 34,2	6.818 35,5
Petróleo e Derivados	5.285 31,6	5.461 29,1	5.198 25,9	4.630 24,5	4.380 22,9	3.948 20,5
Energia Hidráulica	3.737 22,3	4.453 23,8	5.102 25,4	5.218 27,6	5.403 28,3	5.586 29,1
Carvão Metalúrgico e Coque	1.160 6,9	1.487 7,9	1.522 7,6	1.152 6,1	1.429 7,5	1.292 6,7
Carvão Energético	- -	11 0,1	67 0,3	171 0,9	306 1,6	312 1,6
Cana-de-Açúcar e Alcool	463 2,8	617 3,3	671 3,3	681 3,6	760 4,0	1.011 5,3
Outras Fontes Primárias	153 0,9	207 1,1	271 1,4	224 1,2	284 1,5	248 1,3
Total	16.739 100,0	18.735 100,0	20.091 100,0	18.911 100,0	19.081 100,0	19.215 100,0

TABELA II
 DADOS GERAIS DO CONSUMO DE LENHA NO ESTADO DE MINAS
 GERAIS EM 1983

Setor	10 ³ tEP	10 ³ t	10 ³ m ³	% relação total	% relação consumo final energético
Consumo total	7.462	24.385	69.671	100	-
Centros de transformação	4.982	16.281	46.517	66,8	-
Consumo final energético	2.480	8.104	23.154	33,2	100
Residencial	2.018	5.696	18.846	27,0	81,4
Comercial	10	33	94	0,1	0,4
Agropecuário	81	266	760	1,1	3,3
Industrial - Total	370	1.209	3.454	5,0	14,9

Fonte: 29 Balanço Energético Estadual

Considerando-se o consumo final energético, o setor residencial é responsável por 81% do total consumido, enquanto que o industrial representa 15%, portanto, cerca de 5,5 vezes menor. Este quadro decorre das características próprias do Estado de Minas Gerais, por ser um Estado com forte tradição siderúrgica e agrícola. Assim, vê-se que cerca de 24% da produção de lenha do país é proveniente de Minas, enquanto que cerca de 80% da produção de carvão vegetal vem sendo produzida no Estado (Tabela III e Figura 1).

TABELA III

PARTICIPAÇÃO DE MINAS GERAIS NA PRODUÇÃO NACIONAL DE CARVÃO

ANO	10 ³ TEP				
	1978	1979	1980	1981	1982
Produção Brasil	2.273	2.595	2.947	2.885	2.799
Produção Minas	2.025	2.180	2.556	2.245	2.268
Participação	89%	84%	87%	79%	81%

Fonte: ABRACAVE-BEE-MG

Considerou-se: Densidade carvão: 250 kg/m³
 Poder calorífico: 6.500 kcal/kg

II.1 Consumo de lenha para produção de carvão

Desde a sua implantação, a siderurgia a carvão vegetal vem sendo alimentada por termo-redutor proveniente de matas naturais. Em 1983, 82% do carvão vegetal produzido no Brasil foi de origem nativa, como mostra a Tabela IV, que é o mesmo patamar encontrado para Minas Gerais.

Como cerca de 96% do carvão vegetal é usado como termo-redutor para produção de ferro gusa e ferro-ligas, e cerca de 60% do consumo é devido a produtores independentes de ferro gusa, que não dispõem de florestas homogêneas, explica-se a forte dependência do mercado em relação ao carvão de floresta nativa.

O carvoejamento de madeiras nativas tem-se caracterizado por ser uma atividade nômade, primitiva e, sobretudo, predatória. É praticado por pequenos produtores, responsáveis por mais de 70% do carvão produzido, em condições técnicas precárias, resultando em elevadas perdas de material lenhoso e um produto de baixa qualidade.

FIGURA 1

PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL - BRASIL E MINAS GERAIS

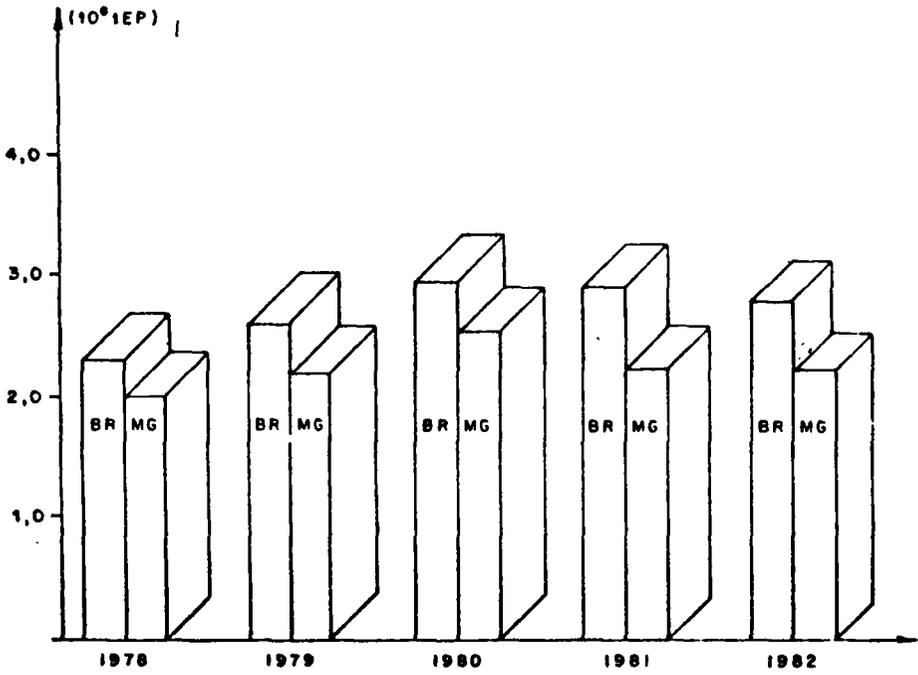


TABELA IV

PRODUÇÃO E CONSUMO DE CARVÃO VEGETAL DE ORIGEM
NATIVA E DE REFLORESTAMENTO - BRASIL

Unidade: m³

ANOS	CARVÃO ORIGEM NATIVA	CARVÃO ORIGEM REFLORESTAMENTO	TOTAL
1976	14.044.136	1.455.864	15.500.000
1977	13.648.140	1.601.860	15.250.000
1978	13.317.352	1.832.648	15.150.000
1979	15.116.033	2.183.967	17.300.000
1980	16.866.499	2.777.501	19.644.000
1981	15.576.651	3.653.782	19.230.433
1982	14.928.612	3.732.153	18.660.765
1983	18.422.967	4.086.928	22.509.895

São utilizados fornos do tipo "rabo quente", em pequenas unidades de produção, onde os índices de conversão lenha/carvão obtidos estão em torno de 3,0 - 3,5 st de lenha/m³ de carvão, revelando o baixo rendimento do processo. O rendimento médio do processo de carbonização se encontra na faixa de 40-45%.

Contrariamente ao carvoejamento de matas nativas, o carvão de floresta plantada é produzido por empresas de grande porte, com métodos mais aprimorados e racionais. São usados fornos de maior capacidade e de maior rendimento (1,8 a 2,0 st/m³).

Apesar de ser ainda baixa a participação do carvão de floresta plantada no mercado, é para este setor que se tem voltado todo o esforço tecnológico, o que se explica pelo fato de ser uma atividade duradoura e concentrada nas mãos de grandes companhias.

II.2 Consumo de lenha no setor residencial

A maioria da lenha queimada no setor residencial é com a finalidade de cocção de alimentos, principalmente pelas populações rural e suburbana de baixa renda. Segundo dados do IBGE, 80% da população rural utiliza a lenha para cocção de alimentos, o que corresponde a 3.400.000 pessoas, já que 30% da população do Estado é residente em área rural.

O Estado de Minas apresenta uma dependência de calor gerado pela lenha para o setor rural em torno de 99%.

A maioria dos fogões de lenha existentes no Estado utilizam o sistema de fogo isolado, onde o combustível é colocado em uma câmara de combustão através de uma abertura por onde entra também o ar para a queima.

A queima é realizada de maneira ineficiente e sem nenhum controle da combustão. Estimativas revelam que, do calor total produzido pela queima de lenha em fogões, apenas entre 5 e 15% são realmente utilizados na cocção de alimentos. Raramente estes valores alcançam 20 - 25%.

III. CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO DE LENHA

III.1 Matas nativas

A maior parte da produção de lenha tem sido oriunda de matas nativas, sendo que as atividades de extração têm sido exercidas principalmente por produtores independentes que se concentram nas regiões do Jequitinhonha, Noroeste, Triângulo e Alto Paranaíba.

Tradicionalmente, a exploração das florestas nativas desenvolve-se à frente de programas de expansão agropecuária, ou se faz em pequenos povoamentos resultantes da regeneração natural da mata primitiva.

O uso predatório do fogo como elemento de limpeza da área a ser explorada pela agropecuária foi, e ainda é, responsável pela redução drástica das reservas florestais nativas, sem nenhum aproveitamento do material lenhoso. Mesmo quando há aproveitamento do material lenhoso, a exploração caracteriza-se por ser uma atividade primitiva, ineficiente e predatória. Seja em regiões de expansão agrícola, ou na exploração de esparsos remanescentes da cobertura primitiva ou regenerada, a atividade se caracteriza por ser essencialmente extrativista, sem nenhuma preocupação com a reposição. Os resíduos florestais não são explorados economicamente.

Por outro lado, a tecnologia de produção de florestas em regime de manejo sustentado é ainda muito pouco conhecida e difundida.

III.2 FLORESTAS PLANTADAS

Até meados da década de 60, as atividades de reflorestamento no Estado estavam limitadas a poucas empresas que, com recursos próprios, realizavam plantios de maciços florestais homogêneos. A partir de então, com início dos incentivos fiscais beneficiando os reflorestamentos, a implantação de florestas homogêneas passou a ser executada com maior intensidade.

Inicialmente, as empresas reflorestadoras tiveram pouca preocupação com os aspectos técnicos e econômicos dos projetos, resultando em maciços florestais com baixíssimos rendimentos. Atualmente, existe a preocupação com princípios fundamentais, como preparo adequado do solo, seleção de espécies, uso de sementes geneticamente melhoradas e adequada fertilização.

Apesar do aumento da utilização de florestas plantadas no suprimento da demanda de biomassa florestal no Estado, o percentual de participação é ainda muito baixo. Isto pode ser explicado pelo baixo custo de exploração da biomassa de origem nativa e aos baixos rendimentos verificados nos primeiros reflorestamentos que comprometem a rentabilidade da exploração.

A participação das florestas homogêneas pode ser aumentada pela adoção de práticas silviculturais que permitam maior rendimento dos maciços florestais e de técnicas de produção que aumentem a eficiência energética do processo, com aproveitamento de subprodutos.

A curto prazo, entretanto, a estrutura de produção não mudará substancialmente, mantendo ainda a participação elevada da floresta nativa e técnicas primitivas e extrativistas de produção.

IV. CONFRONTO DEMANDA X PRODUÇÃO

O desmatamento sistemático e acelerado que se tem observado em várias regiões do Estado, seja acompanhado o avanço da sordenada da fronteira agrícola, seja pela exploração dos remanescentes florestais sem a devida reposição, tem levado certas regiões do Estado a uma situação crítica.

A Tabela V retrata a situação grave por que passa o Estado, mesmo considerando-se o manejo sustentado das florestas nativas. O consumo aparente de lenha, por região, foi calculado como a soma da lenha utilizada para consumo final e da lenha utilizada para produção de todo carvão vegetal consumido na região, tanto importado como o produzido regionalmente.

Pela relação Produção/Potencial de produção sustentada (B/A), verifica-se que o Estado tem explorado predatoriamente a lenha, uma vez que a produção excedeu em 9% o potencial de produção sustentado. A análise regionalizada revela que, com exceção das meso-regiões II, VII e VIII, a exploração tem se dado sem nenhuma preocupação com a reposição, uma vez que a relação B/A é superior à unidade.

Para se manter o nível de consumo de 1983, seria necessário implantar-se florestas em área equivalente a 10% do total reflorestado no Estado. Levando-se em consideração a não viabilidade de exploração econômica de alguns reflorestamentos existentes e de todo o potencial de matas nativas, a situação se torna ainda mais crítica, indicando pesado déficit a curto prazo.

Pela diferença entre a produção e o consumo aparente (B-C) e pela relação C/A, verifica-se que há regiões eminentemente exportadoras de recursos florestais (VI, VII e VIII) e regiões eminentemente consumidoras (IA, IB). Esta constatação confirma a tendência que se tem observado no aumento gradativo da distância de transporte entre a região produtora e o consumidor. Assim, tem-se verificado que a lenha consumida pelo setor industrial tem sido transportada a distâncias de 150 km e o carvão vegetal tem raio médio de transporte entre 350 e 450 km, chegando em alguns casos a atingir 1.000 Km.

Situação delicada tem vivido a população rural e da periferia de pequenos núcleos urbanos, que já começa a sentir os efeitos da escassez de lenha para cozimento de alimentos. A distância que devem percorrer para efetuar a coleta tem aumentado, atingindo em casos extremos até 40 km. Com isto se observa degradação do uso da energia no meio rural, tirando-se destas populações pobres o meio indispensável para conseguirem uma alimentação sadia.

TABELA V

MINAS GERAIS - COMPARAÇÃO ENTRE O POTENCIAL DE PRODUÇÃO SUSTENTADO, A PRODUÇÃO E O CONSUMO APARENTE DE LENHA; POR REGIÃO DE PLANEJAMENTO - 1983

REGIÕES	Potencial de Produção Sustentado			PRODUÇÃO (B)	RELAÇÃO B/A	CONSUMO APARENTE DE LENHA (C)	RELAÇÃO C/A	DIFERENÇA A-B	DIFERENÇA B-C
	FLORESTAS PLANTADAS	FLORESTAS NATIVAS	TOTAL (A)						
IA	214	416	630	1.219	1,93	3.624	5,75	-589	-2.405
IB	35	92	127	142	1,12	1.039	8,18	-15	-897
II	29	509	538	457	0,85	395	0,73	81	62
III	83	135	218	581	2,67	614	2,82	-363	-33
IV	182	234	416	738	1,77	249	0,60	-322	489
V	194	290	484	592	1,22	522	1,08	-108	70
VI	356	1.834	2.190	2.215	1,01	562	0,26	-25	1.653
VII	286	1.016	1.302	840	0,65	273	0,21	462	567
VIII	115	845	961	678	0,71	417	0,43	283	261
Total	1.494	5.372	6.866	7.462	1,09	7.695	1,12	-596	-233

Fonte: CEMIG

V. POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE LENHA

A solução mais adequada para o problema de déficit de biomassa de origem florestal é uma combinação das seguintes medidas:

- . melhoria do rendimento do uso da lenha
- . plantações energéticas
- . reflorestamento das áreas desmatadas.

O potencial de melhoria do rendimento do uso da lenha é elevado, posto que, tanto o sistema de carvoejamento tradicional, como os fogões podem ter suas eficiências substancialmente aumentadas com adoção de medidas simples.

As pesquisas já realizadas mostram ser possível atingir índices de conversão lenha/carvão da ordem de 2 a 2,5 st/m³ carvão, atuando apenas no modo de operação dos fornos. Uma melhoria dessa ordem significa uma economia de 1m³ de lenha para cada m³ de carvão produzido pelos carvoeiros independentes responsáveis por mais de 70% do total do carvão produzido no Estado.

Segundo estudos realizados em outros países, é possível atingir uma economia de 30% a 50% da lenha consumida nos fogões através de modificações simples e de baixo custo. Os métodos utilizados para o aumento da eficiência consistem principalmente em:

- . diminuição do tamanho da câmara de combustão
- . diminuição da distância entre a panela e o fogo
- . controle do excesso de ar
- . colocação de controladores de fluxo de ar e tiragem
- . colocação de chicanas na câmara de combustão com o objetivo de aumentar a turbulência e dirigir o fluxo de gases para a parte inferior das panelas
- . colocação de chaminé

Após a etapa de desenvolvimento de fogões melhorados torna-se necessário o treinamento de grupos de pessoas em técnicas de construção e nos princípios básicos relacionados à conservação de lenha durante o cozimento. Com treinamento adequado seria possível evitar a construção de fogões com tiragem excessiva, má transferência de calor para as panelas e outras características que diminuem a eficiência.

A Tabela VI mostra os resultados que se teria com a implantação de tais medidas, considerando-se uma redução de 30% da lenha consumida no setor residencial e com um aumento para 55% no rendimento médio do processo de carbonização. Estas mudanças resultariam numa redução de 14,0% do consumo aparente de lenha, não se considerando a substituição por bagaço e turfa.

Além da adoção de medidas de conservação no consumo de lenha, é aconselhável que se implante bosques energéticos comunitários sob responsabilidade da comunidade usuária, para que se evite o agravamento do estado de penúria quanto à energia, ao qual as populações rurais vêm sendo submetidas pelo aniquilamento das reservas florestais do Estado. Programa semelhante já vem sendo implantado pelo IEF, no qual as plantações são feitas em mutirões por cooperativas ou associações de moradores.

A adoção de programas como o do fazendeiro florestal, visando aproveitar áreas ociosas ou subutilizadas e sem vocação para a agropecuária, em pequenas propriedades próximas aos centros consumidores contribuem para o equacionamento do problema.

Estes projetos dariam novo rumo ao programa de reflorestamento brasileiro, que esteve sempre orientado no sentido de atender à demanda industrial, através de extensos maciços de florestas homogêneas, com frequência localizadas a grandes distâncias dos centros consumidores. Nesta nova linha atender-se-ia a grande pressão sobre a produção de recursos florestais que é exercida pelo setor residencial e contornar-se-ia o problema das grandes distâncias de transporte que se têm observado.

TABELA VI

MINAS GERAIS - POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE LENHA, POR REGIÃO DE
PLANEJAMENTO - 1983

	REGIÕES DE PLANEJAMENTO									TOTAL
	IA	IB	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Redução de consumo no setor residencial (*)	83	14	73	112	45	38	63	65	113	606
Redução de consumo no processo de produção de carvão (**)	45	4	21	13	76	14	286	30	-	489
Redução no consumo devido à substituição por turfa e bagaço	-	-	1	73	46	25	18	6	-	169
Redução total	128	18	95	198	167	77	367	101	113	1.264
Consumo aparente após redução	3.496	1.021	300	416	82	445	195	172	304	6.431
Potencial de produção sustentado	630	127	538	218	416	484	2.190	1.302	961	6.866

Fonte: CEMIG

(*) Supondo-se 30% de redução

(**) Supondo-se rendimento médio de 55% para o processo de carbonização

BIBLIOGRAFIA

1. MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Energia. *2º Balanço Energético Estadual 1978/1983*. Belo Horizonte, Cemig, 1985. 180 p.
2. MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Energia. *Diagnóstico Energético 1978/1983*. Belo Horizonte, Cemig, 1985. 177 p.
3. MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Energia. *Identificação das Potencialidades Energéticas 1984*. Belo Horizonte, Cemig, 1984. 113 p.
4. BRASIL. Ministério da Agricultura. Coordenadoria de Agroenergia. *Proposta de Utilização Energética de Flores-tas e Resíduos Agrícolas*. Brasília. 1984. 166 p.
5. CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. *Conservação de Energia de Biomassa* in: Seminário de Energia de Biomassa - Documentos Básicos. Belo Horizonte, Cemig, 1984.
6. CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. *Estudos Complementares sobre lenha e carvão vegetal relativos de contingência da Comissão Nacional de Energia - CNE; disponibilidade, demanda e usos de lenha e carvão vegetal*. Belo Horizonte, 1984. V. 1 (Relatório Técnico Final).

* * *

ENERGIA PARA ATIVIDADES AGRO-PASTORIS

Francisco Sayão Lobato ()*

() Conselho Nacional do Petróleo*

As atividades agro-pastoris foram a vocação natural da maioria da população brasileira e contribuem com parcela ponderável da receita nacional. Apesar de uma estagnação na produção, pois a produção se situa há anos no nível de 50.000.000 t/ano grão, é na agropecuária que esta parcela da esperança de melhoria do padrão de vida do Brasil.

Até 1950, o País era essencialmente agrícola. A indústria existente era incipiente e quase toda voltada ao beneficiamento dos produtos agro-pastoris. As indústrias, fora desse setor, eram de pequeno porte, restringindo-se, praticamente, à manufatura artesanal, com produção limitada. A energia usada era gerada, cerca de 80%, por biomassas. O próprio sistema de transporte, constituído pelas ferrovias, usava lenha.

Com um sistema viário reduzido, havia isolamento de regiões, confinando as atividades a núcleos esparsos pelo País. A falta de comunicação criava inclaves com características próprias e costumes peculiares. O próprio linguajar possuía modismo, o que transformava o País em "arquipélago" distribuído em sua vastidão continental.

Com necessidades mais simples, as propriedades rurais eram, praticamente, auto-suficientes, usando os recursos locais para a sobrevivência. Com o confinamento das atividades, a demanda era pequena e a produção podia se restringir a ela, pois não havia possibilidade de escoá-la para outras áreas.

Em consequência, a necessidade energética podia ser suprida por energéticos menos sofisticados e o uso da lenha era generalizado. As áreas trabalhadas eram menores e podiam ser cultivadas manualmente, usando-se, nas unidades maiores tração animal para o preparo dos campos.

A densidade da população era menor e o suprimento de suas necessidades mais fácil. Os hábitos mais simples diminuam as exigências.

A partir do final da II Guerra Mundial, o País enveredou pelo caminho da industrialização, de que resultaram modificações profundas na estrutura do mesmo, provocando, inclusive, o despovoamento do campo, com a migração para as cidades. O desenvolvimento tecnológico, que atingiu a Nação, fez que os costumes mudassem e foram adotados confortos como geladeiras; televisão e eletrodomésticos passaram a ter uso generalizado, até mesmo entre as camadas mais modestas da sociedade. Essa mudança atingiu, também, a zona rural, que passou a exigir maiores recursos.

A época pré-II Guerra o Brasil já era grande produtor de café, açúcar, algodão e carne. Esses produtos eram comercializados, praticamente, "in natura" e eram a fonte de moedas fortes, através da exportação.

A demanda de eletricidade, em larga escala, era das cidades, onde se restringiam o sistema de distribuição. As usinas eram de porte médio e não se cogitava de interligações de áreas e atendiam à demanda local. A geração de eletricidade, para as fazendas, era feita incipientemente, resumindo à iluminação, na sua maioria.

A redução da mão-de-obra, no campo, tornou menor sua produtividade. Para melhor produtividade, passou-se a aplicar a mecanização dos trabalhos rurais, o que foi possível com o uso de tratores e máquinas agrícolas.

Com a ampliação do sistema viário, a facilidade de comunicação e adoção de medidas racionalizando os suprimentos, houve maior volume de exportação. As necessidades energéticas cresceram proporcionalmente. A substituição do trabalho manual resultou em uma maior produção, mas, por outro lado exigiu um sistema de abastecimento energético e a contratação de trabalhadores especializados. Isso criou problemas, pois foi relativamente rápida a transformação e não é possível se improvisar. Disso resulta que, até o momento, há carência de operadores competentes.

O uso da mecanização exigiu abastecimento de derivados de petróleo, óleo diesel, numa vasta área interiorana. A ampliação da fronteira agrícola levou as frentes de colonização a distâncias cada vez maiores das origens do energético. A disseminação de veículos para escoamento das produções, com o crescimento da rede viária, que se faz pela abertura de rodovias, exigiu tratamento especial na comercialização de derivados de petróleo.

As dificuldades crescem, para o transporte, na razão direta das distâncias a percorrer e da qualidade das estradas. Nas fronteiras das frentes de colonização as estradas são pobres, pois nessas áreas as atividades não estão consolidadas.

Procurando programar racionalmente as operações de suprimento de derivados de petróleo, o C.N.P. estabeleceu um preço homogêneo, para eles, em todo Território Nacional. Os consumos, nas áreas de melhores acesso e produtividade, constituem um percentual elevado (+ 85%) do consumo nacional. Esse consumo se dá na região SE-S do País. No NE e Centro-Oeste se concentram o uso de 10% e na Amazônia, ele não atinge a 5%. Dessa maneira, se se considerar o consumo, em áreas próximas às refinarias, ter-se-á predominância na distribuição. Se se fizer aumentar os preços dos derivados, nessas áreas, de forma a se cobrir o custo do transporte, conseguir-se-á estimular as atividades em áreas longínquas com um ônus unitário muito pequeno.

A produção agrícola, pela mecanização, melhorou suas possibilidades. Para que haja aumento da produção, é necessário que se adotem medidas não cogitadas no pré-II Guerra. O desenvolvimento tecnológico permitiu que fossem atendidas as solicitações, pela indústria nacional. Novas técnicas garantirão maior produtividade. Aos poucos se adotam a adaptação dos solos às exigências da produção. Pela irrigação será possível se aproveitarem áreas que, na dependência das condições climáticas, seriam pouco produtivas. Aliando-se à irrigação, a fertilização do solo, será possível se aproveitar o Cerrado, que cobre vasta área do Brasil.

Os avanços tecnológicos, também, modificaram a tratada dos assuntos rurais, levando ao estabelecimento de indústrias que permitirão aumento dos lucros.

A necessidade de tratar áreas maiores levaram à utilização de máquinas mecanizadas. No caso da aração, plantio e co

colheita, o uso de motores diesel, ou correspondente, é o recomendado. A não ser em áreas menores, a tração animal foi relegada a 2º plano.

A participação de motores a diesel na irrigação é substancial, mas, possivelmente, será a energia elétrica muito útil. No caso de motores estacionários, se se dispuser de eletricidade para a distribuição, ela será fator de aumento de eficiência e redução de custo de operações.

Quando se fala em energia na agropecuária, pensa-se em energia elétrica. No entanto, ela é apenas uma das fontes de energia a se considerar. A energia é a força produtora de trabalho, por isso, devem ser consideradas as fontes energéticas disponíveis de forma a harmonizar as ações.

Dentre os resultados, obtidos nos estudos realizados no Brasil, destaca-se o uso de álcool etílico em motores. Nos motores ciclo Otto não há maiores problemas e o uso desses motores ciclo Otto não há maiores problemas é o uso desses motores com álcool foi um sucesso, tipicamente brasileiro. Nos casos dos motores de ciclo diesel, entretanto, o uso do álcool esbarra com problemas técnicos, consequência da cetanagem zero que não permite se obter a explosão sob pressão, que caracteriza o funcionamento do motor diesel.

A vantagem do motor diesel, que o tornou utilizável para transporte pesado, é o alto torque, bem superior ao do motor Otto. A tentativa de uso de álcool nos motores diesel, usando "pontos quentes" para a explosão, ou a adaptação de velas para a centelha, não passa de otolização do motor, que perde as características.

Para tentar obter eficiência nos motores diesel, usando álcool, foram procedidos estudos visando a dupla injeção óleo diesel/álcool. Chegou-se à proporção de 70/30 na admissão feita paralelamente. O óleo diesel servia de escorva para a explosão do álcool. A grande vantagem desse sistema é que o torque é alto e não há necessidade de se alterar o motor. Sua eficiência, no caso de transporte a longo curso, é boa; más, não é adotável ao transporte urbano, onde as paradas são muitas.

Existem estudos visando estabilizar a mistura álcool-diesel, permitindo seu uso com injeção única.

O uso do álcool etílico cria boa condição de suprimento regional de combustível, tendendo a dar maior autonomia à agricultura que poderá produzi-lo, evitando o transporte.

Nas áreas interioranas, onde existem florestas, é possível se pensar no uso intensivo da lenha e seus sucedâneos (alcatrão, gases combustíveis e carvão vegetal).

O uso de derivados de lenha em motores é possível. A dupla injeção gás pobre-diesel tem sido usada eficientemente na Amazônia, em motores fluviais e estacionários. A proporção é de 30/70.

Dessa exposição resulta que há uma diversificação de energéticos para uso na agropecuária.

A eletrificação rural destaca-se como elemento de elevação do nível de vida, desde o conforto até a produtividade. Se houver eletricidade, levada por linhas de transmissão, ligando a área ao sistema nacional, sua utilização é altamente compensadora. Será possível se movimentar equipamentos estacionários das instalações do beneficiamento e preservação da produção.

A industrialização dos produtos agrícolas permitirá o uso de resíduos agrícolas que, uma vez racionalmente aproveitados, permitirão maior lucratividade. Esses resíduos podem ser energéticos valiosos.

Quando as áreas não são alcançadas pelas linhas de transmissão, o ideal será se gerar eletricidade em unidades termelétricas. Isso tem sido usado com sucesso nas minerações da Amazônia, onde a geração é feita a motor diesel ou a vapor. O dimensionamento da geração é feito caso a caso.

As caldeiras podem ser alimentadas a lenha ou carvão vegetal. No caso de carvoejamento contínuo, ciclo fechado, é possível se dispor de alcatrão e gases combustíveis, que poderão ser queimados nas caldeiras.

O emprego de motor diesel, adaptados a dupla injeção (com álcool ou gás pobre) resolverá a geração da energia, com a eliminação do transporte de, pelo menos, 70% do óleo diesel.

Se se optar para a geração centralizada de eletricidade simplificará a operação, eliminando a distribuição de quotas de óleo diesel nas diferentes áreas, ficando o suprimento de energia dependendo da linha de transmissão.

O aproveitamento dos recursos locais constituirá elemento para a racionalidade e autonomia das ações, recomendando, principalmente em áreas remotas, a regionalização dos energéticos. Pelo menos enquanto não houver sistema eficiente de fornecimento de energéticos produzidos a distância, é recomendável usar-se os encontrados na área. O planejamento deve ser feito de forma a que os energéticos se complementem na geração da energia, propiciando opção que liberte de uma monodependência, muitas vezes, sufocante.

A disponibilidade de energia é essencial para a produção. Dessa forma, devem ser estudados os usos de energéticos, procurando regioná-los o mais racionalmente possível, através da otimização do uso da energia.

Dadas as condições das frentes de produção agrícola, para uma programação eficiente, faz-se mister proceder a um levantamento cuidadoso para se ter conhecimento da situação real do setor. Essa tarefa não é fácil, pois os levantamentos ainda são incompletos. Deve-se compulsar as possibilidades energéticas, selecionando projetos de forma a evitar cair-se em impasses, partindo-se da premissa de que a energia deve ser global e os energéticos os mais acessíveis e eficientes.

ESTUDOS DE CONSERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO
DE ENERGIA

PERFIL DO CONSUMO ENERGÉTICO DO SETOR AGRÍCOLA DO
ESTADO DE SÃO PAULO

Sinclair Mallet-Guy Guerra ()*

() CEESP - Conselho Estadual de Energia SP*

INTRODUÇÃO

Em função de seu peso no total do consumo de energia o setor agrícola não tem sido analisado devidamente.

Além disso, há a dicotomia técnica entre energia direta e energia indireta, o que coloca mais um grau de dificuldade nos estudos sobre a produção e o consumo de energia pelo, e no setor.

O objetivo de se estudar um perfil energético global para o setor foi, após ponderações, colocado à margem, optando-se por separar de um lado a produção de energia pela agricultura e de outro o consumo.

Uma vez definida essa opção, objetiva-se traçar o perfil do consumo, considerando-se as quantidades, os tipos de energéticos utilizados e sua aplicação. Isso tendo em vista sempre relações com outros setores produtivos, seja a nível do Estado seja a nível do país.

O SETOR AGRÍCOLA PAULISTA E SEU PRODUTO

O setor agrícola paulista tem representado de 4,1% a 5,3% do total do PIB estadual, ao longo do período compreendido entre 1975 e 1984, como pode ser verificado na Tabela 1.

Por outro lado, a Tabela 2 mostra a participação do PIB do Estado de São Paulo na formação do PIB do país. Pode-se verificar que essa participação tem oscilado de um mínimo de 13,8% a 20,7%, percentuais que demonstram a pujança da agricultura paulista na composição do produto brasileiro.

TABELA 1

PARTICIPAÇÃO DO SETOR AGRÍCOLA NO PIB TOTAL DO ESTADO

(Cr\$ 10⁹ de 1975)

ANOS	(A) PIB TOTAL	(B) SETOR AGRÍCOLA	(B/A)
1975	446,4	22,0	4,9
76	494,7	20,3	4,1
77	506,9	23,8	4,7
78	551,3	24,0	4,4
79	589,9	25,7	4,4
80	634,1	26,7	4,2
81	585,0	28,9	4,9
82	601,1	28,7	4,8
83	582,2	30,6	5,3
84	607,7	30,7	5,1

Fonte: SADE

TABELA 2

PARTICIPAÇÃO DO PIB DO ESTADO DE SÃO PAULO NA FORMAÇÃO DO PIB DO BRASIL - SEGUNDO SETORES - % - 1980 a 1984

Cr\$ de 1975 (constantes)

ANO	TOTAL	PRIMÁRIO	SECUNDÁRIO	TERCIÁRIO
1980	46,0	13,8	62,0	41,7
1981	42,2	15,3	57,0	38,9
1982	43,8	17,1	55,8	40,0
1983	43,8	15,1	54,1	42,7
1984*	43,9	20,7	54,0	40,0

Fonte: SEADE/FGV

* Valores estimados do PIB Brasil

Pode-se, também, supor que se a nível estadual a oscilação foi aquela apresentada é que outros setores, como o secundário e terciário, têm tido peso econômico muito mais forte.

Não se trata aqui de efetuar uma correlação entre consumo de energia do setor agrícola e sua participação no produto brasileiro, mas sim de estabelecer ordens de grandeza tais que tornem significativas ambas as participações.

A Tabela 3 apresenta o consumo médio de energia por unidade de produto gerado no setor agrícola.

TABELA 3

CONSUMO MÉDIO DE ENERGIA POR UNIDADE DE PRODUTO GERADO NO SETOR AGROPECUÁRIO - ESTADO DE SÃO PAULO - kcal/Cr\$ de 1975

GRUPOS DE ENERGÉTICOS	1980	1981	1982	1983	1984
Derivados de Petróleo	225	217	242	229	200
Biomassa	4	4	4	4	4
Eletricidade	26	28	30	34	39
TOTAL	225	249	276	267	243

Fontes: MME e SEADE

A referida tabela induz a que tenha havido uma significativa melhoria na eficiência do consumo de energia no setor, pois se tomarmos cada um dos dados em separado (consumo e produto) podemos verificar que houve condições para tal. Isto pode ser entendido como uma queda ainda que relativamente pequena, no consumo e por outro lado um leve crescimento no produto do setor.

Em que pese à constatação acima, não seria conveniente qualquer afirmação no sentido de se dizer que tem havido melhoria na eficiência do consumo.

Ao invés de eficiência, seria muito mais correto afirmar que o menor consumo de derivados de petróleo e o maior de eletricidade, entre os anos de 1980 a 1984, podem ser creditados a fatores conjunturais desses mesmos anos. Possíveis, ainda que não tão significativas, alterações na produção de bens, também, podem ser apontadas como razão para aquela variação.

Com relação ao produto do setor agrícola, pode-se afirmar também as alterações havidas no denominador da fração, ou seja, no montante do PIB agropecuário.

O CONSUMO DE ENERGÉTICOS NO SETOR

A Tabela 4 tem por objetivo apresentar o consumo de energia no setor agropecuário, onde se podem visualizar várias alterações de comportamento.

O óleo diesel apresentou um consumo totalmente aleatório alternando subidas e descidas. O óleo combustível, entre 1980 e 1983 apresentou uma gradativa queda no seu consumo, podendo estar sendo substituído por outros energéticos. Quanto ao ano de 1984 ainda não se dispõe de dados totalmente confiáveis que possam explicar as reais razões do consumo de óleo combustível ter sido somente de 9.10^9 kcal, representando menos de 10% do ano anterior.

A lenha tem seguido um comportamento bem semelhante àquele do óleo diesel, ou seja, oscilante. Tal não se deu com a eletricidade, pois seu consumo tem sido crescente ao longo do período que vimos observando.

TABELA 4

CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR AGROPECUÁRIO - ESTADO DE SÃO PAULO 10^9 kcal - 1980/1984

FONTES DE ENERGIA	1980	1981	1982	1983	1984
Óleo Diesel	5 330	5 586	6 278	5 970	5 552
Óleo Combustível	674	598	437	304	9
Querosene Iluminado	16		8		
Gasolina de Aviação			8	8	
GLP			6	6	
Lenha	95	101	98	96	98
Eletricidade	699	800	839	929	1 090
TOTAL	6 813	7 085	7 674	7 313	6 749

Fonte: MME e IBGE

O querosene iluminante, a gasolina de aviação e o GLP não apresentam ainda condições de terem seu consumo avaliado de forma mais detida.

TABELA 5

CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR AGROPECUÁRIO POR GRUPOS DE ENERGÉTICOS - ESTADO DE SÃO PAULO - (%) - 1980/1984

GRUPOS DE ENERGÉTICOS	1980	1981	1982	1983	1984
Derivados de Petróleo	88,4	87,3	87,8	86,0	82,4
Biomassa	1,4	1,4	1,3	1,3	1,5
Eletricidade	10,2	11,3	10,9	12,7	16,1

Fontes: MME e IBGE

A Tabela 6 apresentada a seguir mostra a participação do consumo energético do setor agrícola sobre o total do Estado. Alguns podem fazer o comentário de que em termos percentuais o consumo do setor agrícola é baixo, o que é óbvio; no entanto, em termos monetários o setor é importante, como vimos na composição do produto.

TABELA 6

CONSUMO FINAL DE ENERGIA NO ESTADO DE SÃO PAULO EM 10⁹ kcal

ANOS	CONSUMO (A)	SETOR AGRÍCOLA (B)	B/A
1980	257 626	6 813	1,6
1981	246 226	7 085	2,9
1982	250 959	7 674	3,1
1983	264 820	7 313	2,8
1984	269 045	6 749	2,5

Fonte: Balanço Energético Estadual de São Paulo - 1985

Outro ponto importante a ressaltar é a relativa constância da participação percentual, que oscilou de 2,5% a 3,1%, demonstrando nesse período de cinco anos uma certa rigidez de variação, mesmo se considerarmos que foram momentos extremamente difíceis para o conjunto da economia brasileira.

A Tabela 7 procura demonstrar de forma comparativa como foi o consumo de energia no setor agropecuário, entre o Estado de São Paulo e o Brasil em percentual. Mais uma vez percebe-se certa estabilidade na participação percentual comparativa, com uma única exceção para eletricidade no ano de 1984, fato que demanda uma análise mais acurada.

TABELA 7

CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR AGROPECUÁRIO SÃO PAULO/
BRASIL % - 1980 a 1984

GRUPOS DE ENERGÉTICOS	1980	1981	1982	1983	1984
Derivados de Petróleo	25,8	24,7	25,9	26,2	19,9
Biomassa	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Eletricidade	39,6	37,3	35,4	33,5	33,6
TOTAL	11,0	11,1	11,1	11,8	10,8

Fonte: Balanço Energético do Estado de São Paulo

CONSUMO DE ENERGIA E MÃO-DE-OBRA

Um interesse pelo perfil do consumo de energia no setor agrícola deve necessariamente passar pelo seu nível de emprego. A Tabela 8 apresentada a seguir tem a pretensão de demonstrar a evolução do pessoal ocupado na atividade agrícola, entre os anos de 1980 a 1984.

É necessário o esclarecimento de que para o setor agropecuário os dados foram tomados de informações sobre a população economicamente ativa (PEA), por serem considerados mais próximos da realidade que aqueles obtidos da RAIS, pois parcela ponderável da população empregada não é registrada. A evolução do pessoal ocupado não apresentou crescimento digno de mostra, como se pode observar.

TABELA 8

PESSOAL OCUPADO NO SETOR AGRÍCOLA PAULISTA

ANOS	10 ³ SETOR AGRÍCOLA (A)	PEA (10 ³)(B)	POP. TOTAL A/B
1980	1 175	10 239	24 881 11,5
1981	1 166	10 641	26 041 11,0
1982	1 108	11 139	26 857 10,8
1983	1 279	11 230	27 666 11,4
1984	1 249	11 812	28 560 10,6

Fonte: SEADE

Ainda que não seja uma preocupação diretamente ligada à questão energética, ressalta aos olhos o fato de que o setor agrícola não ter observado um contingente maior de pessoal, como se pode observar nos dados da Tabela 8.

O consumo médio de energia por empregado no setor agrícola pode ser observado na Tabela 9, na qual fica demonstrado o avanço da eletricidade.

Os demais energéticos - derivados de petróleo e biomassas - apresentam um comportamento difícil de ser enquadrado como manifestação de tendência.

TABELA 9

CONSUMO MÉDIO DE ENERGIA POR EMPREGADO NO SETOR AGROPECUÁRIO
ESTADO DE SÃO PAULO - 10³ kcal/PEA

GRUPOS DE ENERGÉTICOS	1980	1981	1982	1983	1984
Derivados de Petróleo	5 123	5 303	5 575	4 916	4 451
Biomassa	80	86	81	75	79
Eletricidade	595	686	694	726	872
TOTAL	5 798	6 075	6 350	5 717	5 402

Fontes: SEADE

ONDE SE DÁ O CONSUMO NO SETOR

A preocupação com o consumo de energia no setor agrícola do Estado de São Paulo dirige-se fundamentalmente para a identificação menos dos totais efetivamente consumidos e muito mais para indagações do tipo:

- . onde se dá o consumo
- . como se dá o consumo

As primeiras respostas começam a surgir a partir de levantamentos específicos que vêm sendo efetuados pelo IEA - Instituto de Economia Agrícola. Pelo fato destes referidos levantamentos serem recentes serão apresentados como exemplos do que está sendo feito e não como manifestação de um comportamento tendencial, uma vez só dispomos de estudos para dois anos (1983 e 85).

Além disso é conveniente que se acrescente que os dados cobriram até aqui somente alguns tipos de equipamentos, justamente aqueles que parecem ao IEA como os mais representativos do consumo do setor. No entretanto, futuramente pretende-se ampliar o espectivo de equipamentos consumidores com vistas, evidentemente, a torná-lo o mais abrangente possível.

A GUISA DE CONCLUSÃO

Pode-se observar que, menos com uma participação percentual modesta frente aos demais setores o agrícola desempenha papel importante se relativizado com o PIB tanto a nível Estadual quanto ao do país.

Observação importante que também deve ser feita como constatação dos dados apresentados é a de que, pelo menos potencialmente, há espaço para a penetração de outros energéticos que não os dois tradicionais: eletricidade e óleo diesel.

Pensamos, por exemplo, na possibilidade de entrada de alguns novos e na expansão da biomassa.

Cabe também a constatação de que o setor demanda ainda mais e maiores estudos nos seus aspectos energéticos.

TABELA 10

CONSUMOS DE COMBUSTÍVEIS SEGUNDO DIFERENTES TIPOS DE EQUIPAMENTOS NO
SETOR AGROPECUÁRIO - ESTADO DE SÃO PAULO - 10⁹ kcal

TIPOS DE EQUIPAMENTOS	TOTAL		ÓLEO DIESEL		GASOLINA		ÁLCOOL		OUTROS	
	83	84	83	84	83	84	83	84	83	84
Transportes Intermediários (1)	2 263	1 445	1 232	738	938	574	93	133		
Tratores de Esteira (2)	65	113	65	113	-	-				
Microtratores e Mulas Mecânicas	39	58	39	58	-	-				
Tratores de Rodas (2)	5 101	4 470	5 060	4 445	-	-	41	25		
Equipamentos Diversos (3)	124	699	91	303	9	2	-	-	24	394
TOTAL	6 592	6 785	6 487	947	947	576	134	158	24	394

Fonte: IEA

- (1) Caminhões, camionetes, jipes e automóveis
- (2) Diversas faixas de potência
- (3) Secadores, debulhadeiras de milho, batedores de feijão, descascadores de arroz, misturadores de ração, incubadoras e motosserras
- (4) Lenha, carvão vegetal, energia elétrica, gás

BIBLIOGRAFIA

1. Balanço Energético do Estado de São Paulo. CEE/SP, 1984.
2. Anuários Estatísticos do Estado de São Paulo. SEADE/SP, 1985.
3. Conjuntura Econômica. FGV/Rj, 1985
4. Relatório Especial de Pesquisa sobre Energia na Agricultura. IEA/SAA, SP. 1985.

* * *

DESEMPENHO DE TRATORES AGRÍCOLAS

Eduardo Godoy de Souza ()*

(*) *Centro Nacional de Engenharia Agrícola*

INTRODUÇÃO

Os ensaios oficiais de tratores agrícolas no Brasil são feitos segundo a Norma MB-484 (1). Em cada ensaio é gerada uma grande quantia de informações que ficam contidas nos relatórios de ensaios.

Com os dados obtidos nos ensaios de tratores realizados no Centro Nacional de Engenharia Agrícola foi elaborado este trabalho, com o propósito de investigar as distribuições estatísticas de alguns parâmetros de (ou ligados ao) desempenho:

- Consumo específico de combustível à potência máxima.
- Consumo específico de combustível médio nas parciais.
- Percentagem de peso sobre o eixo traseiro - condições estática e dinâmica, trator com e sem lastro.
- Coeficiente tratório - trator com e sem lastro.
- Reserva de torque.
- Reserva de rotação.
- Relação entre a potência máxima na barra de tração e a potência na tomada de potência - TDP (ou motor).
- Relação entre a massa em ordem de marcha e a potência na TDP (ou motor) - com e sem lastro.
- Coeficiente de desempenho do motor na zona de corte do regulador.
- Relação entre a força máxima de tração e o peso em ordem de marcha - com e sem lastro.

Os mais recentes trabalhos de análise estatística de parâmetros de (ou ligados ao) desempenho, feitos por LEVITICUS (3, 4) e LEVITICUS et alii (5), mostram a influência da potên

cia do motor no consumo específico de combustível (3), na relação entre a potência máxima na barra de tração e a potência na TDP (4), e no coeficiente tratório (5), e a influência da configuração do trator no coeficiente tratório (5).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os resultados dos ensaios de tratores realizados pelo CENEA entre 1982 e 1986 (45 tratores) foram analisados em um microcomputador HP-85.

Cabe ressaltar que todos os ensaios foram feitos com alavanca de comando do regulador de rotações da bomba injetora na posição de máxima aceleração (motor de ignição por compressão), ou com borboleta do carburador totalmente aberta (motor de ignição por centelha).

Há de se considerar que inúmeras variáveis podem afetar o desempenho do trator nos ensaios de dinamometria e de barra de tração:

- Condições ambientais - pressão, temperatura e umidade do ar. Estes efeitos foram minimizados pela adoção do fator de redução estabelecido pela Norma NBR 5484 (2).
- Parâmetros do pneu - altura da garra, qualidade da borracha, tipo de construção, pressão e processo de desgaste. Os pneus e a pressão de tamanho foram especificados pelo fabricante. Os ensaios foram executados com os pneus já desgastados mas, conforme Norma MB-484 (1), pelo menos 65% da altura original da garra no início dos mesmos.
- Condições da pista normalizada - todos os tratores de rodas foram ensaiados na mesma pista de concreto (pista CENEA Nº 2), e todos os tratores de esteiras na mesma pista de terra compactada (pista CENEA nº 3).
- Tamanho do trator - na análise de cada parâmetro foi primeiramente verificada a dependência do parâmetro com a potência do trator e algumas vezes com o número de cilindros do motor (também se era turbinado ou não).
- Tipo de tração: tração somente traseira (4x2), tração traseira a dianteira auxiliar (4x2 aux.), tração traseira e dianteira - rodas iguais (4x4) e esteira. Para alguns parâmetros foi julgado conveniente verificar a dependência do parâmetro com o tipo de tração do trator.

Na análise estatística foi utilizado SOFTWARE que fornece para uma série de dados a média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação. O autor utilizou-se das definições correntes apresentadas no anexo, bem como definiu os seguintes parâmetros como segue:

- Reserva de rotação: indica qual é a diminuição percentual em rotação quando a rotação cai de NP para NT. Analiticamente:

$$RR = \frac{NP-NT}{NP} \cdot 100$$

onde: RR = Reserva de rotação, %
 NP = Rotação de potência máxima, min^{-1}
 NT = Rotação de máximo momento de força, min^{-1}

- Coeficiente de desempenho do motor na zona de corte do regulador: indica qual foi o aumento, em média, do consumo específico de combustível com o motor trabalhando na zona de corte regulador em relação à situação de potência máxima. Analiticamente:

$$CDR = \frac{CEP}{CE}$$

onde: CDR = coeficiente de desempenho do motor na zona de corte do regulador;
 CEP = consumo específico de combustível médio nas parciais, g/kWh;
 CE = consumo específico de combustível à potência máxima, g/kWh.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o consumo específico de combustível à potência máxima em função da potência medida na TDP de 37 tratores. Os valores variam entre 227 e 279 g/kWh. A Tabela 1 contém o mesmo parâmetro em função do número de cilindros e do tipo de aspiração do motor. Pode-se observar, na média, uma diminuição do consumo específico com o aumento do número de cilindros (e portanto com o aumento da potência), como também o desempenho pouco satisfatório dos motores turbo-alimentados. Os valores mínimos observados nos motores de aspiração natural são, surpreendentemente, melhores que os observados por LEVITICUS (5) e por SULEK et alii (12).

TABELA 1

CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTÍVEL À POTÊNCIA MÁXIMA - TRATOR COM TDP

Nº de Cilindros	Tipo de Aspiração	Nº de casos	Min.Cons.Esp. (g/kWh)	Cons.Esp.Méd. (g/kWh)	Desvio Padrão (g/kWh)
2	natural	7	243	260	13,2
3	natural	17	230	251	13,4
3	turbo-alim.	1	265	265	-
6	natural	10	227	244	13,0
6	turbo-alim.	2	247	251	5,7
TOTAL		37	227	251	13,7

A Figura 2 apresenta o consumo específico de combustível à potência máxima em função da potência medida no motor de 7 tratores sem TDP. Os valores variam entre 210 e 263 g/kWh. A Tabela 2 contém o mesmo parâmetro em função do número de cilindros e do tipo de aspiração do motor. Pode-se observar, na média, uma diminuição do consumo específico com o aumento do número de cilindros, como também, na média, uma diminuição de aproximadamente 6% em relação aos resultados da Tab. 1.

TABELA 2

CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTÍVEL À POTÊNCIA MÁXIMA - TRATOR SEM TDP

Nº de Cilindros	Tipo de Aspiração	Nº de casos	Min.Cons.Esp. (g/kWh)	Cons.Esp.Méd. (g/kWh)	Desvio Padrão (g/kWh)
2	turbo-alim.	1	263	263	-
6	natural	3	221	233	19,1
6	turbo-alim.	3	210	232	22,0
TOTAL		7	210	237	20,4

A Figura 3 apresenta o consumo específico de combustível médio nas parciais em função da potência medida na TDP de 37 tratores. Os valores variam entre 280 e 372 g/kWh. A Tabela 3 contém o mesmo parâmetro em função do número de cilindros e do tipo de aspiração do motor. Pode-se observar, na média, uma diminuição do consumo específico médio nas parciais com o aumento do número de cilindros, como também o desempenho pouco satisfatório dos motores turbo-alimentados. Os valores mínimos observados nos motores de aspiração natural são, surpreendentemente, melhores que os observados por LEVITICUS (5) e por SULEK et alii (12).

TABELA 3

CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTÍVEL MÉDIO NAS PARCIAIS - TRATOR COM TDP

Nº de Cilindros	Tipo de Aspiração	Nº de casos	Min.Cons.Esp. (g/kWh)	Cons.Esp.Méd. (g/kWh)	Desvio Padrão (g/kWh)
3	Natural	7	290	329	31,2
4	Natural	17	280	312	19,2
4	Turbo-Alim.	1	344	344	-
6	Natural	10	288	301	10,3
6	Turbo-Alim.	2	300	312	16,3
TOTAL		37	280	313	21,9

A Figura 4 apresenta o consumo específico de combustível médio nas parciais em função da potência medida no motor de 7 tratores sem TDP. Os valores variam entre 274 e 327g/kWh. A Tab. 4 contém o mesmo parâmetro em função do número de cilindros e do tipo de aspiração do motor. Pode-se observar, na média, uma diminuição do consumo específico médio nas parciais com o aumento do número de cilindros, como também, na média, uma diminuição de aproximadamente 2% em relação aos resultados da Tab. 3.

TABELA 4

CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTÍVEL MÉDIO NAS PARCIAIS - TRATOR SEM TDP

Nº de Cilindros	Tipo de Aspiração	Nº de casos	Min.Cons.Esp. (g/kWh)	Cons.Esp.Méd. (g/kWh)	Desvio padrão (g/kWh)
4	Turbo-Alim.	1	327	327	-
6	Natural	2	281	303	31,1
6	Turbo-Alim.	1	274	274	-
TOTAL		4	274	302	28,2

A Figura 5 apresenta o coeficiente de desempenho do motor em função da potência nominal do mesmo, de 42 tratores. Os valores variam entre 1,18 e 1,38. A Tab. 5 contém o mesmo parâmetro em função do número de cilindros e do tipo de aspiração do motor. Pode-se observar, na média, uma independência do referido coeficiente em relação ao número de cilindros e ao tipo de aspiração e, portanto, que em média os motores consomem 25% a mais quando operando na zona de corte do regulador de rotação. Como o motor de um trator normalmente trabalha a maior

parte do tempo na referida zona de corte, parece mais conveniente a utilização do consumo específico de combustível médio nas parciais como parâmetro de caracterização da eficiência efetiva do motor, bem como parâmetro indicado para estimativa de consumo de combustível.

TABELA 5

COEFICIENTE DE DESEMPENHO DO MOTOR

Nº de Cilindros	Tipo de Aspiração	Nº de casos	Min.Coef. de Desemp.Motor	Coef.de Desem. do Motor Médio	Desvio Padrão
3	Natural	7	1,19	1,26	0,09
4	Natural	17	1,18	1,25	0,04
4	Turbo-Alim.	2	1,24	1,27	0,04
6	Natural	12	1,19	1,24	0,04
6	Turbo-Alim.	4	1,18	1,23	0,04
TOTAL		42	1,18	1,25	0,05

As Figuras 6 e 7 apresentam as percentagens de peso sobre o eixo traseiro nas condições estática sem e com lastro, em função da potência nominal do motor, de 41 tratores. A Tab. 6 contém o mesmo parâmetro em função do tipo de tração. Observa-se na média, uma diminuição da referida percentagem dos tratores 4x4 em relação aos 4x2 Aux., e destes em relação aos 4x2. A priori, a distribuição estática de peso ideal é aquela que proporciona a melhor distribuição dinâmica de peso na condição de máxima tração. Como esta última é função da distribuição estática do peso, da altura da barra-de-tração, da distância entre eixos e da força de tração, não se aconselha fazer ponderações sobre a distribuição estática de uma espécie sem analisar os outros parâmetros apontados.

TABELA 6

PERCENTAGEM DE PESO SOBRE O EIXO TRASEIRO -
CONDIÇÃO ESTÁTICA

Condição	Tipo de Tração	Nº de casos	Mínima P.E.T.(%)	Máxima P.E.T.(%)	P.E.T. Média(%)	Desvio Padrão(%)
Sem Lastro	4X2	26	59	68	65	2,8
	4X2 Aux.	11	58	68	62	2,7
	4X2	4	36	42	40	2,5
Com Lastro	4X2	26	61	72	66	3,0
	4X2 Aux.	11	54	67	61	4,0
	4X4	4	38	41	40	1,7

PERCENTAGEM DE PESO SOBRE O EIXO TRASEIRO -
CONDIÇÃO DINÂMICA

Condição	Tipo de Tração	Nº de casos	Mínima P.E.T. (%)	Máxima P.D.T. (%)	P.D.T. Média (%)	Desvio Padrão (%)
Sem Lastro	4X2	26	68	88	80	4,3
	4X2 Aux.	9	74	82	77	2,8
Com Lastro	4X2	26	70	88	79	4,6
	4X2 Aux.	9	71	82	76	3,9
	4X4	3	50	56	52	3,2

As Figuras 8 e 9 apresentam as percentagens de peso sobre o eixo traseiro nas condições dinâmica sem e com lastro, de 35 e 38 tratores, respectivamente. A Tab. 7 contém o mesmo parâmetro em função do tipo de tração. Observa-se, na média, uma diminuição da referida percentagem dos tratores 4x4 em relação aos 4x2 Aux., e destes em relação aos 4x2. Os tratores 4x4 por possuírem rodas iguais e tração nos dois eixos devem, teoricamente, apresentar 50% do peso no eixo traseiro na condição de máxima tração, e portanto, o valor médio observado, 52%, é muito bom. Segundo RENUIS (9) um trator 4x2 Aus. deve ter 60 a 70% do peso do eixo traseiro na condição de máxima tração, e, portanto, os valores médios observados, 77% (condição sem lastro) e 76% (condição com lastro), estão acima do recomendado por ele. Já para os tratores 4x2, como somente a percentagem de peso sobre eixo traseiro pode ser convertida em tração, é desejável que ela seja maior possível, sem, todavia, comprometer a dirigibilidade da máquina. Segundo as leis de trânsito da Alemanha Ocidental (10), deve-se ficar sempre 20% do peso sem lastro do trator no eixo dianteiro. As médias observadas para os tratores 4x2, 80% (condição sem lastro) e 79 (condição com lastro), mostraram-se, portanto, bastante adequadas.

TABELA 8

COEFICIENTE TRATÓRIO

Condição	Tipo de Tração	Nº de casos	Mínimo Coef. Tratório (%)	Máximo Coef. Tratório (%)	Coef. Trat. Médio (%)	Desvio Padrão (%)
Sem Lastro	4X2	26	83	110	96	6,1
	4X2 Aux.	9	85	100	90	5,0
	Esteira	3	74	82	78	4,0
Com Lastro	4X2	26	85	101	94	4,4
	4X2 Aux.	9	76	96	88	6,4
	4X4	3	82	94	87	6,2
	4X2 Aux e 4X4	12	76	96	88	6,1

TABELA 9

AUTONOMIA

Potência (kW)	Nº de casos	Mín.Aut. (h)	Máx.Aut. (h)	Aut.Média (h)	Desvio Padrão(h)
P < 60	24	4,4	13,9	6,7	2,0
60 ≤ P ≤ 120	16	5,0	15,3	8,6	2,5
P > 120	4	10,6	22,5	16,9	6,0

As Figuras 10 e 11 apresentam o coeficiente tratório nas condições sem e com lastro em função da potência nominal do motor, de 38 tratores. A Tab. 8 contém o mesmo parâmetro em função do tipo de tração. Ele caracteriza quão eficientemente as rodas motoras, ou esteiras, convertem o peso sobre elas em tração. Para ambas condições de lastragem, os tratores 4x2 levam vantagem sobre os 4x4 e 4x2 Aux. Contudo, os tratores 4x2 só possuem um eixo motriz, contra dois dos outros tratores. Uma comparação direta dos resultados obtidos pelos tratores de rodas com os tratores de esteiras não é possível devido os últimos serem ensaiados em pista de terra compactada. Segundo BRIXIUS (3) os tratores de esteiras apresentam maior coeficiente tratório que os tratores 4x4 e 4x2 Aux., quando em mesmas condições de solo, devido ao maior grau de penetração das esteiras e a menor pressão de contato no solo. Acrescenta-se ainda que nenhuma diferença estatística foi observada nas médias entre os tratores 4x2 Aux. e os 4x4.

TABELA 10

RESERVA DE TORQUE

Tipo de Aspiração	Nº de casos	Mínimo Valor (%)	Máximo Valor (%)	Valor Médio (%)	Desvio Padrão (%)
Natural	36	22	59	41	7,8
Turbo-Alim.	8	27	38	33	4,3
TOTAL	44	22	59	39	7,8

TABELA 11
RESERVA DE TORQUE

Condição	Tipo de Aspiração	Nº de casos	Min.Valor (%)	Máx.Valor (%)	Valor Médio (%)	Desvio Padrão (%)
Com TDP	Natural	34	8,8	34,1	18,0	5,8
Com TDP	Turbo	3	17,3	28,2	21,8	5,7
Sem TDP	Natural	2	12,6	27,2	19,9	10,3
Sem TDP	Turbo	5	13,9	41,7	26,2	12,1
TOTAL		44	8,8	41,7	19,3	7,1

A Figura 12 apresenta a autonomia em função da potência nominal do motor, de 44 tratores. A Tab. 9 contém o mesmo parâmetro em função de faixas de potência. Para tratores de média potência (60 - 120 kW) o volume do reservatório deve ser suficiente para um dia de trabalho de 10 h, em aplicações severas como aração pesada. Segundo publicação da DEUTZ FAHR (8) seria então necessário 85% da potência máxima, consumindo, portanto, por volta de 85% do consumo máximo. Seguindo este raciocínio calcula-se a autonomia de cada trator. A média de 8,6 h, para os tratores médios, pode ser, portanto, avaliada como abaixo da recomendada. Para tratores de pequena potência (< 60kW) permite-se menores autonomies, situando-se a média de 6,5 h como plenamente aceitável. Já os tratores de grande potência (> 120 kW), cujas aplicações devem permitir o mínimo de 20 h diárias de trabalho ininterruptas, apresentaram a média de 16,9 h, também avaliada como abaixo da recomendada.

TABELA 12
RELAÇÃO POTÊNCIA MÁXIMA NA BARRA-DE-TRAÇÃO E
POTÊNCIA NA TDP

Tipo de Tração	Nº de casos	Min. $\frac{\text{Pot. Barra}}{\text{Pot. TDP}}$ (%)	Máx. $\frac{\text{Pot. Barra}}{\text{Pot. TDP}}$ (%)	$\frac{\text{Pot. Barra Média}}{\text{Pot. TDP}}$ (%)	Desvio Padrão (%)
4X2	26	82	100	88	4,8
4X2 Aux.	9	78	88	85	3,0
TOTAL	35	78	100	87	4,5

A Figura 13 apresenta a reserva de rotação em função da potência nominal do motor de 44 tratores. A Tab. 10 contém o mesmo parâmetro em função do tipo de aspiração do motor. Os valores variam entre 22 e 59%, com uma média de 39%. Segundo RENIUS (9) a queda de rotação definida pelo autor como reserva de rotação deve ser de 20 - 35% e que ela é um dos parâmetros que caracterizam a "elasticidade" do motor. Quando ela é maior que o limite superior, a potência equivalente ao ponto de torque máximo decresce muito em relação à nominal e se precisa freqüentemente trocar de marcha antes de se atingir o torque máximo. Quando ela é menor que o limite inferior a faixa de reserva de rotação fica muito pequena. Em ambos os casos, diz-se que o motor é "não elástico". Na Tab. 10 pode-se ver que a reserva de rotação média dos motores de aspiração natural, ao contrário dos motores turbo-alimentados, está acima do valor máximo recomendado.

TABELA 13

RELAÇÃO POTÊNCIA MÁXIMA NA BARRA-DE-TRAÇÃO E A POTÊNCIA DO MOTOR

Tipo de Tração	Nº de casos	Min. $\frac{\text{Pot. Barra}}{\text{Pot. Motor}}$ (%)	Máx. $\frac{\text{Pot. Barra}}{\text{Pot. Motor}}$ (%)	Pot. Barra Média $\frac{\text{Pot. Barra}}{\text{Pot. Motor}}$ (%)	Desvio Padrão (%)
4X4	3	78	81	79	1,5
Esteira	3	68	69	68	0,6

A Figura 14 apresenta a reserva de torque em função da potência nominal do motor de 44 tratores. A Tab. 11 contém o mesmo parâmetro em função da condição de ensaio (sem ou com TDP) e do tipo de aspiração do motor. Segundo publicação da DEUTZ-FAHR (8) a reserva de torque junto com a reserva de rotação caracterizam a "elasticidade" de um motor, e que ela apresenta o aumento da capacidade de tração ao se reduzir a rotação a partir da rotação de potência máxima. Segundo STADLER (11), uma reserva de torque entre 10 e 15% é considerada razoável, e acima de 15%, boa. As médias observadas são portanto, boas, podendo-se observar a vantagem, já esperada, dos motores turbo-alimentados. As médias dos ensaios sem TDP, apesar de não receberem a contribuição ao acréscimo de torque devido ao aumento das perdas na TDP com o aumento da rotação, mostraram-se mais elevadas que as dos ensaios com TDP, devido a características particulares dos motores de grande potência aí encontrados, como, por exemplo, motores "Constant Power".

A Figura 15 apresenta a relação entre a potência máxima na barra-de-tração e a potência na TDP em função da potência na TDP com 35 tratores. A Tab. 12 contém o mesmo parâmetro em função do tipo de tração. Pode observar, na média, a melhor eficiência dos tratores (4x2, devido, segundo FRANKHAUSER (4), a perdas de potência na transmissão significativamente maiores nos tratores 4x4. Segundo LEVITICUS (6) a referida relação entre potência é, em média, de 85%, o que caracteriza as médias observadas como muito boas.

TABELA 14

RELAÇÃO ENTRE A MASSA E A POTÊNCIA NA TDP

Condição	Tipo de Tração	Nº de casos	Mínima		Máxima		Desvio Padrão ($\frac{kg}{kW}$)
			$\frac{Massa}{Pot.TDP}$ ($\frac{kg}{kW}$)	$\frac{kg}{kW}$	$\frac{Massa}{Pot.TDP}$ ($\frac{kg}{kW}$)	$\frac{kg}{kW}$	
Sem Lastro	4X2	26	50	87	62	9,8	
	4X2 Aux.	11	52	67	60	5,0	
	TOTAL	37	50	87	62	8,7	
Com Lastro	4X2	26	68	107	86	9,5	
	4X2 Aux.	11	79	107	90	8,4	
	TOTAL	37	68	107	87	9,2	

TABELA 15

RELAÇÃO ENTRE A MASSA E A POTÊNCIA NO MOTOR

Condição	Tipo de Tração	Nº de casos	Mínima		Máxima		Desvio Padrão ($\frac{kg}{kW}$)
			$\frac{Massa}{Pot.Motor}$ ($\frac{kg}{kW}$)	$\frac{kg}{kW}$	$\frac{Massa}{Pot.Motor}$ ($\frac{kg}{kW}$)	$\frac{kg}{kW}$	
Sem Lastro	4X4	4	71	79	76	3,6	
Com Lastro	Esteira	2	107	123	115	11,3	
C/Lastro	4X4	4	84	90	87	3,2	

A Figura 16 apresenta a relação entre a potência máxima na barra-de tração e a potência no motor em função da potência do mesmo, de 6 tratores. A Tab. 13 contém o mesmo parâmetro em função do tipo de tração. Vale ressaltar que os testes de tratores de rodas são feitos em pista de concreto e os tratores de esteiras em pista de terra compactada, impossibilitando uma comparação direta. Apesar disto, como a média dos tratores de esteiras foi somente 8,6% menor, e como é de se esperar uma perda mínima de potência de 15% em pista de

terra em comparação ao obtido em concreto, cabe a colocação que os tratores de esteiras foram, em média, mais eficientes que os tratores 4x4. Segundo BRIXIUS (3) a eficiência de transmissão de potência nos eixos motrizes em potência de tração é maior nos tratores de esteiras que nos tratores 4x4, em condições similares de tração, devido à maior interação, res-salto-solo e à menor pressão de contato. Segundo resultados obtidos no CENEA, a perda média esperada entre o motor e a TDP é 10%, o que leva o índice dos tratores 4x4 a 87%, e portanto a resultados estatisticamente iguais aos tratores 4x2 e 4x2 Aux.

TABELA 16

RELAÇÃO ENTRE A FORMA MÁXIMA DE TRAÇÃO E O PESO DO TRATOR

Condição	Tipo de Tração	Nº de casos	Mínima Tração/Peso (%)	Máxima Tração/Peso (%)	Tração/Peso Média (%)	Desvio Padrão (%)
Sem Lastro	4X2	26	57	94	76	7,9
	4X2 Aux.	9	85	100	90	5,0
	Esteira	3	74	82	78	4,0
Com Lastro	4X2	26	63	84	74	6,0
	4X2 Aux.	9	76	96	88	6,4
	4X4	3	82	94	87	6,2
	4X2 Aux. e 4X4	12	76	96	88	6,1

As Figs. 17 e 19 apresentam a relação entre a massa em ordem de marcha e a potência na TDP para as condições sem e com lastro, de 37 tratores. A Tab. 14 contém o mesmo parâmetro em função do tipo de tração. Nas figuras pode-se ver que a dispersão dos valores diminuem com o aumento da potência na TDP. Da tabela verifica-se que, na média, os valores são independentes do tipo de tração. Segundo RENUIS (9) o agricultor necessita um trator básico (trator na condição sem lastro) leve, isto é, com 50 - 60 kg/kW, e com muitas possibilidades de lastragem. Pode-se então verificar que a relação entre a massa sem lastro e a potência na TDP, na média, satisfaz a recomendação de RENUIS. A referida relação, para a condição de máxima lastragem, dependerá da máxima carga admissível nos pneus, e para tratores a serem utilizados em trabalhos de aração pesada, deverá ser por volta de 75 - 90 kg/kW. Novamente as médias observadas satisfazem as recomendações,

As Figuras 18 e 20 apresentam a relação entre a massa em ordem de marcha e a potência no motor para as condições sem e com lastro, de 6 e 4 tratores, respectivamente. A Tab. 15 contém o mesmo parâmetro em função do tipo de tração. Da Tabela

como era esperado, verifica-se que os valores para os tratores de esteiras são bem superiores aos tratores 4x4, e que para a condição sem lastro a média observada é superior ao máximo recomendado por RENIUS.

As Figuras 21 e 22 apresentam a relação entre a força máxima de tração e o peso do trator nas condições sem e com lastro em função da potência nominal do motor de 38 tratores. A Tabela 16 contém o mesmo parâmetro em função do tipo de tração.

Para os tratores 4x2 Aux., 4x4 e de esteiras este parâmetro corresponde ao coeficiente tratório. Ela caracteriza a percentagem de peso total do trator convertida em tração. As médias caracterizam a superioridade, neste aspecto, dos tratores de tração nos dois eixos em relação aos tratores 4x2. Valem aqui também outras ponderações já feitas sobre tratores de esteiras quando se abordou o coeficiente tratório.

CONCLUSÕES

Este trabalho teve o propósito de investigar as distribuições estatísticas de alguns parâmetros de (ou ligados ao) desempenho.

As variáveis potência e número de cilindros do motor mostraram ter grande influência nos parâmetros: consumo específico de combustível à potência máxima, consumo específico de combustível médio nas parciais e autonomia.

A variável tipo de aspiração do motor mostrou ter grande influência nos parâmetros: consumo específico de combustível à potência máxima, consumo específico de combustível médio nas parciais, autonomia, reserva de rotação e reserva de torque.

A variável tipo de tração do trator mostrou ter influência nos parâmetros: percentagem de peso sobre o eixo traseiro, coeficiente tratório, relação entre a potência máxima na barra de tração e a potência na TDP (ou motor), relação entre a massa do trator e a potência na TDP (ou motor) e relação entre a força máxima de tração e o peso do trator.

O parâmetro coeficiente de desempenho do motor na zona de corte do regulador mostrou-se independente das variáveis acima citadas.

BIBLIOGRAFIA

- 01 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Método de Ensaio de Tratores Agrícolas - MG - 484*. Rio de Janeiro. ABNT, 1969. 8p.
- 02 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Método de Ensaio de Motores Alternativos de Combustão Interna - NBR 5484*. Rio de Janeiro, ABNT, 1984. 8p.
- 03 BRIXIUS, W.W. & ZOZ, F.M. *Tires and Tracks in Agriculture*. SAER paper nº 76-0653. Milwaukee, SAE, Sept. 1976. 11 p.
- 04 FRANKHAUSER, J. et Alii. *Der Allradantrieb im Vergleich zum Hinterradantrieb*. Taenikon, Forschungsanstalt fuer Betriebswirtschaft und Landtechnik, Dez. 1983. 8p.
- 05 LEVITICUS, L.I. *Fuel Economy Tables*. Lincoln, University of Nebraska - Tractor Test Laboratory, 1985, 16 p.
- 06 LEVITICUS, L.I. *Tractive Efficiency and Power - Weigh Ratio Tables*. Lincoln, University of Nebraska - Tractor Test Laboratory, 1985. 16p.
- 07 LEVITICUS, L.I. & REYES, J.I. Tractor Performance on Concrete. Sep. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, 28 (5): p. 1425-1429, Sep. Oct., 1985.
- 08 OVERHEAD - LEHRFOLIEN: BEURTEILUNG VON TRAKTOREN. Koehn, Kloeckner - Humboldt-Deutz AG, 1983. 142p.
- 09 RENIUS, K.T. *Traktoren. Technik und ihre Anwendung*. Muenchen, BLV Verlagsgesellschaft, 1985. 191 p.
- 10 REPÚBLICA FEDERAL DA ALEMANHA, leis, decretos etc. Lei nº 38 StVZO. In: *Overhead-Lehrfolien: Beurteilung von Traktoren*, Koehn, 1983. p. 53.
- 11 STADLER, E. *Der Testbericht als Hilfsmittel Zur Traktorwahl*. Taenikon, Forschungsanstalt fuer Betriebswirtschaft und Landtechnik, Jun. 1983, 4 p.
- 12 SULEK, J.J. & LANE D.E. Statistical Analysis of Nebraska PTO Varying Power and Fuel Consumption Data, *Sep. Transactions of the ASAE*, St. Joseph, 11 (1); p, 43-45, 49, 1968.

ANEXO 1 - OUTRAS DEFINIÇÕES

- Consumo específico de combustível à potência máxima: é a massa de combustível necessária para produzir uma unidade de potência, na unidade de tempo, na condição que o trator es tá fornecendo a máxima potência. Analiticamente:

$$CE = \frac{CH \cdot \rho}{P}$$

onde: CE = Consumo específico de combustível à potência máxima
g/kW.h
CH = Consumo horário de combustível à potência máxima,
l/h.
 ρ = Massa específica do combustível, g/l
P = Potência máxima observada, kW

- Consumo específico equivalente em diesel: no caso de mo tores que utilizam outro combustível foi calculado o consumo equivalente em diesel usando a seguinte equação:

$$CH = CA \times \frac{PCI(A)}{PCI(D)} + CD \quad CE = \frac{CH}{P}$$

onde: CE = Consumo específico equivalente em diesel, g/kWh
CH = Consumo horário equivalente em diesel, g/h
CA = Consumo do combustível alternativo, g/h
CD = Consumo de diesel, g/h (quando houver)
PCI (A) = Poder calorífico inferior do combustível al-
ternativo, MJ/kg
PCI (D) = Poder calorífico inferior do diesel, MJ/kg
P = Potência, kW

- Consumo específico de combustível médio nas parciais: segundo Método ABNT MB 484 durante o ensaio de dinamometria devem ser feitos 6 ensaios na zona de ação do regulador de rotação, respectivamente e na ordem de execução, a 85%, 0%, 50%, 100%, 25% e 75% do momento de força obtido no ensaio de potência máxima. Define-se então:

$$CEP = \frac{\sum_{i=1}^6 (CH_i \cdot \rho_i)}{P_i}$$

- onde: CEP = Consumo específico de combustível médio nas parciais, g/kWh.
 CH_i = Consumo horário de combustível na condição i, l/h
 ρ_i = Massa específica de combustível na condição i, g/l
 P_i = Potência observada na condição i, kW.
 i = Condição de ensaio: 85%, 0%, 50%, 100%, 25% e 75%.

- Percentagem de peso sobre o eixo traseiro; é definido para a condição estática como:

$$PET = \frac{PT}{PTO} \cdot 100$$

- onde: PET = Percentagem de peso sobre o eixo traseiro, %
 PT = Peso estático traseiro, N
 PTO = Peso total, N

é definido para a condição dinâmica como:

$$PDT = \frac{PT+R.Y/x}{PTO} \cdot 100$$

- onde: PDT = Percentagem de peso sobre o eixo traseiro, %
 R = Tração, N
 Y = Altura da barra de tração, mm
 X = Distância entre eixos, mm

- Coeficiente tratório - é a relação entre a máxima tração em pista normalizada (deslizamento de até 15% para tratores de roda e de até 7% para tratores de esteiras) e o peso dinâmico traseiro (tratores só com tração traseira 4x2) ou o peso total (restantes). Analiticamente:

$$\text{Trator 4x2: } CT = \frac{R}{PT+R.Y/X} \cdot 100$$

onde: CT = Coeficiente tratório, %

Trator com outros tipos de tração: $CT = \frac{R}{PTO} \cdot 100$

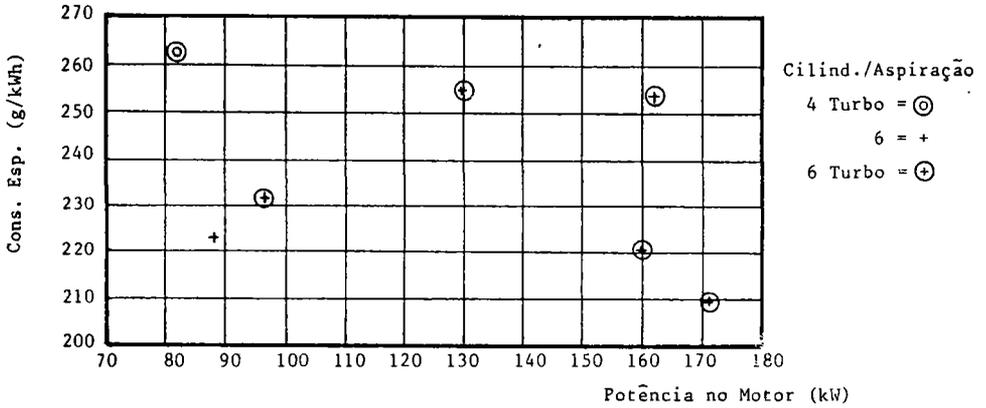


Fig. 2 - Cons. Esp. a Potência Máxima.

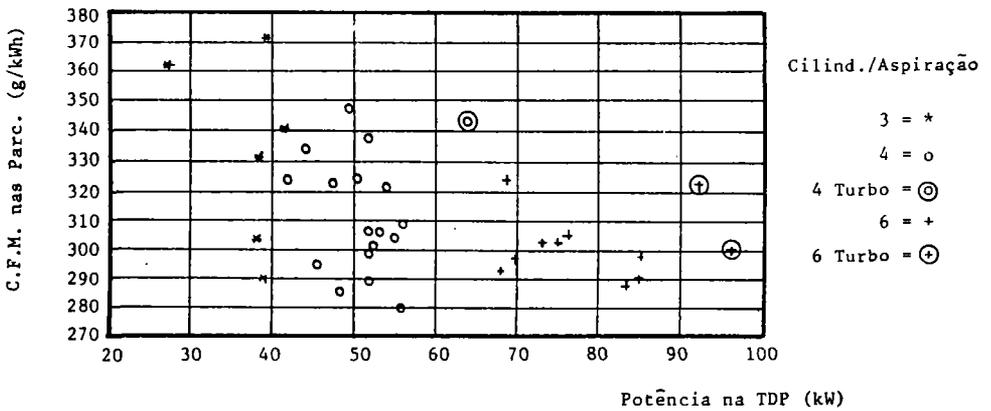


Fig. 3 - Cons. Esp. Médio nas Parciais.

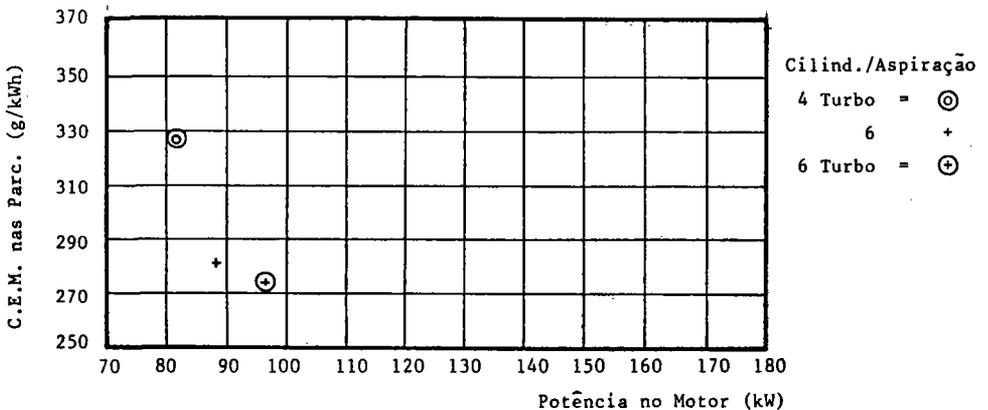


Fig. 4 - Cons. Esp. Médio nas Parciais.

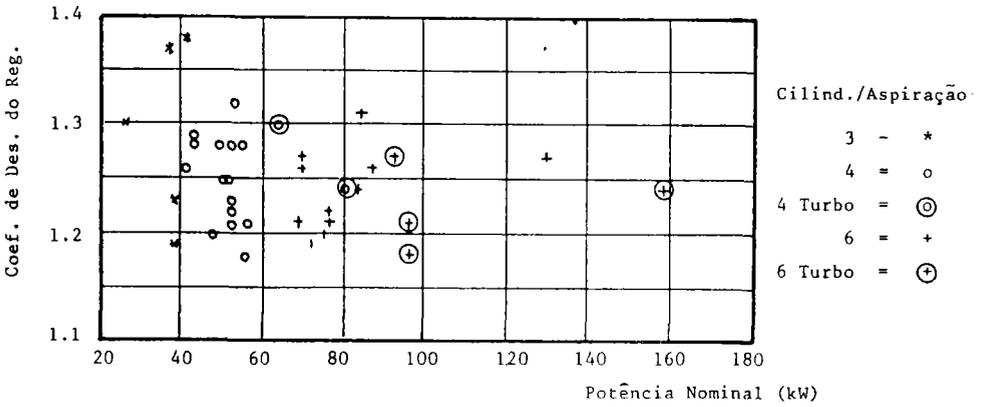


Fig. 5 - Coef. de Desempenho do Motor.

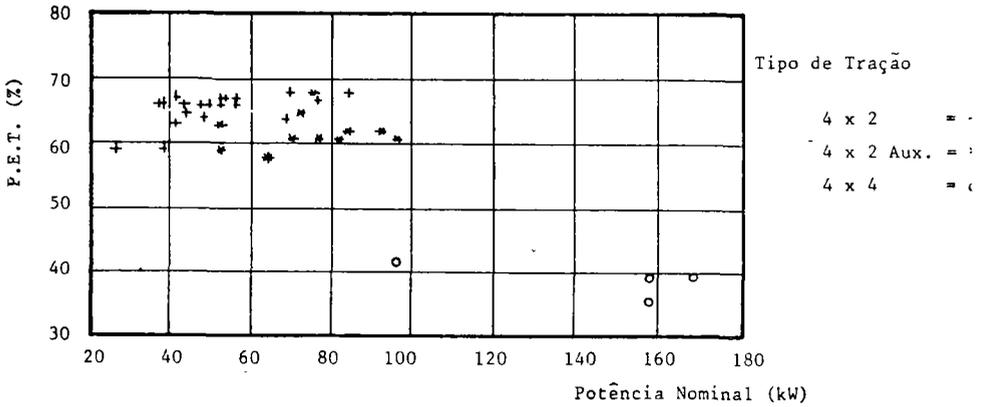


Fig. 6 - % Peso no Eixo Traseiro - Estática e S/Lastro.

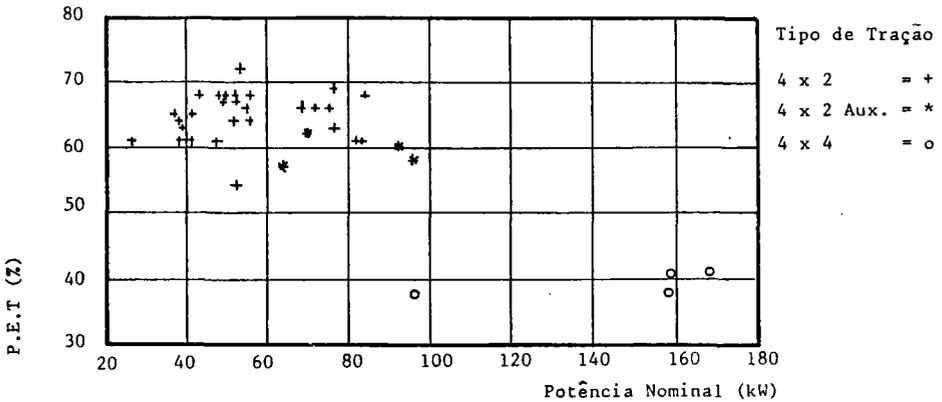


Fig. 7 - % Peso no Eixo Traseiro - Estática e C/Lastro.

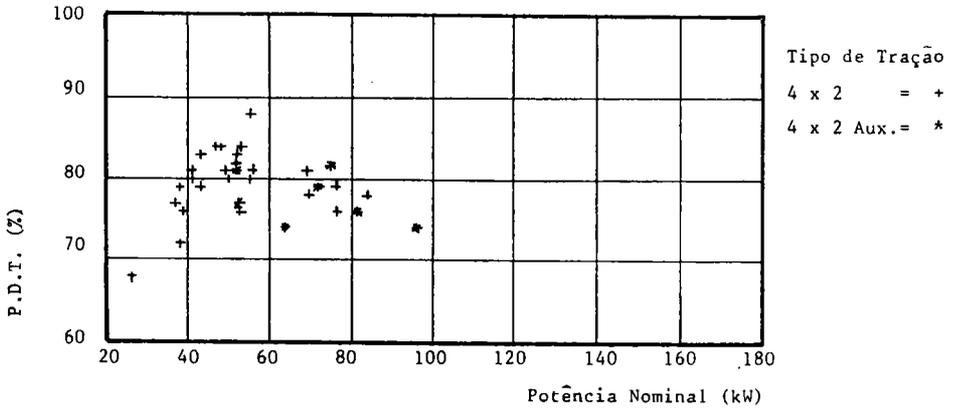


Fig. 8 - % Peso no Eixo Traseiro - Dinâmica e S/Lastro.

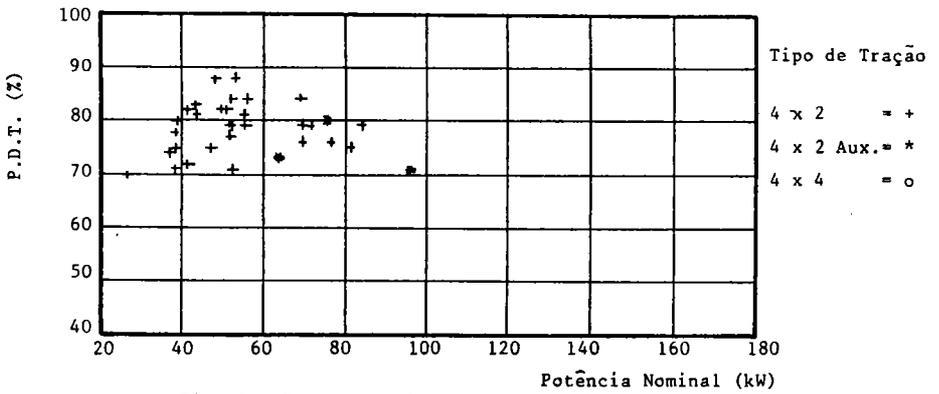


Fig. 9 - % Peso no Eixo Traseiro Dinâmica e C/Lastro.

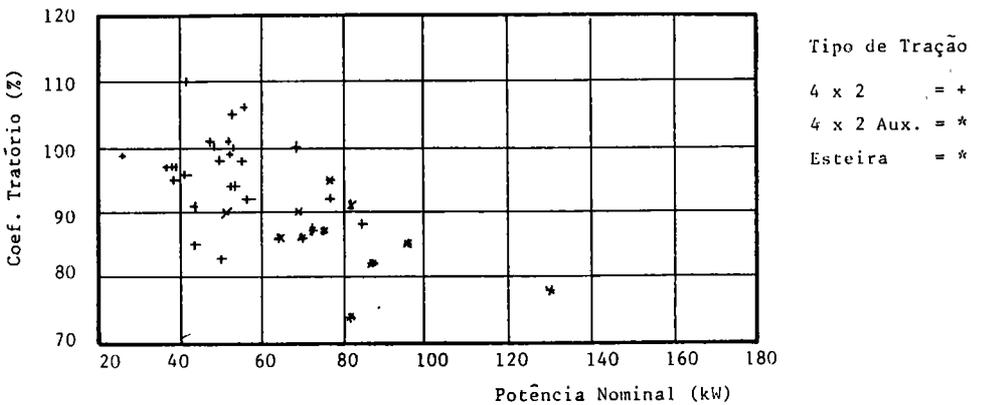


Fig.10 - Coeficiente Tratorio S/Lastro.

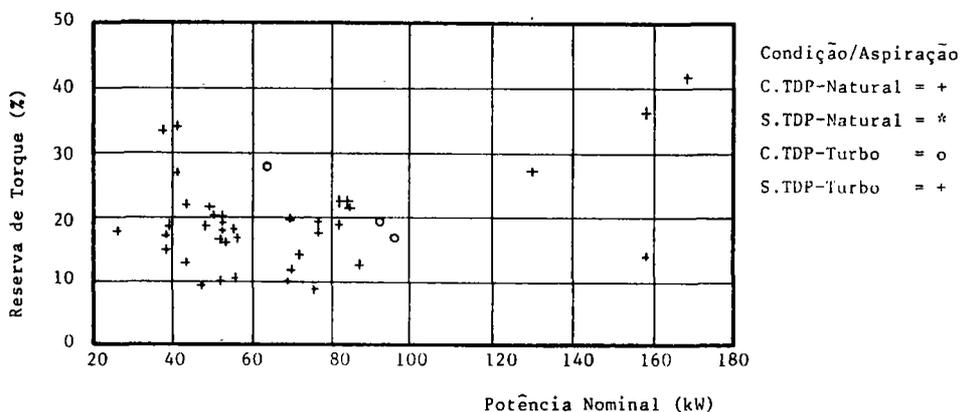


Fig. 14 - Reserva de Torque.

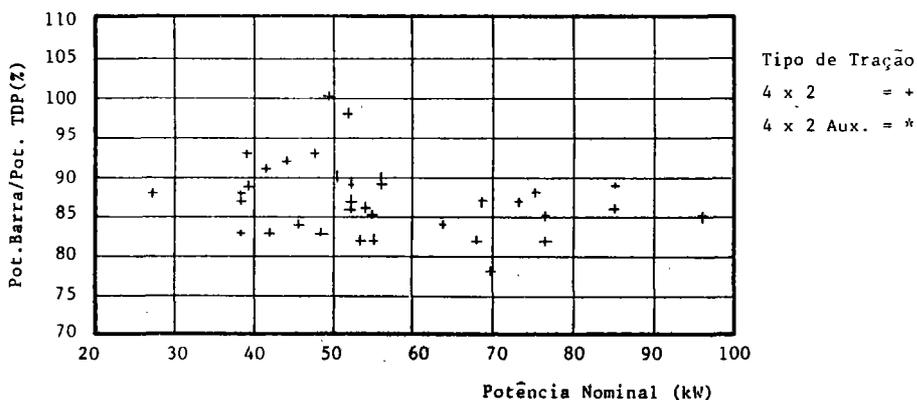


Fig. 15 - Relação Potência Máxima Barra/Potência TDP.

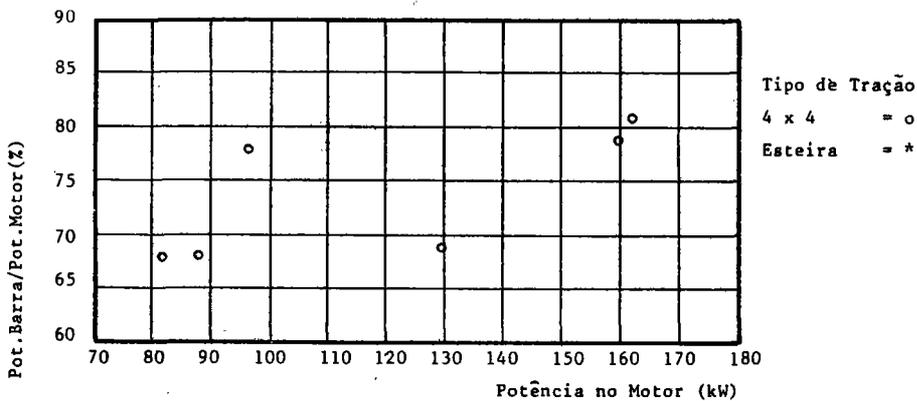


Fig. 16 - Relação Potência Máxima Barra/Potência Motor.

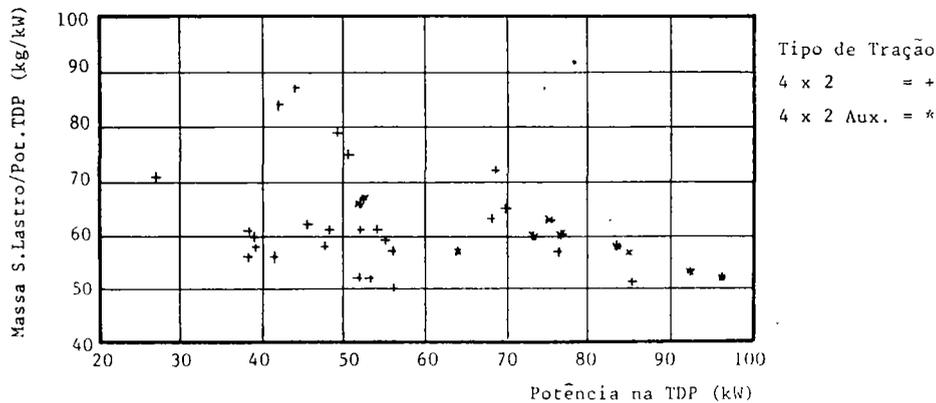


Fig. 17 - Relação Massa S.Lastro/Potência TDP.

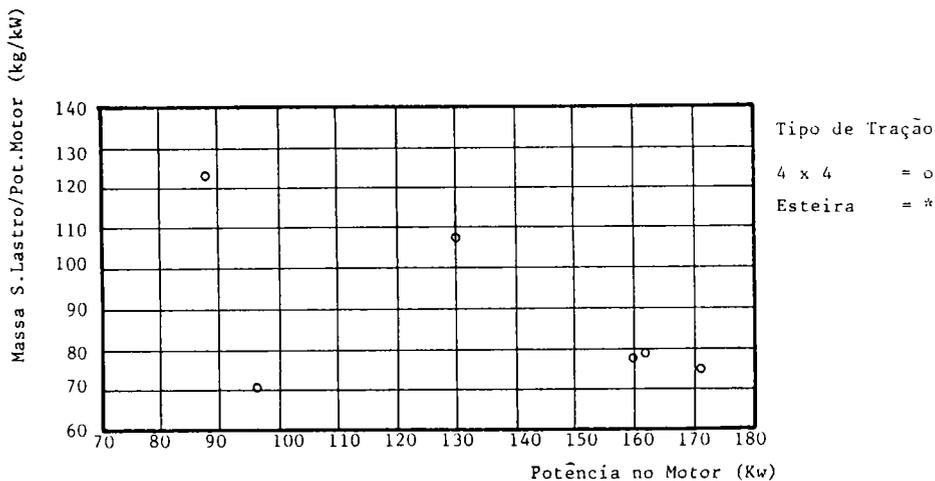


Fig. 18 - Relação Massa S.Lastro/Potência Motor.

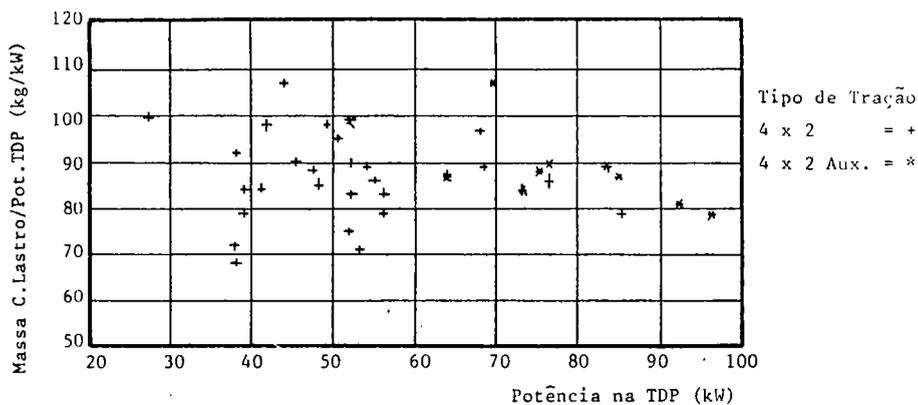


Fig. 19 - Relação Massa C.Lastro/Potência TDP.

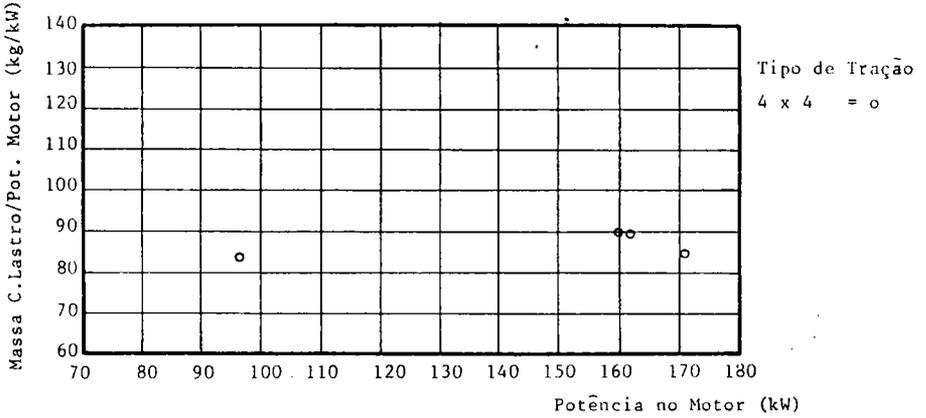


Fig. 20 - Relação Mssaa C.Lastro/Potência no Motor.

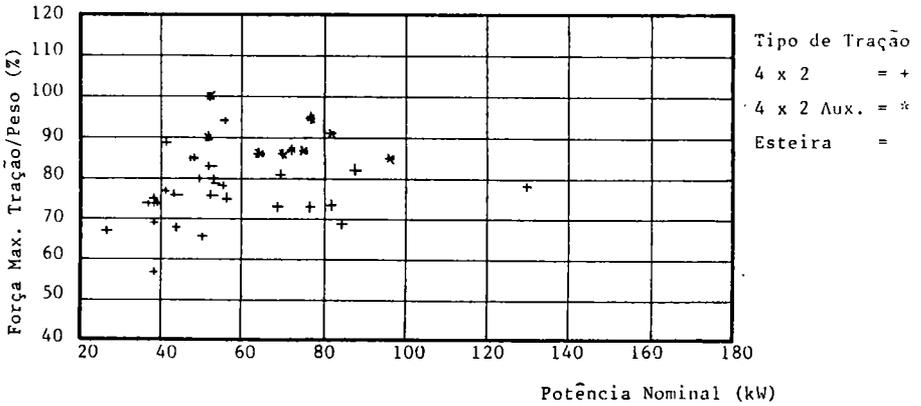


Fig. 21 - Relação Força Máxima Tração/Peso S.Lastro

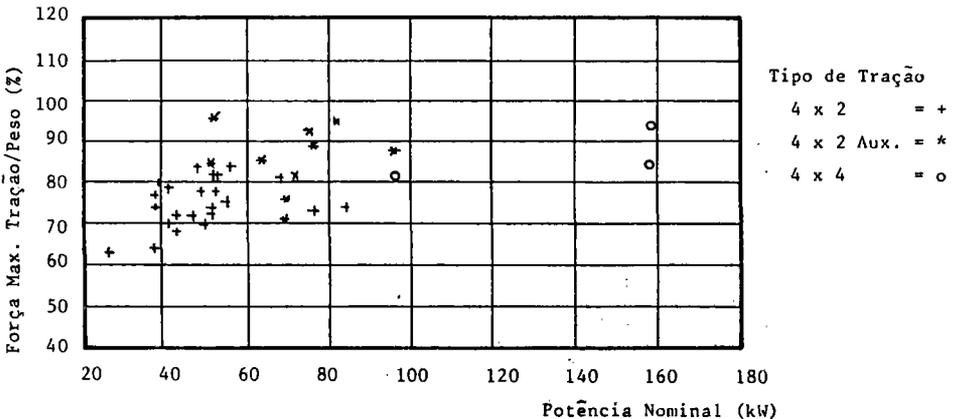


Fig. 22 - Relação Força Máxima Tração/Peso C. Lastro

USO DE ENERGIA PARA IRRIGAÇÃO

Edson Eiji Matsura ()*
*Eduardo Costa Lima Silva (**)*

(*) *Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP*
(**) *Programa Nacional de Irrigação*

A seguir são apresentados os quadros expostos pelo Prof. Edson Eiki Matsura, da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, e pelo Eng. Eduardo Costa Lima Silva do Programa Nacional de Irrigação.

Infelizmente, não foi possível obter, em tempo hábil, os trabalhos para publicação. Entretanto, tendo em vista o quão polêmico é o tema "energia para irrigação", não se pôde abster de publicar, pelo menos, as informações apresentadas, em transparências, no ENEC.

Espera-se que com isto mantenha-se acesa a chama da discussão sobre o tema, no intuito de não só criticar as ações governamentais, mas colaborar com idéias concretas para se solidar a irrigação no país.

Os editores

IRRIGAÇÃO

APLICAÇÃO DE ÁGUA ATRAVÉS DE MEIOS ARTIFICIAIS

OBJETIVO: SUPRIR O DÉFICIT HÍDRICO CAUSADO PELA EVAPOR
TRANSPIRAÇÃO

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

SUPERFÍCIE — {
SULCOS
INUNDAÇÃO

$E_i \leq 60\%$

ASPERSÃO — {
CONVENCIONAL
AUTO-PROPELIDO
PIVO-CENTRAL

$65\% \leq E_i \leq 85\%$

GOTEJAMENTO

$85\% \leq E_i \leq 98\%$

MERCADO RURAL CPFL - DEZ/85

CLASSIFICAÇÃO	NÚMERO CONSUMIDORES	%	CONSUMO KWH	%	CONSUMO MÉDIO KWH
AGROPASTORIL	59.194	97,00	40.554.777	82,57	685
COOP. ELETRIF.	18	0,03	1.220.445	2,49	67.803
IND. RURAL	170	0,28	394.892	0,80	2.323
COLET. RURAL	4	0,00	11.091	0,02	2.773
SERV. IRRIG.	1.614	2,65	6.880.068	14,01	4.263
AGROINDÚSTRIA	22	0,04	53.171	0,11	2.417
TOTAL	61.022	100,00	49.114.444	100,00	805

VANTAGENS DO MOTOR ELÉTRICO
EM RELAÇÃO AO MOTOR DIESEL

1. TÉCNICAS
 - . MAIOR VIDA ÚTIL
 - . PARTIDAS INSTANTÂNEAS MESMO NO INVERNO
 - . MAIOR RENDIMENTO
 - . DISPONIBILIDADE PERMANENTE DE E.E.

2. ECONÔMICAS. MENOR CUSTO DE MANUTENÇÃO
 - . TENDÊNCIA DE AUMENTO DO DIFERENCIAL DE PREÇOS ENTRE O DIESEL E A E.E.
 - . DISPENSA GASTOS COM ARMAZENAGEM E TRANSPORTE DE COMBUSTÍVEL
 - . ECONOMIA MENSAL DE APROXIMADAMENTE 70% NA PRÁTICA DE IRRIGAÇÃO

PORTARIA DNAEE Nº 053, DE 05.04.84

OBJETIVO: INCENTIVAR A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NA PRÁTICA DA IRRIGAÇÃO, FORA DO HORÁRIO DE PONTA DO SISTEMA ELÉTRICO DA CONCESSIONÁRIA (17:30H ÀS 20:30H)

ABRANGÊNCIA: CONSUMIDORES RURAIS

VIGÊNCIA: 31/12/86 - PRORROGADA PELA PORTARIA DNAEE Nº 225, DE 12.12.85

GRUPO "A"

CONDIÇÕES: . USO EXCLUSIVO DA ENERGIA ELÉTRICA NA IRRIGAÇÃO
. OBRIGATORIEDADE DE CONTRATO
. MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA (RELÉ HORÁRIO)

BENEFÍCIO: DESCONTO DE 50% SOBRE A TARIFA DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA (KW-IRRIGAÇÃO)

LEITURA: MENSAL

GRUPO "B"

CONDIÇÕES: . USO PREDOMINANTE DA ENERGIA ELÉTRICA NA IRRIGAÇÃO
. MEDIÇÃO NÃO NECESSARIAMENTE INDIVIDUALIZADA

BENEFÍCIOS: . DESCONTO DE 35% SOBRE A TARIFA DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (KWH-IRRIGAÇÃO)

LEITURA: TRIMESTRAL

PROGRAMA DE SUBSTITUIÇÃO DE MOTO-BOMBA DIESEL POR ELÉTRICA

REGIÃO	MUNICÍPIO PESQUISADOS (Nº)	PROPRIEDADES VISITADAS (Nº)	MOTO-BOMBA DIESEL (Nº)	POTENCIAL SUBSTITUIÇÃO (HP)	POTÊNCIA MÉDIA DO MOTOR (HP)	ECONOMIA ANUAL DIESEL (LITROS)
ARARAQUARA	14	73	88	5.668	64	1.590.441
BAURU	03	12	14	379	27	97.195
CAMPINAS	07	52	62	4.110	66	1.039.830
RIBEIRÃO PRETO	14	28	30	1.314	44	288.620
S.J.RIO PRETO	10	35	38	5.570	147	1.620.591
TOTAL CPFL	48	200	232	17.041	73	4.636.677

NOTA: PESQUISADOS 22% DOS MUNICÍPIOS DA ÁREA DE CONCESSÃO DA CPFL

DEMONSTRATIVO DE CUSTOS

MOTOR DIESEL		POTÊNCIA DO MOTOR ELÉTRICO (CV)	POTÊNCIA DO TRAFÓ (KVA)	INVESTIMENTO (Cz\$)		
POTÊNCIA	QUANTIDADE			SISTEMA ELÉTRICA	MOTOR/BOMBA	TOTAL
0 A 20	59	20	15,0	3.416.014,00	2.157.344,00	5.573.358,00
21 A 40	18	40	30,0	1.154.146,00	689.818,00	1.843.964,00
41 A 60	37	60	45,0	2.543.993,00	3.125.183,00	5.669.176,00
61 A 100	47	100	75,0	3.903.518,00	3.184.216,00	7.087.734,00
101 A 150	60	150	112,5	5.554.003,00	5.228.286,00	10.782.289,00
> 150	11	200	150,0	1.136.117,00	1.561.573,00	2.697.690,00
TOTAL	232	-	-	17.707.791,00	15.946.420,00	33.654.211,00

ABRIL/86

PORTARIA DNAEE/Nº 053
EVOLUÇÃO ANUAL DO Nº DE IRRIGADORES

ANO	GRANDES IRRIGADORES	MÉDIOS/PEQUENOS IRRIGADORES	TOTAL	CRESCIMENTO (%)
1981	62	-	62	-
1982	222	546	768	1.138
1983	329	742	1.071	40
1984	410	992	1.402	31
1985	421	1.195	1.616	15

GRUPOS	KWH	KWH
A	4.556.639	10.823
B	2.325.316	1.946

CARRETA MÓVEL

OBJETIVO

ATENDER OS GRANDES IRRIGADORES QUE SE UTILIZAM DA ENERGIA ELÉTRICA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO EM DIVERSOS PONTOS DE TOMADAS D'ÁGUA.

CARACTERÍSTICAS

CARRETA 1

CONJUNTO MÓVEL EQUIPADO COM TRANSFORMADOR QUE SERÁ ACOPLADO À REDE PRIMÁRIA.

CARRETA 2

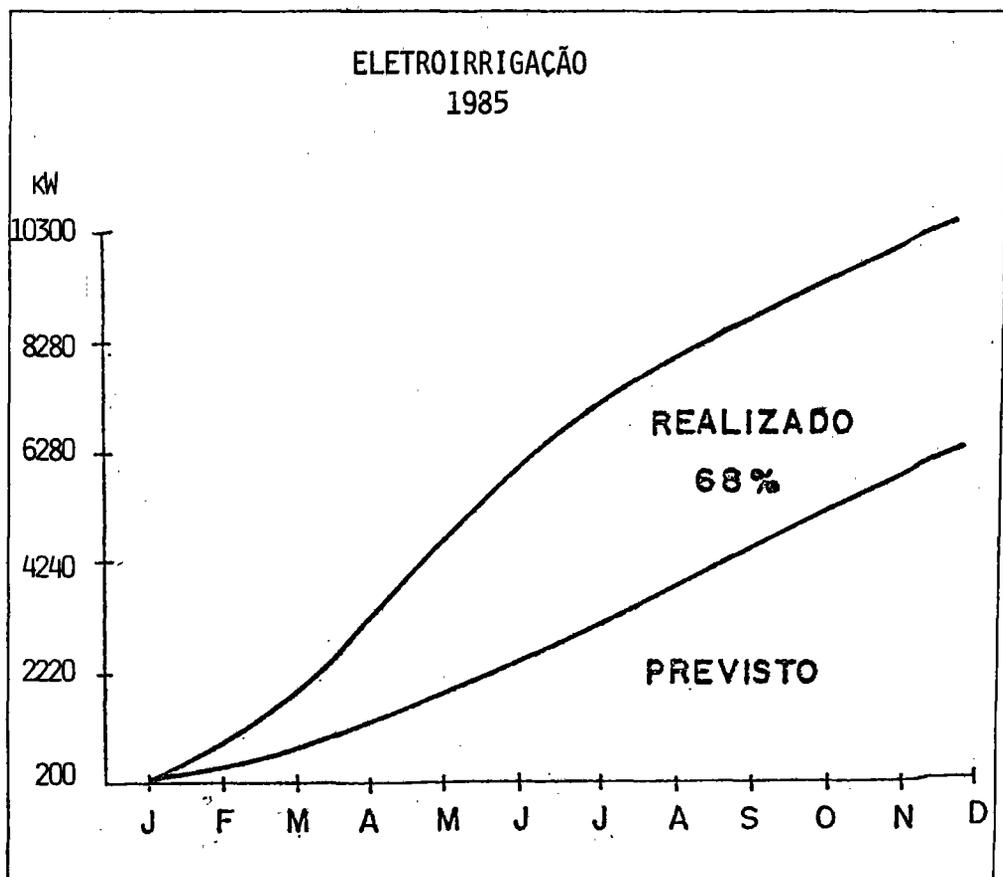
CONJUNTO MÓVEL EQUIPADO COM MOTO-BOMBA ELÉTRICA ALIMENTADA PELO SECUNDÁRIO DO TRANSFORMADOR DA CARRETA 1.

VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO

- FACILIDADE DE LOCOMOÇÃO
- ECONOMIA OPERACIONAL EM COMPARAÇÃO COM O EQUIPAMENTO DIESEL SIMILAR (76%)
- FACILIDADE DE MANUTENÇÃO

IRRIGAÇÃO CARRETA-MÓVEL

PROPRIETÁRIO	KÓRIO UMIGI
LOCAL	ITATIBA
CULTURA	BATATA
ÁREA IRRIGADA	30 ALQ.
ÁREA IRRIGADA/DIA	5 ALQ.
TIPO DE IRRIGAÇÃO	ASPERSÃO
POTÊNCIA DO TRAFQ	150 KVA
POTÊNCIA DA MOTO BOMBA	175 .CV



**PROGRAMA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL
ELETROBRÁS/BANCO MUNDIAL**

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 01. MERCADO CPFL | 10.000 LIGAÇÕES |
| 02. LIMITE FINANCIAMENTO | U\$S 2.500/PROPRIEDADE |
| 03. CRONOGRAMA PREVISTO | |

ANO	PROPRIEDADES
1987	3.000
1988	3.000
1989	2.000
1990	2.000

GUAIRA - CAMPO PIONEIRO
EVOLUÇÃO DO CONSUMO E DO Nº DE IRRIGADORES

ANO	Nº DE IRRIGADORES	CONSUMO(MWH)
1979	6	700
1980	25	3.000
1981	61	10.500
1982	87	15.300
1983	103	20.400
1984	120	23.800
1985	108	22.800

CÁLCULO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO E.S.P. PARA IRRIGAÇÃO

DADOS - $\frac{1,0 \text{ L}}{\text{s} \cdot \text{ha}} = 0,36 \text{ MM/H} = 8,64 \text{ MM/DIA}$

$$\text{POT} = \frac{Q \times H}{102\eta}$$

$$\begin{aligned} Q &= 1,0 \text{ L/s} \\ H &= 1,0 \text{ M} \\ \eta &= 70\% \end{aligned}$$

PARA ELEVAR 1,0 L/S A UMA ALTURA DE 1,0M COM UMA EFICIÊNCIA DE 70%, TEMOS:

$$P = 0,014 \text{ KW/ha} \times M \quad \text{OU} \quad P = 0,01030 \text{ CV/ha} \times M$$

HORAS DE OPERAÇÃO MÉDIA DO SISTEMA (CPFL) = 110 H/ANO

$$\text{ENERGIA} = 15,41 \text{ KW} \times \text{h/ANO} \times \text{ha} \times M$$

PARA CUSTO MÉDIO DO KWH = Cz\$0,3575, TEMOS:

$$\text{Cz\$} = 5,51/\text{ANO} \times \text{ha} \times M$$

PARA CUSTO MÉDIO (S.P. = Cz\$ 27.420,00 POR PRODUTOR)

PARA $\bar{H} = 50\text{M}$, TEMOS:

$$\bar{A} = 99,53 \text{ ha}$$

PROGRAMA NACIONAL DE IRRIGAÇÃO
 REGIÕES NORTE, SUL, SUDESTE E CENTRO-OESTE
 RECEITA TARIFÁRIA PARA PROJETOS DE IRRIGAÇÃO
 ESTIMATIVA - 1989

RECEITA ACUMULADA EM CZ\$MILHÕES

ANO REGIÕES	1986	1987	1988	1989
SUL	8,80	27,97	52,29	74,61
SUDESTE	14,80	46,37	85,00	123,64
C.OESTE	11,50	35,68	65,44	95,20
NORTE	1,20	3,69	6,75	9,81
TOTAL	36,30	113,71	208,48	303,26

QUADRO T-8

IMPACTO DAS CARGAS DE IRRIGAÇÃO NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

ANO REGIÕES	1986			1987			1988			1989		
	POTÊNCIA SISTEMA	DEMANDA IRRIG.	IMPACTO %	POTÊNCIA SISTEMA	DEMANDA IRRIG.	IMPACTO %	POTÊNCIA SISTEMA	DEMANDA IRRIG.	IMPACTO %	POTÊNCIA SISTEMA	DEMANDA IRRIG.	IMPACTO %
SUL	7.111	46	0,65	9.531	138	1,48	10.931	253	2,31	13.731	368	2,68
SUDESTE	23.637	62	0,26	23.717	185	0,78	23.877	339	0,42	24.477	493	2,01
C.OESTE	635	40	6,30	730	120	16,4	825	220	26,7	825	320	38,8
NORTE	2.896	06	0,21	3.566	18	0,50	4.216	33	0,78	5.366	48	0,89
TOTAL	34.279	154	0,45	37.534	461	1,23	39.849	845	2,12	44.399	1.229	2,77

DADOS EM MW

FONTES: ELETROBRÁS
PRON!

IMPACTO DAS CARGAS DE IRRIGAÇÃO X CONSUMO DO SETOR ELÉTRICO (GWH)

ANO REGIÃO	1986			1987			1988			1989		
	PREVISÃO CONSUMO	CONSUMO IRRIG.	IMPACTO %	PREVISÃO CONSUMO	CONSUMO IRRIG.	IMPACTO %	PREVISÃO CONSUMO	CONSUMO IRRIG.	IMPACTO %	PREVISÃO CONSUMO	CONSUMO IRRIG.	IMPACTO %
SUL	24.532	88	0,33	26.666	265	0,99	28.986	486	1,68	31.508	707	2,2
SUDESTE	119.263	148	0,12	129.639	444	0,34	140.918	814	0,58	153.178	1.184	0,7
C.OESTE	6.653	115	1,73	7.232	344	4,76	7.862	631	8,03	8.546	918	10,
NORTE	3.614	12	0,33	3.929	35	0,89	4.271	64	1,50	4.642	93	2,0
TOTAL	154.062	363	0,24	167.466	1.088	0,65	182.037	1.995	1,10	197.874	1.902	1,47

A LENHA COMO COMBUSTÍVEL DOMÉSTICO

Omar Campos Ferreira ()*
Ademir Antonio Guarnieri ()*
Jair Carlos Mello ()*

(*) *Escola de Engenharia da UFMG*

1. INTRODUÇÃO

Apesar de estar sendo rapidamente substituída pelo GLP, a lenha ainda é um importante combustível doméstico. Segundo dados do IBGE, cerca de 45% dos domicílios brasileiros recenseados em 1970 tinham fogão a lenha: no Censo de 1980 a participação da lenha caiu para 32%. Enquanto isto, a participação do fogão a GLP cresceu de 43% para 61%, sendo que na área rural esta participação cresceu de 5,5% para 12,7%. O consumo de lenha no setor residencial, de cerca de 55 milhões de toneladas, corresponde a 44% do consumo total.

Entre as possíveis causas da diminuição do uso da lenha estão o relativo desconforto e a ineficiência do fogão correspondente, o baixo custo do seu maior concorrente, o GLP, que é subsidiado em cerca de 40 a 50% do custo, e o desaparecimento da rede de comercialização da lenha.

As crises do petróleo renovaram o interesse pela lenha e a preocupação com o desmatamento focalizou as atenções sobre a eficiência do fogão. Várias instituições européias realizaram estudos com vistas ao atendimento energético de populações asiáticas e africanas.

No Brasil, os aumentos recentes do preço do GLP provocaram a retomada do uso da lenha, sendo comum na periferia das regiões metropolitanas, a coexistência dos fogões a GLP e a lenha, estes queimando restos de embalagens comerciais ou lenha apanhada nas capoeiras mais próximas. O fogão a lenha, nestes casos, fica reservado para os preparos mais demorados e ajuda a aliviar a economia doméstica.

As desvantagens do fogão a lenha em relação ao fogão a GLP são, na quase totalidade, apenas aparentes. É possível produzir fogões a lenha limpos, baratos e que operam ao terço do custo do GLP. A única desvantagem incontornável, a inércia térmica maior, pode ser compensada por um ganho adicional no custo de combustível se o fogão for usado também como aquecedor de água para banho.

Os estudos que vão relatados a seguir foram financiados pela Secretaria de Tecnologia Industrial do Ministério da Indústria e do Comércio e são parte dos "Estudos Complementares ao Plano de Contingência da Comissão Nacional de Energia".

2. MEDIÇÕES DE EFICIÊNCIA. METODOLOGIA E RESULTADOS

A eficiência é definida como a razão entre a quantidade de energia utilizada no processo em questão e a quantidade de energia (química, elétrica, etc.) fornecida ao aparelho. Os processos usuais na cozinha são o aquecimento, a cocção, a fritura e o assado, de forma que se deveria medir várias eficiências. Para simplificar, limitamos nossos estudos aos dois processos mais freqüentes nos hábitos brasileiros que são o aquecimento de um líquido (água para coar café, para lavar panelas, etc.) e o de cocção, este consistindo em se manter o alimento à temperatura conveniente durante o tempo necessário para se completarem as transformações que caracterizam o processo. É pois conveniente distinguir a eficiência de aquecimento e a eficiência de cocção, sendo teoricamente fácil esta distinção. Entretanto, nos aparelhos a lenha e a carvão há algumas dificuldades decorrentes de características dos aparelhos (tempo de acendimento, inércia térmica, etc.) ou do combustível (indefinição no início e no fim da combustão), sendo preferível medir a eficiência global (aquecimento e cocção) e inferir a eficiência de aquecimento a partir da potência média do aparelho.

A equação básica utilizada nos cálculos é:

$$\eta = \frac{\text{Energia utilizada}}{\text{Energia fornecida}} = \frac{E(T_{eb} - T_o) + \Delta_{ma} L}{\sum_n (m_i - m_f) P_n}$$

E	- capacidade térmica do conjunto vasilha + água + alimento	cal/°C
T_o	- temperatura inicial do conjunto	°C
T_{eb}	- temperatura de ebulição da água	°C
Δ_{ma}	- massa de água evaporada	g
L	- calor latente de vaporização da água	cal/g
$m_{i,n}$	- massa inicial do combustível de ordem n	g
$m_{f,n}$	- massa final do combustível de ordem n	
P_n	- poder calorífico do combustível de ordem n	cal/g

O índice n cobre o combustível primário (lenha ou carvão), o combustível eventualmente usado para acender o fogo (álcool, papel, etc.) e os combustíveis resultantes de transformações no próprio aparelho (por exemplo, conversão de lenha em carvão).

As simplificações implícitas na fórmula acima são:

- a energia química envolvida na cocção é desprezada, o que permite trabalhar apenas com água;

- o calor latente é tomado na temperatura de ebulição.

Embora haja evaporação de água na fase de aquecimento, sua contribuição é pequena em face da evaporação na fase de ebulição.

Na medida do possível, a configuração de teste foi padronizada, usando-se sempre a mesma massa de combustível inicial, partindo o teste com a água do temperatura próxima à ambiente, encerrando-se quando a temperatura da água baixava para 95°C, após a ebulição, abafando-se o aparelho para encerrar a combustão. Foram usados dois tipos de vasilhas de alumínio: leiteira de diâmetro externo 160 mm, altura externa 135 mm contendo 1.300 g de água ($E = 1.370$ cal/°C) e panela de pressão de diâmetro externo 205 mm, altura externa 130 mm, contendo 2.000g de água ($E = 2.250$ cal/°C). Para facilitar a medição de temperatura, as vasilhas estiveram destampadas no primeiro grupo de testes o que se justifica pelo caráter comparativo dos testes. No segundo grupo de testes com lenha e carvão vegetal, quando se investigou a minimização do custo de combustível, as vasilhas foram tampadas.

A título de ilustração , transcrevemos a seguir os resultados com aparelhos adquiridos no comércio local e não modificados para os primeiros ensaios.

Aparelho	Eficiência %	
	Aquecimento	Ebulição
Fogareiro a álcool c/vaporizador	41	39
Fogareiro a álcool c/mecha	52	38
Fogão a GLP (4 bocas)	44	44
Fogareiro a GLP (2 bocas)	50	45
Fogão a biogás	34	38
Fogareiro a biogás	40	42
Fogareiro elétrico c/resistência exposta	55	70
Fogareiro elétrico c/resistência blindada	47	39
Mergulhão elétrico	76	86
Fogareiro de ferro fundido a carvão vegetal	11	9
Idem, a lenha	-	7

3. MELHORIAS NOS FOGAREIROS À LENHA E CARVÃO VEGETAL

Um novo fogareiro à lenha ou a carvão vegetal foi construído a partir de um vaso de argila cozida (Figura Nº1). As vantagens obtidas são: melhor isolamento térmico lateral, melhor ajuste de vasilha ao fogareiro e possibilidade de controlar a vazão de ar.

Os ensaios com carvão vegetal (200g) e lenha (420g em achas de 25x25x100mm) deram eficiências de 32% e de 29 a 32% respectivamente. Para a lenha, verificou-se que o modo de arranjar as achas tem efeito pronunciado na eficiência. O arranjo vertical proporciona ignição e combustão mais rápidas porém com menor eficiência (29%). O arranjo horizontal, tipo fogueira, dá os melhores valores de eficiência embora com ignição e combustão mais lentas (quadro a seguir).

O fogareiro de vaso de argila é muito simples, podendo ser fabricado com poucos recursos. A grelha e a trempe podem ser feitas de barras de aço de construção, arame ou chapa perfurada. O custo de todo o fogareiro não ultrapassa os Cr\$ 2.000 (U\$S 0,60).

Com base nos resultados obtidos, está sendo projetado um fogão de 2 ou 3 bocas, com forno opcional, estufa para a secagem da lenha, chaminé e serpentina para o aquecimento de água para banho.

4. PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA PARA A COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO DE FOGÕES E FOGAREIROS

A experiência adquirida com as medições relatadas, mostrou que a eficiência não é parâmetro suficiente para a comparação de diferentes tipos de aparelhos. Outras características tais como a facilidade da ignição, a possibilidade de se controlar a potência e a inércia térmica são também relevantes. Por outro lado, os hábitos alimentares variam de uma região para outra e com eles os tempos e potências necessárias para o preparo dos alimentos.

Considere-se, para exemplificar, o caso verificado em nossos estudos, em que se procura comparar os custos associados com os diversos tipos de combustível, tomando para referência o GLP. Tendo em vista que o fogão a GLP é de acendimento rápido, baixa inércia térmica e de potência ajustável, entre certos limites, e que o fogão à lenha tem características exatamente opostas, a comparação através da eficiência pode levar a resultados enganosos pois os aparelhos requerem diferentes tempos para realizar o mesmo processo. A facilidade de controle é um dos aspectos mais importantes na comparação, tendo em vista que o fogão de lenha é pouco passível de comando em operação. Se considerarmos que a potência média de um pequeno fogareiro à lenha (~ 1.500 watt) é cerca de 10 vezes superior à potência útil necessária para manter em ebulição a água contida em uma vasilha de tamanho médio (~ 2 litros de volume), concluímos que a eficiência, parâmetro dominante na fase de aquecimento, perde importância na fase de ebulição, em que a potência disponível é muito maior do que a requerida pelo processo. Portanto, a economia de combustível fica muito condicionada à possibilidade de se ajustar à potência requerida pelo processo. Tal possibilidade é ampla nos aparelhos elétricos.

cos, mais restrita nos aparelhos a gás e muito limitada nos aparelhos à lenha ou a carvão. Os modos de controle, neste último caso, limitam-se ao controle de vazão de ar, tamanho e distribuição do combustível e modalidade do carregamento (em batelada ou intermitente).

Assim, propõe-se realizar a comparação com base no esquema diário de processamento dos alimentos e dos correspondentes esquemas de uso dos fogões. Um esquema básico, válido para família de 5 pessoas, de classe média urbana e consumindo 400 g de GLP por dia (média nacional) e está mostrado na figura a seguir. Os tempos de aquecimento e de cocção foram estabelecidos em operação racionalizada do fogão a GLP, usando-se o fogo alto no aquecimento e fogo baixo a partir do início da ebulição. Estão mostrados no Quadro Nº 1 os custos diários de uso dos tipos de fogões e fogareiros pesquisados na 1ª fase de nossos estudos.

É claro que as diferenças de hábitos alimentares exigem a definição do esquema para cada região.

Pode-se verificar que, nas condições supostas, a lenha e o carvão vegetal concorrem vantajosamente com o GLP na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Certamente as vantagens serão ainda mais acentuadas na região rural onde a lenha e o carvão são mais baratos e o suprimento de GLP mais difícil.

5. CONTROLE DOS FOGAREIROS À LENHA E A CARVÃO VEGETAL

Os resultados obtidos na operação do fogareiro básico, no qual a potência pode ser controlada pela variação da abertura da entrada de ar primário, mostraram que se pode atenuar as desvantagens inerentes a este tipo de fogareiro pelo controle da potência.

A potência ou taxa de queima do combustível depende essencialmente da concentração dos reagentes (combustível e oxigênio do ar) e da temperatura. Sendo desejável obter alta potência e alta eficiência na fase de aquecimento e baixa potência na fase de ebulição, é necessário variar os parâmetros da combustão no decorrer da operação. Deve-se observar que as condições de alta eficiência nem sempre são compatíveis com as de baixa potência. Assim, por exemplo, quando se faz baixar a potência pelo aumento da vazão de ar e conseqüente abaixamento da temperatura, as condições de transferência de calor para a vasilha ficam piores e a eficiência diminui. A otimiza-

ção do custo operacional deve ser procurada empiricamente, já que os fenômenos envolvidos são bastante complexos e interdependentes. A literatura existente sobre combustão é dirigida preferencialmente para equipamentos industriais (caldeiras, fornos, secadores, etc.), devendo-se portanto desenvolver uma base mínima de informações relativas aos fogões.

Tendo em vista minimizar o custo do combustível, foram feitos ensaios de controle de potência dos fogareiros, monitorando-se a emissão de CO, CO₂ e O₂ para garantir condições seguras de uso e permitir a avaliação dos parâmetros da combustão (poder calorífico, umidade, excesso de ar, etc.).

Foram avaliados os seguintes meios de controle:

- manejo de vazão de ar primário;
- admissão de ar secundário com e sem pré-aquecimento;
- massa de combustível carregado;
- modalidade do carregamento (carga única ou alimentação intermitente);
- arranjo das achas de lenha (vertical ou horizontal).

Os parâmetros de avaliação adotados são:

- eficiência global;
- potência;
- potência específica;
- tempo de aquecimento;
- tempo de ebulição;
- fração convertida da energia contida no combustível primário (grau de utilização do combustível);
- custo de operação com lenha ou carvão referido ao custo da mesma operação em fogão a GLP.

Para os testes com a leiteira contendo 1.300 g de água (E=1.370 cal/9C) foi usado vaso cerâmico de paredes simples, com as seguintes variações (figuras 1 e 2):

- entrada de ar por baixo (apenas ar primário);
- entrada de ar por baixo (primário) e pela escotilha de recarga (ar secundário sem pré-aquecimento);
- entrada de ar primário por baixo e de ar secundário pré-aquecido pelo espaço anular entre o vaso básico e um segundo vaso que envolve o primeiro.

Para os testes com panela de pressão aberta 2.000 g de água ($E=2.250 \text{ cal/}^\circ\text{C}$) foi usado um vaso cerâmico de maior diâmetro, envolvendo um cilindro metálico que funcionou como câmara de combustão, e também o mesmo vaso cerâmico dotado de escotilha de recarga. Os esquemas de circulação de ar primário e secundário são idênticos aos da montagem anterior.

O controle de ar primário é feito pela inserção de uma placa de espessura conveniente sob o vaso. O ar secundário sem pré-aquecimento é controlado pela abertura da escotilha. Não foi feito controle de ar secundário pré-aquecido. Os resultados mais relevantes estão apresentados nos quadros 2 e 3.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS DE CONTROLE DE POTÊNCIA

6.1 Fogareiros à lenha - vasilhas sem tampa

Os resultados se referem a duas capacidades térmicas distintas.

O primeiro grupo corresponde ao uso de uma vasilha de tamanho médio, usada para cozinhar arroz, legumes, macarrão, etc. Para esta situação o vaso menor, caracterizado na figura 1, permite boa adaptação de vasilha de forma a minimizar as perdas de calor por irradiação e proporcionar boa área de troca de calor. O segundo grupo corresponde ao uso de panela de pressão, de maior volume (4,5l), exigindo vaso de maior diâmetro. Observa-se primeiramente que o tamanho do vaso (ou da câmara de combustão) determina a potência média e que a injeção de ar secundário acelera a queima do combustível (2a e 2b, comparados a 2c do quadro nº 2) sem aumentar significativamente a eficiência.

O melhor resultado, em ambos os grupos de testes, corresponde ao carregamento intermitente (recarga) dos fogareiros, quando se atingiram os maiores tempos em ebulição com tempos de aquecimento comparáveis aos do fogão a gás, que são de 10 minutos para a panela menor e de 16 minutos para a maior, os menores valores de potência médias e de potência específica e as maiores frações de conversão da energia. Em todos os casos, exceto 1.a, a lenha foi arranjada em forma de fogueira ho

rizontal, já que o arranjo vertical (achas "em pé") acelera a queima. O carregamento se faz entremeando-se as achas com gravetos, o que proporciona partida rápida e combustão prolongada.

Para os fogareiros à lenha não foi praticado o fechamento parcial do ar primário porque isto instabiliza a combustão.

Para cada uma das operações foi calculado o custo de combustível, tomando o custo da lenha a Cr\$35,00/kg e adicionando 30% a título de custo de distribuição, e o custo do GLP a Cr\$10.000/13kg (nov/1984). O custo equivalente em GLP foi calculado supondo fogão com 50% de eficiência e potência de 1.450 watt no fogo alto e 988 watt no fogo baixo. Como a combustão da lenha no fogareiro produz carvão de excelente qualidade, foi suposto o aproveitamento deste combustível e computado o custo da operação com e sem crédito para o carvão recuperado. Em ambos os casos a lenha proporciona custos bastante inferiores ao equivalente em GLP, especialmente nas operações de curta duração mas ainda muito significativo nas de longa duração (teste 2.d) que correspondem, por exemplo, a cozinhar feijão ou carne em panela de pressão. Observe-se que se o preço da lenha, extraído do boletim publicado pelo CETEC (Cotação de Energéticos no Estado de Minas Gerais), refere-se ao produto entregue em indústrias (cerâmica, alimentos, etc.) na Região Metropolitana de Belo Horizonte. No meio rural os preços são bastante inferiores, podendo ser quase nulo, o que acentua a vantagem da lenha.

As análises de gases da combustão, realizadas com os aparelhos de ORSAT, ainda não estão concluídas. O único resultado apresentado (média de 2 determinações) mostra que o nível de emissão de CO é bastante baixo quando se opera com plena abertura da admissão de ar primário (o fundo do vaso fica 4 cm do tampo da mesa). Em uma única monitoração em experimento com redução da entrada de ar primário, o analisador de ORSAT mostrou concentração de CO cerca de 10 vezes maior do que a média das demais determinações que era de 0,1%.

6.2 Fogareiros a carvão vegetal - vasilhas sem tampa

Em relação aos fogareiros à lenha, os de carvão vegetal mostram eficiência da mesma ordem (25 a 32%), maiores potências específicas, menor grau de utilização do combustível e maiores custos quando comparados ao custo equivalente em GLP.

Entretanto, o carvão é competitivo com o GLP, com a vantagem de proporcionar combustão limpa. Os tempos de aquecimento foram em média superiores aos da lenha. Como no caso da lenha, a recarga de carvão proporcionou os melhores resultados. Os níveis de emissão de CO são baixos (quadro Nº 3)

7. EXPERIMENTOS COM VASILHAS TAMPADAS

O grupo de experimentos relatados nos itens anteriores foram feitos com vasilhas destampadas para facilitar a uniformização da temperatura, por agitação da água na medição da eficiência e a observação da dinâmica da ebulição. Tendo em vista que a eficiência não é parâmetro exclusivo na avaliação do consumo de combustível para a cocção, conforme análise contida no item 4, decidiu-se repetir os experimentos com as vasilhas tampadas. Tendo em vista que, nestas condições, as perdas de calor ficam drasticamente reduzidas, pois a perda de calor por escapamento de vapor é diminuída, pretendia-se ganhar no tempo de permanência em ebulição, como se pode prever pelo exame da Figura 3, onde se mostra a distribuição temporal da potência útil nos fogareiros em estudo operando em batelada.

Os resultados deste grupo de novos experimentos estão mostrados no quadro Nº 5, onde se observam extensão substancial do tempo em que a água permanece em ebulição, queda da potência (em decorrência da extensão da duração do experimento), melhor utilização do combustível e custo de combustível (lenha e carvão) menores do que os correspondentes, nas mesmas operações, ao consumo de GLP. Comparando os resultados dos experimentos com vasilhas sem tampa (quadros Nº 2 e 3) com aqueles realizados com vasilhas tampadas (quadro Nº 5), conclui-se que a vantagem econômica para a lenha e o carvão se acentuam nas operações de longa duração o que seria de se esperar por causa da grande inércia térmica presente. Observa-se ainda que o fogareiro de lenha operando em batelada mantém a ebulição durante cerca de 40 minutos; operando com recarga obtém-se melhores resultados.

8. CONCLUSÕES

Os estudos feitos com fogareiros fornecem elementos para se passar ao ante-projeto de um fogão, à lenha ou a carvão, no qual se espera poder explorar a maior comodidade proporcionada

da pela instalação de uma chaminé e de estufas para a secagem da lenha. A instalação de um trocador de calor rudimentar para o aquecimento de água, aproveitando-se parte do calor ora perdido, promete aumentar ainda mais as vantagens destes combustíveis. Conforme balanço térmico obtido por cálculos (quadro Nº 4), cerca de 50% do calor é perdido, nos fogareiros, na descarga dos gases de combustão.

Os experimentos com manejo da entrada de ar não tiveram os efeitos esperados sobre a eficiência e sobre a duração da queima.

Do balanço térmico (quadro Nº 4) e medição de temperatura dos gases e jusante da vasilha, infere-se que o fogareiro opera com grande excesso de ar, chegando a vazão a 400% do valor estequiométrico. Desta forma, a redução da entrada de ar só afeta a taxa de combustão através da temperatura. Diminuindo a vazão de ar, a temperatura sobe, acelerando a combustão e reduzindo a duração da queima da batelada de combustível.

Esta conclusão, aliada à observação do aumento da concentração de CO no fogareiro, parcialmente abafado, desaconselha o manejo de ar especialmente quando não assistido por monitoração dos gases de descarga.

Os cálculos de custos mostram grande vantagem para a lenha em relação ao GLP. A média de todos os casos constantes dos quadros, 3, 4 e 5 indicam que o custo diário da lenha consumida equivale a 33% do custo do GLP, sem crédito de carvão, e a 28% com crédito de carvão. Para o carvão vegetal, o custo médio seria de 65% do equivalente a GLP.

Um estudo dos preços nos últimos 20 meses mostra preços relativos ao GLP por kg de $0,053 \pm 0,009$ para a lenha nativa, de $0,065 \pm 0,008$ para a lenha de eucalipto e de $0,20 \pm 0,04$ para o carvão vegetal (dados extraídos do Boletim "Cotação de Energéticos no Estado de Minas Gerais", editado pelo Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC).

Observa-se que esses preços são bastante estáveis, as flutuações mais drásticas ocorrendo nas épocas de reajuste do preço do GLP que, como se sabe, é administrado pelo Governo Federal e subsidiado em cerca de 40 a 50%.

Conclui-se haver margem econômica significativa a recomendar o uso da lenha e, com menor ênfase, do carvão vegetal como combustível doméstico

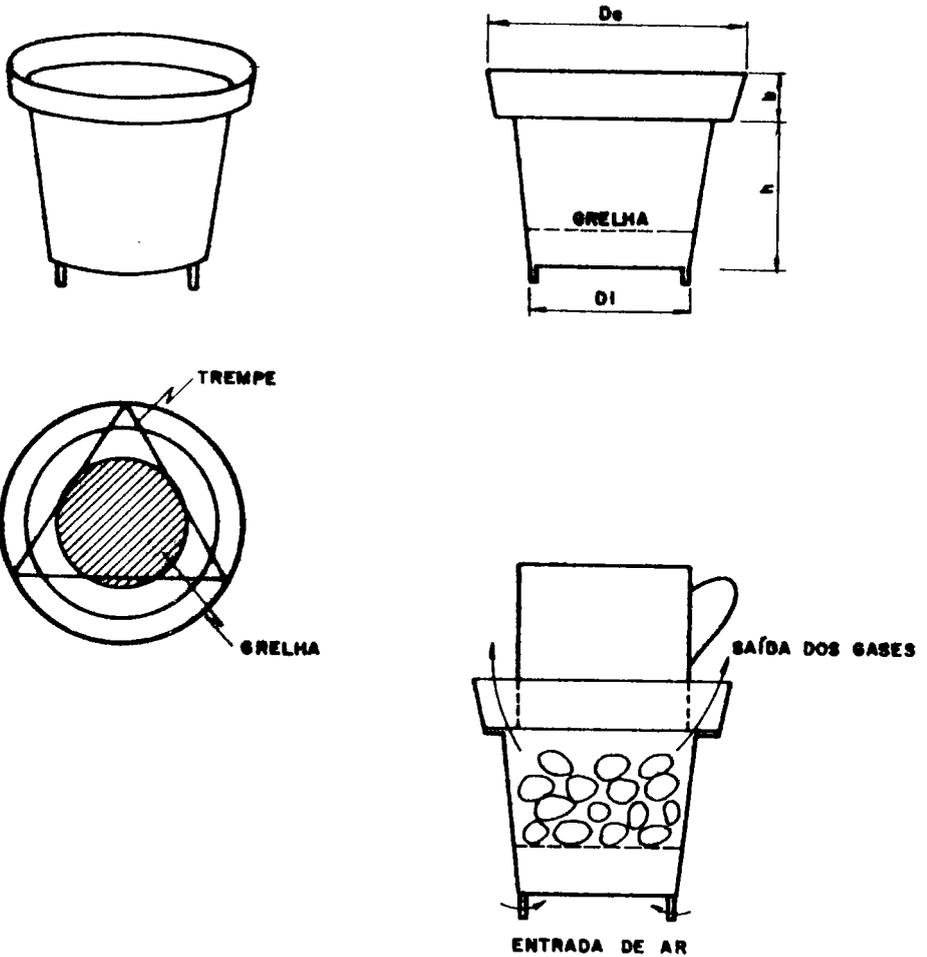
BIBLIOGRAFIA

1. Alguns Cálculos sobre Combustão da Lenha
Donald J.A. de Camargo - IPT/1949.
2. A Madeira como Combustível
Boletim Nº 17 IPT/
3. Hipóteses Adotadas para Oferta de Lenha no "Estudo de uma Política de Autonomia Energética Utilizando o Modelo MARKAL"
MME/1984.
4. Estudos Complementares ao Plano de Contingência da Comissão Nacional de Energia - Relatório Final em fase de Conclusão.
5. Estudo de Melhorias em Fogareiro Elétrico e a Carvão Vegetal NT-PC-DEN 014/84 - O.C. Ferreira et al.
6. Desempenho de Fogareiro à Lenha
NT-PC-DEN - 025/84 - O.C. Ferreira et al.
7. "Wood Energy's Changing Role"
Daniel Deudney e Christopher Flavin - Economic Impact Nº 44, 1983/84.
8. "Combustion"
Irvin Glassman - Academic Press/1977.
9. "The Efficiencies of Firewood Devices"/
M.S. Bhatt - Central Power Research Institute - Bangalore.
10. "Modern Stoves for All"
W. Micuta - Fondation de Bellerive/1981.
11. "Burning Wood"
L.D. Baker et all. - NRAES, Riley-Robb, Cornell University 1977.

12. "Les Foyers Améliorés"
J. Doat - Revue Bois et Forêts des Tropiques, N° 197, 3^e
trimestre/82.
13. "An Investigation of the Combustion of Wood"
M. Evans et al. - Journal of the Institute of Energy/1981.

FIGURA 1

MODELO BÁSICO DE FOGAREIRO SEM ENTRADA DE AR SECUNDÁRIO

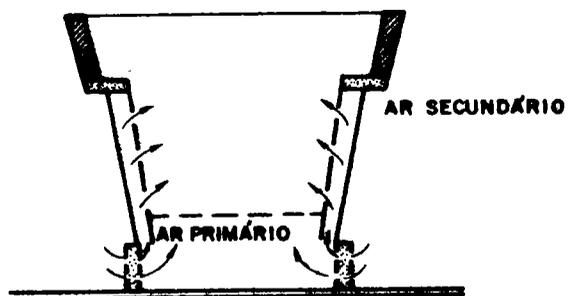
Para $E=1.370 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$

$D_e = 205 \text{ mm}$
 $h_e = 110 \text{ mm}$
 $D_i = 130 \text{ mm}$
 $e = 8 \text{ mm}$
 $b = 45 \text{ mm}$

Para $E=2.250 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$

$D_e = 270 \text{ mm}$
 $h_e = 150 \text{ mm}$
 $D_i = 190 \text{ mm}$
 $e = 13 \text{ mm}$
 $b = 60 \text{ mm}$

FIGURA 2

MODELOS BÁSICOS DE FOGAREIROS COM ENTRADA
DE AR SECUNDÁRIO

CÂMARA DE COMBUSTÃO
METÁLICA

PRÉ-AQUECIMENTO DO
AR SECUNDÁRIO

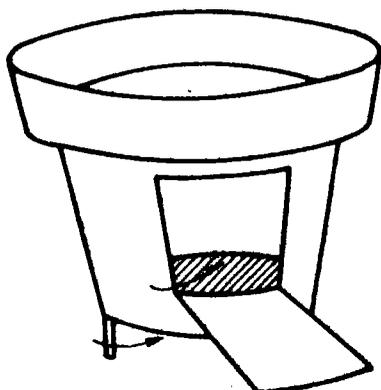
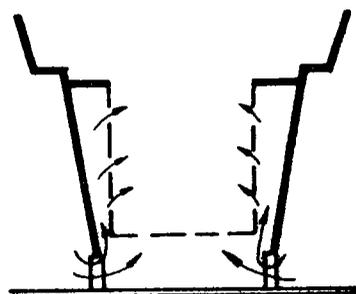
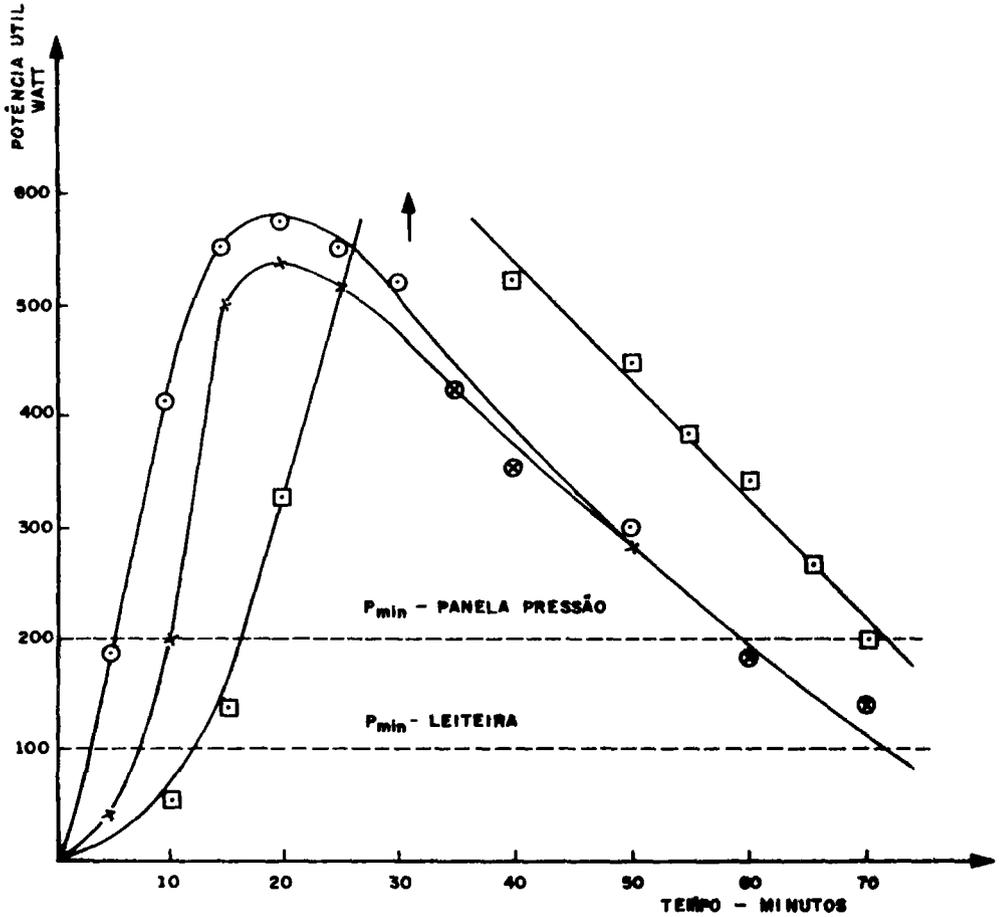


FIGURA 3

POTÊNCIA ÚTIL EM FOGAREIROS A CARVÃO VEGETAL DE VASO SIMPLES, SEM ADMISSÃO SECUNDÁRIA

admissão primária constante 200g carvão
 admissão primária constante 260g carvão
 admissão primária manejada 200g carvão



QUADRO 1

COMPARAÇÃO DE TEMPOS E CONSUMOS PARA DIVERSOS APARELHOS

ETAPA	Fogão GLP		Fogareiro a álcool-Gazarra otimizado		Fogareiro elétrico sem controle		Fogareiro elétrico com controle		Fogareiro a carvão sem controle		Fogareiro a carvão com controle		Fogareiro a lenha batelada		Fogareiro a lenha alimentação contínua	
	Potência W	Tempo min	Potência W	Tempo min	Potência W	Tempo min	Potência W	Tempo min	Potência W	Tempo min	Potência W	Tempo min	Potência W	Tempo min	Potência W	Tempo min
1	1 450	30	960	56	670	72	670	72	2 000	54	1 520	66	2 040	45	1 730	48
2	1 450	10	960	17	670	24	670	24	2 000	14	1 520	20	2 040	15	1 730	48
3	988	30	960	30	670	30	300	30	2 000	30	1 520	30	2 040	30	1 730	30
4	1 450	10	960	17	670	24	670	24	2 000	18	1 520	25	2 040	17	1 730	19
5	988	30	960	30	670	30	300	30	2 000	30	1 520	30	2 040	30	1 730	30
6	1 450	20	960	34	670	44	670	44	2 000	28	1 520	40	2 040	29	1 730	31
7	988	45	960	45	670	45	300	45	2 000	45	1 520	45	2 040	45	1 730	45
8	1 450	20	960	34	670	44	670	44	2 000	28	1 520	40	2 040	29	1 730	31
9	988	25	960	15	670	25	300	25	2 000	25	1 520	25	2 040	25	1 730	25
10	1 450	10	960	19	670	24	670	24	2 000	18	1 520	22	2 040	15	1 730	16
11	1 450	30	960	56	670	72	670	72	2 000	54	1 520	66	2 040	45	1 730	48
Energia Total desenvolvida	317.000 Wxmin		348.480		290.780		242.680		648.000		492.480		663.000		562.250	
Tempo Total	260 min		363		434		434		324		324		325		325	
Taxa Consumo	1,26g/1.000 Wmin		2,3 g/min		-		-		4,6 g/min		3,3 g/min		7,4 g/min		6,3 g/min	
Consumo Diário	400 g		835 g		4,85 kWh		4,04		1 490 g		1 069 g		2 290		2 048	
Custo Diário (Nov/84)	Cr\$308 a domicílio		Cz\$ 929 posto de serviço		Cr\$ 617 a domicílio		Cr\$520 a domicílio		Cr\$ 234 a domicílio		Cr\$ 168 a domicílio		Cr\$ 104 a domicílio		Cr\$ 93 a domicílio	

QUADRO 2

144

ENSAIOS COM FOGAREIRO À LENHA - PODER CALORÍFICO INFERIOR 3.800 kcal/kg - UMIDADE 10%

Configuração do teste	η global	Potência média Watt	Potência específica Watt/g	Duração-minutos		Fração da energia convertida	Custo combustível Cr\$ Lenha		Custo Equivalente GLP Cr\$	Emissões %		
				Aquecim.	Ebulição		c/créd. carvão	s/créd. carvão		CO ₂	O ₂	CO
1. Fogareiro cerâmico sem admissão de ar secundário. Capacidade térmica 1.370 cal/°C. Massa de lenha 420g, achas 25x25x200mm. Leitura aberta.												
a. Arranjo vertical	0,29	2.800	6,9	13	23	0,86						
b. Arranjo horizontal	0,32	2.000	4,8	15	34	0,84						
c. Arranjo horizontal com recarga	0,31	1.700	3,9	17	44	0,91	11,40	14,70	54,00			
2. Fogareiro cerâmico com admissão de ar secundário pré-aquecido. Capacidade térmica 2.250 cal/°C. Arranjo horizontal sem recarga, panela de pressão aberta, achas 40x40x130mm												
a. 800g lenha, câmara de combustão cerâmica	0,26	5.800	7,0	8	20	0,75						
b. 700g lenha, câmara de combustão metálica	0,30	4.900	7,0	9,5	18	0,73						
Idem, sem admissão de ar secundário												
c. 700g lenha, câmara de combustão metálica	0,30	3.900	5,6	22	24	0,91	19,10	31,90	44,80			
Fogareiro cerâmico, com escotilha de recarga, admissão de ar secundário (sem pré-aquecimento) durante a ignição, panela de pressão												
d. 600g de lenha	0,25	3.200	5,4	14,5	33	0,93	18,70	27,30	53,00	7,5	13,1	0,1

Preços dos combustíveis: Lenha (eucalipto) Cr\$45/kg Carvão Cr\$157/kg GLP Cr\$769/kg (novembro/1984)

QUADRO 3

ENSAIOS COM FOGAREIRO A CARVÃO VEGETAL - PODER CALORÍFICO INFERIOR 6.400 kcal/kg

Configuração do teste	η global	Potência Média Watt	Potência Específica Watt/g	Duração-minutos		Fração da energia convertida	Custo de Combustível Cr\$		Nível de emissões % (média 3 determinações)		
				Aquecim.	Ebulição		Carvão	GLP equivalente	CO ₂	O ₂	CO
3a. Fogão cerâmico, sem admissão de ar secundário, entrada de ar primário de abertura constante (4cm), 200g de carvão, leiteira aberta (E=1370 cal/°C), sem recarga	0,32	2.000	10	15,5	20,5	0,81	25,50	32,70	6,5	13,5	0,3
b. Idem, com redução da abertura de entrada do ar primário para 1cm a pós iniciada a ebulição	0,31	1.500	7,5	21,5	26,0	0,80	25,20	37,70	7,3	13,5	0,2
c. Fogareiro cerâmico de parede dupla, com admissão de ar secundário pré-aquecido, 200g carvão, sem redução da entrada de ar primário, E=1.370 cal/°C	0,28	1.450	7,3	28	19	0,75	23,70	31,30	-	-	-
d. Fogareiro cerâmico com câmara de combustão metálica, admissão de ar secundário pré-aquecido, abertura total de admissão de ar primário, 200g carvão E=1.370 cal/°C	0,27	1.470	7,3	23	16	0,70	22,00	28,60	9,4	11,5	0,1
e. Fogareiro cerâmico sem admissão de ar secundário, 360g de carvão, carga inicial 200g e recarga de 160g, E=1.370 cal/°C	0,29	1.700	5,7	26	53	0,85	48,10	62,2	-	-	-

QUADRO Nº 4

BALANÇO TÉRMICO DOS APARELHOS ESTUDADOS

Aparelho	Eficiência	Potência Fornecida W	Potência útil - W	Perdas p/ Conveccção e irradiação		Outras perdas - W - Combustão, irradiação p/ chama, transporte ...	Balanco
				p/vasilha	p/fogareiro		
Ebulidor %	0,96	888	852	45	0	0	-9
		100	96	5	0	0	-1
Fogareiro elétrico resistência exposta %	0,85	705	600	45	44	0	-16
		100	85	6	6	0	-2
Fogareiro a álcool %	0,40	1 250	500	45	10	695	incluído
		100	40	4	1	55	
	0,53	1 120	594	45	10	470 (chama otimizada)	incluído
%		100	53	4	1	42	
Fogareiro a carvão vegetal (vaso de ar gila)	0,32	2 000 100	640 32	45 2	290 15	1 025 51	incluído

QUADRO Nº 5

ENSAIOS COM FOGAREIRO À LENHA E A CARVÃO VEGETAL COM VASILHAS TAMPADAS

Configuração do teste	Potência média-W	Pot.espec. média-W/g	Duração Aquecimento	Minutos Ebulição	Fração energia convert.	Custo com bust.Cr\$	Custo equi-val.GLP-Cr\$
a. Fogareiro cerâmico simples, apenas ar primário, 200g carvão, leiteira tampada (E = 1.380 cal/°C)	930	4,9	23	71	0,95	30	78
b. Fogareiro cerâmico parede dupla, apenas ar primário, 250g carvão, panela pressão tampada (E=2.300 cal/°C)	1.100	4,5	29	72	0,96	38	86
c. Fogareiro cerâmico simples, apenas ar primário, 300g de madeira de construção (PCS 3.800 kcal/kg, 20% umidade), arranjo horizontal, leiteira tampada	1.370	4,7	9,8	46	0,95	14	55
d. Idêntico a c, com 200g lenha do cerrado (PCS 4070 kcal/kg, 13% umidade)	1.100	5,5	11	42	0,95	9	51
e. Idêntico a c e d, com 200g lenha eucalipto (CPS 4.100 kcal/kg, 15% umidade)	1.400	7,0	9,4	34	0,98	9	43
f. Fogareiro cerâmico parede simples, com escotilha recarga, 400g madeira construção mais 2 recargas de 200g cada, panela de pressão tampada. Entrada de ar secundário pelas frestas da escotilha.	2.100	3,6	17	58	0,95	27	73
g. Fogareiro cerâmico parede dupla, 400g lenha cerrado mais duas recargas de 100g cada, panela de pressão tampada.	1.600	2,7	9,4	95	0,98	27	107
h. Idêntico a g, lenha eucalipto, 400g mais 2 recargas de 200g cada	1.800	3,0	9,0	86	0,98	27	99

EFICIÊNCIA DA MAQUINÁRIA AGRÍCOLA

Marcos Milan ()*

() Departamento de Engenharia Rural - ESALQ*

1. INTRODUÇÃO

A utilização das máquinas no processo de produção agropecuária permite a realização das tarefas com rapidez e eficiência, diminuindo a carga de trabalho imposta ao homem. Segundo SILVEIRA (1981)^{1*}, um homem equipado com ferramentas manuais tem a capacidade de conduzir uma área de 5 ha de uma cultura como a de milho; esse mesmo indivíduo, utilizando-se da motomecanização, conduz uma área de 80 ha da mesma cultura.

No Brasil o processo de mecanização da agricultura é relativamente recente, tendo sofrido um grande impulso a partir da década de 1960 com a instalação da indústria nacional de tratores. Em 1980, de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)², a frota brasileira de tratores era composta de aproximadamente 560.000 unidades. Este número é incipiente quando confrontado com outros países pois, segundo SILVEIRA (1981)¹, no Brasil existem em média 121 ha cultivados por trator, enquanto nos Estados Unidos essa relação é de 18 para 1, na Inglaterra 13 para 1 e na França 8 para 1.

Essa frota de tratores associada às 44.000 colhedoras autotrizes são responsáveis, segundo FINCH e BRANDINI (1980)³, pelo consumo anual de 1.700.000 toneladas de óleo diesel, o que representa 12% do consumo nacional deste derivado. Sendo o combustível um dos itens que tem uma importância primordial por ser um recurso natural não renovável e devido ao fa

(*) Os números referem-se à literatura citada.

to de que o seu preço influi decisivamente na formação dos custos dos produtos agrícolas, existe uma preocupação constante para a redução do seu consumo.

Essa redução pode ser conseguida através de novas tecnologias de aperfeiçoamento, desenvolvidas pelas empresas fabricantes ou instituições de pesquisas, como também pela aplicação de técnicas de conservação de energia por parte dos usuários dos equipamentos. É sobre esse último item que o presente trabalho será desenvolvido, pois as técnicas de conservação constituem-se na forma mais rápida e de menor custo para a redução da demanda energética.

2. RECOMENDAÇÕES E TÉCNICAS PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO

2.1 Recomendações quanto à utilização de tratores

De acordo com MONTALVO (1982)⁴ alguns princípios básicos aplicados ao uso e manutenção de tratores, contribuem decisivamente para a redução do consumo destes equipamentos; as principais recomendações bem como os índices de redução esperados podem ser visualizados na Tabela I.

TABELA I

RECOMENDAÇÕES PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL EM TRATORES AGRÍCOLAS

Recomendação	Faixa de redução prevista %
Realizar manutenção periódica	4 - 6
Desligar o motor quando o trator não estiver em uso	4 - 7
Limpeza e substituição do filtro de ar	1 - 2
Reduzir o patinamento durante a operação	6 - 9

FINCH e BRANDINI (1980)³ apresentam também algumas medidas para a redução do consumo de combustíveis na agricultura, destacando-se entre elas:

.) Revisão dos sistemas de produção com o objetivo de recomendar poupança de combustível através de reduções das operações no campo e do uso racional de insumos.

.) Divulgação de métodos para melhor uso do conjunto tra^{tor} e im^{plemento} com destaque para a manutenção do tra^{tor} e a seleção adequada do conjunto tra^{tor}-im^{plemento}.

Segundo os autores é razoável esperar com estas medidas uma redução de consumo da ordem de 5 a 10%. É interessante observar-se que estas medidas podem ser aplicadas facilmente, bastando para isso que o usuário receba a orientação técnica adequada.

2.2 O consumo de combustível na subsolagem

As operações agrícolas são definidas como "toda a atividade direta e permanentemente relacionada com a execução do trabalho de produção agropecuária" (MIALHE, 1974)⁵. Dentro destas operações incluem-se a de preparo inicial e periódico do solo, semeadura, plantio e transplante, aplicação de defensivos, etc...

A execução destas operações, também denominadas comumente de práticas agrícolas, exige uma metodologia específica e a utilização de equipamentos adequados. A época em que se realiza, o teor de umidade do solo, o equipamento empregado etc. influenciam sobremaneira a qualidade da operação e o consumo de energia.

BELTRAME (1983)⁶ considera que normalmente o insucesso alcançado na operação de subsolagem é decorrente da falta de informações sobre os equipamentos disponíveis. O autor realizou um trabalho com vistas a quantificar a qualidade do serviço executado e o desempenho de três modelos de subsoladores de características distintas; foram realizados 18 tratamentos dos quais, para efeito deste trabalho selecionar-se-á apenas 4 que são apresentados no Quadro 1.

QUADRO I

TRATAMENTOS EFETUADOS PARA A ANÁLISE DOS EQUIPAMENTOS

Nº identificação	Tratamentos
1	Subsolador Jumbo - espaçamento entre hastes 330mm; profundidade de trabalho 250mm; umidade média do perfil do solo 0,347 (m ³ de água).m ⁻³ .
4	Subsolador Jumbo - espaçamento entre hastes 460mm; profundidade de trabalho 350mm; umidade média do perfil do solo 0,347 (m ³ de água).m ⁻³ .
9	Subsolador Krause - espaçamento entre hastes 330mm; profundidade de trabalho 250mm; umidade média do perfil do solo 0,347 (m ³ de água).m ⁻³ .
12	Subsolador Krause - espaçamento entre hastes 460mm; profundidade de trabalho 350mm; umidade média do perfil do solo 0,347 (m ³ de água).m ⁻³ .

Os resultados obtidos para estes 4 tratamentos são apresentados na Figura 1 e Tabela II.

Na Figura 1 e Tabela II, ATS refere-se à área teórica que o equipamento deveria mobilizar sendo calculada como o produto de largura efetiva pela profundidade de trabalho; ASM refere-se à área de solo efetivamente mobilizada pelo equipamento, enquanto que o consumo de combustível em termos de 1/m³ refere-se à quantidade de combustível gasta para a mobilização de 1 m³ de solo.

Comparando-se o trabalho efetuado pelos equipamentos, observa-se que a profundidade de 250mm, o tratamento de 1 (subsolador Jumbo) apresentou uma área mobilizada maior com um menor consumo por volume de solo mobilizado, em relação ao tratamento 9 (subsolador Krause); para a profundidade de 460mm, esta mesma tendência foi observada.

Portanto, dois aspectos podem ser abordados com relação a esta operação. O primeiro deles refere-se à escolha do equipamento; o modelo Jumbo para a situação proposta propicia uma ASM maior, com menor consumo por unidade de volume de solo mobilizado. O segundo aspecto refere-se à qualidade da operação; provavelmente nos tratamentos 1, 9 e 12 haveria a necessidade de se realizar uma nova subsolagem pois existem grandes áreas (ver Figura 1) próximas à superfície que não sofreram mobili-

FIGURA 1

ÁREA DE SOLO MOBILIZADA EM CADA TRATAMENTO
 (OS NÚMEROS 1, 4, 9 e 12 REFEREM-SE AO NÚMERO DE
 IDENTIFICAÇÃO DO TRATAMENTO)

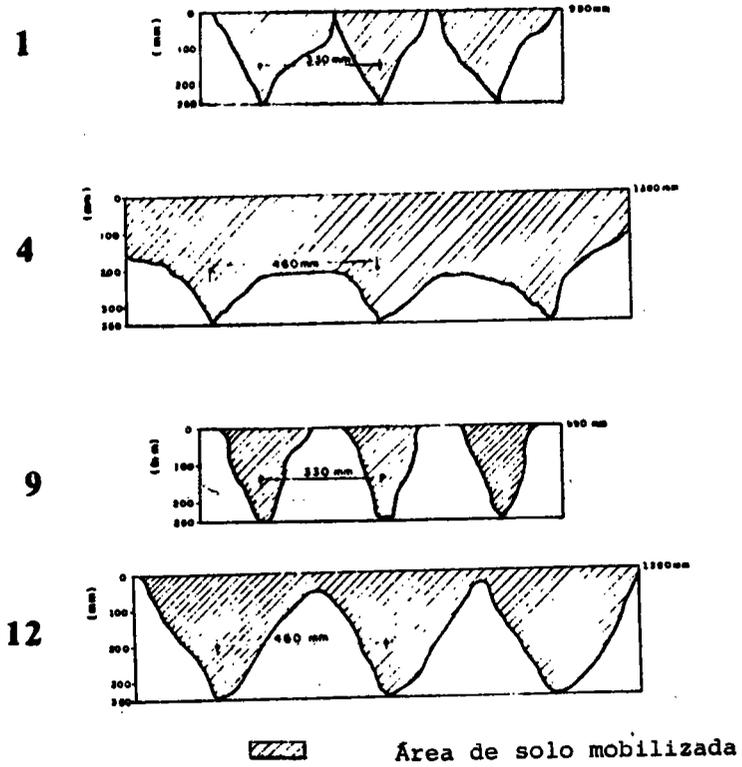


TABELA II

RESULTADOS OBTIDOS DA AVALIAÇÃO DOS SUBSOLADORES

		Tratamento			
		1	4	9	12
ATS*	mm ²	247.500	483.000	247.500	483.000
ASM**	mm ²	131.175	333.270	84.150	260.820
	%	53%	69%	34%	54%
Cons comb					
	1/ha	21,8	19,5	25,0	22,6
	1/m ³	0,016	0,008	0,029	0,012
Cap campo					
	efet. ha/h	0,44	0,49	0,42	0,47

*ATS = Área total de solo; **ASM = Área de solo mobilizada

zação. Para o tratamento 4 a operação realizada permitiu mobilização uniforme até aproximadamente 200mm de profundidade, com um menor consumo de combustível por volume de solo mobilizado (inferior às três outras situações). Atribuindo-se o índice 100 ao consumo por volume de solo obtido no tratamento 4, os resultados referentes às outras condições são apresentados na Tabela III.

Conforme se observa pela Tabela III e Figura 1, o tratamento 4 foi o que apresentou a melhor eficiência no aproveitamento do combustível e qualidade de serviço; o tratamento 9 por exemplo, com uma qualidade de serviço bem inferior (ASM=34%), consumiu 3,625 vezes a mais por unidade de volume de solo mobilizado.

Cabe ressaltar que os dois aspectos abordados, (escolha do equipamento e qualidade de operação), podem ser analisados e selecionados a partir de verificações simples executadas no local de operação.

TABELA III

ÍNDICES COMPARATIVOS DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL PARA OS
TRATAMENTOS EFETUADOS

	Tratamento			
	1	4	9	12
consumo l/m^3	0,016	0,008	0,029	0,012
índice	200	100	362,5	150

2.3 Níveis de patinamento em operações agrícolas

De acordo com o apresentado no item 2.1 o controle do índice de patinamento durante as operações agrícolas pode refletir na redução de consumo da ordem de 6% a 9%. TAYLOR et alii (1976)⁷ relatam que o intervalo de patinamento, recomendado para ser utilizado nas operações agrícolas, deve se situar na faixa de 0 a 30%. Para exemplificar uma situação de operação a diferentes níveis de patinamento utilizar-se-ã dos resultados obtidos por MILAN et alii (1985)⁸ apresentados na Tabela III e Figura 2.

TABELA IV

EQUAÇÕES DO CONSUMO ESPECÍFICO VS PATINAMENTO DE 4 MODELOS
DE PNEUMÁTICOS AGRÍCOLAS EM SOLO ARENOSO ($y = a + bx + cx^2$),
ONDE X = PATINAMENTO EM %; Y = CONSUMO ESPECÍFICO

Pneu	Coeficiente		
	a	b	c
A	831,558	-19,703	0,380
B	938,348	-25,293	0,439
C	845,299	-20,580	0,404
D	705,497	-11,801	0,278

Na Tabela IV, são apresentadas as equações do consumo específico em função do patinamento para 4 modelos de pneumáticos agrícolas de medida 16.9/14-30, operando em solo de textura arenosa; na Figura 2 são apresentados os gráficos do consumo específico em função do patinamento.

A partir dos dados apresentados no referido trabalho foi elaborada a Tabela V, onde realiza-se a comparação, em relação ao modelo A, do consumo horário a diferentes níveis de patinamento.

TABELA V

COMPARAÇÃO DO CONSUMO HORÁRIO, PARA O PNEU MODELO A, OPERANDO A DIFERENTES NÍVEIS DE PATINAMENTO

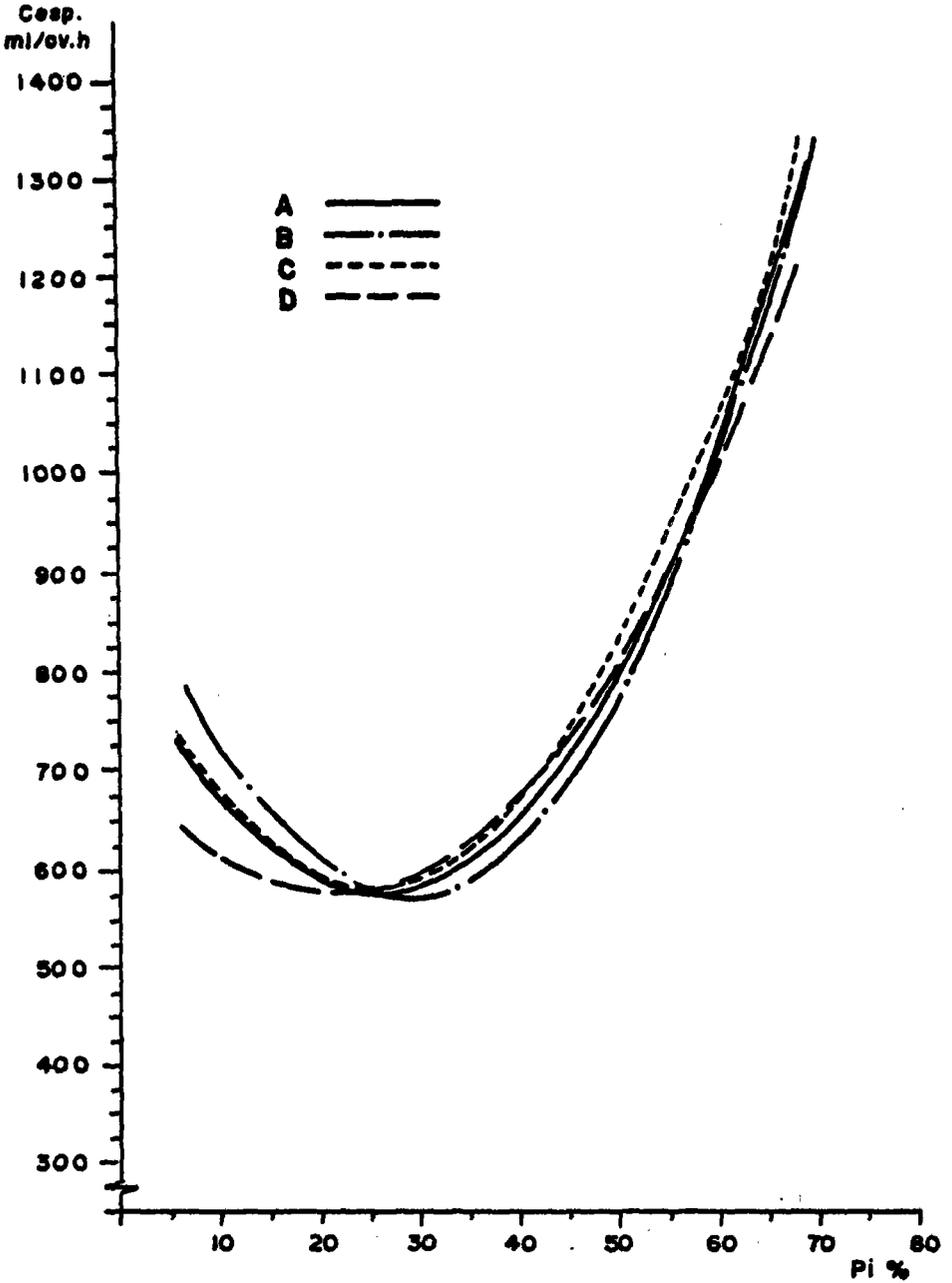
Patinação %	consumo específico ml/cv.h	potência cv	consumo horário l/h
10	672,5	10,6	7,13
20	589,5	12,5	7,37
30	582,5	13,3	7,75
40	651,4	13,1	8,53
50	796,4	11,9	9,48

Através da Tabela V, verifica-se que com o trator operando dentro da faixa normal de operação (0 a 30% de patinação), o consumo horário é menor do que a índices de patinação acima de 30%. Supondo-se uma utilização média de 1000 horas por ano de um trator, a economia entre operar a 30% ou a 40% é de 780 l de diesel e entre operar a 30% ou a 50% é de 1730 l de diesel por ano, cabendo ressaltar que a 30% de patinação a potência obtida é maior do que quando comparada com os índices de 40% ou 50% (a potência máxima é obtida a um nível de 33% de patinação).

Portanto, a economia obtida operando-se a níveis adequados de patinação é significativa, sem se considerar a redução de desgaste dos pneumáticos. As providências a nível de

FIGURA 2

GRÁFICOS DO CONSUMO ESPECÍFICO VS PATINAMENTO PARA OS 4
MODELOS PNEUMÁTICOS AGRÍCOLAS



campo para a redução do patinamento envolvem a seleção correta da marcha para a operação, a seleção e regulagens adequadas do equipamento a ser acoplado ao trator e a lastragem correta deste último, providências estas que não exigem, obviamente conhecimentos aprofundados dos sistemas envolvidos ou disponibilidade de recursos financeiros.

2.4 Impurezas na colheita da cana-de-açúcar

Com a introdução do carregamento mecânico na cultura cana viera no país, iniciado por volta de 1950 em São Paulo, ocorreu um aumento significativo no ritmo operacional desta técnica, o que contribuiu para a redução dos seus custos. Entretanto, esta operação trouxe consigo um problema de extrema gravidade: o aumento do teor da matéria estranha nos colmos.

MONTEIRO et alii (1982)⁹ apresentaram um trabalho referente à matéria estranha na colheita de cana; de acordo com os autores, o índice médio obtido nesta operação atinge a 2% do peso total colhido. Embora este valor possa parecer insignificante ele assume grande importância quando se analisa sobre o enfoque do volume de material colhido.

Segundo os autores, na safra correspondente dos anos 81/82 a Usina Costa Pinto esmagou diariamente a média de 13368 toneladas de cana durante 110 dias efetivos de safra e a quantidade anual de matéria estranha mineral (terra) representou 57000 toneladas; como deste total 1,5% - 855 toneladas - sofreram desconto na balanço, pode-se dizer que 56145 toneladas foram pagas como matéria-prima o que corresponde a Cz\$ 5.053.611,00 a preços atuais (1986).

Mas, o problema da matéria estranha não deve ser analisado apenas pelo custo direto envolvido. Há de se considerar que este material consumiu combustível para ser transportado e também para ser levado de volta ao campo. Afora isto, a presença de impurezas produz desgaste extra nos rolos e moendas, esteiras condutoras, encanamentos, dificulta o processo industrial e acarreta sérios problemas de controle de poluição devido à água de lavagem.

Portanto, as providências tomadas visando a redução da matéria estranha acarretam em benefícios econômicos ao meio ambiente e na redução do consumo de energia. Algumas providências de ordem prática contribuem decisivamente para a redução do índice de matéria estranha e entre elas destacam-se:

- . Fiscalização eficiente na operação de corte e carregamento.
- . Disposição dos colmos de forma adequada.
- . Adoção de equipamentos com dispositivos visando diminuir as impurezas.

Com relação ao último item, adoção de equipamentos, o trabalho realizado por ZANCA (1986)¹⁰ descreve um dispositivo incorporado a carregadoras de cana com o objetivo de reduzir as impurezas. Segundo o autor, o rastelo e a garra são responsáveis por 70% das impurezas, enquanto os restantes 30% são devidos a problemas operacionais. O autor descreve um dispositivo que permite à garra fechar completamente, somente acima do nível do solo e outro que faz com que o rastelo acompanhe o relevo do terreno, sem penetrar no solo; a ação destes dispositivos em contraposição ao sistema convencional pode ser visualizado na Figura 3.

A comparação entre o sistema convencional e o com os dispositivos foi objeto de avaliação pelo autor e os resultados principais são apresentados na Tabela V.

Esses resultados foram obtidos para cana queimada, empurrando-se a mesma nas distâncias de 3, 12 e 18 metros, com as duas carregadoras - convencional e com os dispositivos - operando a uma mesma velocidade.

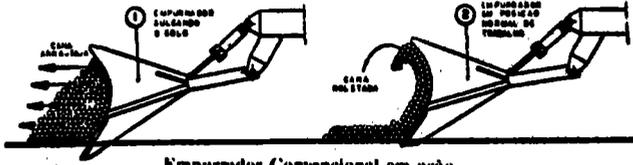
Conforme se observa na Tabela V, ocorre uma redução de 50% a 63% das impurezas e considerando-se o fato de que 70% das mesmas referem-se ao equipamento (30% operacional) existe portanto uma redução global (teórica) de 35% a 44,1% da matéria estranha, devido ao equipamento. Estes índices percentuais de redução quando aplicados ao total de impurezas que uma usina recebe anualmente, representam uma economia substancial, quer em termos de capital como em termos energéticos.

FIGURA 3

OPERAÇÃO DE CARREGAMENTO DE CANA

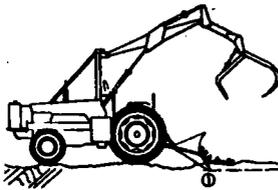
3a) Carregadora convencional

3b) Carregadora com dispositivos



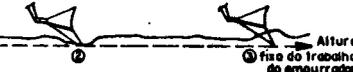
Empurrador Convencional em ação.

3a

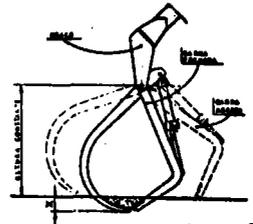


CARREGADEIRA DE CANA TRABALHANDO COM EMPURRADOR CONVENCIONAL

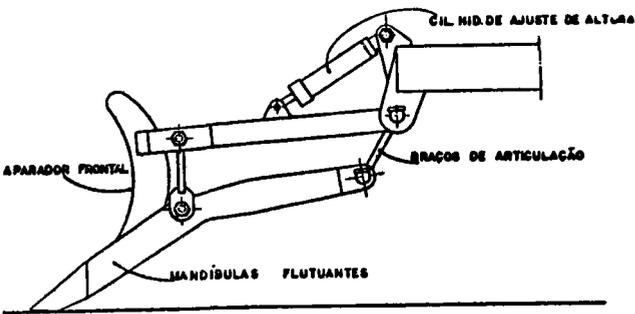
- ① Posição comum do empurrador penetrando no solo.
- ② Empurrador tocando no solo
- ③ Empurrador cortando a irregularidade do solo.



- Empurrador Convencional em ação em terreno irregular.

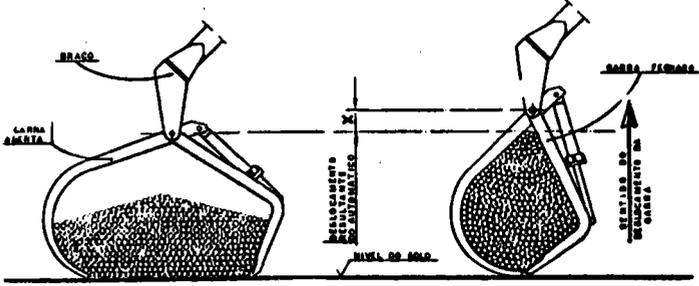


- Pontas da Garra Convencional penetrando no solo ao fechar.



3b

- Empurrador flutuante.



- Movimento de sincronização da garra.

TABELA VI

COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS CONVENCIONAL E COM DISPOSITIVOS PARA A REDUÇÃO DE IMPUREZAS NO CARREGAMENTO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Distância (m)	Impurezas (kg)		Redução %
	Convencional	Dispositivo	
18	20,0	7,5	63%
12	13,0	5,1	62%
3	9,0	6,5	50%

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os itens discutidos anteriormente representam apenas uma pequena amostra do potencial existente para a racionalização do uso da energia na agricultura. Essas técnicas não exigem a alocação de grandes recursos para sua implementação e o prazo para a obtenção dos resultados normalmente é pequeno. A exigência básica é a da orientação e treinamento aos usuários, o que pode ser realizado através dos agentes de assistência técnica e extensão rural.

LITERATURA CITADA

01. SILVEIRA, G.M., 1981. Aspectos gerais de mecanização agrícola no Brasil. *Revista de Mecanização Rural, S.P.* 1 (1): 11-15.
02. FIBGE, 1982. Sinopse Preliminar do Censo Agropecuário. *IX Recenseamento Geral do Brasil*. Rio de Janeiro. Volume 2, Tomo 1, Número 1.
03. FINCH, E.O.; BRANDINI, A., 1979. Ação para racionalizar o uso de combustíveis na agricultura. *Anais do 9º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. Paraíba, Vol. II; 408-413.

04. MONTALVO, M.F.M., 1981. Conservação de energia no uso de máquinas agrícolas. *Revista de Mecanização Rural*, S.P., 1 (2):22-3.
05. MIALHE, L.G., 1974. Manual de Mecanização Agrícola 1ª ed. São Paulo, Ed. Agronômica "Ceres".Ltda. 297 p.
06. BELETRAME, L.F.S. 1983. Avaliação do desempenho de três subsoladores em latossolo vermelho escuro. *Engenharia Agrícola*. Botucatu, S.P., 7(1): 37-52.
07. TAYLOR, J.H., E.C. BURT; A.C. BAILLEY, 1976. Radial Tire Performance in Firm and Soft soils. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph Michigan, Estados Unidos, 19(6):1062-1064.
08. MILAN, M.; NAKAMURA, R.T.; MIALHE, L.G.; 1985. Avaliação de desempenho de pneumáticos para tratores agrícolas. *II Simpósio de Engenharia Automotiva e XII Encontro dos Centros de Apoio Tecnológico*. Brasília, D.F. 657-669.
09. MONTEIRO, H.; PEKE, C.A.; BASSINELLO, J.L.; RIPOLI, T.C., 1982. "Matéria Estranha": custo e técnicas de sua diminuição na colheita. *Alcool e Açúcar*, S.P. Ano 2 nº 6: 20-26.
10. ZANCA, O. 1986. Redução de Terra no Carregamento Mecânico: Kit Anti Terra Kis, um Novo Conceito. STAB. Piracicaba, S.P. Vol. 4 nº 6:119-120.

* * *

COMBUSTÍVEIS E TRAÇÃO

ÓLEOS VEGETAIS: PRODUÇÃO E USO AUTOMOTIVO NO
MEIO RURAL

Hermano Peixoto de Oliveira ()*

(*) CEPED

INTRODUÇÃO

Há séculos que o homem vem usando os óleos animais e vegetais como fonte de calor. Contudo, foi somente a partir do início deste século que essas fontes naturais de energia começaram a ser empregadas como combustível, graças ao advento dos motores a combustão.

No início do século, na Feira Industrial de Paris, Rudolf Diesel fez funcionar um motor a combustão com óleo de amendoim. Nos Estados Unidos, Henry Ford, por outro lado, dava os primeiros passos para o desenvolvimento da indústria automobilística com outro tipo de motor a combustão, o do ciclo Otto, pensando no álcool de cereais como o futuro combustível para esses motores, motivado, naturalmente, pelo grande potencial agrícola do seu país.

Graças aos trabalhos pioneiros daqueles inventores e pesquisadores, ambos trabalhando em linhas diferentes da engenharia mecânica de motores, porém convergentes para um ponto comum - o motor a combustão - ficou praticamente selado o futuro desse importante equipamento e, como consequência lógica, estaria atrelado, também, o futuro dos óleos vegetais e do álcool de cereais como os combustíveis específicos para as duas linhas de motores desenvolvidos. No entanto, o descobrimento de imensas jazidas de petróleo e o rápido desenvolvimento da indústria petroquímica durante as primeiras décadas deste século, gerando combustíveis para os motores desenvolvidos na época. E a partir daí, as indústrias se lançaram na tarefa de otimizar os seus motores para o uso exclusivo dos combustíveis derivados do petróleo.

Pouco tardou, porém, a ilusão de que o petróleo era uma fonte inesgotável de energia barata. E foi com a providencial crise de 1973 que o homem redescobriu parte da importância da agricultura como fonte de energia renovável e passou a admitir que através do uso adequado da biomassa, é possível contar-se com uma fonte permanente e confiável de energia, especialmente para aqueles países que não contam com reservas exploráveis de combustíveis fósseis ou com recursos econômicos suficientes para importar petróleo e seus derivados.

BIOMASSA E ENERGIA

O Brasil, país em franco processo de desenvolvimento industrial e totalmente dependente de petróleo em consequência do modelo energético praticado, diante da ameaça de um iminente colapso no suprimento dos combustíveis derivados de petróleo, não tardando em identificar a biomassa como a única alternativa viável para superar, a curto prazo, a crise energética que lhe fora acenada, apelou para a cana-de-açúcar, escolhendo-a como matéria - prima para a produção emergencial de álcool carburante. Os fatos contribuíram, também, para provar que, a longo prazo, o país pode e deve pensar numa profunda revisão do seu modelo energético atual, levando em conta a possibilidade de poder aproveitar oportuna e racionalmente as abundantes fontes naturais de energia que estão geograficamente bem distribuídas no seu território.

Para substituição da gasolina e do óleo diesel, combustíveis de maior participação no cenário energético nacional, foi criado o PROÁLCOOL e proposta a criação do PROÓLEO que lamentavelmente não contou com o mesmo apoio e credibilidade que foram conferidos ao primeiro. Para surpresa geral, o programa deu uma resposta positiva a curtíssimo prazo, o que é claramente perceptível com a existência de uma frota de mais de dois milhões de veículos movidos a álcool que estão circulando atualmente no Brasil, com a mais absoluta segurança e economicidade. Embora reconhecidamente vitorioso, este programa tem o seu crescimento reprimido por vários motivos, entre eles a ausência de um óleo combustível para substituir o diesel de petróleo. O advento desse combustível, certamente viria disciplinar a produção de gasolina e, conseqüentemente evitar a formação dos grandes estoques ociosos que justificam a exportação do produto a preços inferiores ao que é praticado no mercado interno.

Em função do processo de refino do petróleo usadas nas refinarias, a produção de óleo diesel está condicionada à produção de gasolina, daí não serem oportunas quaisquer propostas de soluções isoladas. Há que se pensar, portanto, na substituição do óleo combustível de origem fóssil por outro de origem vegetal, para que a produção nacional de álcool carburante possa crescer sem implicar no aumento dos gravosos estoques de gasolina.

OS ÓLEOS VEGETAIS NO CENÁRIO ENERGÉTICO

O desenvolvimento de culturas de oleaginosas para produção de um combustível substituto do diesel de petróleo seria o grande passo para o país buscar a auto-suficiência energética.

O grande potencial agrícola brasileiro, com sua flora apresentando várias espécies botânicas ricas em óleo, entre elas o dendê, *Elaeis guineensis* e a grande disponibilidade de terras agricultáveis e aptas para essas culturas, colocam o Brasil numa posição privilegiada de poder pensar realisticamente em auto-suficiência energética.

Muito embora o diesel de petróleo seja o óleo combustível mais usado em todo o mundo, desde o seu surgimento em escala comercial, alguns pesquisadores, talvez por saberem que o petróleo tem os seus dias contados por não ser um bem renovável, continuaram desenvolvendo pesquisas visando o emprego dos óleos vegetais como combustíveis, o que possivelmente ocorrerá num futuro mais próximo do que a imprevidência do homem imagina. Entre os óleos pesquisados destacam-se o de amendoim, soja, girassol, colza, coco e, em menor escala, o óleo de dendê.

A complexidade do processo de combustão dos motores a diesel, exigindo um combustível ajustado à reação físico-química que se processa para proporcionar uma operação desejável, limita sobremaneira o emprego dos óleos vegetais pelo fato de normalmente apresentarem alta viscosidade e ausência de volatilidade. Estes dois limitantes técnicos contribuem de modo direto para a formação dos depósitos de carvão e vernizes, que comprometem não só a performance, como também a vida útil do motor.

Graças às pesquisas desenvolvidas ao longo de várias décadas, até os dias atuais, são propostas várias formas de utilização dos óleos vegetais como combustível alternativo, para o diesel de petróleo. Basicamente elas visam resolver o problema da queima através de alterações físico-químicas nos óleos vegetais sem a necessidade de alterar a estrutura básica do motor.

As propostas do uso dos óleos vegetais consideram os vários recursos físico-químicos para adequá-los ao motor que vão desde o aquecimento do óleo, o emprego de misturas com o diesel e o álcool, até a transesterificação e o craqueamento catalítico.

Nesse particular são destaques algumas pesquisas realizadas no Brasil com resultados interessantes dentro das limitações de cada processo estudado. Em se tratando de um campo altamente especializado, não compete neste trabalho analisar em profundidade cada processo proposto ou mesmo qualquer avaliação comparativamente entre eles, mas citá-los, a título de informação:

- Óleos puros: são conhecidos alguns trabalhos com os óleos de soja, algodão, amendoim, babaçu, marmeleiro e dendê. Entre eles são destaques os realizados pelo CTA em 1978 e pela Universidade de São Carlos em 1980.
- Misturas de óleos vegetais com diesel: são conhecidas algumas experiências com misturas binárias, nas quais são utilizados dois componentes, o óleo diesel e o óleo vegetal, este com participação entre 10 e 20%. Há experiências também com misturas ternárias, onde o álcool entra como o terceiro componente. Nesses trabalhos foram testados os óleos de amendoim, babaçu, colza, dendê, soja e girassol.
- Transesterificação: é um processo que modifica a estrutura molecular do óleo, gerando um éster com desempenho praticamente idêntico ao do óleo diesel. Seus estudos foram iniciados na década de 40 na França e na Bélgica. No Brasil, em 1981, o CTA desenvolveu experimentos com ésteres de soja e algodão.
- Craqueamento catalítico: é um processo que gera um hidrocarboneto quando o óleo vegetal em presença de um catalisador específico recebe um tratamento térmico entre 400 e 500°C. Seus estudos foram iniciados em 1920 por Kobayashi e Mailhe.
- O dendezeiro como cultura energética: estudos e experimentos práticos já demonstraram ser o dendê uma das mais promissoras fontes de energia alternativa renovável. O seu mais nobre produto, o óleo de dendê, é o mais provável substituto do diesel de petróleo. Em mo-

tores de ciclo diesel, pode ser usado "in natura" ou transformado. Na primeira opção, pode ser usado em mistura como o diesel de petróleo, na proporção de até 20% sem afetar a performance do motor, ou mesmo puro mediante o emprego de alguns recursos técnicos. Esta alternativa, talvez a mais prática e a mais econômica, já foi comprovada pelo autor deste trabalho, mas carece ainda de estudos e experimentos complementares para a avaliação do comportamento do motor em regime contínuo de trabalho queimando, somente, o óleo de dendê "in natura".

Na segunda opção, ou seja, o óleo de dendê transformado, pode dar origem a dois combustíveis quimicamente distintos: um éster ou um hidrocarboneto, a depender do processo de transformação escolhido.

Visando o aproveitamento do potencial energético do dendê, dois projetos pioneiros estão em curso no Brasil, ambos apresentando resultados animadores e confirmando que este óleo possui propriedades energéticas que o credenciam a apresentar-se como o mais provável substituto do diesel de origem fóssil, no momento em que a sua participação no cenário energético brasileiro se fizer inadiável.

São dois os processos ora em estudo no Brasil. Cada um seguindo uma rota diferente e, conseqüentemente, gerando produtos quimicamente distintos, mas guardando entre si estreita afinidade: são combustíveis e podem ser queimados por motores de ciclo diesel.

Em São Paulo, o IPT vem desenvolvendo experimentos pela linha do processo de transesterificação, gerando como produto final um éster (metílico ou etílico), o combustível que pode substituir o diesel de petróleo.

Na Bahia, o CEPED optou pela linha do processo de craqueamento catalítico e já produziu, a nível de bancada, o diesel vegetal, combustível semelhante ao diesel de petróleo com quase todas as suas propriedades físico-químicas, porém energeticamente idênticos. Como perfeito substituto do diesel de petróleo, o diesel vegetal originado do óleo de dendê pode ser usado alternativamente com o seu similar de origem fóssil, pois o motor de ciclo diesel o aceita sem a necessidade de submeter-se a qualquer modificação ou adaptação em sua estrutura básica.

Nos testes de bancada, o rendimento foi de 72% e o resíduo gerado foi uma mistura de gases que pode ser utilizada como combustível na planta de processamento, tornando-a autossuficiente energeticamente.

A participação do óleo de dendê na matriz energética brasileira, num futuro não muito distante, dependerá mais do aspecto econômico e de ações políticas do que de limitantes técnicas, como demonstram os estudos que foram citados.

Do ponto de vista econômico, e considerando as circunstâncias atuais, com relação a preços e a disponibilidade do diesel de petróleo, é prematuro pensar no diesel de dendê como energético alternativo a curto prazo, pelo simples fato de não contarmos ainda com esse combustível em condições competitivas.

Por absoluta falta de conhecimento, no Brasil, da potencialidade do dendê como matéria-prima para os mais diversos segmentos industriais, inclusive o energético, a cultura desta oleaginosa é pouco expressiva em termos de área plantada. Como se trata de uma cultura de ciclo longo e que demanda altos investimentos para implantação e manutenção até a fase produtiva e que não é contemplada com qualquer tipo de incentivo, pouco atrativo oferece ao investidor que não vislumbra, como é natural, o retorno do capital empregado nesta atividade agrícola. Por essa razão, somente a partir de uma ação política com decisivo apoio oficial é que se pode pensar em contar com o dendê como cultura energética.

OUTRAS OLEAGINOSAS

O Brasil possui uma vasta extensão territorial e um sem número de oleaginosas regionais que podem figurar ao lado do dendê como outras fontes renováveis de energia alternativas para atendimento regionalizado. Além desta indiscutível potencialidade, o país conta ainda com variadas condições edafoclimáticas que permitem o desenvolvimento de várias oleaginosas introduzidas e de ciclo curto. Dessa forma, ter-se-ia assegurada a preservação da produção dos óleos para fins alimentícios e industriais.

A região amazônica dispõe de uma reserva incalculável de várias espécies de oleaginosas nativas de ciclo longo, sobretudo as palmáceas, que poderiam ser aproveitadas como fontes permanentes de matéria-prima para produção de óleo combustível.

O Nordeste também apresenta um potencial muito grande em oleaginosas nativas de ciclo longo. O babaçu, por exemplo, é uma palmácea que ocorre em todos os Estados nordestinos, especialmente no Maranhão, Ceará e Piauí, onde se verificam a maior ocorrência e tradição na exploração econômica de matéria-prima.

A piaçava, abundante na Bahia, é outra oleaginosa de grande potencial. Além de ser uma oleaginosa semelhante ao babaçu, apresenta uma fibra que tem várias aplicações e razoável cotação no mercado exterior. O ouricuri, a mamona e outras oleaginosas nativas das zonas secas do Nordeste, estão aí disponíveis para exploração econômica, podendo também ser empregadas como culturas energéticas.

As culturas de oleaginosas de ciclo curto, quando destinadas para fins energéticos, poderiam ser estabelecidas no sul e centro sul do país, onde já existe comprovada capacidade direcionada para a produção dessas culturas para fins alimentícios. Por outro lado, poderia pensar também nas terras do cerrado, onde a cultura de soja assume proporções gigantescas e há espaço em abundância.

A AUTO-SUFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Com o quadro acima, evidentemente pouco comum, aliado a uma decisão política, o Brasil teria condições de reverter seu modelo energético vigente e perseguir o caminho certo da auto-suficiência, com o aproveitamento racional de uma pequena parte do seu potencial energético, sobretudo a biomassa.

A busca por essa auto-suficiência, tão vital para a economia nacional, poderia ter início no campo, principalmente nas regiões mais remotas do país, onde se fazem presentes as situações mais anômalas no setor de geração e oferta de energia. Na região amazônica, por exemplo, apesar da existência abundante de recursos naturais, comete-se o absurdo de consumir três litros de óleo diesel para cada litro transportado desde as refinarias onde é produzido, até o seu destino.

A tentação da energia elétrica vem contribuindo também para profundas distorções na escolha da forma de energia mais indicada para cada caso. Chega-se ao ponto de ignorar as fontes naturais de energia tão abundantes em certas regiões altamente privilegiadas, forçando a presença da energia elétrica que,

na realidade, só beneficia uma pequena parcela da comunidade rural - a que pode arcar com o alto custo de implantação do sistema de fornecimento.

Levar até o campo a energia gerada nas grandes hidrelétricas seria sem dúvida a solução ideal pela comodidade que o sistema oferece, mas é um sonho que está muito longe da realidade. A implantação do sistema de distribuição de energia elétrica exige altos investimentos, sobretudo no campo, onde as distâncias são imensas e os possíveis consumidores estão geograficamente pulverizados. Por esse motivo é que a energia para o campo, tanto quanto possível, deverá ser gerada a partir do aproveitamento dos seus recursos naturais que são abundantes.

AGRICULTURA E MECANIZAÇÃO

A mecanização da lavoura quando oportunamente aplicada é um dos principais fatores de produtividade e o consumo de combustível, um dos principais itens de despesas na composição do custo final da produção agrícola. O óleo diesel é o combustível de maior participação nas atividades inerentes à vida do agricultor, vindo em segundo lugar o querosene iluminante e por último, a gasolina que é utilizada em pequenos motores e em veículos leves.

O óleo diesel está presente no trabalho dos tratores e nos sistemas de adução de água para irrigação e outros fins, na geração de energia iluminante e no transporte da produção. A agricultura moderna não pode prescindir do uso da mecanização. E esta, de um combustível adequado e com preço compatível.

A crise do petróleo de 1973 afastou definitivamente a possibilidade da sociedade vir a contar outra vez com combustíveis abundantes e baratos. Além dos preços atuais ao consumidor serem realmente elevados, contribuindo diretamente para o aumento do custo final da produção, outro fator igualmente importante e que merece uma reflexão é o fantasma do racionamento, ou mesmo de uma possível falta total dos combustíveis derivados do petróleo no mercado interno.

Para garantir ao produtor rural a disponibilidade permanente dos combustíveis necessários ao desempenho do seu tra-

balho, é necessário se criar no campo sistemas de produção a partir do aproveitamento das fontes renováveis de energia.

Entre as alternativas energéticas mais viáveis para as zonas rurais, onde é abusiva a participação do óleo diesel em todas as atividades dependentes de energia, o aproveitamento dos óleos vegetais para fins energéticos, afigura-se como uma das mais viáveis, desde que oportunamente aplicada.

Em vista das naturais implicações de ordem tecnológica que envolvem tanto o processo de extração como o de transformação dos óleos vegetais em combustível alternativo, é prematuro desejar que o pequeno produtor, isoladamente, venha a curto ou médio prazo produzir o seu próprio combustível. No entanto, para o médio produtor é um caso a ser estudado, enquanto é perfeitamente viável para o grande produtor. E neste caso, o provável excedente da produção seria repassado diretamente para a comunidade local, ou através do sistema oficial de distribuição de combustíveis.

Para atender às necessidades energéticas do campo no que concerne à substituição do diesel do petróleo por um combustível de origem vegetal, é recomendável pensar num programa em que seja privilegiada a implantação de unidades de extração e transformação do óleo vegetal em combustível. Deverão ser de pequeno porte, condicionadas para processar qualquer tipo de óleo vegetal e devem ser distribuídas estrategicamente de modo a beneficiar o maior número possível de propriedades rurais.

PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Como pode ser notado, não existe grandes dificuldades tecnológicas para a produção de um óleo combustível a partir do processamento dos óleos vegetais. Atualmente dois velhos processos de transformação - o craqueamento catalítico e a transesterificação - foram objeto de estudos em centros de pesquisas do país, cujos resultados foram animadores.

Com a craqueamento catalítico, chegou-se a um combustível similar ao diesel de petróleo, cujo rendimento em escala de bancada foi de 72% em relação ao volume de óleo bruto processado. Todavia, para concluir essa pesquisa estão previstos os testes de produção em escala piloto e de campo com motores estacionários e veículos diversos.

Pela via da transesterificação, as experiências estão mais avançadas. O combustível obtido já foi submetido a testes de campo em veículos e motores estacionários, não sendo constatada qualquer restrição quanto ao uso do combustível em regime normal de trabalho, tanto pela performance do motor quanto pela ausência de danos não constatados nos testes de avaliação a que foram submetidos em centros especializados de pesquisas na área da engenharia mecânica.

Sem dúvida alguma, o grande problema para chegar-se à consolidação de um programa de produção de óleo vegetal para fins energéticos está na oferta da matéria-prima. Não existe ainda produção agrícola de qualquer oleaginosa que seja compatível com o nível de demanda de um programa energético ainda que modesto.

Na hipótese de vir a ser implantado no país um programa nacional para produção de óleo combustível de origem vegetal implicará na necessidade de ser implantado, também, um amplo programa de pesquisas na área agrícola e um plano de produção em escala comercial.

Após avaliação do potencial das oleaginosas consideradas mais indicadas para serem a fonte de suprimento da matéria-prima para o programa previsto, as escolhidas deverão ser objeto do programa de pesquisa acima proposto, visando desde os aspectos de produção até o melhoramento genético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. AGUIAR, S.C. & OLIVEIRA, H.P. de *Agro-energy community Tabuleiros de Valença*". Camaçari, CEPED, PROENERGIA, PROAGRO, 1983. 20f. il. Bibliografia.
02. _____ *Atuação do CEPED no Projeto comunidade agroenergética Tabuleiros de Valença - Bahia, Brasil*, Camaçari, CEPED. PROENERGIA. PROAGRO, 1984.
- 03 BACIGALUPO, A. Usos potenciales del aceite de palma como un combustible diesel. In: MESA REDONDA LATINOAMERICANA SOBRE PALMA ACEITEIRA, 3. Belém, Brasil, Oct. 24-26, 1984. Santiago, FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 1984, v.2, p. 93-123.
04. BLAAC; G.A. *Village palm oil mil*. Nigéria, Royal Tropical Institute for Oil Palm Research, s.d.

05. FONSECA, M.A.N. *Aspectos técnicos e econômicos do emprego de óleos vegetais em motores diesel: comunicação*. Brasília, Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial, 1982.
06. KAIN, M. de L. de M. & KAIN, M.A. Viabilidad económica de la substitución del aceite diesel por aceite de palma. In: MESA REDONDA LATINOAMERICANA SOBRE PALMA ACEITERA, 3., Belém, Brasil, Oct., 24-26, 1984, Santiago, FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 1984. v. 2, p. 132-58.
07. KALTNER, F.J. Miniplantas de palma aceitera. In: MESA REDONDA LATINOAMERICANA SOBRE PALMA ACEITERA, 3., Belém, Brasil, Oct., 24-26, 1984. Santiago, FAO Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 1984. v.2, p. 56-63.
08. MARETIC. V. Aceite diesel de aceite de palma: viabilidad y tecnología. In: MESA REDONDA LATINOAMERICANA SOBRE PALMA ACEITERA, 3., Belém, Brasil, Oct. 24-26, 1984. Santiago, FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 1984. v.2, p. 124-31.
09. OLIVEIRA, H.P. de et alii. La microplanta en la agroindustria de la palma aceitera: la experiencia brasileña. In: MESA REDONDA LATINOAMERICANA SOBRE PALMA ACEITERA, 3., Belém, Brasil, Oct. 24-26, 1984. Santiago, FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 1984. v.2, p. 45-53. Bibliografía.
10. _____ Procesos de obtención y utilización industrial del aceite de palma. In: MESA REDONDA LATINOAMERICANA SOBRE PALMA ACEITERA, 3., Belém, Brasil, Oct., 24-26, 1984. Santiago. FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, 1984. v.2, p. 161-72. Bibliografía.

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ESTAÇÃO DE BIOGÁS
AUTOMOTIVO A BAIXA PRESSÃO DA UNESP

Luiz Carlos Beduschi ()*
Antonio Francisco Ortolani ()*
Oswaldo Coan ()*

() Departamento Engenharia Rural - UNESP*

INTRODUÇÃO

O biogás produzido nos inúmeros biodigestores instalados no País, é armazenado a baixa pressão em gasômetros, e vem sendo utilizado, já há algum tempo, em equipamentos estacionários tais como: fogões, lampiões, campânulas para aquecimento de leitões e pintos, conjuntos motobomba e conjuntos geradores, entre outros. No que concerne ao uso de biogás em fontes consumidoras móveis, como trator, automóvel, ônibus, utilitários, etc., constata-se a necessidade da adoção de técnicas específicas, com vistas à sua purificação e armazenamento.

O metano, segundo BRITO, PEDRUSSI e NIELSEN (1984), possui grandes qualidades como combustível para veículos, uma vez que:

a) o poder antidetonante do metano é equivalente a 130 octanas podendo o motor trabalhar com altas taxas de compressão - conseqüentemente operando com maior eficiência;

b) sua queima no motor é praticamente completa e a geração de monóxido de carbono é insignificante;

c) o metano é mais leve que o ar, sendo sua temperatura de auto-ignição bem elevada, e para ocorrer uma explosão é necessário que haja mais de 5% de metano no ar (e menos que 15%). Tais aspectos se apresentam como pontos favoráveis à segurança do uso do metano como combustível automotivo.

2. PURIFICAÇÃO DO BIOGÁS

Para a utilização veicular do biogás torna-se necessária a remoção de gases não combustíveis que, além de potencialmente corrosivos, ocupam precioso espaço no reservatório de combustível.

O biogás é composto, basicamente, de dois gases: o metano, que representa 60-80% da mistura, e gás carbônico que representa os 40-20% restantes.

Outros gases participam em menores proporções destacando-se o gás sulfídrico que pode chegar até 1,5%, além de traços de nitrogênio e hidrogênio.

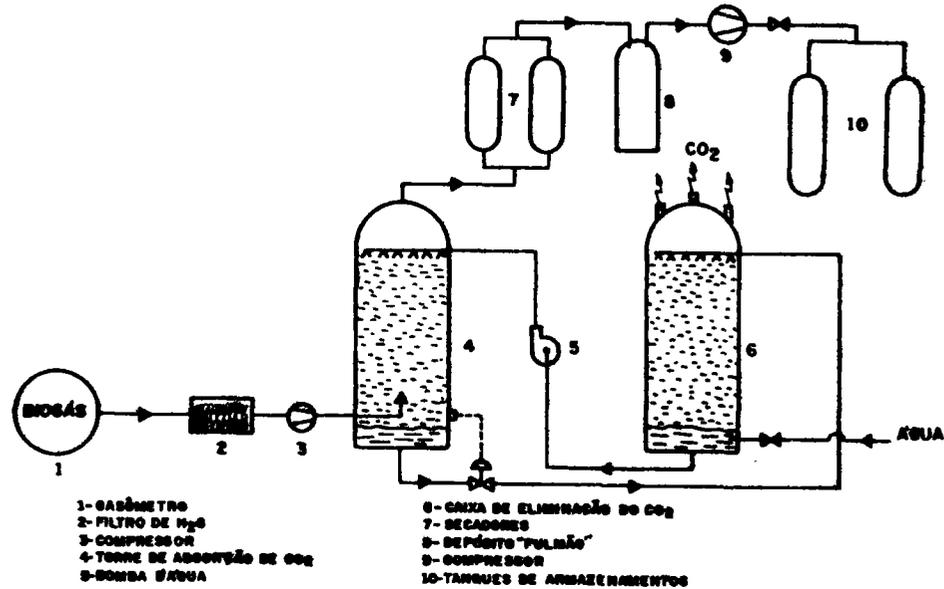
Através do fluxograma mostrado na Figura 1, visualiza-se o caminhamento do biogás produzido nos biodigestores, que inicialmente é armazenado em gasômetro auxiliar (1) e a seguir passa por um filtro de óxido de ferro para retenção de H_2S (2); um compressor de baixa capacidade (3) força o biogás a passar pela torre de absorção de CO_2 (4); uma vez livre de CO_2 o biogás passa por secadores (7) a fim de reter a umidade nele contida indo ter a um depósito (8) (tipo pulmão) que alimenta o compressor de média capacidade (9) o qual comprime o biogás já purificado nos cilindros com carvão ativado (10).

A água de lavagem proveniente da torre (4) tem sua regeneração na caixa de eliminação de CO_2 (6) e retorna, por intermédio de uma bomba hidráulica (5) para a torre de lavagem, fechando-se o ciclo.

O sistema descrito refere-se a uma Estação de Biogás Automotivo a Baixa Pressão, projetada e construída pela MANGELS INDUSTRIAL, e que se encontra instalada nas dependências do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal. Com tal equipamento, pretende-se obter biogás seco, com um teor de metano em torno de 95%.

FIGURA 1

ESTAÇÃO DE BIOGÁS AUTOMOTIVO A BAIXA PRESSÃO (5 Nm³/h)



2.1 Processo de remoção de H₂S

O processo de remoção, também conhecido como processo de esponja de ferro, segundo NIELSEN (1983), é um dos mais antigos métodos usados na remoção de compostos de enxofre de uma corrente gasosa. É também um dos mais simples e o mais comumente usado nas plantas de processo. Neste processo o H₂S é removido completamente pela reação com o óxido de ferro² hidratado para formar sulfeto férrico.

O óxido de ferro (palha de aço, cavacos de ferro, lima-lha de ferro, etc.) usualmente está impregnado em aparas de madeira (cepilho, cavacos) que serve para um leito suporte muito barato.

O filtro da Estação do Departamento de Engenharia Rural consta de um pedaço de tubo de PVC rígido ($\emptyset = 17\text{cm}$ e $h=60\text{cm}$) que foi obturado na extremidade inferior tendo uma tampa rosqueável na extremidade superior que se bifurca em dois ramos.

O filtro encontra-se preenchido com uma pequena camada de pedra brita ($h_1 = 15\text{cm}$) e outra camada composta de palha de aço e maravalhá ($h_2 = 45\text{cm}$).

O biogás é introduzido na parte inferior do filtro e captado na parte superior já sem H₂S, ou seja, só contendo o metano, o dióxido de carbono e umidade.

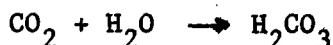
Uma vez passado pelo filtro de H₂S, o gás é aspirado pelo compressor de baixa pressão, sendo a seguir introduzido na torre de lavagem.

2.2 PROCESSO DE REMOÇÃO DE CO₂

O processo descrito anteriormente não remove agentes não oxidáveis, como o dióxido de carbono.

A remoção de CO₂ se obtém com o processo de lavagem com água.

É um processo de adsorção física que implica na dissolução de CO₂ na água que, quando dissolvido, forma o ácido carbônico:



Somente laços físicos são estabelecidos entre o CO_2 e a H_2O . Desde que a dissolução do CO_2 na H_2O é diretamente proporcional à pressão parcial do CO_2 , a adsorção física é mais eficiente às pressões mais altas.

Segundo NIELSEN (1983), este processo é o mais antigo e usa um adsorvente que é facilmente disponível em grandes quantidades e a baixo custo, e a regeneração da solução é encontrada simplesmente pela despressurização.

O processo de lavagem utilizado nas instalações do Departamento de Engenharia Rural consta de uma torre de lavagem ($\phi_2 = 18,5\text{cm}$ e $h = 300\text{cm}$) para onde o gás comprimido a 4 kgf/cm^2 é conduzido.

O gás introduzido na torre contém, aproximadamente, 70% de CH_4 e 30% de CO_2 e se deseja que após a passagem pela coluna de água, o gás apresente a seguinte composição: 95% de CH_4 e 5% de CO_2 .

A água de lavagem circula, em sistema de circuito fechado do reservatório para a torre, através da bomba centrífuga e quando deixa a torre é despressurizada, liberando CO_2 e retornando ao reservatório.

3. ARMAZENAGEM DE METANO POR ADSORÇÃO

O fenômeno da adsorção é um processo físico-químico no qual determinadas moléculas no estado gasoso ou líquido aderem na superfície de certas substâncias, denominadas adsorventes.

Utilizando-se desse fenômeno pode-se armazenar em um recipiente que contenha adsorvente adequado, a uma certa pressão, um volume de gás superior ao armazenado no mesmo recipiente sem adsorvente, à mesma pressão.

A utilização desse efeito possibilita a estocagem de metano a pressões inferiores a 20 kgf/cm^2 , em nível comparável à estocagem sob altas pressões.

Segundo BRITO, PEDRUSSI e NIELSEN (1984), o carvão ativado é o mais poderoso adsorvente e sua eficácia é devida, principalmente, à sua enorme superfície interna, formada por milhares de poros microscópicos. Esta estrutura, semelhante a

uma esponja, propicia ao carvão ativado uma superfície interna de 500 a 1500 m²/g.

Os estudos a respeito da viabilidade do uso do fenômeno de adsorção no armazenamento de metano vêm sendo estimulados por diferentes órgãos governamentais e, em fins de 1984, a UNESP (Universidade Estadual Paulista), Campus de Jaboticabal, firmou um convênio com a Embrater com vistas a instalar nas dependências do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, a 1ª Estação de Biogás Automotivo a Baixa Pressão.

4. FINALIDADES DA ESTAÇÃO

A Estação, recém-inaugurada, permitirá o surgimento de um vasto campo de investigação científica.

Os resultados obtidos a partir das pesquisas serão transferidos à comunidade, sob a forma de relatórios, artigos científicos e de divulgação; bem como procurar-se-á transferir os conhecimentos adquiridos a técnicos, agricultores e pecuaristas, através de cursos, palestras, demonstrações, dias de campo, e outros meios de divulgação julgados apropriados.

BIBLIOGRAFIA

BRITO, A.S.; PEDRUSSI, G. e NIELSEN, M.J. Tanque de baixa pressão para biogás. *São Paulo Energia*. São Paulo, I (8): 38-39 1984.

NIELSEN, M.J. Utilização do gás metano proveniente da purificação do gás de esgoto. IIª Parte. *Energia - Fontes Alternativas*. São Paulo - SP. V (29/30): 20-27. 1983.

* * *

SUPRIMENTO ELÉTRICO

MICROCENTRAIS HIDRÁULICAS PARA O MEIO RURAL

Zulcy de Souza ()*

() Instituto de Engenharia Mecânica-EFEI*

RESUMO

O objetivo maior desta publicação é provocar debates sobre o palpitante assunto da energia hidráulica no meio rural brasileiro. Neste meio a energia hidráulica é mais abrangente que a elétrica pelo fato da possibilidade de sua transformação direta em energia mecânica, largamente utilizada neste meio.

I. SITUAÇÃO ENERGÉTICA RURAL NO BRASIL

A transcrição do artigo do jornalista, engenheiro electricista da CESP e professor Paulo Ludmer, por si só retrata como se encontra o meio rural brasileiro no que tange à energia.

"Das 5,2 milhões de propriedades rurais brasileiras, apenas cerca de 900 mil estão eletrificadas: somente 17,4%. Estas estão situadas mais ao Sul do que no Norte. Afinal, as regiões Sul (43,7%) e Sudeste (31%) mostram índices de eletrificação rural melhores do que o Nordeste (3,9%), onde se localizam 47,7% do total das propriedades rurais do país.

A ninguém mais interessa essa escuridão barata. Tampouco é compreensível a existência de manchas escuras em Santa Catarina, onde o campo é o mais eletrificado do Brasil (72,2%) Distrito Federal (75,8%); São Paulo (58,5%); Rio Grande do Sul (49,2%) e Paraná (22,6%).

Quanto mais não seja, o Maranhão tem somente 0,5% das propriedades rurais energizadas com eletricidade; o Piauí se contenta com 2,4% e o Ceará com 10,6%; o Rio Grande do Norte anota 7,61%; a Paraíba, 3,7%; Pernambuco, 7,3%; Alagoas, 2,8%; Sergipe, 2,6% e a Bahia, 2,5%. Seria exaustivo mostrar a si-

tuação de cada Estado, mas os do Norte revelam taxas rasantes. É bem verdade que a baixa densidade demográfica amazônica é um complicador para o retorno sobre investimentos em redes elétricas rurais. Neste item, o Nordeste é menos desfavorável.

Todavia é cada vez mais impensável atuar na direção de fixação do homem no campo sem lhe oferecer os benefícios modernos da energia elétrica, especialmente debaixo da perspectiva da educação dos filhos.

Tampouco é razoável planejar uma evolução do setor agrícola produtor de alimentos sem o concurso da irrigação, secagem, moagem, briquetagem, picagem e outras dezenas de operações que demandam formas de energia.

Pode-se mesmo afirmar que há uma demanda virtual (reprimida) de energia na área rural, capaz de sepultar todas as projeções de crescimento de mercado a partir do momento em que o atendimento for iniciado. Não é só nas atividades urbanas que se localiza a contenção da procura de energia elétrica, ainda não avaliada mas suficiente para justificar investimentos em geração, transmissão e distribuição com segurança.

A intensa marcha para o Centro-Oeste, onde se inauguravam várias novas fronteiras agrícolas, não foi seguida pelos cabos de energia elétrica: vê-se que o índice de eletrificação rural do Mato Grosso ainda se limita a 4,7%, enquanto o Mato Grosso do Sul acusa 11,8% e Goiás, 7,9%.

As percentagens de propriedades rurais iluminadas são, portanto, tão baixas que evidenciam que nem mesmo grandes estâncias são supridas em sua totalidade. Milhares delas consomem óleo diesel em São Paulo onde uma rede elétrica aérea passa sobre motobombas movidas a derivados de petróleo.

Acresce ainda que das aproximadamente 900 mil propriedades rurais eletrificadas no Brasil, somente 630 mil são atendidas por concessionárias, sendo outras 275 mil servidas por cooperativas de eletrificação rural.

O que se espera da nova administração federal é, portanto, a ampliação da eletrificação no campo, programada e coordenada, com apoio e envolvimento das populações interessadas. Ademais o impacto desenvolvimentista da passagem da lamparina a óleo para a lâmpada elétrica é conhecido. O seu efeito multiplicador varre desde o maior consumo de aparelhos domésticos

eletroeletrônicos; a substituição de derivados de petróleo importado; a mecanização e modernização do trabalho rural (se racional, preservando o nível de emprego); a elevação da qualidade de vida: o acesso democrático a mais informações (rádio, TV, etc.) e ao lazer.

E se alguém ainda tem dúvidas de que "a vida vem do campo", lembre-se que "a morte também".

A situação relatada pelo Prof. Paulo já em agosto de 81 foi dramaticamente debatida na segunda reunião sobre aproveitamento de Pequenas Centrais para Energização Rural, realizada em São Paulo por iniciativa do CNPq e do CENEA. Este encontro foi, sem dúvida, o ponto de partida para que as entidades governamentais brasileiras tomassem as providências que resultaram na elaboração de um Programa nacional para PCH, na Portaria do DNAEE nº 109 de 24/11/82 que especificou a PCH no Brasil, no Projeto de Lei nº 4.791, já aprovado pela Câmara Federal e em tramitação no Senado da República que modifica o Código das Águas, podendo o aproveitamento até 100 kW, para uso exclusivo, serem feitos diretamente pelos proprietários, sem qualquer solicitação prévia de órgão público, e muitas outras iniciativas, que fora de qualquer dúvida poderão modificar a médio prazo a atual calamidade energética no meio rural do Brasil que aumentará tendo em vista a reforma agrária e os programas federais de irrigação, já que "irrigar é sinônimo de energizar a propriedade".

II. A MICROCENTRAL HIDRÁULICA RURAL

"Relativamente à energia hidráulica, nosso país é privilegiado e talvez se possa dizer que dificilmente haveria um local no território nacional, onde se queima derivado de petróleo para geração de energia elétrica, em cujas imediações não existe sítio propício à implantação de uma PCH".

O parágrafo foi transcrito do Manual de PCH da ELETROBRÁS-DNAEE e ao qual gostaríamos de ampliar dizendo que: ... dificilmente no território nacional existe propriedade rural, em cujas imediações não tenha sítio propício com energia hidráulica disponível.

Em muitas propriedades, rurais existe a possibilidade do uso da energia hidráulica diretamente para acionamento de bombas hidráulicas e outros equipamentos da propriedade sem neces

sidade da passagem pela energia elétrica. Talvez, esta alternativa, em uma primeira etapa, seja a mais interessante sob o aspecto de investimento-benefício, suprimindo as necessidades de energia elétrica por outro meio. Os grandes programas do governo de reforma agrária e de irrigação a meu ver, carecem de estudos mais aprofundados no que se refere à energia. Estudos desta natureza contribuirão de maneira decisiva para o sucesso de tais programas.

Assim, prefiro usar a denominação de Microcentral Hidráulica Rural no lugar de Microcentral Hidrelétrica, atualmente em uso no Brasil.

O Manual de Microcentrais Hidrelétricas-ELETROBRÁS-DNAEE foi elaborado com as limitações, a seguir transcritas, que em última análise caracterizou a microcentral, além de ter 100 kW como sua potência máxima.

- . "prevê barragens e vertedouros com alturas máximas de até aproximadamente 3,0 m (notar que não se refere à QUEDA DE PROJETO);
- . admite sistemas adutores somente com canais e/ou tubulações, não se aplicando a túneis;
- . não se aplica a barramentos em vales em que o desvio do rio necessitaria ser feito por túneis;
- . prevê obras civis projetadas sem sofisticações, com dimensões mínimas e materiais econômicos;
- . considera instalação de equipamentos eletromecânicos simples mas funcionais;
- . admite que a distância do local do aproveitamento ao centro consumidor não é grande, para não aumentar o custo do sistema de transmissão;
- . as estruturas preconizadas para o circuito de geração permitem descargas até 2,0 m³/s;
- . o dimensionamento apresentado, em tabelas, para os blocos de ancoragem, apresenta as limitações constantes no capítulo relativo a essas estruturas;

- as dimensões da casa de máquinas e os diagramas elétricos foram previstos para a instalação de apenas uma unidade geradora, o que pode ser considerado como um módulo a ser repetido caso se deseje mais de uma unidade geradora na mesma central;
- não foi prevista a interligação com outros sistemas, caso em que o interessado deverá procurar a concessão local".

III. IMPLANTAÇÃO DAS MICROCENTRAIS HIDRÁULICAS NO MEIO RURAL

Para implantação de uma microcentral é indispensável uma análise do local com a medição, por processos expeditos da queda e da vazão do rio, conforme orienta o Manual de Microcentrais ELETROBRÁS-DNAEE. Tais elementos poderão ser facilmente obtidos pelos próprios proprietários ou com auxílio de um elemento do sistema EMBRATER, SENAR, das Cooperativas ou dos próprios fabricantes dos equipamentos. Neste sentido, já se encontra no MME as bases para elaboração de um Caderno Técnico e programado Curso especial para engenheiros, agrônomos e técnicos dos sistemas EMBRATER, SENAR e outros de modo a capacitá-los não só a levantar na propriedade rural os elementos indispensáveis como também elaborar o "projeto" e orientar os interessados na parte de construção, compra e instalação dos equipamentos, financiamento, operação e manutenção da Central, seja ela hidráulica ou hidrelétrica.

Atualmente, os fabricantes brasileiros entregam a Central pronta operando por um custo total para 100 kW que está entre Cz\$ 200.000,00 a Cz\$ 400.000,00 ou 144 a 288 DOL/kW, sendo possível o Banco do Brasil financiar o empreendimento.

A Microcentral Rural deve ser encarada por todos como uma alternativa energética e não como a solução para energia no campo.

Considerando os dados do artigo transcrito no início deste trabalho tem-se no mínimo:

- sendo o número de propriedades a serem atendidas de 4,3 milhões e que cada propriedade, na média, necessitasse de 50 kW, teria que estar disponível 215.000.000 kW = 215.000 MW, que é maior que o potencial hidráulico bra

sileiro, que segundo dados da ELETROBRÁS é de 213.000 MW. Tal consideração mostra a improcedência de questionamento entre PCH e Eletrificação Rural ou outro tipo de geração. Se tudo for somado ainda faltará muito para que o meio rural brasileiro seja energizado mesmo a longo tempo.

* * *

PEQUENAS CENTRAIS TERMELÉTRICAS COM LOCOMÓVEIS

Luiz Augusto Horta Nogueira ()*
*Afonso Henriques Moreira Santos (**)*

() Grupo de Agroenergia*

*(**) Escola Federal de Engenharia de Itajubá*

Dentro do programa energético brasileiro, sobressai a grande penúria de energia em que vive uma parcela significativa da população, especialmente no meio rural. Visto sob o prisma da demanda de energia elétrica, o nosso país mais se assemelha a um enorme vazio, com algumas ilhotas bem servidas de eletricidade. Conforme dados de 1980 do IBGE, para um consumo total de 120521 GWh, o setor agropecuário contribui com apenas 1,7%. E mesmo considerando que 20% dos domicílios rurais são servidos com energia elétrica, grandes regiões praticamente não contam com este serviço. Por exemplo, a região Centro-Oeste gasta apenas 3% da energia consumida no setor agropecuário e, ainda segundo o IBGE [1], a região Norte nada consome. Existem enfim, de Sul e Norte, importantes espaços a serem ocupados energeticamente, trazendo inegáveis vantagens para a nação como um todo.

Esta realidade premente requer contudo uma abordagem ponderada e independente. Ponderada para analisar todas as possíveis hipóteses de solução e independente para aceitar e viabilizar novas idéias. Por décadas, a forma tradicional que tem sido adotada para integrar energeticamente estes setores do interior, é a extensão das linhas de distribuição a partir de grandes centrais de geração. Esta opção tem se caracterizado como muito cara e centralizadora, mas permanece em implantação.

No presente trabalho se discutem aspectos técnicos e econômicos das Pequenas Centrais Termelétricas (PCT), que junto com as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), constituem excelentes alternativas para a questão energética no Brasil. Já é lugar comum citar nosso enorme potencial de produtor de biomassa energética, seja devido às características climáti-

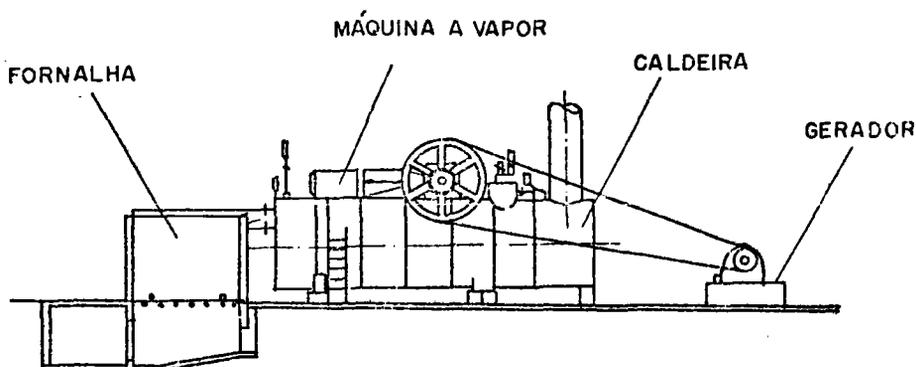
cas, com abundante isolação e adequado regime pluviométrico, seja devido às enormes porções de solo agriculturável por oc par.

Uma abrangente análise da biomassa energética em diversos países, conduzida por Pimentel e Vergara [2] aponta o Bra sil como um promissor utilizador deste tipo de energia, avaliando a produção potencial de lenha como principal biomassa, em 20% maior que o consumo corrente de energia total.

A. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

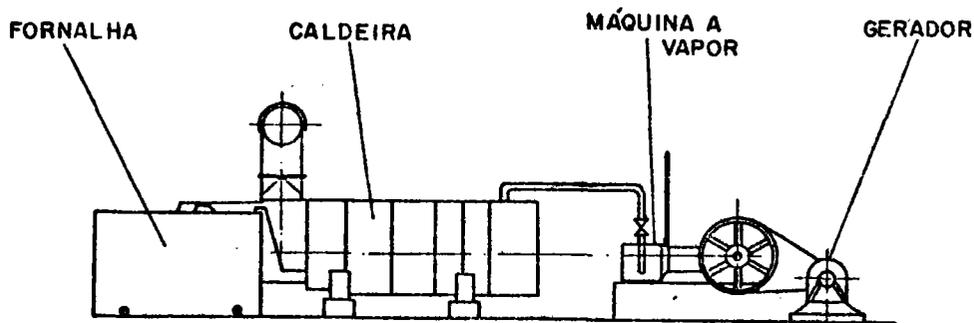
A funcionalidade e a simplicidade são essenciais em sistemas de geração que devem situar-se longe dos grandes centros. São estes fatores que levam ao estudo do uso de locomóveis para as PCT. Uma locomóvel constitui-se basicamente de uma fornalha, uma caldeira e uma máquina a vapor, como mostra a Figura 1. A queima de combustíveis na fornalha gera o vapor superaquecido na caldeira pirotubular, vapor este que por sua vez é utilizado para introduzir energia mecânica na máquina a vapor alternativa. É uma tecnologia já bem dominada pela indústria nacional, que produz locomóveis há muitos anos.

FIGURA 1



Com potência de uma locomóvel pode-se acionar bombas d' água, polias de máquinas de beneficiamento de grãos e serrarias, e mesmo geradores, que é a aplicação de nosso interesse. A Figura 2 mostra outra instalação possível, para uma locomóvel acionar um gerador elétrico, neste caso colocando a máquina a vapor separada da caldeira.

FIGURA 2



Outra variante dentro do uso de locomóveis é o acionamento de várias máquinas a vapor a partir de uma única caldeira, o que em determinadas situações pode ser interessante. Convém observar que a manutenção destes equipamentos é simples e de baixo custo, e quando bem feita garante muitos anos de perfeita e contínua operação.

A partir de dados da MERNAK S.A. [3], um tradicional fabricante de locomóveis do Rio Grande do Sul, é possível obter-se a Tabela I. As eficiências calculadas na última coluna são valores globais, relacionando a conversão de energia química do combustível, no caso a lenha, para energia elétrica do gerador. Adotou-se para a madeira um poder calorífico de 2524 Kcal/Kg, e uma densidade de 280 Kg/m³ [4]. Observa-se que as eficiências são razoáveis, considerando-se que este é um sistema térmico de conversão de energia, limitado pela 2ª Lei da Termodinâmica. Ademais, existe a possibilidade de incrementar bastante seu desempenho, através da dupla expansão, condensadores e outras alterações no projeto, sem incluir muita sofisticação.

TABELA I

CARACTERÍSTICAS DAS PCT "MERNAK"

Locomóvel Mernak Potência (CV)	Peso Aproxim. (Kg)	Consumo de Lenha (m ³ /h)	Produção de Vapor (Kg/h)	Potên. Elét. Gerada (kVA)	Eficiência Global (%)
200/230	23.000	1,30	1.750	190	14,8
180/200	22.000	1,20	1.600	166	14,1
130/150	16.400	0,90	1.200	125	13,9
100/120	13.600	0,75	950	100	12,6
90/105	12.800	0,65	850	87	13,4
70/80	8.100	0,57	700	66	11,8
40/50	6.100	0,40	450	41	10,1

B. COMBUSTÍVEIS

A fornalha da locomóvel pode ser construída de forma a permitir a combustão de diversos combustíveis, desde palha de arroz até resíduos de serraria. A seguir são discutidas algumas questões a respeito.

B.1 Lenha

Conforme dados do Balanço Energético Nacional [4], ainda hoje a lenha ocupa um importante papel no suprimento energético brasileiro, sendo responsável por 20% do consumo total de energia, o que corresponde a 28.803.000 toneladas equivalentes de petróleo, em 1980. Esta lenha pode ser obtida de florestas naturais, que constituem 60% do nosso território, mas cuja baixa taxa de renovação não permite altas produtividades. A melhor opção de fornecimento de lenha são as florestas homogêneas, plantadas e manejadas racionalmente. A partir dos anos 80 se vulgarizou o termo "florestas energéticas", com ciclo curto, de 3 anos, e alta densidade de árvores, adotando-se espaçamento reduzido, por exemplo 1,5 x 1,0m [5]. No Brasil já se tem experiência neste tipo de silvicultura, em boa parte devido à siderurgia por carvão vegetal em Minas Gerais. A Tabela II, dada a seguir, apresenta alguns valores típicos de produtividade de lenha, para diversos tipos de maciços florestais [6].

TABELA II

PRODUTIVIDADE FLORESTAL

Tipo de Floresta	Produtividade (m ³ /ha.ano)
matas	13,7
capoeiras	7,1
cerrados	1.6
reflorestamentos	
- eucalyptus spp.	26,5
- pinus spp.	22,0

Considerando-se uma PCT a locomóvel, com potência instalada de 100 KVA, um consumo de lenha de 0,75m³/h e um fator de carga de 20%, bem elevado para os padrões rurais, tem-se que a área necessária para a floresta resulta do cotejo das tabelas anteriores, sendo os resultados dados na Tabela III. Adotou-se também um sobre-consumo de 50%, para considerar aquecimento, partida e operação fora do ponto de máxima eficiência. Fica evidenciada a grande vantagem das florestas homogêneas, o que mostra sua viabilidade como vetores fotossintéticos de conversão de energia solar em elétrica.

TABELA III

ÁREA REQUERIDA PARA LENHA POTÊNCIA
100 KVA, FC = 20%

Floresta	Área [ha]
mata	143,9
capoeira	277,6
cerrado	1231,9
reflorestamento	
- eucalyptus spp.	74,4
- pinus spp	89,6

É importante notar aqui que em áreas muito grandes, e com baixa densidade de árvores, como é o caso do cerrado, o alto custo associado ao transporte da lenha pode inviabilizar esta opção. No caso de florestas homogêneas a situação muda, favorecendo em muito as PCT. Para os valores acima, associados a uma PCT de 100 KVA e requerendo uma área de aproximadamente 75ha com Eucalyptus, é bom citar a experiência da FLORASA, empresa florestal da ACESITA [5]. Esta empresa denomina de micro-horto as florestas com esta dimensão e sua grande vivência no setor mostra ser suficiente neste caso 3 homens no corte e 1 homem com muar e carroça no transporte da lenha. Com isto, prescinde-se dos caminhões e todos os problemas e despesas associados.

B.2 Palha e casca de arroz

A lavoura rizícola é de grande importância em nosso país como se depreende da Tabela IV. O Estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor, atingindo em 1981 perto de 2.000.000 ton de arroz em casca. Paradoxalmente, o estado gaúcho tem ainda hoje largas extensões sem fornecimento de energia elétrica, requerendo um pesado suprimento de óleo diesel para o meio rural, consumido em grupos geradores e motobombas para irrigação, imprescindíveis às suas necessidades produtivas. É oportuno especular sobre a possibilidade de utilização dos resíduos desta lavoura intensiva em PCT's.

TABELA IV

ARROZ (EM CASCA) PRODUZIDO NO BRASIL

ano	área plantada (ha)	produção (ton.)	produtividade (Kg/ha)
1978	5623 x 10 ³	7.296 x 10 ³	1297
1979	5452 x 10 ³	7.595 x 10 ³	1393
1980	6243 x 10 ³	7.775 x 10 ³	1565

Os resíduos agrícolas do arroz são basicamente de dois tipos: a palha, constituída pelas folhas e colmos que ficam no campo após a colheita, e a casca, resultante do beneficiamento do grão. Em valores médios, a relação entre a produção de palha e a produção de grãos é 1,2:1, e a produção de casca corresponde a 22% do peso do arroz em casca. Estes dados foram obtidos da referência [7], onde se estima em 3300 Kcal/Kg o poder calorífico destes resíduos.

Considera-se a seguir duas hipóteses para as PCT's em lavouras arrozeiras. Na hipótese A se dispõe de 80% de palha produzida e na hipótese B se adiciona a casca resultante do beneficiamento. Assumindo-se uma eficiência de queima análoga à da lenha e considerando uma PCT com 100 KVA, fator de carga de 20%, é possível estimar-se a área de cultivo necessária à sua operação. Um parâmetro importante aqui é a produtividade agrícola, sendo os resultados apresentados na Tabela V.

Pode-se notar o enorme potencial energético dos resíduos de arroz. Um aspecto interessante de sua utilização é que na colheita a palha é devolvida ao campo, mas pode ser armazenado e transportado, se desejável, adaptando-se às colheitas combinadas ora em uso.

TABELA V

ÁREA PARA CULTURA DE ARROZ VISANDO PCT

Produtividade ($\frac{\text{Kg arroz em casca}}{\text{ha}}$)	Área de lavoura p/PCT 100 KVA, FC=0,2	
	Hipótese A	Hipótese B
1000	603,9 ha	491,3 ha
2000	301,9 ha	245,6 ha
3000	201,3 ha	163,8 ha

Como um forte argumento a favor das PCT's a resíduos da lavoura arrozeira, é possível quantificar o potencial elétrico capaz de ser gerado, nas condições da hipótese B; nos municípios líderes da produção deste cereal, em 1982, no Rio Grande do Sul [8]. Ressalta-se que são apresentados valores de potência instalada viável, para um fator de carga de 20%, e que os municípios citados beneficiam arroz de localidades vizinhas. Também ainda como um exercício acadêmico é possível avaliar a energia produzida anualmente em resíduos de arroz para todo o estado gaúcho, em 1317 GWh elétricos, equivalente a 19% do consumo total de energia elétrica no Rio Grande do Sul, de 6912 GWh, durante 1982 [1].

TABELA VI

POTENCIAL EM PCT'S NO RGS (1982)

Município	Arroz beneficiado no município (Ton)	Potência elétrica viável (FC=0,2) (Kw)
Pelotas	428900	129,0 x 10 ³
Uruguaiana	177600	53,4 x 10 ³
Itaqui	148500	44,6 x 10 ³
Camaquê	131900	39,7 x 10 ³
São Borja	108850	31,7 x 10 ³
Cachoeira do Sul	108150	32,5 x 10 ³

C. ANÁLISE ECONÔMICA

Buscando confirmar sob o prisma econométrico as possíveis vantagens das PCT a locomóveis, são obtidos a seguir parâmetros de custo da potência instalada e da energia produzida, bem como avaliada a distância da rede a partir da qual é oportuna a sua implantação.

Na determinação do custo da potência e da energia, adotou-se uma taxa de interesse de 12%, condizente com nossa realidade financeira. Os valores de preço e custos foram obtidos para uma PCT de 100 KVA, com um fator de capacidade de 20%. Um resumo da análise efetuada é apresentado na Tabela VII.

TABELA VII

Item	Valor (ORTN)	Referência
CUSTO INICIAL		
locomóvel	4087	Mernak S.A.
gerador e quadro	1182	Eletrobrás (9)
galpão	1448	consulta pessoal
CUSTO OPERACIONAL		
lenha	1356/ano	consulta pessoal
manutenção	204/ano	ONU (10)
mão-de-obra	278/ano	consulta pessoal

Tem-se portanto:

Custo de potência instalada: $C = 626 \text{ U\$/kW}$

Este valor resulta dentro da faixa citada na literatura (11) e atesta, em princípio, a oportunidade das PCT's. Outra forma de avaliar economicamente estas centrais é através do custo da energia. Neste caso o custo da lenha pode ou não ser considerado, já que as locomóveis são bem operadas com resíduos, cujo custo é muito baixo ou tem mesmo valor negativo, dada a necessidade de dispô-los. Os valores obtidos contemplam estas duas oportunidades e são dados em milésimos de dólar americano (mills) por kWh gerado; e adotando uma vida útil de 25 anos, já verificada em diversas instalações que vêm operando há mais de 50 anos (10), tem-se:

- considerando o custo da lenha - 143 mills/kWh
- não considerando o custo da lenha - 71 mills/kWh

Para uma central térmica tradicional, e levando em conta apenas o custo do petróleo a 29 dólares o barril, teríamos a energia a 87 mills/kWh, que confirma a oportunidade da locomó

vel, quando não tiver ônus do combustível. Observe-se que o custo da energia está inerentemente associado ao fator de capacidade, reduzindo-se para fatores de capacidade crescentes. Mesmo as PCH's típicas atingem, para $FC=0,2$, custos de energia da ordem de 70 mills/kWh.

Outra interessante abordagem é através da determinação da distância da linha de distribuição (13,8 kV) a partir de qual é mais econômica a autogeração com o uso das locomóveis.

O custo da linha de distribuição (LD) é proporcional à distância da rede e, quanto mais longe, maior será a bitola do condutor, devido à queda de tensão. Entretanto, considera-se a vida da LD como sendo infinita, pois, após construída, é responsabilidade da concessionária. Um outro investimento a se fazer é no trafo de entrada, que é responsabilidade do consumidor. Além disto tem-se o custo mensal da energia consumida, que tem hoje um subsídio, se comparado ao urbano, da ordem de 35%.

Com base nestes dados, pode-se chegar na distância a partir da qual é conveniente o uso de locomóvel ao invés de LD. Esta distância, para uma carga de 100 KVA, é de 35,6 km quando se deve pagar a lenha, e de 13,5 km quando o combustível é gratuito. Observa-se que as distâncias são grandes, mas não estamos analisando um caso típico de eletrificação rural, bem ao contrário: 100 KVA é suficiente para suprir comunidades inteiras, e não apenas uma pequena propriedade.

Uma análise necessária é a utilização de locomóvel acionando diretamente equipamentos agrícolas, como é o caso das bombas na irrigação. Neste caso economiza-se o motor da bomba e o gerador elétrico, bem como seus complementos. Esta situação é típica em plantações de arroz, onde utiliza-se a palha deste cereal para limpá-lo e irrigá-lo

C. CONCLUSÃO

As PCT's podem desempenhar um grande papel na integração energética das zonas rurais, empregando tecnologia e combustíveis brasileiros. É importante que se ampliem os estudos a respeito, especialmente visando a otimização técnica dos sistemas. Por exemplo, as locomóveis podem e devem ser integradas no contexto rural, associadas a pequenas indústrias como beneficiamento de grãos, fabricação de doces, etc., acopladas a secado

res que utilizariam os gases de chaminé e diversas outras possibilidades.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Anuário Estatístico do Brasil - 1983.
IBGE - Rio de Janeiro - RJ - 1984.
- [2] Pimentel, D. e Vergara, W.
Fuels from Biomass
in Advances in Energy Systems and Technology
Vol. I - Academic Press - New York - 1978.
- [3] Catálogos da MERNAK S.A. - Indústria Brasileira de Máquinas
Cachoeira do Sul - RS
- [4] Balanço Energético Nacional - 1982
MME - Brasília - 1982.
- [5] Magalhães, J.G.R.
Tecnologia da obtenção da madeira in Uso de Madeira para fins energéticos - CETEC - Belo Horizonte - 1980.
- [6] Balanço Energético do Estado de São Paulo 1980/1981
Conselho Estadual de Energia - São Paulo - 1984.
- [7] Arroz - Vol. II
Produção Pré-processamento e Transformação Industrial -
Secr. da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia -
Coord. da Indústria e Comércio - São Paulo - 1983.
- [8] Lavoura arrozeira (IRGA)
ano 37 - nº 352
Porto Alegre - julho/agosto 1984.
- [9] Manual de Minicentrals Hidrelétricas - Eletrobrás
Rio de Janeiro - 1985.
- [10] Small Scale Power Generation
United Nations - New York - 1967.
- [11] Santos, A.H.M.; Nogueira, L.A.H. e Bajay, S.V.
Um Panorama sobre a situação das PCH's...
37ª Reunião Anual da SBPC - Belo Horizonte - 1985.

ANEXO AO TRABALHO: PEQUENAS CENTRAIS TERMELÉTRICAS:
uma análise técnica e econômica

Com as mudanças na política econômica brasileira, ocorridas nos últimos meses, houveram conseqüentes alterações nas relações de preços e portanto na composição dos custos associados ao emprego de locomóveis na geração de energia elétrica, objeto de nosso estudo.

Visando atualizar o trabalho e alargar a análise até então realizada, para potências instaladas desde 36 KVA até 200 KVA; foram determinadas as tabelas a seguir. As hipóteses de fundo, nestas condições, são: fator de capacidade de 20%, taxa de interesse de 10% e vida útil de 25 anos para o conjunto locomóvel-gerador. Os preços foram atualizados conforme a lista de março/86, fornecida pelos fabricantes (Mernak e Negrini). Com relação à lenha foi feita uma consulta junto aos fornecedores da região do Alto Sapucaí (MG) e Vale do Paraíba (SP), obtendo-se um preço médio de Cz\$73,20m³ st, adotado na análise. Os custos operacionais associados à manutenção e à mão-de-obra foram ponderados respectivamente em função da potência e do consumo de lenha, a partir do estudo base, referido a 100 KVA. Os valores de potência nas tabelas do anexo diferem dos valores constantes na tabela 2-1 do trabalho original devido à alteração do fabricante.

TABELA A-I

CUSTOS NAS PCT'S COM LOCOMÓVEIS. O PREÇO DA LOCOMÓVEL INCLUI
4% IPI E TRANSPORTE

Potência	Custo inicial (Cz\$)			Custo operacional (Cz\$/ano)		
	Locomóvel com fornalha e chaminé	Gerador e Quadro Elétrico	Galpão	Lenha	Manutenção	Mão-de-Obra
32	229.465	86.099	69.103	76.948	6.678	15.775
56	323.773	98.659	91.760	109.651	11.687	22.236
80	422.667	128.543	145.004	125.040	16.696	25.634
104	509.976	148.862	154.067	144.278	21.705	29.579
150	619.698	173.155	185.786	173.133	31.305	35.494
167	720.926	178.366	249.226	230.844	34.853	47.326
200	958.148	203.421	260.554	250.081	41.740	51.270

TABELA A-II

CUSTOS DE POTÊNCIA E ENERGIA EM LOCOMÓVEIS: TAXA DE CÂMBIO
 ADOTADA 13,8Cz\$ = 1 US\$, TAXA DE INTERESSE 10%
 VIDA ÚTIL 25 ANOS

Potência da PCT (kVA)	Custo da Potência (US\$/kW)	Custo da Energia (mills US\$/kWh)	
		Considerando o custo da lenha	Não considerando o custo da lenha
32	1.088	299	104,7
56	832	185	83,6
80	788	157	76,9
104	708	142	70,0
150	591	120	60,2
167	622	136	64,5
200	644	142	64,5

SUPRIMENTO DESCENTRALIZADO

ENERGIA EÓLICA

Telmo Silva de Araújo ()*

(*) *NERG/CCT/UFPb*

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento rural, incluindo o melhoramento da produção agrícola e o bem-estar das comunidades rurais, tem sido o objetivo de diversos países. Os objetivos precisos e os meios para atingi-los são vários, porém em todos os casos envolve a manipulação da terra, do capital, do trabalho e da energia. Este último tem sido considerado como fator significativo somente a partir dos últimos anos. (Glaeser e Howard, 1982).

Apesar do crescente consumo de energia na agricultura mundial, centrada na obtenção de melhores produtividades, os estudos mostram que somente parcelas pequenas da energia mundial são destinadas para esta finalidade. O consumo dos países industrializados está abaixo da média mundial, correspondendo aproximadamente a 3,5% enquanto que aqueles em desenvolvimento atingem valores em torno de 4,8% (Stout, 1980).

Aspectos ecológicos têm assinalado as marcantes reorientações do consumo das energias em países em desenvolvimento, onde a adoção de tecnologias de energias intensivas têm alterado profundamente a relação de energia saída/entrada, como no caso da cultura do arroz em Hong Kong (24,4 em 1930; 1,3 em 1971, atingindo áreas com 0,13) (Newcombe, 1975). É sabido que também na América Latina assinalam-se vários projetos onde os ecossistemas foram fortemente alterados.

Segundo Makhijani (1976) as necessidades rurais podem ser resumidas da seguinte forma:

1. Combustível para agricultura (irrigação, ventilação, fertilizante, produção de implementos, processo de colheita, transporte de alimentos, armazenamento de alimentos);

2. Energia para cozimento de alimentos;
3. Energia para fornecimento de água para limpeza doméstica;
4. Aquecimento de residência e de água para banho, em regiões que se fizer necessário;
5. Aquecimento de água para lavagem de roupas;
6. Energia para iluminação individual ou para a comunidade;
7. Energia para transporte de pessoas;
8. Energia para processamento e fabricação de materiais necessários para construção de residências, reservatórios, roupas, utensílios, bicicletas, etc.);
9. Energia para transporte de objetos e mercadorias;
10. Energia para diversos serviços destinados à comunidade (hospital, escolas, etc.).

No caso brasileiro, as diferenciações regionais, climáticas e de organização da produção, fazem com que estes dez itens se apresentem com maior ou menor incidência, o mesmo acontecendo com as grandezas de seus usos.

Há uma consciência de que todo insumo energético voltado para o meio rural seja integrado com as unidades produtivas. Na agricultura moderna, no mundo inteiro, o insumo energia, está ganhando posição de destaque como fator importante no planejamento de empresa rural, participando da produção e da produtividade agrícola (Normando Silva, 1986).

Uma variável importante é o porte das propriedades com potenciais de adotarem energias alternativas. O cadastro do INCRA acusa cerca de 5,5 milhões de propriedades rurais, das quais, 4,4 milhões são de pequenas propriedades. O porte é bem variado, com inclinações às grandes áreas para determinadas monoculturas, áreas médias para aqueles existentes nos sertões secos e pequenas áreas nas zonas úmidas dos brejos. No Programa de Irrigação de Várzeas, o PROVÁRZEAS, irrigou cerca de meio milhão de hectares, com áreas médias de 9,7 ha.

Na zona mais crítica de água, o sertão, a distribuição de terras, por faixa de extensão, e bem significativa.

Sertão-Norte: Repartição de Terra e dos Imóveis Rurais - 1972

Categorias	Imóveis		Área Total		Área Média (ha)
	Nº	%	1000 ha	%	
Minifúndio	209.948	81,6	4.679,2	26,1	22
Empresa Rural	2.350	0,9	773,4	4,3	329
Latifúndio por exploração	45.011	17,5	12.387,1	69,3	275
Latifúndio por dimensão	2	0,0	16,8	0,3	8.400
TOTAL	257.311	100,0	17.856,6	100,0	69

Fonte: INCRA - Estatísticas Cadastrais.

O regime das chuvas é outro importante elemento de entrada nos sistemas integrados a serem projetados. Por exemplo, o que identifica uma região como semi-árida não é tanto a pluviometria relativamente baixa. Na realidade a evapotranspiração potencial é bem elevada, em torno de 1800mm anuais, provocando um déficit anual sistemático em seu balanço evapotranspiração potencial menos pluviometria. Outra facção é a elevada concentração das chuvas no tempo.

Desta forma delinea-se toda uma doutrina e uma prática da chamada política de açudagem, muito embora da mesma forma que concentram mais terra, são também os grandes proprietários que têm mais fácil acesso às possibilidades de construir açudes em suas propriedades. (Pessoas, 1986). Outro importante fator é o índice de eletrificação das propriedades rurais brasileiras. Apesar de encontrar-se Estados com índices elevados, a média nacional é extremamente baixa, atingindo cerca de 18% das propriedades. Em vários Estados do Nordeste atingem-se valores abaixo desta média.

O quadro agropecuário e da região Nordeste, relativos ao ano de 1980 (Araújo, 1986).

Fontes	BE N	NE	PB
Lenha	3.378	463,6	7,1
Óleo diesel	2.182	150,5	1
Óleo combustível	115	2	-
Eletricidade	595	57	4,8
Carvão vegetal	-	7,8	-
Querosene	2	-	-
TOTAL	6.272	680,9	12,9

As desigualdades regionais salientam um desequilíbrio muito grande com relação ao uso da energia na agricultura. No exemplo, o Estado da Paraíba, um dos com maior densidade demográfica do país, consome 0,2% da energia do setor agropecuário nacional.

2. ENERGIA EÓLICA (SIMÕES E ARAÚJO, 1986)

2.1 O vento e suas características

O vento, movimento do ar na atmosfera terrestre, é principalmente gerado por maior aquecimento da superfície da terra perto do equador do que perto dos pólos. Isso faz com que ventos das superfícies frias soprem dos pólos para o equador para substituírem o ar quente que sobe nos trópicos e move-se pela atmosfera superior em direção aos pólos (Figura 1). A rotação da terra também afeta esses ventos planetários. A inércia do ar frio movendo-se perto da superfície em direção ao equador tende a girá-lo para Oeste, enquanto o ar quente movendo-se na atmosfera superior em direção aos pólos tende a ser desviado para este. Isso causa uma grande circulação anti-horária do ar em torno de áreas de baixa pressão no hemisfério Norte e circulação horária no hemisfério Sul. Uma vez que o eixo de rotação da terra é inclinado de um ângulo de 23,5º em relação ao plano no qual ela se move em torno do Sol, variações sazonais no calor recebido do Sol resultam em mudanças sazonais na intensidade e direção do vento em qualquer lugar sobre a superfície da terra (Figura 2)

FIGURA 1

COMO O VENTO SOPRARIA SE
A TERRA NÃO GIRASSE



FIGURA 2

COMO A ROTAÇÃO DA TERRA
AFETA OS VENTOS

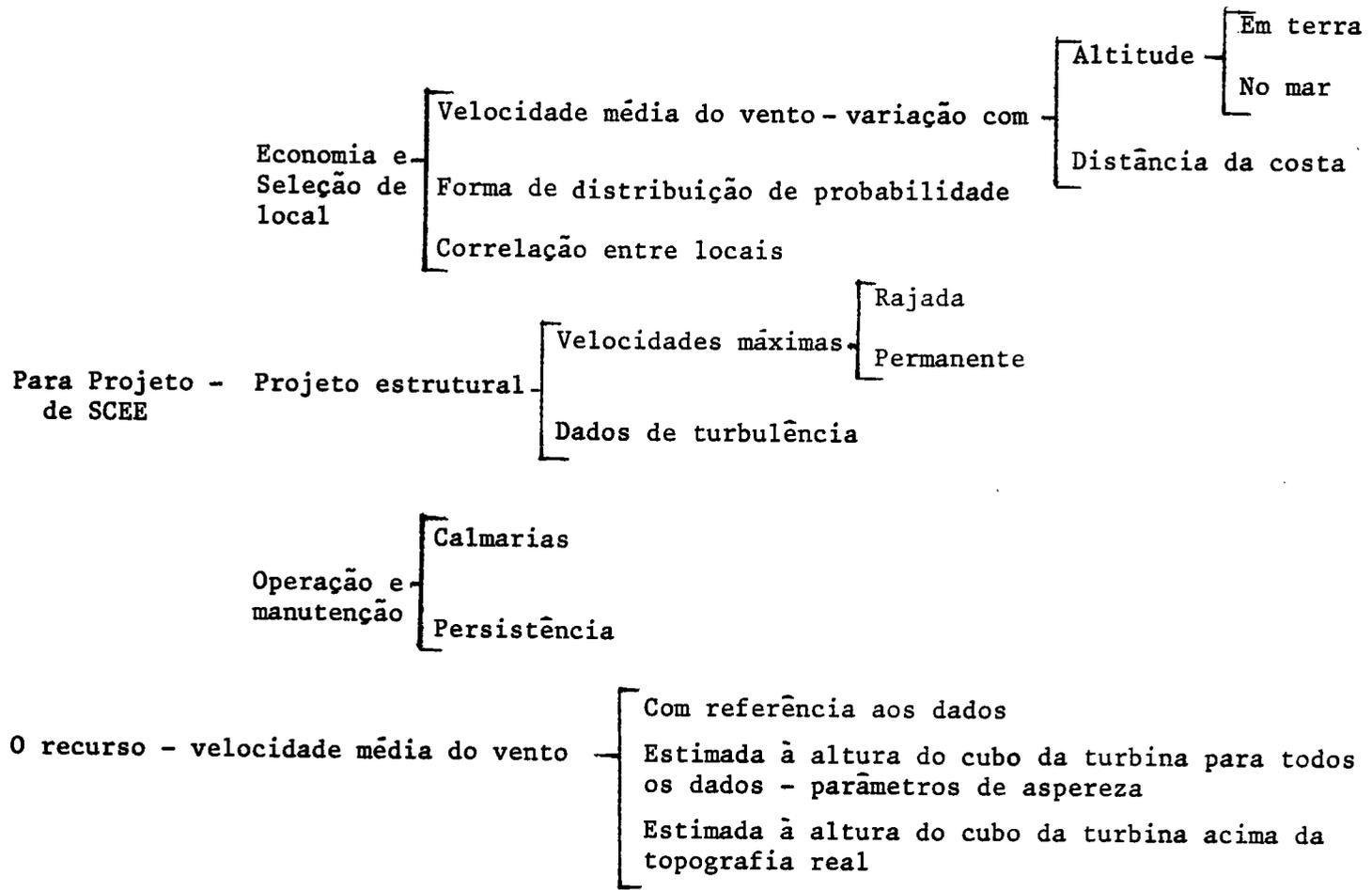


Muita energia está sendo constantemente transferida do Sol aos ventos da terra, mantendo uma capacidade de potência total estimada em 10^{11} giga Watts nesses ventos. No entanto, apenas ventos das camadas atmosféricas mais baixas são acessíveis para a conversão de sua energia.

2.2 Requisitos dos dados de vento para sistemas de conservação de energia eólica (SCEE)

Para qualquer local, os dados do vento são necessários para os seguintes propósitos:

- No estágio de planejamento, para determinar se um SCEE proposto será economicamente viável;
- Para um projeto detalhado da estrutura e do sistema de controle do SCEE;
- Para operação diária do SCEE em conjunção com outras fontes de energia num sistema maior, talvez até nacional.



Resumo dos requisitos dos dados de vento

2.3 Análise do Regime de vento

Algumas características do regime podem ser expressas por meio de gráficos, que permitem decidir se uma dada localidade é adequada para utilização da energia eólica.

Portanto, estes dados servirão de base para algumas manipulações levando-se em conta principalmente dois aspectos:

- Distribuição no tempo;
- Distribuição de frequência.

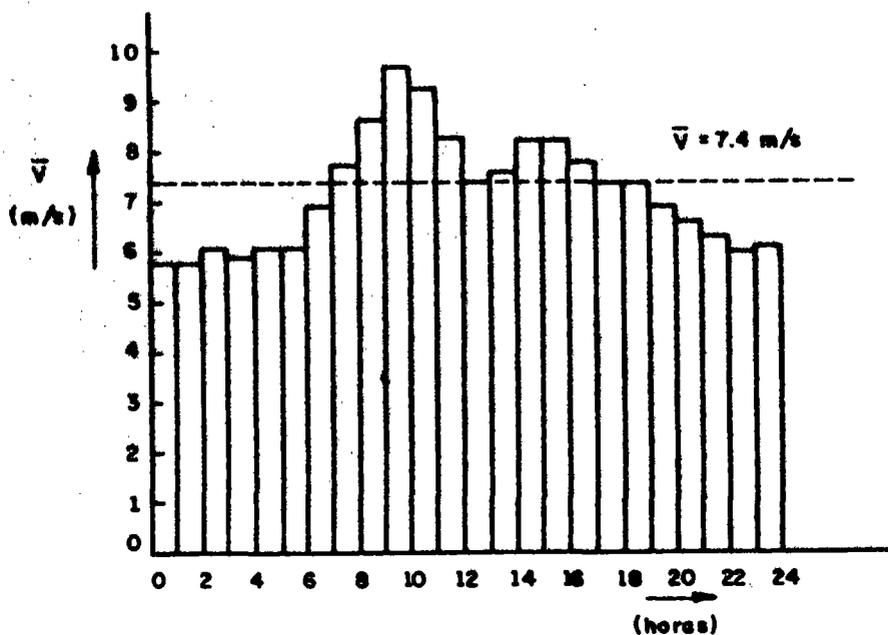
A velocidade máxima de rajada não pode ser encontrada a partir de médias horárias, mas sim registrada separadamente.

2.3.1 Distribuição no tempo

Fazendo-se um gráfico das médias mensais de cada hora do dia, observam-se as flutuações diárias da velocidade do vento naquele mês particular (Figura 3). Na mesma figura é mostrada também a média mensal correspondente.

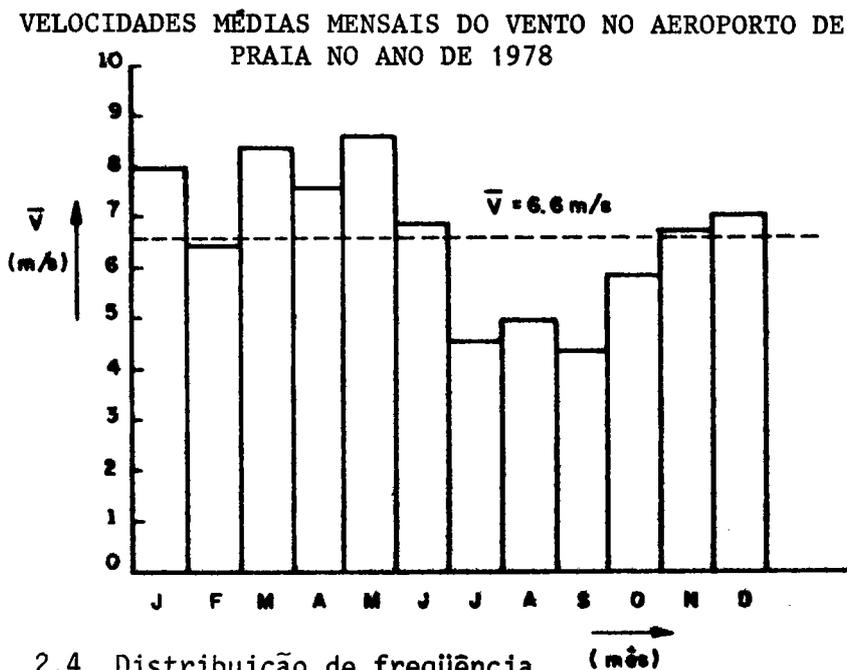
FIGURA 3

PADRÃO DIÁRIO DA VELOCIDADE DO VENTO NO AEROPORTO DE PRAIA NO MÊS DE JUNHO DE 1975



De maneira similar, as médias mensais podem ser colocadas num gráfico para mostrar as flutuações mensais da velocidade do vento, comparadas com a velocidade média anual do vento (Figura 4).

FIGURA 4

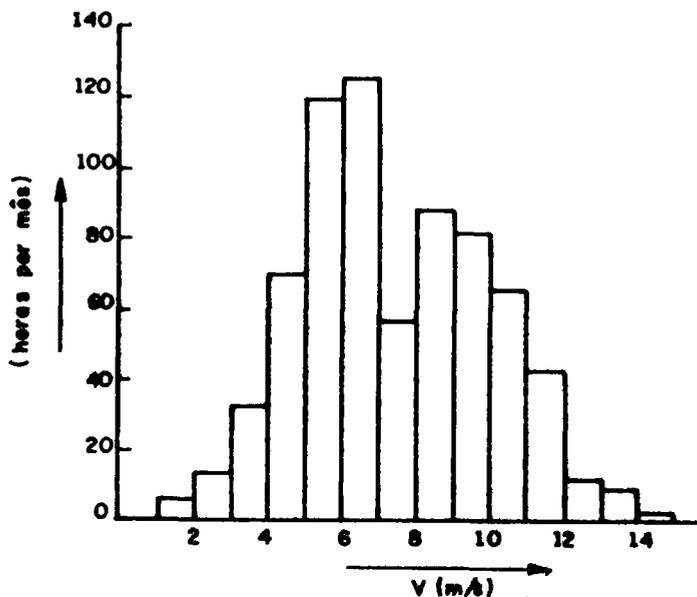


2.4 Distribuição de frequência (mês)

Fora a distribuição das velocidades do vento ao longo de um dia ou um ano, é importante saber o número de horas por mês ou por ano, durante o qual certas velocidades do vento ocorreram, i.e., a distribuição de frequência das velocidades do vento. Para chegar nessa distribuição de frequência, deve-se primeiro dividir o domínio da velocidade do vento em um certo número de intervalos, na maioria dos casos com larguras iguais a 0,5 m/s ou 1 m/s. Por exemplo, para um período considerado, começando no primeiro intervalo de 0 - 1 m/s, conta-se o número de horas em que a velocidade do vento estava nesse intervalo. Quando o número de horas em cada intervalo é colocado num gráfico contra a velocidade do vento, a distribuição de frequência emerge como um histograma.

FIGURA 5

DADOS DE FREQUÊNCIA DE VELOCIDADES PARA O AEROPORTO DE PRAIA (JUNHO 1975), TANTO EM TABELA COMO EM HISTOGRAMA



O topo desse histograma, sendo a velocidade do vento mais freqüente, não é em geral a velocidade média do vento. Em áreas de vento alísio, com velocidades de vento razoavelmente constantes, esse pode ser o caso, mas em outros climas a velocidade média do vento é geralmente maior que a velocidade do vento mais freqüente. A velocidade média do vento de uma dada distribuição de freqüência é calculada como segue:

$$\bar{V} = \frac{t_1 \cdot V_1 + t_2 \cdot V_2 + \dots + t_i \cdot V_i + \dots + t_n \cdot V_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i + \dots + t_n}$$

Onde: t_i - número de horas no intervalo i de velocidades do vento;

V_i - média do intervalo i de velocidades do vento;

\bar{V} - velocidade média do vento.

A velocidade média do vento assim calculada deve ser igual à velocidade média do vento calculada a partir dos dados originais, tomando-se a soma de todas as velocidades médias horárias e dividindo-se pelo número de dados.

A distribuição de frequência será usada para calcular a saída de energia de uma turbina eólica pela multiplicação do número de horas, em cada intervalo, com a saída de potência que a turbina fornece naquele intervalo de velocidade do vento.

2.4.1 Distribuição de duração

É freqüentemente importante saber o número de horas que uma turbina eólica funcionará ou a fração do tempo que a turbina produz mais que uma dada potência. Nesse caso é necessário adicionar o número de horas em todos os intervalos acima de uma dada velocidade do vento. O resultado é a *distribuição de duração* que é facilmente encontrada pela adição do número de horas de cada intervalo à soma de todas as horas dos intervalos mais altos. Portanto, é melhor começar com o intervalo *mais alto*, com zero horas de velocidade do vento maior que o limite superior do intervalo e subseqüentemente somar o número de horas do próximo intervalo mais baixo, etc.

Os valores de duração são comumente colocados num gráfico com a velocidade do vento no eixo y, como mostrado na Figura 6. Aqui o comprimento de cada coluna horizontal indica a duração do tempo em que a velocidade do vento foi *maior* que o limite superior do intervalo de velocidade do vento. Se o histograma é aproximado por uma curva suave através dos valores no meio de cada intervalo, então resulta uma curva de duração. Estudando-se a forma dessa curva de duração, é obtida uma idéia com respeito ao tipo de regime do vento. Quanto mais chata for a curva de duração, mais constante é o regime de vento. Quanto mais íngreme for a curva de duração, mais irregular é o regime de vento.

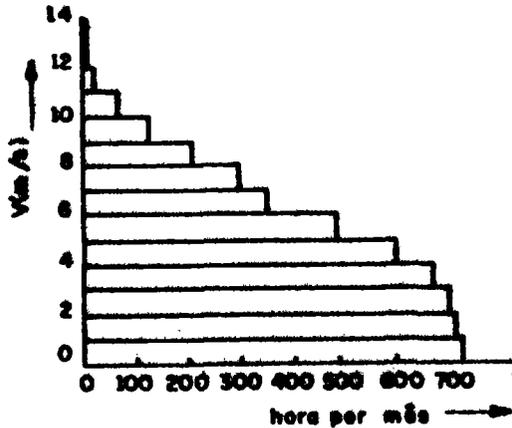
2.5 Turbina eólica

2.5.1. Potência Eólica

Os conversores de energia eólica tradicionais, na verdade, transformam apenas a energia cinética do vento em energia do eixo rotativo.

FIGURA 6

HISTOGRAMAS DA DISTRIBUIÇÃO DE DURAÇÃO (a)



A energia cinética de uma partícula de massa m , com velocidade V , é dada por:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$$

A potência eólica disponível P_v num tubo de corrente de seção transversal A , onde o ar se move com velocidade V uniforme, é o fluxo de energia cinética obtida por (vide figura 26).

$$P_v = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 = \frac{1}{2} \cdot (\rho \cdot V \cdot A) V^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

onde: m é o fluxo de massa;
 ρ é a densidade do ar.

Nota-se daí que a potência eólica é diretamente proporcional à densidade do ar (varia com a altitude e condições atmosféricas), à area transversal considerada e ao cubo da velocidade do vento. Este último parâmetro é o de maior influência. Vale a pena selecionar cuidadosamente um bom local para instalar uma turbina eólica, uma vez que 10% a mais de velocidade do vento fornece mais 30% de potência.

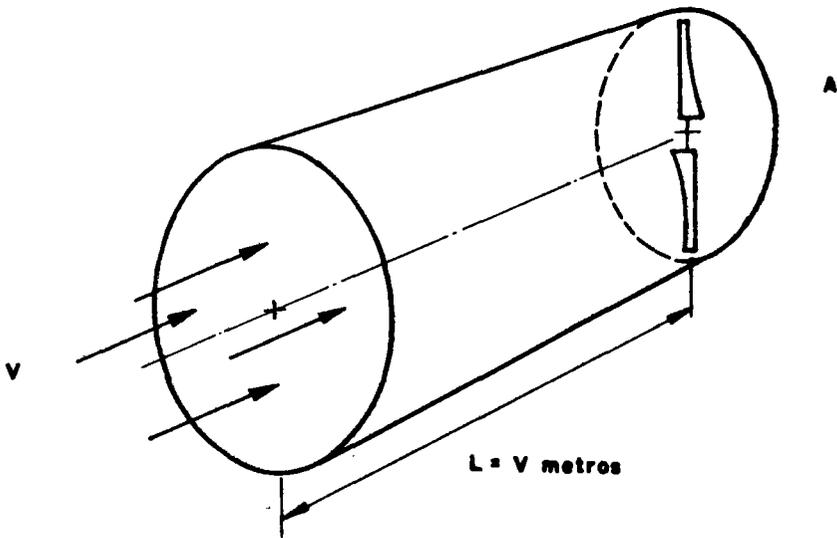
Uma maneira de caracterizar a energia eólica potencial em locais de interesse é por meio da potência eólica disponível média por unidade de área, também chamada de densidade de potência, dada por:

$$\frac{\bar{P}}{A} = \frac{1}{2} \cdot \rho \bar{V}^3$$

Aqui deve ser salientado que \bar{V}^3 é a média dos cubos das velocidades do vento, que é diferente de $(\bar{V})^3$, ou seja, o cubo da velocidade média. Na verdade, sempre será obtido $\bar{V}^3 > (\bar{V})^3$.

FIGURA 7

UM VOLUME $L \times A$ DE AR ESTÁ ESCOANDO A TODO SEGUNDO ATRAVÉS DE UMA ÁREA A . ISSO REPRESENTA UMA TAXA DE FLUXO DE MASSA DE $\rho \cdot A \cdot V$ (kg/s)



A Figura 8 apresenta o mapa do Nordeste com linhas de densidade de potência constante obtidas dos dados fornecidos pelo INMET, onde foram utilizados anemômetros tipo Wild.

A energia eólica disponível média anual \bar{E}_a pode ser estimada, nas unidades kWh/m², fazendo:

$$\bar{E}_a = 8,76 \cdot \frac{\bar{P}}{A} = 4,38 \bar{V}^3$$

onde foi feito: 1 ano = 8760 horas;
 $\rho = 1,22 \text{ kg/m}^3$

Um rotor eólico extrai potência do vento pela ação de desaceleração do vento: a velocidade do vento atrás do rotor é menor que na frente do mesmo. No entanto, a desaceleração em excesso faz com que o ar escoe em torno da área do rotor eólico ao invés de através desta. Tem sido declarado nas bibliografias que a extração máxima de potência é atingida quando a velocidade do vento na esteira do rotor é 1/3 da velocidade do vento não perturbado, V. Nesse caso, o próprio rotor "sente" uma velocidade de 2/3 V, tornando o fluxo efetivo de massa:

$$m = \rho \cdot A \cdot \frac{2}{3} \cdot V$$

Se esse fluxo de massa for desacelerado de V até 1/3 V, a potência extraída é igual a:

$$P_{\text{máx}} = \frac{1}{2} (\rho \cdot A \cdot \frac{2}{3} \cdot V) V^2 - \frac{1}{2} (\rho \cdot A \cdot \frac{2}{3} \cdot V) (\frac{1}{3} \cdot V)^2$$

ou seja,

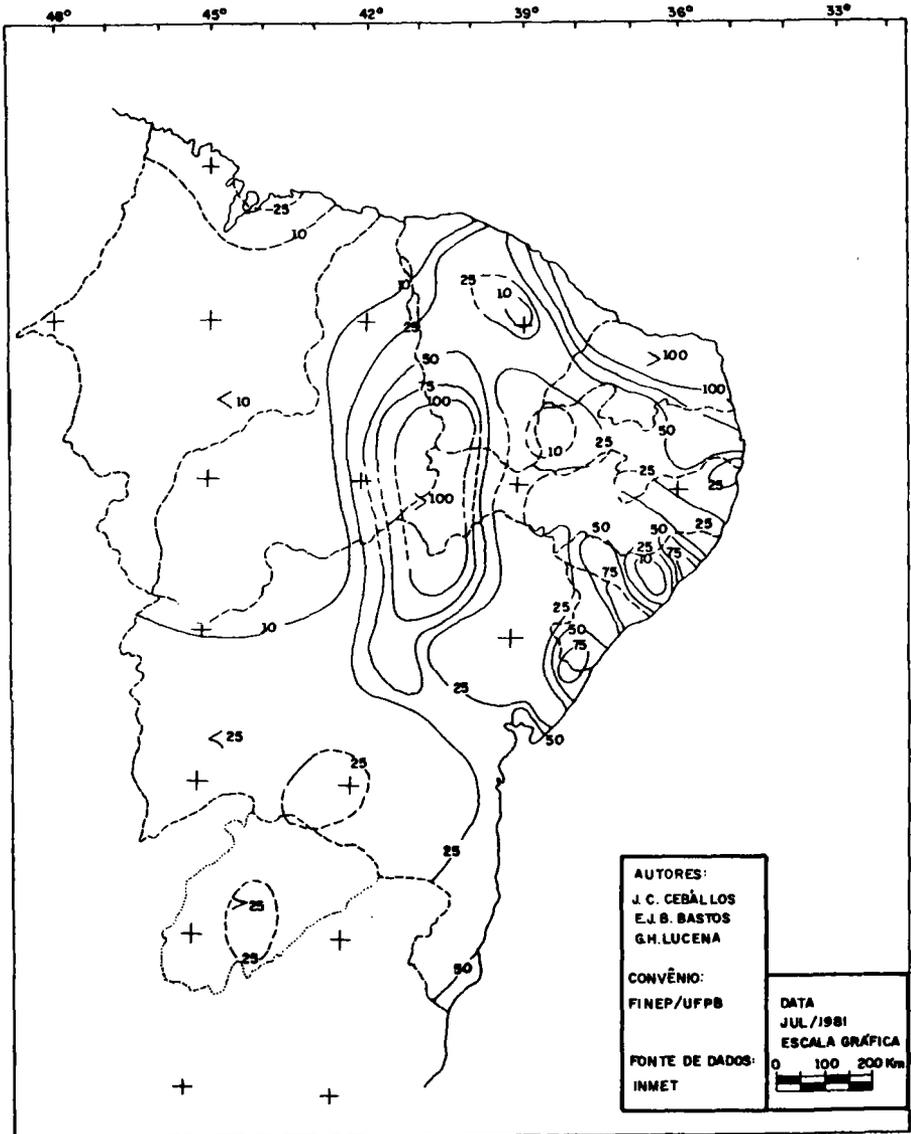
$$P_{\text{máx}} = \frac{16}{27} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3$$

Em outras palavras, a fração máxima teórica da potência extraída é 16/27 ou 59,3%.

Esse valor máximo é chamado de limite de BETZ, em homenagem ao pesquisador que primeiro obteve esse resultado.

FIGURA 8

ZONEAMENTO EÓLICO PRELIMINAR DO NORDESTE
 LINHAS DE MESMA MÉDIA ANUAL DE POTÊNCIA EÓLICA (W/m^2),
 PARA O HORÁRIO DE 15h



A fração da potência extraída pela turbina, que chamamos de coeficiente de potência C_p , na prática raramente excede os 40%, quando é tomada a potência mecânica de eixo de um rotor eólico real. A conversão subsequente em potência elétrica ou potência de bombeamento resulta numa redução na potência disponível dependendo das eficiências da transmissão e da bomba, ou do gerador. Uma redução a mais da potência disponível é causada pelas flutuações na velocidade e direção que uma turbina eólica real experimenta no campo.

Numa primeira estimativa, para sistemas eólicos de bombeamento d'água, esses efeitos levam à seguinte regra prática: a potência hidráulica média de saída, num local com uma velocidade média do vento \bar{V} é calculada por:

$$\bar{P}_{\text{hidr}} = 0,1 \cdot A \cdot (\bar{V})^3 \quad (\text{W})$$

Para sistemas eólicos geradores de eletricidade, esse fator 0,1 deve ser aumentado para 0,2 ou, às vezes, para 0,25 com boas turbinas eólicas.

A vazão de água bombeada, contra uma altura manométrica de H metros, com uma potência hidráulica P_{hidr} , é dada por:

$$Q = \frac{P_{\text{hidr.}}}{\rho \cdot a \cdot g \cdot H} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$Q = \frac{P_{\text{hidr.}}}{g \cdot h} \quad (\text{litros/s})$$

onde: $\rho_a = 1000 \text{ kg/m}^3$
 $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Como exemplo, estima-se uma saída média de um sistema eólico com rotor de $\emptyset 5\text{m}$, num local com $\bar{V} = 3 \text{ m/s}$, para uma altura manométrica de 5m:

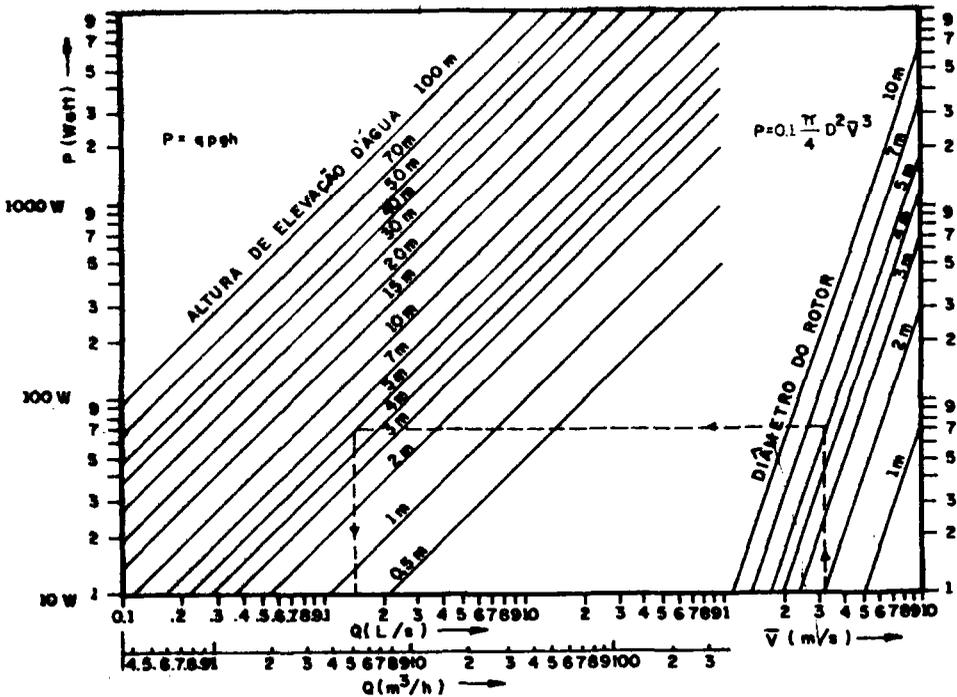
$$\bar{Q} = \frac{0,1 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot 5^2\right) \cdot 3^3}{9,8 \cdot 5} = 1,1 \text{ litros/s}$$

Na Figura 9, a saída d'água é indicada para diâmetros de rotores e alturas manométricas diferentes. Esses valores são apenas estimativas grosseiras. Logo que mais sobre o sistema eólico e o regime do vento sejam disponíveis, melhores estimativas devem ser feitas.

FIGURA 9

CARTA PARA ESTIMAR A SAÍDA DE UM SISTEMA EÓLICO DE BOMBAMENTO D'ÁGUA COM UM DADO DIÂMETRO E UMA DADA ALTURA DE ELEVÇÃO, OPERAÇÃO NUM REGIME DE VENTO COM VELOCIDADE DE MÉDIA ANUAL (OU MENSAL) \bar{V} . A CARTA ESTÁ BASEADA NA SEGUINTE ESTIMATIVA DE SAÍDA:

$$\frac{P}{A} = 0,1 \cdot (\bar{V})^3 \text{ W/m}^2$$



2.5.2 Tipos de turbinas eólicas

As turbinas eólicas podem ser classificadas principalmente quanto a:

- a força predominante que realiza o trabalho (forças de sustentação ou de arrasto);
- posição do eixo de rotação (eixos horizontais ou verticais).

Uma amostra dos tipos de turbinas existentes e suas classificações está nas figuras 10 e 11

2.5.3 Desempenho da turbina eólica

A Figura 12 fornece as curvas de desempenho de vários tipos de turbinas eólicas. É notável que todas as curvas têm um valor máximo de eficiência quando operadas numa determinada condição ótima, λ_0 . Isto pode ser justificado, para turbinas movidas principalmente pela força de sustentação, da seguinte forma:

- para relações de velocidades menores que λ_0 , o ângulo de ataque torna-se grande e a pá fica numa condição de escoamento instável próximo ao "stall";
- para relações de velocidades maiores que λ_0 , o ângulo de ataque torna-se pequeno, correspondendo a um pequeno coeficiente de sustentação.

Sendo assim, para ser obtida a eficiência máxima de uma turbina eólica, é recomendável que esta seja operada em valores de relações de velocidade próximos de λ_0 .

Outro número adimensional importante é o coeficiente de torque c_q , definido por:

$$c_q = \frac{T}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^2 \cdot R}$$

onde: T é o torque produzido pela turbina.

FIGURA 10

TIPOS DE TURBINAS EÓLICAS

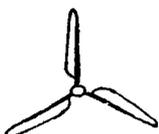
EIXO HORIZONTAL



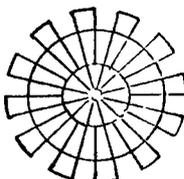
UMA PÁ



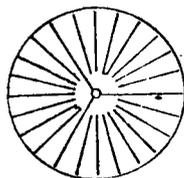
DUAS PÁS



TRÊS PÁS

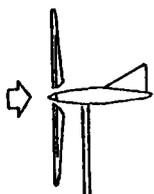


TURBINA DE FAZENDA

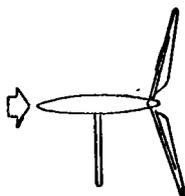


MULTI-PÁS TIPO BICICLETA

MULTI-PÁS



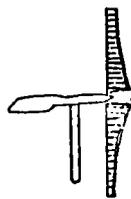
A MONTANTE DA TORRE



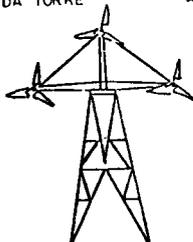
A JUSANTE DA TORRE



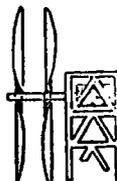
ENFIELD-ANDREAU



ASA-VELA



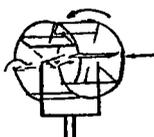
MULTI-ROTORES



PÁS DE ROTAÇÕES CONTRÁRIAS.



SAVONIUS TRANSVERSAL AO VENTO



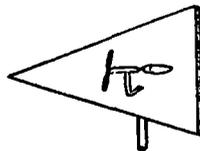
PÁS TRANSVERSAIS AO VENTO



DIFUSOR



CONCENTRADOR



VÓRTICE NÃO CONFINADO

FIGURA 11

TIPOS DE TURBINAS EÓLICAS

EIXO VERTICAL

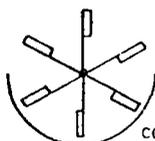
TIPO DE ARRASTO



SAVONIUS

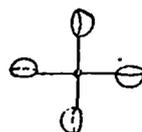


MULTI - PAS
SAVONIUS



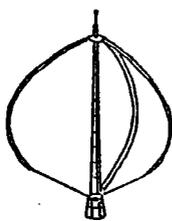
PLACAS

CONCIVA

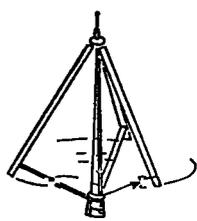


COPOS

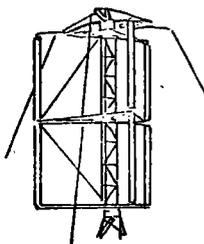
TIPO DE SUSTENTAÇÃO



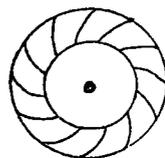
DARRIEUS - Ø



DARRIEUS - Δ

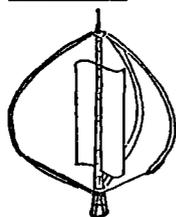


DARRIEUS - II



TURBINA

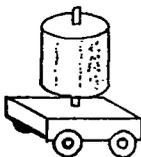
COMBINAÇÕES



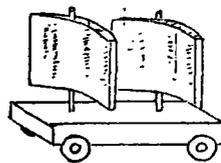
SAVONIUS/DARRIEUS - Ø



SAVONIUS DESLOCADO.

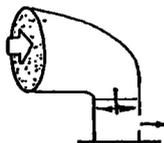


MAGNUS.

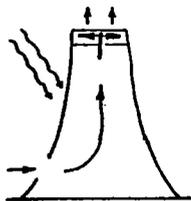


AEROFÓLIO

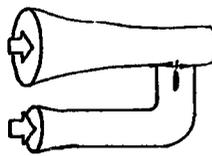
OUTROS



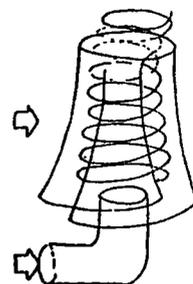
DEFLETOR



SOLAR

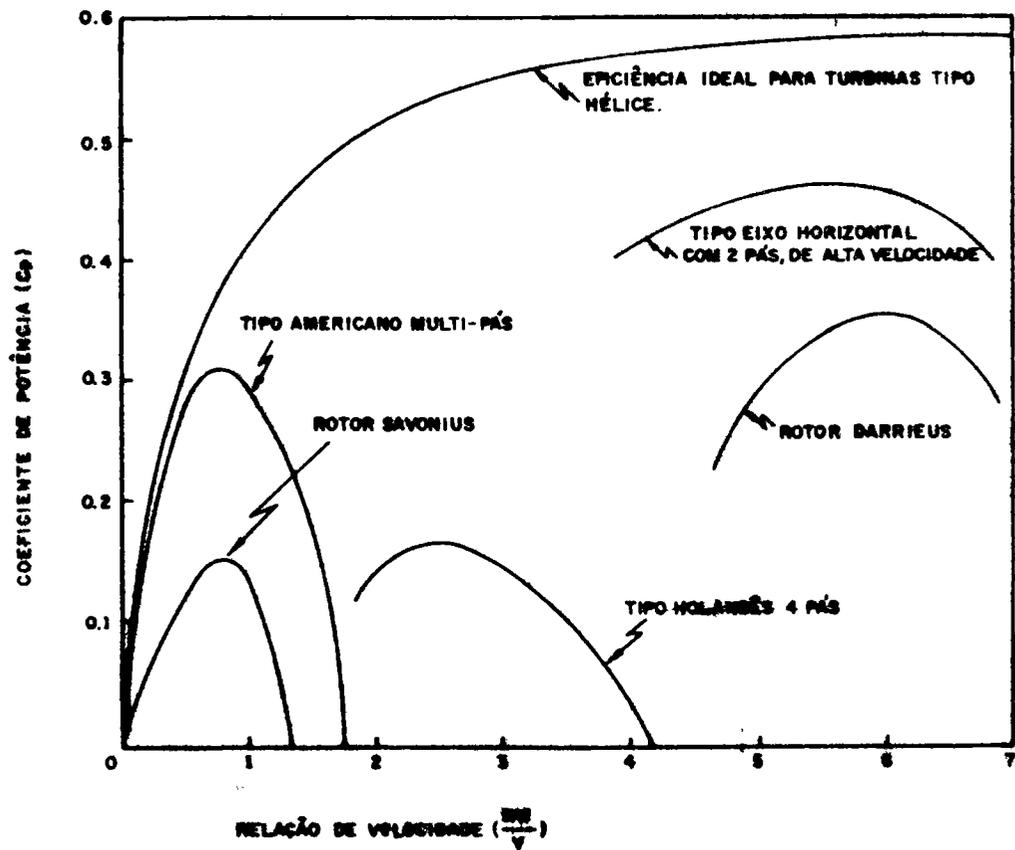


VENTURI



VÓRTICE CONFINADO

FIGURA 12



Pode ser demonstrado facilmente a seguinte relação:

$$c_p = c_q \cdot \lambda$$

Na Figura 13 são apresentadas as características de algumas turbinas eólicas.

Desta figura nota-se que os rotores multipás operam com valores baixos de λ enquanto que os de duas ou três pás, funcionam com altos λ . Além disso, os coeficientes de potência máximos não diferem tanto mas os valores dos coeficientes de torque assumem diferenças consideráveis nas condições de partida ($\lambda=0$) e de torque máximo.

Uma fórmula empírica para estimar o coeficiente de torque de um rotor na partida, como função da relação de velocidade de projeto λ_0 , tem a expressão:

$$c_{q \text{ partida}} = \frac{0,5}{\lambda_0^2}$$

Um parâmetro que afeta as características de um rotor eólico é a solidez, dada pela relação entre a área total das pás e a área varrida por estas. A Figura 14 compara duas turbinas de solidez diferentes: rotores multipás (alta solidez) e de duas ou três pás (baixa solidez)

3. EMPREGO DA ENERGIA EÓLICA

Esta fonte é uma das mais antigas, porém o ressurgimento de novos projetos de turbinas de pequeno, médio e grande portes tem impulsionado sua adoção em um grande número de novas aplicações.

A qualidade atual dos projetos aerodinâmicos, a possibilidade dos novos conversores rotativos e estáticos existentes no mercado e as diversas estratégias de controle, visando a maximização de energia extraível, têm permitido uma melhor segurança do emprego dos SCEE

FIGURA 13

ESQUEMA DAS CARACTERÍSTICAS DE ALGUMAS TURBINAS EÓLICAS

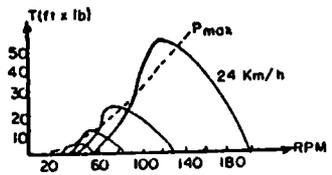
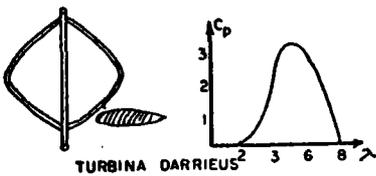
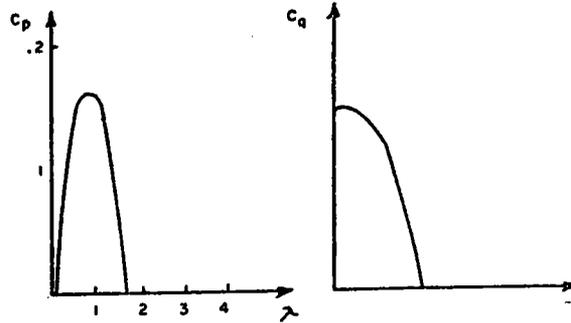
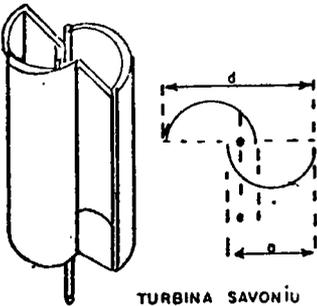
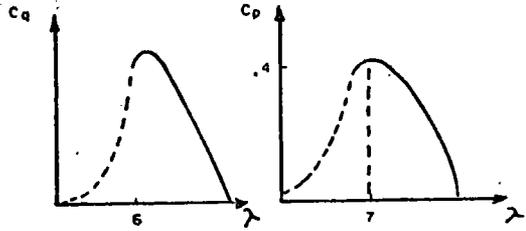
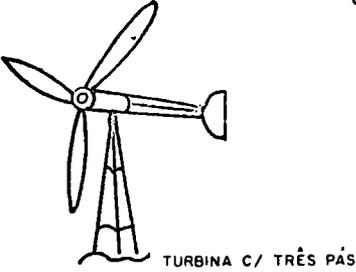
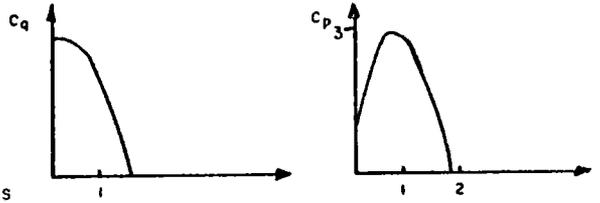
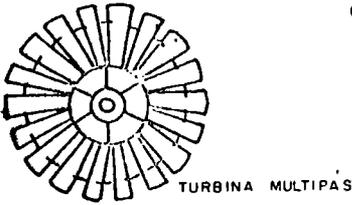
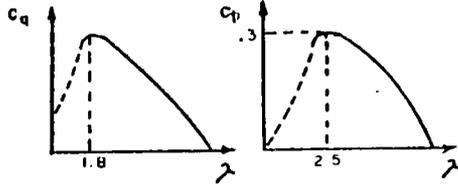
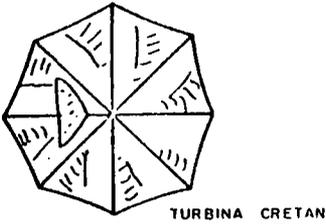
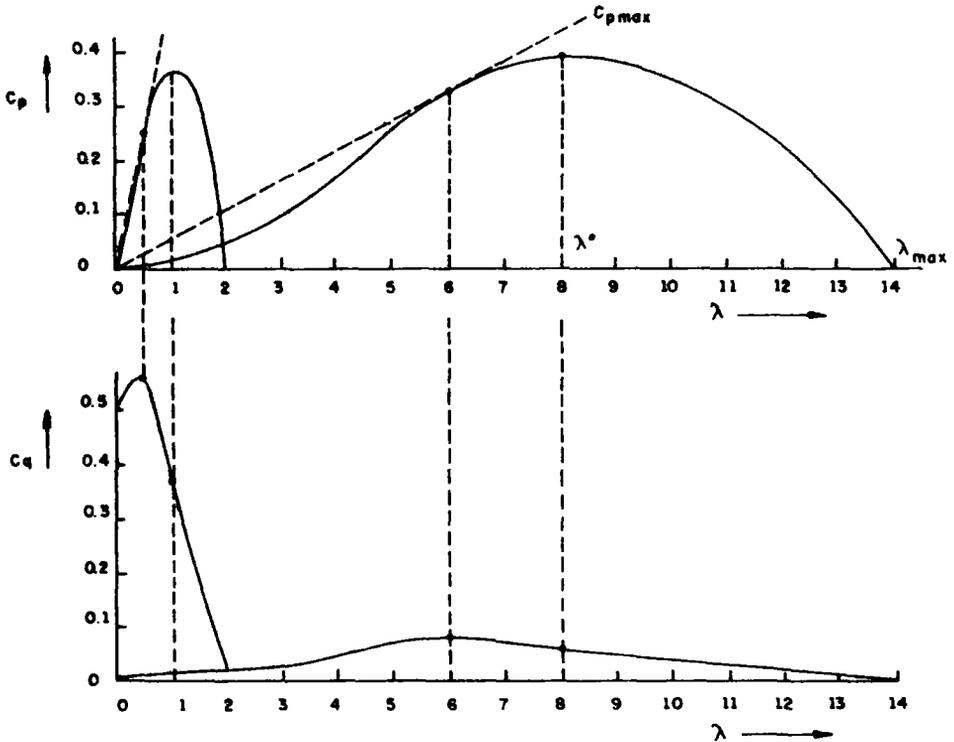


FIGURA 14

CURVAS DOS COEFICIENTES DE POTÊNCIA E DE TORQUE DE DUAS TURBINAS EÓLICAS COMO FUNÇÕES DA RELAÇÃO DE VELOCIDADES



Em geral, a situação nacional é duplamente mascarada, uma vez que as quantidades de energia requeridas no BEN não permitem realçar tipos de fontes descentralizadas e de reconhecidas pequenas contribuições num horizonte até o ano 2000. Em segundo lugar, o desenvolvimento fortemente desigual do território nacional indica que o uso de certas fontes seria bem mais adequado e economicamente viável em setores produtivos rurais e em empregos de conforto ambiental em localidades distantes dos centros urbanos (Araújo, 1985).

O exercício de planejamento realizado no Coppe (Oliveira, 1986) apontou a fonte eólica com uma participação de 0,2 Mtep no ano 2000.

Estudos realizados pela CHESF indicam a possibilidade de fontes solares, fotovoltaica e eólica, puderem participar com até 2,7% da geração elétrica no NE, no ano 2015.

O interesse demonstrado pelos Estados e Companhias de Eletricidade pelo levantamento do potencial eólico (embora desarticulados) também demonstram a preocupação com a potencial adoção desta fonte a nível nacional, regional ou setorial.

As aplicações da energia eólica têm sido variadas, exigindo, no entanto, configurações de turbinas, geradores e demais equipamentos, compatíveis a cada uso. De forma resumida, as aplicações podem ser resumidas no quadro a seguir.

O exame das necessidades rurais apresentadas na Introdução, e das possibilidades de uso da fonte eólica permite determinar que, a menos das energias destinadas aos itens de transportes, a energia eólica pode ser perfeitamente integrada ao meio rural.

De uma forma esquemática, os empregos mais correntes podem ser agrupados em cargas resistivas, bombeamento d'água e fontes para localidades isoladas.

Particularmente, o bombeamento d'água destina-se à prática de irrigação. O casamento do projeto do SCEE para esta finalidade é extremamente importante, permitindo tirar melhor proveito desta fonte aleatória e da limitação de recursos hídricos encontrados em diversas regiões do país, sobretudo nas semi-áridas.

A fim de evitar desastres ecológicos, por prática de irrigação em zonas semi-áridas, são preconizados evitar-se os métodos de inundação e em sulços, por responderem pelos grandes problemas de salinização e degradação dos solos. Nestas zonas, na pequena percentagem passíveis de serem irrigadas, os métodos de irrigação localizado devem ser adotados (Coelho, 1985). Este é o caso do método "xique-xique", que utiliza artifícios que liberam água com vazões de 30 a 50 L/h com pressões entre 5 a 10 m.c.a., (Cavaille, 1986).

Por outro lado, estes métodos requerem uma armazenagem inerente ao próprio processo físico de operação, fator este que permite dimensionar o SCEE em função de uma média requerida para regularizar as regras projetadas, dentro de um critério de autonomia, superando as imposições da aleatoriedade do vento.

PARÂMETROS	\$	128	1280	6410	12800	128000								
D(m)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30
USOS	Pm (KW)	0,1	1,2	10	20	100	500							

1. Aplicações residenciais isoladas: aquecimento d'água, sistema misto diesel, iluminação.

2. Aquecimento de estufas.

3. Carregador de bateria: comunicação cercas elétricas, iluminação, em barcação.

4. Bombeamento d'água: irrigação e drenagem, re de d'água para animais e população.

5. Eletrificação de fazendas remotas: produção fertilizantes, refrigeração e usos variados.

6. Rede de alimentação.

7. Dessalinização.

8. Produção de combustível incluindo hidrogênio.

*Baseado na "Wind Energy", British Wind Energy Association, 1982.

É significativa a diferença do custo \$/kW que é indicado para as diferentes aplicações:

$$\begin{array}{rcl}
 & 2 \text{ kW} & = 1300\$ \\
 \text{fator 500} \downarrow & & \downarrow \\
 & 500 \text{ kW} & = 120000\$
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \\
 \\
 \text{fator 100}
 \end{array}$$

4. CONCLUSÕES

É indiscutível a aplicabilidade da energia eólica no meio rural brasileiro. No entanto, urge a criação de Programas Nacionais que coordenem o conjunto das ações, possibilitando identificar os pontos de estrangulamento do desenvolvimento da tecnologia.

De maneira preponderante as ações no meio rural devem ser efetivadas de forma integrada à produção agropecuária. Neste sentido as agências de fomento devem procurar financiar projetos concretos, dando margem a uma aprendizagem, quanto à nova ótica de planejamento energético rural.

Nas aplicações de pequeno e médio porte, o usuário é envolvido com o sistema completo, desde a captação dos variados regimes de vento à escolha criteriosa dos equipamentos finais utilizados nas diversas aplicações rurais. É importante a criação de unidades de demonstrações, para cursos de operação e manutenção do SCEE.

Desde já, devem ser estimulados e financiados centros de documentação que acompanhem a evolução do estado-da-arte no mundo.

Por outro lado, centros de pesquisa devem iniciar o estudo, construção e operação de unidades maiores, visando o bom beamento para grandes áreas irrigadas e a interligação a sistemas elétricos.

BIBLIOGRAFIA

1. ARAÚJO, T. "Energia eólica no Brasil", Convênio UNESCO/PNUD/FINEP, 1985.
2. _____ "Possibilidades de Energia Eólica na Agricultura". Encontro sobre Sistema Energético Integrado, CAERG, EMBRATER, M.A., Brasília, 1986.
3. CAVAILLE, B. "Uma Pequena Irrigação - Uma Alternativa Comprovada para o Desenvolvimento do Semi-Árido Nordestino", Seminário Tecnologia Inovadora para o Nordeste, BNB, MCT, M. Irrigação, Minter, Fortaleza, 1986.
4. COELHO, J. "Prioridade para Irrigação na Região Úmida do Nordeste". ASBBA-NE, 1985.

5. GLAESER, B.; HOWARD, K.D. "A Technological Alternative for Energy use in Rural Development", African environment - ENDA, 1982.
6. MAKHIJANI, A. "Energy Policy for the Rural Third World" Int. Inst. for Environment and Development, London, 1976.
7. NEWCOMB, K. "Energy use in the Hong Kong Food System", Agro-Ecosystems, 2, 1975.
8. OLIVEIRA, A. e outros. "1º Seminário sobre Avaliação do Potencial de Fontes não Convencionais de Energia até o ano 2000", Relatório Final, Rio de Janeiro, 1986.
9. PESSOA, D. "Secas do Nordeste: Vertentes de Interpretação e de Políticas Públicas", Encontro SAHNOR, Bamako, 1986.
10. SILVA, N.A. "Sistema Energético Integrado", Encontro sobre Sistema Energético Integrado, CAERG, Embraer, M.A., Brasília, 1986.
11. SIMÕES, F., ARAÚJO, T. "Energia Eólica", Fascículo curso Tutorial Fontes Alternativas de Energia para a Agricultura, ABEAS/MEC, Brasília, 1986.
12. STOUT, B.A., e outros. "Energie et Agriculture" Coleção FAO: Agricultura, Roma, 1980.

* * *

ENERGIA SOLAR:
AQUECIMENTO E REFRIGERAÇÃO

Genésio José Menon ()*

(*) *Departamento de Engenharia Mecânica
Escola Federal de Engenharia de Itajubá*

1. INTRODUÇÃO

A energia solar que incide sobre uma superfície perpendicular aos seus raios e situada acima da atmosfera, tem um valor médio de 1353 W/m^2 , com uma variação de $\pm 3\%$ devido à variação da distância entre a terra e o sol. Na superfície terrestre esta radiação pode ser atenuada de 30 a 50%, devido às reflexões e absorções na atmosfera. A energia solar incidente numa superfície depende do ângulo formado entre a normal à superfície e a direção do raio solar. A energia incidente na superfície é dada pela projeção do vetor fluxo de energia radiante sobre a normal à superfície.

A Tabela 1 mostra uma estimativa do potencial da energia solar média anual incidente numa superfície horizontal considerando a variação do ângulo de incidência diário, sem considerar o efeito de atenuação pela atmosfera.

TABELA 1

ENERGIA SOLAR INCIDENTE NUMA SUPERFÍCIE HORIZONTAL SEM CONSIDERAR A ATENUAÇÃO PELA ATMOSFERA ($\times 10^{15}$ kWh)

URSS	46
Brasil	29
China	27
Estados Unidos	25
Austrália	25
Canadá	20
Índia	11

O Brasil é potencialmente privilegiado devido à sua grande extensão territorial e também devido à sua localização em grande parte estar entre o equador e o Trópico de Capricórnio.

A Tabela 2 mostra o clima das capitais brasileiras. Em geral se observa que quanto maior a temperatura média anual, maior a radiação solar incidente. Para os locais mais próximos do Equador, como Natal, São Luiz e Terezina a incidência é maior que os locais com latitudes elevadas tais como Florianópolis e Porto Alegre.

TABELA 2

CLIMA DAS CAPITAIS BRASILEIRAS

Capital	Temp. Média Anual (°C)	Radiação Solar Incidente kWh/m ² .Ano
Porto Velho	26,2	1604
Manaus	27,4	1663
Boa Vista	27,8	1938
Belém	26,9	1783
Macapá	26,8	1714
São Luiz	27,1	1929
Teresina	28,0	1982
Fortaleza	26,7	1992
Natal	25,9	2013
João Pessoa	25,7	1968
Recife	25,9	1956
Maceió	25,5	1959
Aracajú	25,5	1892
Salvador	25,1	1830
Belo Horizonte	21,5	1896
Vitória	24,4	1675
Rio de Janeiro	23,7	1602
São Paulo	20,0	1674
Curitiba	17,6	1656
Florianópolis	20,8	1495
Porto Alegre	20,1	1594
Cuiabá	26,8	1775
Goiânia	22,7	1928
Brasília	21,4	1934

É sabido que as perdas de energia nos sistemas que utilizam energia solar, em geral, serão menores para menores diferenças de temperatura entre o fluido aquecido e a temperatura ambiente, considerando a mesma radiação incidente.

Para o aquecimento, a demanda não se adapta às condições de oferta, visto que em lugares quentes, em geral, tem-se radiação incidente e conseqüentemente maior produção de água quente por unidade de área de coletor, entretanto, em lugares quentes existe falta de mercado para aplicação de aquecimento.

O condicionamento do ambiente ou sistema de refrigeração são mais necessários em locais onde a insolação é maior e, nestes casos, a demanda se adapta perfeitamente às condições de oferta.

A Tabela 3 mostra a radiação incidente para a cidade de São Paulo, para diferentes ângulos da superfície absorvedora da energia solar. Na Tabela 3 são utilizados os seguintes símbolos:

- HORIZ = superfície horizontal
- LAT-10 = orientação com ângulo igual à latitude local menos 10 graus
- LAT = orientação com ângulo igual à latitude local
- LAT+10 = orientação com ângulo igual à latitude local mais 10 graus

O conhecimento da radiação incidente e a inclinação da superfície é muito importante para otimização do sistema numa dada aplicação.

Da Tabela 3 pode ser observado que a radiação total anual varia pouco com a inclinação da superfície, entretanto, mês a mês a variação é muito grande. Para fins de otimização da energia solar, geralmente se utiliza para aquecimento de água um ângulo de inclinação da superfície absorvedora do coletor, correspondente ao ângulo da latitude local mais dez graus, para que se tenha maior radiação durante os meses de inverno. Para condicionamento de ambientes, entretanto, prefere-se um ângulo de inclinação mais próximo da horizontal, como por exemplo o ângulo igual à latitude local menos dez graus, porque neste caso a utilização é maior durante o verão e o sol está mais a pino.

TABELA 3

SÃO PAULO - RADIAÇÃO INCIDENTE
(1961-1976) (LAT 23,59'S)

	Radiação Incidente (kWh/m ² .mês)			
	HORIZ	LAT-10	LAT	LAT+10
Janeiro	178	170	160	148
Fevereiro	158	156	151	142
Março	156	161	160	156
Abril	130	143	148	150
Mai	113	132	142	148
Junho	98	118	129	137
Julho	110	131	143	151
Agosto	130	147	156	160
Setembro	131	138	140	139
Outubro	142	142	139	132
Novembro	161	155	147	137
Dezembro	165	157	147	135
TOTAL ANUAL	1674	1750	1762	1737

2. AQUECIMENTO DE ÁGUA

O coletor solar absorve a energia da radiação solar, transformando-a em energia térmica, que transfere para a água, esquentando-a. Por efeito de termossifão ou com bomba de circulação, a água quente acumula-se num reservatório, até sua utilização, ou é diretamente conduzida para o uso. Dispondo-se o reservatório em posição acima dos coletores, a uma distância mínima definida para o projeto (normalmente 40 centímetros) o funcionamento será por termossifão, não havendo necessidade de bomba de circulação. Caso não seja possível localizar o reservatório em posição elevada com relação aos coletores, ou seja necessário localizá-lo muito distante dos coletores, deverá ser empregada uma bomba de circulação. Deverá ser prevista também uma bomba de circulação em casos de piscinas, de instalações industriais e de outras instalações de grandes consumos, onde a quantidade de coletores é grande.

O coletor plano consiste de uma caixa, com quadro em geral de alumínio anodizado, base e laterais internamente isolados com lã de vidro ou poliuretano, formando uma câmara térmica fechada e coberta, em sua parte superior, por uma placa de

vidro transparente, que fica exposta aos raios solares. A superfície inferior do coletor é isolada com lã de vidro ou poliuretano com uma camada de 2", dando-se preferência ao uso de poliuretano uma vez que a lã de vidro perde as características isolantes em caso de se tornar úmida. O vidro de cobertura tem 3-4 mm de espessura e transmitância de 86-88%. A superfície absorvedora é geralmente feita de cobre com espessura de 0,5mm ou de alumínio com espessura até 1 mm, sendo recoberta com tinta preta especial com absorvidade de 93 a 95%. Os tubos, por onde circula o líquido, têm diâmetro de até 1/2" e são espaçados de, no máximo, 5 a 6". Os tubos devem ter um bom contato com a superfície absorvedora para que se tenha boa transferência de calor por condução, por essa razão os tubos são preferencialmente soldados.

A Figura 1 mostra as dimensões básicas de um coletor solar com duas placas de vidro de cobertura. São mostradas também as configurações mais utilizadas para placa absorvedora.

Os coletores deverão estar voltados para o Norte, com inclinação igual ao ângulo de latitude local, mais 5 a 10°. Conforme a insolação recebida no dia, o coletor plano pode atingir temperatura até 70°C.

Para usos onde se requeira grandes volumes de água aquecida ou onde sejam necessárias temperaturas mais elevadas, os coletores podem ser interligados em série, em paralelo ou em combinação série-paralelo.

A Figura 2 mostra um tipo de coletor solar no qual o reservatório e coletor se apresentam num único conjunto.

A Figura 3 mostra um sistema pressurizado para aquecimento de água. A Figura 4 mostra um sistema não pressurizado. Como se pode notar o sistema pressurizado dispensa o uso da válvula de bôia.

A Figura 5 mostra um sistema onde o escoamento do fluido se realiza devido à convecção natural. A água fria entra por um tubo localizado na parte inferior do coletor. Quando o fluido é aquecido sua densidade diminui, criando assim um movimento ascendente. A água aquecida no tubo passa através de uma serpentina, que aquece a água contida no reservatório.

Na Figura 6 é apresentado um sistema que utiliza uma bomba para promover o escoamento do fluido, neste caso dizemos

que o escoamento é por convecção forçada. Neste caso há necessidade de um sistema de controle que liga ou desliga o motor em função do diferencial de temperatura da água entre saída do coletor e saída do reservatório.

A Figura 7 mostra um esquema de uma instalação que utiliza o funcionamento por termossifão, não necessitando de bomba para promover o escoamento do fluido. O reservatório de água quente, bem como as tubulações que conduzem água quente, devem ser convenientemente isoladas para minimizar as perdas de calor.

3. AQUECIMENTO DE AR

Os coletores solares para aquecimento de ar podem utilizar a convecção natural ou convecção forçada através de um ventilador. Uma utilização prática muito importante deste equipamento é a secagem de alimentos, que ainda não está muito difundida no Brasil.

É desejável que um coletor solar transfira ao fluido a maior quantidade de energia e por outro lado que tenha a menor perda de carga. Existem disponíveis vários tipos de coletores. As Figuras 8 e 9 mostram dois tipos de coletores para aquecimento de ar que apresentam bom desempenho.

4. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia contida na luz do sol pode ser transformada diretamente em eletricidade, através dos painéis fotovoltaicos. A energia elétrica assim gerada pode ser consumida diretamente e/ou acumulada em baterias, para seu uso posterior. A utilização de baterias é necessária quando a carga deve ser alimentada em períodos de falta ou insuficiência de insolação.

O painel fotovoltaico é um equipamento extremamente simples e sem partes móveis, não apresentando nenhum desgaste exigindo qualquer manutenção. A única manutenção necessária é uma limpeza periódica do vidro.

Os painéis fotovoltaicos são de construção robusta e resistentes aos ambientes mais rudes. Sua instalação é muito fácil: basta fixá-los em local ensolarado utilizando suportes e ligá-los a uma bateria através de fios elétricos comuns.

Sempre que a luz do dia incidir sobre o painel, mesmo em dias com nuvens, essa energia luminosa será convertida em eletricidade e armazenada na bateria, para ser usada a qualquer hora em inúmeras aplicações, tais como iluminação residencial, refrigeração, bombeamento de água, etc. Quanto maior for a área do painel, maior será a quantidade de eletricidade gerada.

5. REFRIGERAÇÃO USANDO CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

O princípio do refrigerador é similar ao dos refrigeradores domésticos convencionais, utilizando o ciclo de compressão do Freon R12. O esquema do sistema é mostrado na Figura 10.

A eletricidade gerada pelo Painel Solar, durante o dia, é acumulada na bateria que alimenta o Refrigerador nos períodos em que o compressor está ligado. Durante a noite, o refrigerador é alimentado pela bateria. O refrigerador utiliza corrente contínua das baterias e consome apenas a energia necessária para manter a temperatura de refrigeração desejada, a qual é regulada através do termostato.

6. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO

Existem várias substâncias que podem ser usadas nos sistemas de refrigeração por absorção, tais como: água-amônia, brometo de lítio-água, cloreto de cálcio-água e hidróxido de sódio-água. Entretanto as soluções mais empregadas são: água-amônia e brometo de lítio-água.

A Figura 11 mostra um esquema de um sistema de absorção com os componentes principais. A radiação solar que incide sobre os coletores solares concentradores irá aquecer a água que circula por meio de uma bomba. A água quente que circula pelo gerador produz vapor d'água e amônia. No retificador o vapor de amônia é retificado e deixa este praticamente puro. No condensador a amônia será condensada retirando-se calor através de água resfriada. A amônia condensada passa por um trocador de calor intermediário e em seguida passa pela válvula de expansão. Na válvula de expansão o fluido sofre uma queda de pressão e conseqüente queda na temperatura.

O refrigerante ao receber calor no evaporador se vaporiza e deve ser absorvido no absorvedor. O processo de absorção de amônia no absorvedor é exotérmico; desta forma, o calor de reação deve ser retirado para manter o processo.

A solução rica em amônia do absorvedor é recirculada ao gerador para manter contínuo o processo de geração de refrigerante no gerador, através da bomba de solução. A solução pobre em amônia que resulta no processo de separação no gerador deve ser enviada ao absorvedor para fechar o ciclo termodinâmico. O trocador de calor intermediário entre o gerador e o absorvedor funciona como economizador de energia.

Este sistema anteriormente mostrado pode ser usado como refrigeração de alimentos ou para condicionamento de ar ambiente.

7. CONCLUSÃO

Os sistemas de aquecimento de água usando coletores solares planos estão bastante difundidos no Brasil e são viáveis em casos de utilização em processos que necessitam de fluidos a temperaturas não superiores a 80°C. Para temperaturas acima desse limite é necessário usar coletores solares concentradores que são mais complexos que os coletores solares planos e conseqüentemente têm custos mais elevados.

Para o caso de aquecimento de ar os coletores solares não são muito utilizados em secagem de alimentos. É necessário que se desenvolvam projetos de sistemas de secagem eficientes e que estes sistemas sejam bastante difundidos, ainda que sejam utilizados como uma alternativa de secagem.

Os sistemas de refrigeração por absorção como o apresentado no item 6, não estão suficientemente desenvolvidos para funcionar de forma competitiva. No presente momento, para o meio rural brasileiro, é mais viável usar um sistema de absorção tradicional, conhecido como "geladeira a querosene", trocando a queima do querosene pela queima do biogás.

BIBLIOGRAFIA

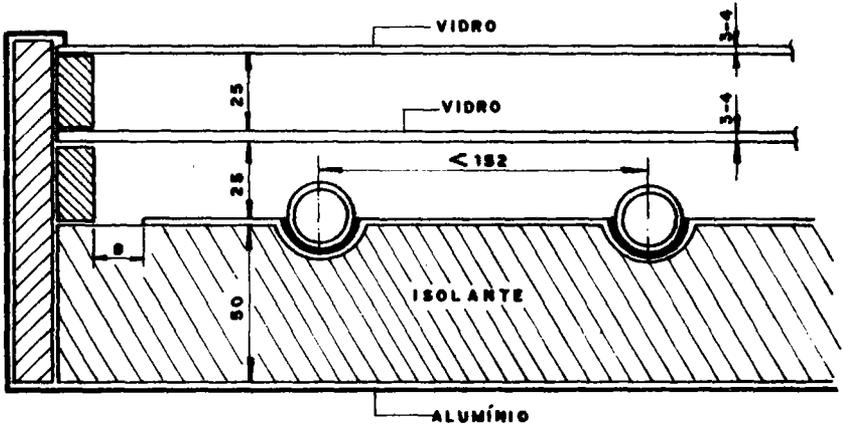
1. PALZ, W., Energia Solar e Fontes Alternativas, Editora Hemus, 1981.

2. LUIZ, A.M. Como Aproveitar a Energia Solar, Editora Edgard Blücher Ltda. 1985.
3. ROVERE, E.L. et alli (Editores), Economia & Tecnologia da Energia, Editora Marco Zero/FINEP, 1985.
4. Duffie, J.A., Beckman, W.A., Solar Energy Thermal Processes, Wiley-Interscience, N.Y., 1974.
5. MEINEL, A.B., MEINEL, M.P., Aplicaciones de la Energía Solar, Editorial Reverté, S.A., 1982.
6. Kreider, J.F., Kreith, F. Solar Heating and Cooling: Active and Passive Design, Hemisphere Publishing Corporation, 1982.
7. JORDAN, R.C., et alli (Editors), Applications of Solar Energy for Heating and Cooling of Buildings, ASHRAE GRP 170, New York, 1977.
8. Atas do II Simpósio Brasileiro de Energia Solar, vol. III, Cidade Universitária, João Pessoa, Paraíba, 1974.

* * *

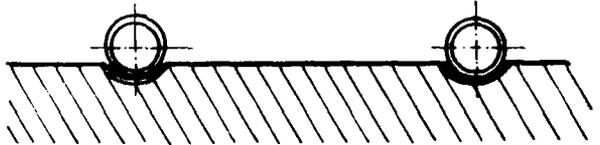
FIGURA 1

DIMENSÕES BÁSICAS DE COLETOR SOLAR

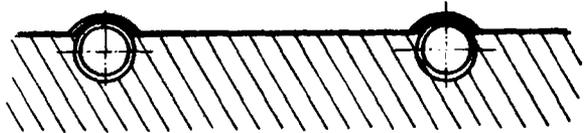


CONFIGURAÇÕES

TUBO ACIMA DA PLACA



TUBO ABAIXO DA PLACA



TUBO E PLACA INTEGRAL

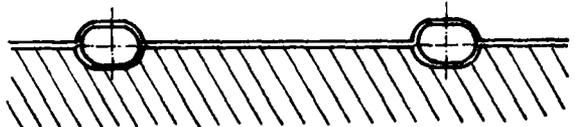


FIGURA 2

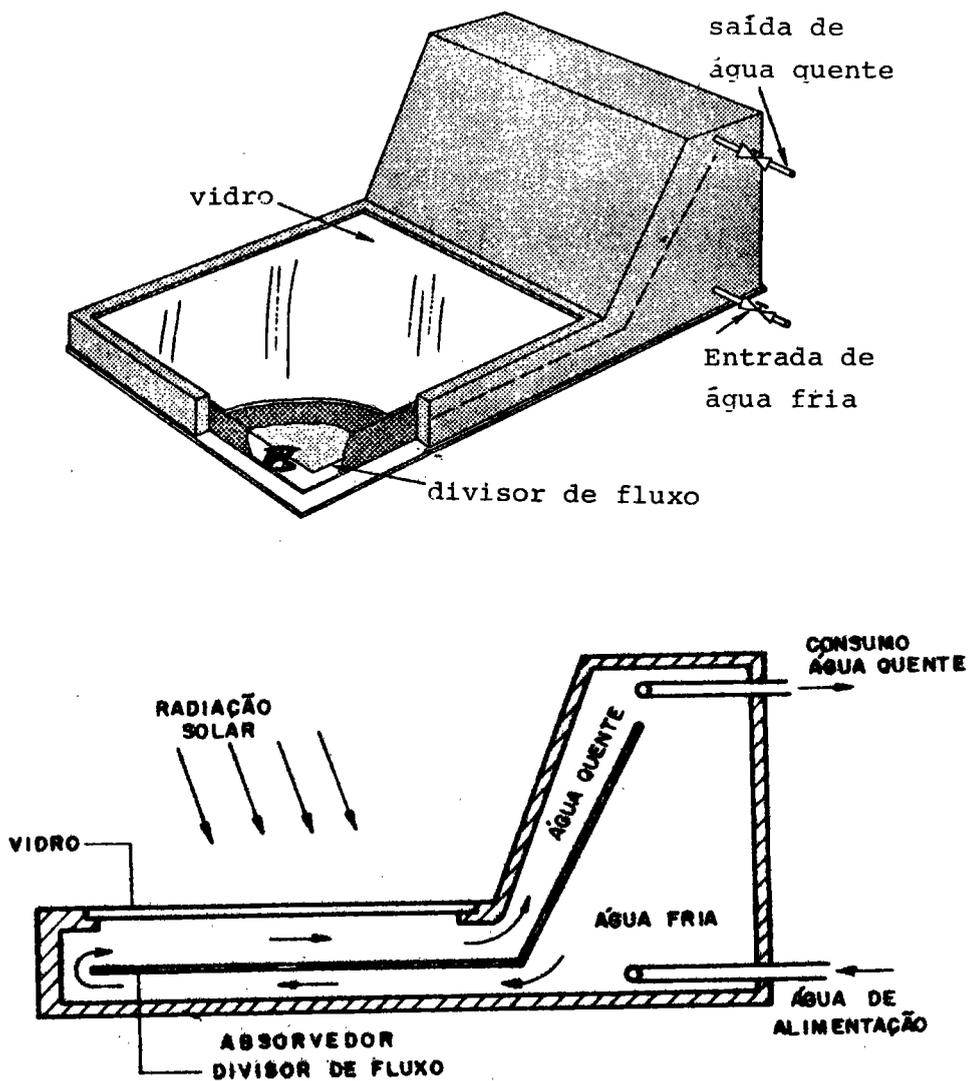


FIGURA 3

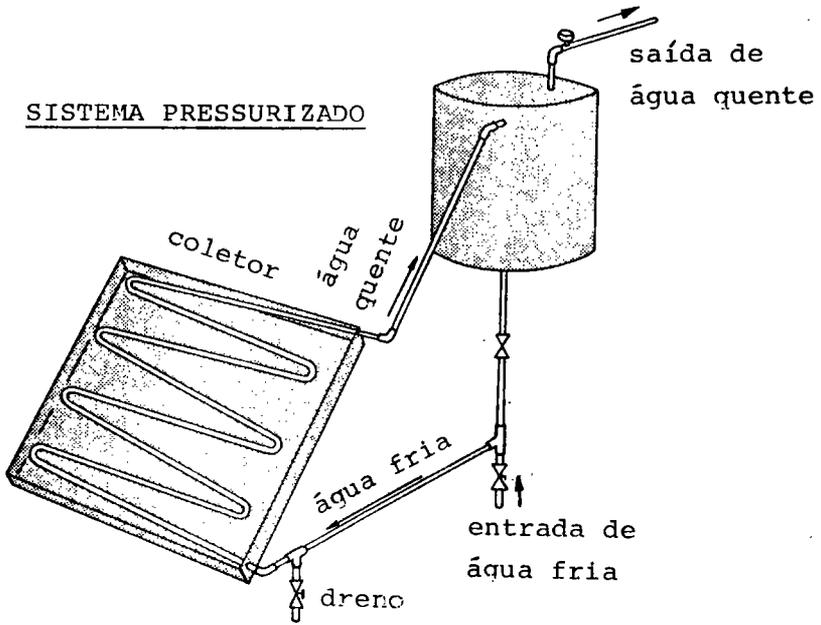


FIGURA 4

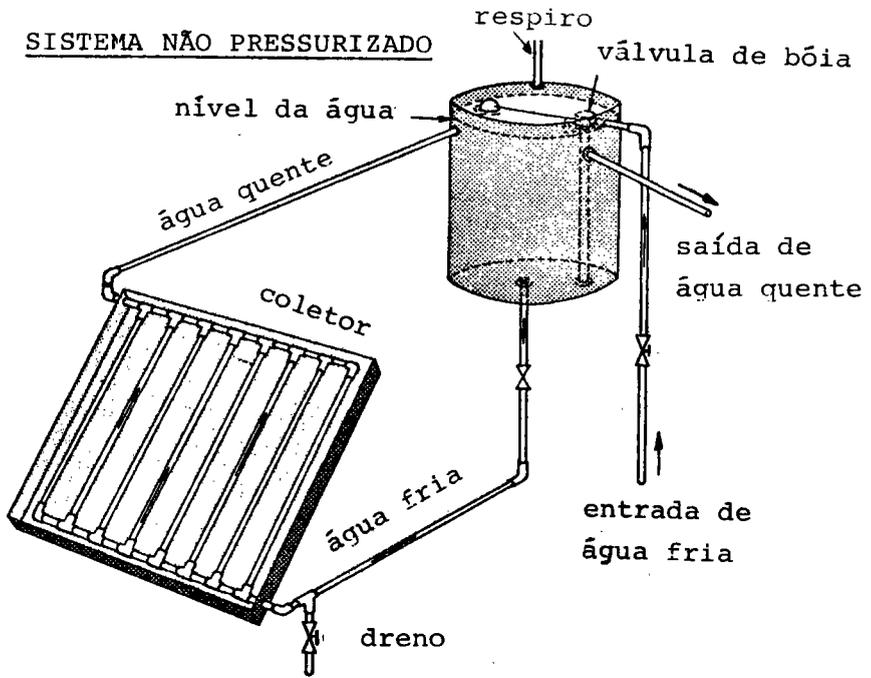


FIGURA 5

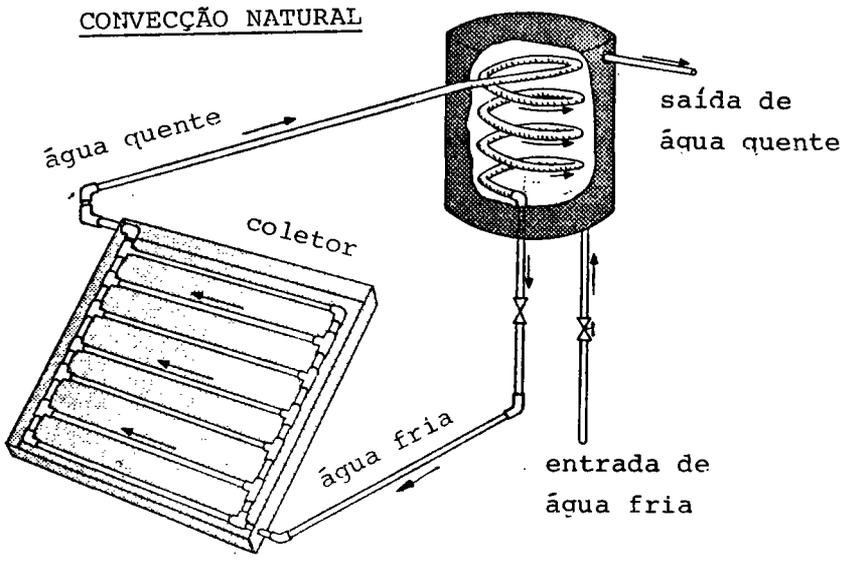


FIGURA 6

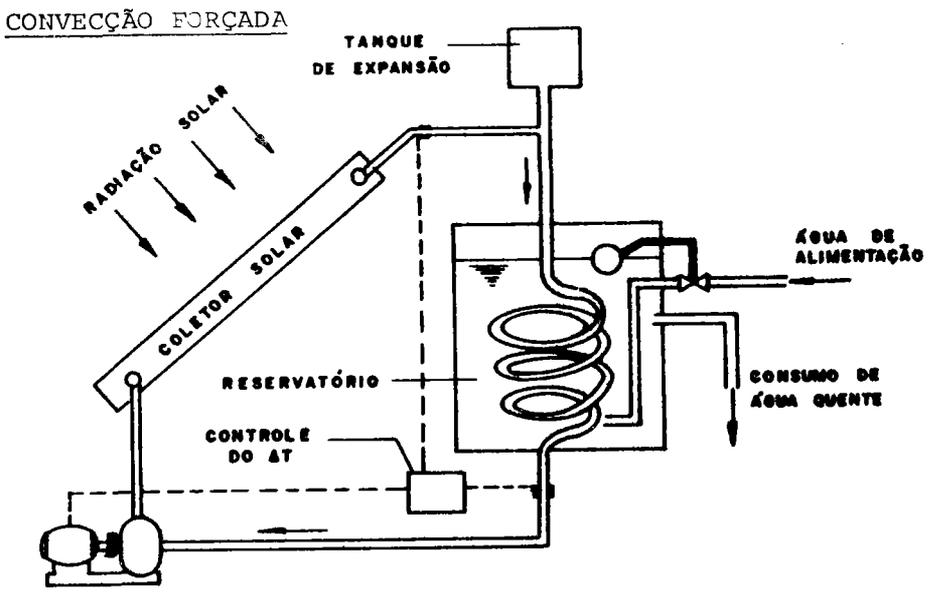


FIGURA 7
ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO POR TERMOSSIFÃO

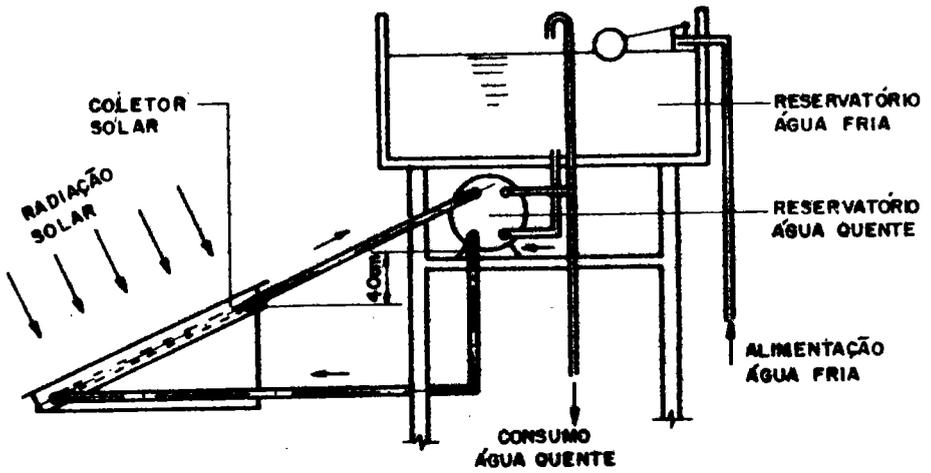


FIGURA 8

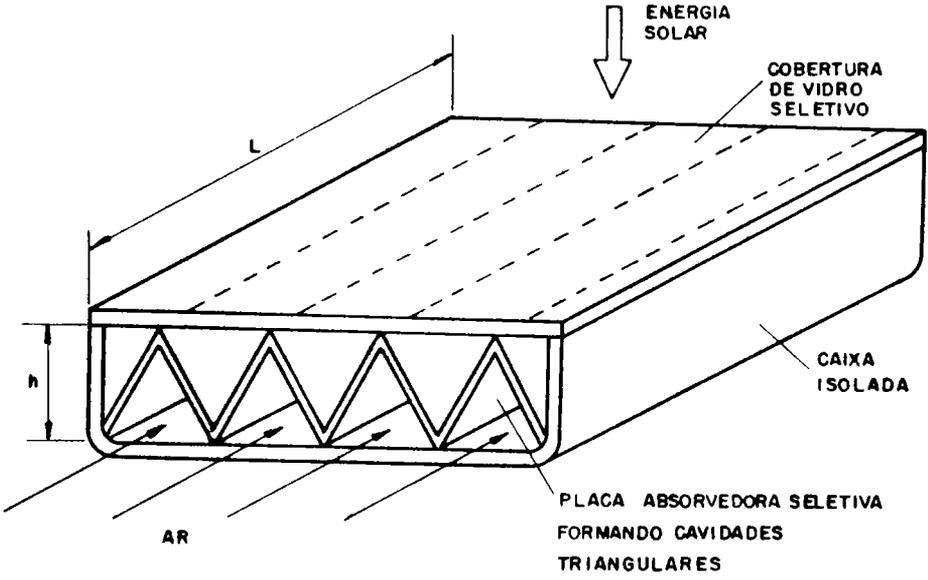


FIGURA 9

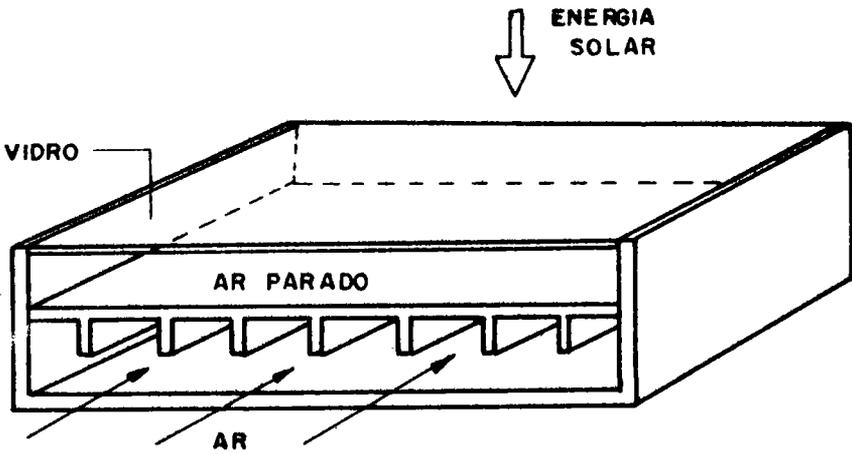


FIGURA 10

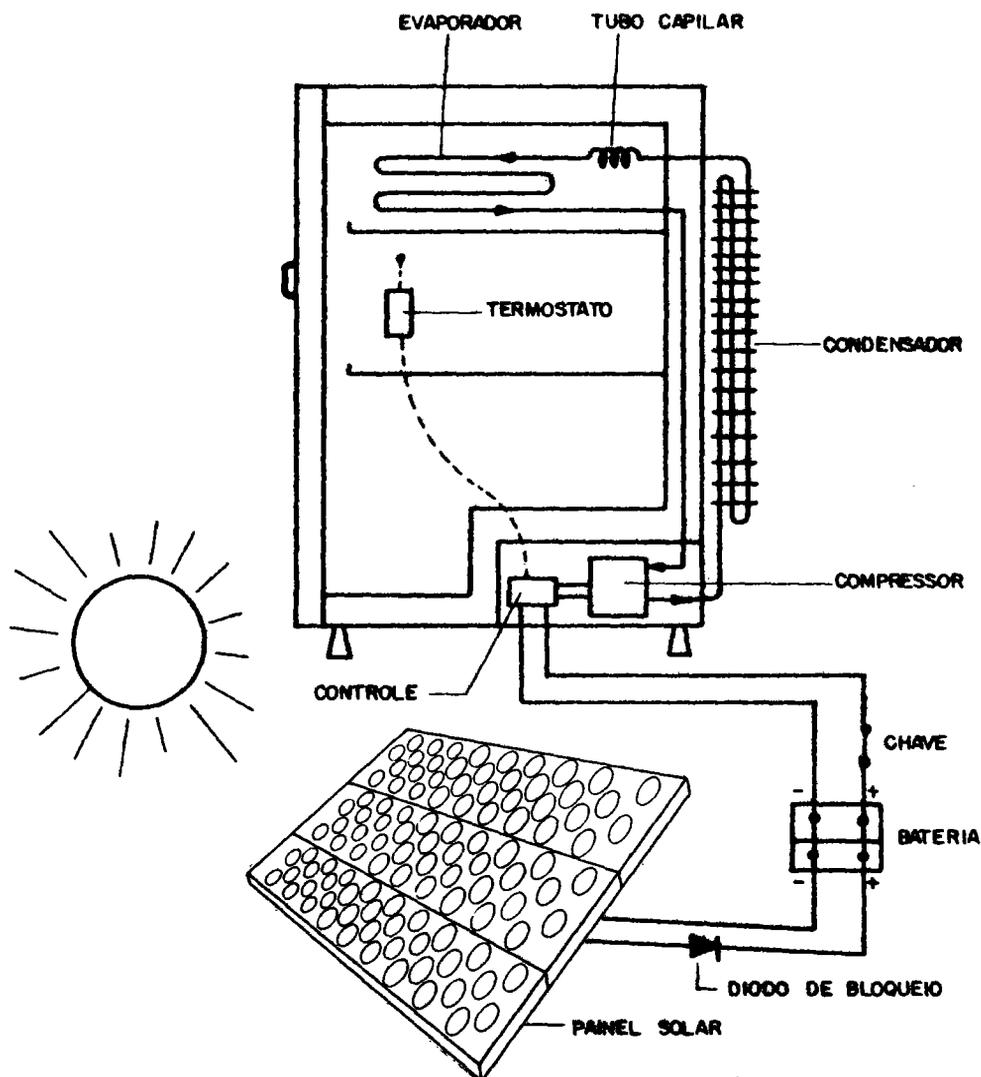
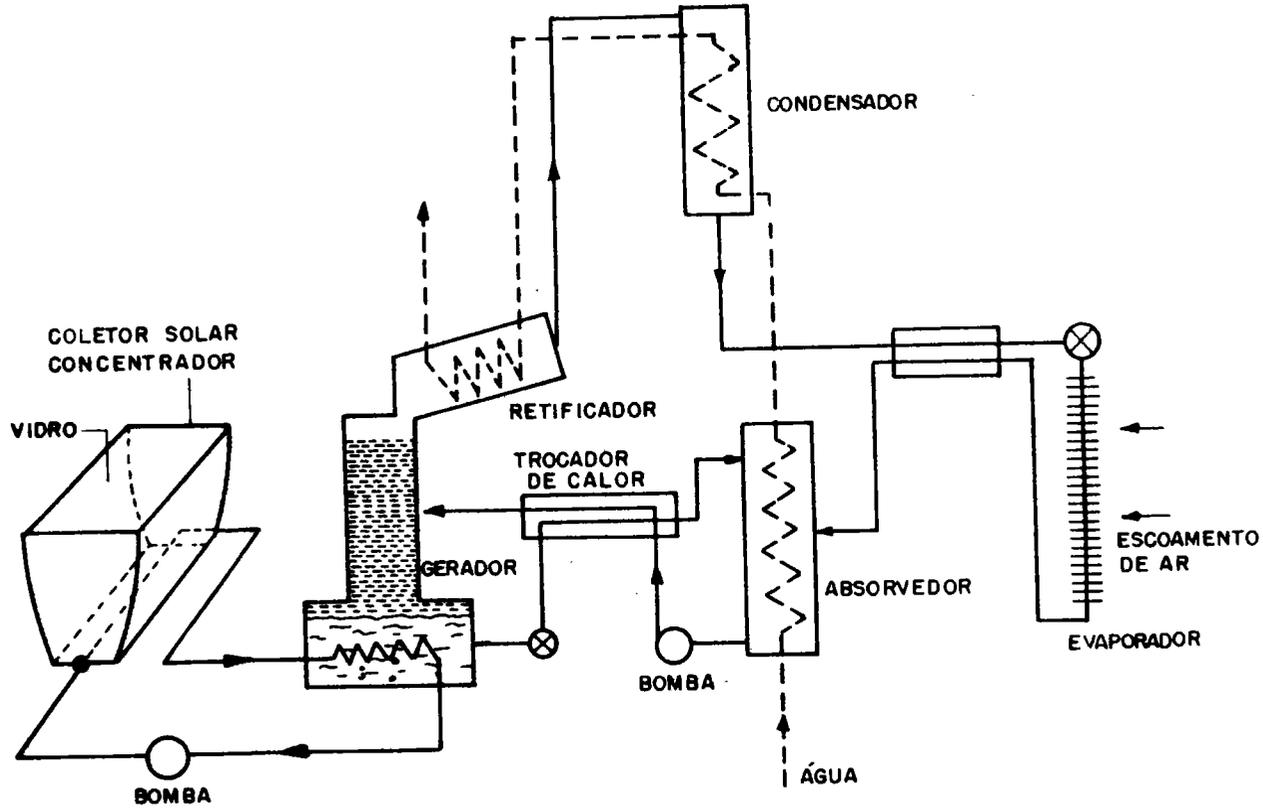
**ESQUEMA DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO FOTOVOLTAICO.**

FIGURA 11



SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO.

SECAGEM COM ENERGIA SOLAR

Juarez de Sousa e Silva ()*
Paulo César Correa ()*

() Departamento de Engenharia Agrícola-UFV*

INTRODUÇÃO

Desde 1974, quando por ocasião da primeira crise do petróleo, tem havido um crescente interesse na possibilidade de se usar a energia solar, para substituir outras fontes mais convencionais de energia (principalmente os derivados do petróleo) na secagem de produtos agrícolas ou mesmo em outras utilizações.

A quantidade de energia solar que pode incidir em uma superfície perpendicular aos raios solares, numa latitude média brasileira, é de 4800 Kcal/dia, aproximadamente, por metro quadrado de coletor, em dia completamente claro (ausência de nebulosidade).

Isso mostra que uma superfície absorvedora com 2,5m² poderia interceptar uma quantidade de energia equivalente a 1 kg de óleo diesel, aproximadamente, por dia.

Infelizmente, existem fatores que nos impedem de coletar e usar eficientemente o total de energia incidente. Primeiramente, o sol não brilha todos os dias e, por outro lado, dependendo da região, a alta poluição atmosférica grandemente impede uma boa utilização da radiação solar. Finalmente, a orientação do coletor tem grande efeito na quantidade total recebida e, em muitos casos, é quase impossível orientar um coletor de tal maneira que ele fique perpendicular aos raios solares, pois os altos investimentos adicionais em sistemas para o direcionamento da superfície coletora inviabilizaria o sistema. Uma solução mais econômica é afixar o coletor em uma determinada posição e aceitar a redução de sua eficiência coletora.

A maioria dos trabalhos que tratam da utilização da energia solar para a secagem de grãos tem sido direcionada para sistemas de secagem a baixas temperaturas, uma vez que seria difícil sua aplicação em sistemas que funcionam a altas temperaturas, pelo alto nível de energia necessário (30000-70000 Kcal/h) para secadores mecânicos de média capacidade.

Os sistemas de secagem a baixas temperaturas envolvem, geralmente, a secagem em silos, nos quais o incremento da temperatura do ar fica em torno de 59C, incluindo o aumento proveniente do atrito do ar no próprio ventilador e dutos de distribuição. Neste caso, a energia solar apresenta-se como grande potencial, como fonte de energia para a secagem.

A secagem a baixa temperatura requer um longo tempo de operação, possibilitando a deterioração das camadas superiores caso o sistema não seja criteriosamente dimensionado, ou utilizado para a secagem de grãos com o teor de umidade inicial superior a 18 - 20% bu.

Teores de umidade superiores a 20% propiciam a deterioração em curto espaço de tempo, exigindo-se altos fluxos de ar na secagem, tornando o sistema inviável técnica e economicamente.

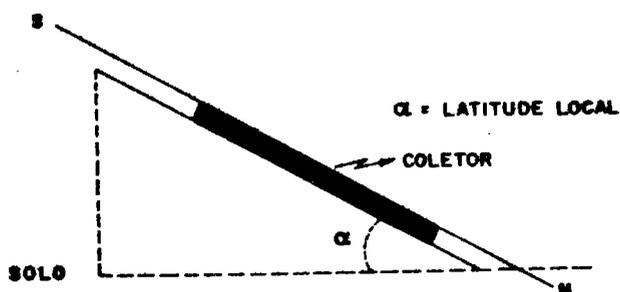
Esse problema poderia ser amenizado adotando-se um sistema de secagem em combinação, onde seria conduzido uma pré-secagem a altas temperaturas, em secadores tradicionais, reduzindo-se o teor de umidade até níveis seguros, para o complemento da secagem a baixas temperaturas, em silos.

Tal procedimento, além de evitar a deterioração do produto, acarretaria uma economia substancial de tempo e energia.

O COLETOR PLANO DE ENERGIA SOLAR

O coletor solar que vamos descrever não exige nenhum dispositivo mecânico para mantê-lo perpendicular aos raios solares. Ele deve ser fixo e orientado na direção norte-sul, tendo a superfície absorvedora voltada para o norte. Outro ponto que deve ser observado é a inclinação da superfície absorvedora com a horizontal (nível do solo). Uma inclinação ótima para a variação anual deve ser igual ao valor da latitude do lugar (Figura 1). Uma grande vantagem do coletor plano é que ele

FIGURA 1
ORIENTAÇÃO DO COLETOR SOLAR



irá absorver a energia diretamente do sol, em forma de radiação direta e também a energia difusa (radiação refletida pela terra e pelas nuvens). Um coletor plano é capaz (dependendo do fluxo de ar) de elevar a temperatura do ar (em dias de céu aberto) até 30°C (uma diferença de temperatura de 10°C é considerada uma boa média). Além dos fatores supramencionados, o coletor plano de energia solar é de construção fácil e relativamente barato. Isso faz com que os coletores planos sejam a melhor escolha para a secagem de produtos agrícolas.

Atualmente, existem vários tipos diferentes de coletores planos, mas todos eles possuem duas características básicas:

- a) uma placa preta para absorver a energia solar; e
- b) um fluido circulante (normalmente o ar ambiente) para tirar o calor da chapa e levá-lo para o ponto de utilização (em nosso caso, o tanque que contém os grãos a serem secos). O secador solar rotativo é uma exceção do tipo acima citado, e será discutido mais adiante.

Um coletor de energia solar, tendo o ar como fluido circulante, pode ser constituído desde uma simples chapa de metal ou telha de cimento-amianto pintados em preto até elementos mais aprimorados.

A chapa ou telha deverá formar um canal com a estrutura por onde deverá ser forçada a passagem do ar (Figura 2).

Um segundo tipo possui ainda uma cobertura transparente sobre a chapa coletora, com a finalidade de aumentar o rendimento total do sistema. Essa cobertura transparente pode ser de vidro ou mesmo um simples lençol de plástico transparente como é o caso do coletor usado na UFV. A perda de calor da chapa coletora para o ambiente, por causa do efeito do vento sobre a chapa absorvedora, é minimizada por essa cobertura transparente (Figura 3).

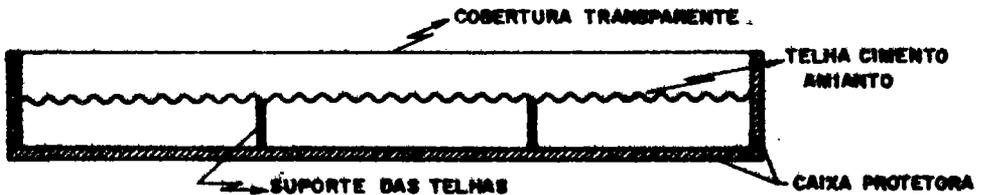
FIGURA 2

CORTE TRANSVERSAL DE UM COLETOR (SEM COBERTURA)



FIGURA 3

CORTE TRANSVERSAL DE UM COLETOR (COM COBERTURA)



Existem diferentes maneiras de melhorar a eficiência de um coletor, entretanto, essa melhoria deve ser comparada com o investimento adicional. Usualmente, os coletores mais eficientes são também os mais caros.

CONSTRUÇÃO DO COLETOR SOLAR

Os coletores solares podem ser construídos de diferentes materiais. Entretanto, esses materiais devem ser bastante resistentes às variações de temperaturas, chuva, vento, etc.

De modo geral, o projeto de um coletor deverá ser de fácil manuseio e fornecer o calor com um mínimo de manutenção, reparos e de fácil substituição de partes.

a) Cobertura transparente

Usualmente, o vidro é a melhor cobertura para os coletores para aquecimento de ar. O vidro é bastante transparente à radiação solar e bastante opaco às radiações, em forma de calor, constituindo um bom isolante contra o calor coletado pela chapa preta (este fenômeno é conhecido como efeito estufa), e explica o porquê de, os carros fechados permanecerem bastante quentes, quando expostos ao sol.

Lençóis de plástico transparente são também bastante usados como cobertura para os coletores. Entretanto, são menos duráveis do que as coberturas em vidro. Usualmente, a vida útil da cobertura transparente (plástico) não é muito superior a 2 anos.

O lençol de plástico é mais transparente à radiação solar que o vidro comum, mas, por outro lado, é bem menos opaco à radiação, em forma de calor. Nesse caso, o usuário deve optar para o que lhe for mais conveniente. Para baixas temperaturas, tais como secagem de café, os lençóis de plástico são bem mais convenientes. Eles são flexíveis, mas fáceis de instalar e custam bem menos que uma lâmina de vidro de igual tamanho.

b) Chapa Coletora

As características desejáveis de uma placa absorvedora são:

- 1) deve absorver a radiação solar o máximo possível;
- 2) deve perder o mínimo possível de calor para o ambiente; e
- 3) deve transferir o calor retido para o ar circulante.

Se a chapa for pintada em preto, ela irá absorver mais energia radiante que qualquer outra coloração da placa. Uma superfície preta irá absorver em torno de 95% da radiação que atravesse a cobertura transparente.

Os materiais usualmente usados como chapas coletoras são o cobre, alumínio, ferro, cimento-amianto e plástico. O cobre é o mais caro, mas possui a mais alta condutividade térmica. O cimento-amianto é menos caro, e bastante aplicável para o caso de secagem de grãos (são duráveis, baratos e bastante simples de se instalar).

A superfície da chapa coletora também afeta a transparência de calor para o ar dentro dos coletores. Alguns tipos são feitos de material corrugado, com a finalidade de aumentar a área de transferência de calor. Por esses motivos, a telha de cimento-amianto foi escolhida para o projeto da U.F.V.

c) Caixa Protetora da Chapa Coletora

Metal, fibra de vidro, concreto e madeira podem ser usados, no entanto, a estrutura de madeira é mais leve e facilmente encontrada no mercado, exigindo apenas um carpinteiro não muito especializado, para a feitura de toda a estrutura do coletor. Isolamento térmico pode ser adicionado no fundo e laterais da caixa protetora, para evitar as perdas de calor; no entanto, o investimento em isolamento térmico pode não compensar o calor adicional coletado.

Quando o coletor não estiver em operação (quando o ventilador não estiver ligado) a temperatura pode atingir valores acima de 80°C. Dessa maneira, é aconselhável cobrir o coletor para evitar danos ocasionados por altas temperaturas. Fibra de vidro é o material mais comumente utilizado para isolar os coletores solares.

CONSIDERAÇÕES GERAIS E ESPECIFICAÇÕES PARA OS COLETORES SOLARES

1. Coletor sem a cobertura transparente
 - a) Acréscimo de temperatura inferior a 15°C.
 - b) Máxima velocidade do ar dentro do coletor (250 metros por minuto).
 - c) Espaço entre a chapa coletora e o fundo da caixa (4 cm).
 - d) Material utilizável para a chapa coletora (cimento-amianto ou metal pintado em preto fosco).

2. Coletor com cobertura transparente
 - a) Acréscimo de temperatura de até 40°C.
 - b) Máxima velocidade do ar (250 m/min).
 - c) Espaço entre a chapa e o fundo (2cm) e espaço entre a chapa e a cobertura (3cm).
 - d) Material utilizado para chapa coletora (cimento-amianto ou metal pintado em preto fosco).
 - e) Material transparente para cobertura (fibra de vidro, vidro ou plástico).
 - f) Isolamento em fibra de vidro, se for o caso.

SECAGEM DE CAFÉ COM ENERGIA SOLAR

1. Secadores UVF

Dois sistemas de secadores foram construídos e testados na Universidade Federal de Viçosa. O primeiro secador (UFV - J2) consta de um teto solar (coletor solar), um duto de conexão e o tanque secador (Figuras 4a e 4b). O segundo, um secador solar rotativo (UFV-JPC 1), consta apenas de uma caixa a qual é formada por laterais de madeira tendo frente e fundos em tela de malha quadrada de 6mm. A caixa possui um eixo (tubo de ferro galvanizado 3/4 polegadas) central o qual é apoiado em dois pequenos pilares de madeira, para permitir fácil rotação. O produto a secar (café) constitui o material absorvedor de calor neste tipo de secador. A ventilação natural constitui o meio de retirar o calor e, conseqüentemente, a eliminação da umidade, como acontece nos terreiros tradicionais (Figuras 5, 6 e 7). Nos secadores rotativos, o material passa por operações de secagem e limpeza, simultaneamente, e também substitui completamente o uso de terreiros, além de não utilizar qualquer forma de energia. O secador solar UFV - J2 não elimina a utilização do terreiro na secagem de café, mas

FIGURA 4a

CORTE LONGITUDINAL DO SECADOR UFV-J2

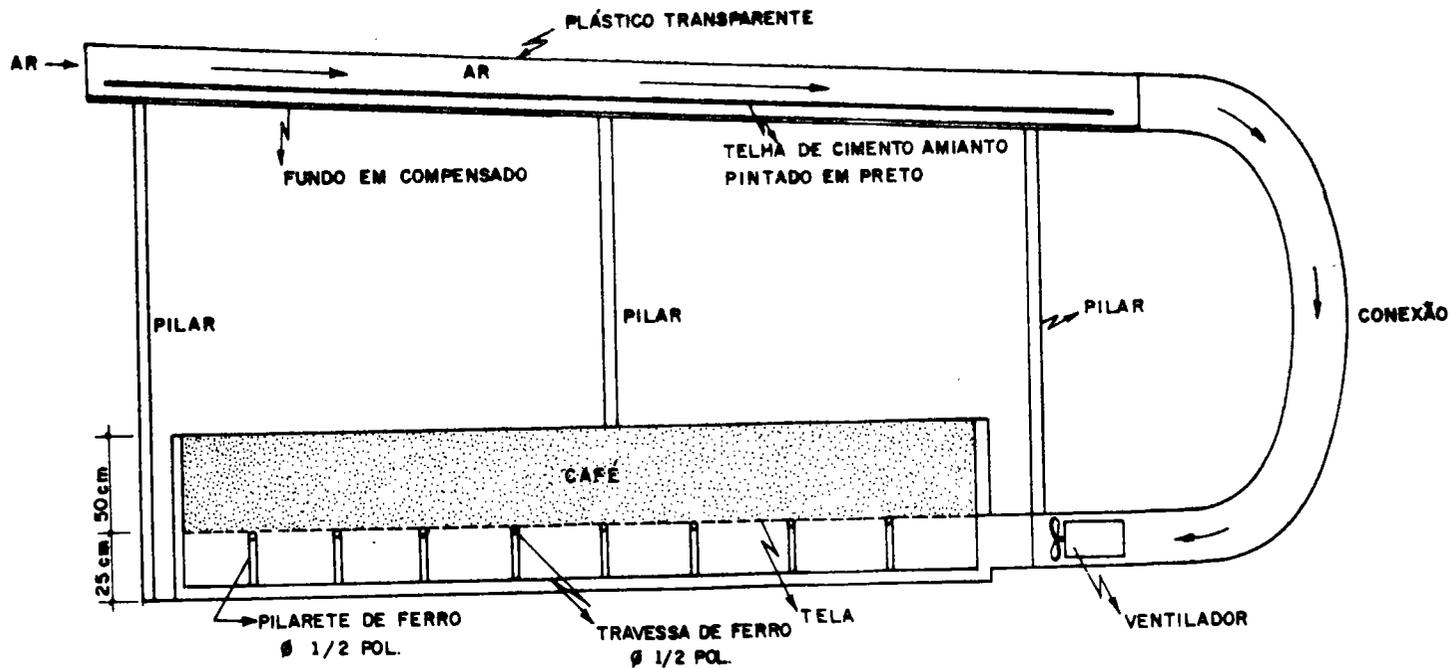


FIGURA 4b

VISTA SUPERIOR DO TANQUE SECADOR

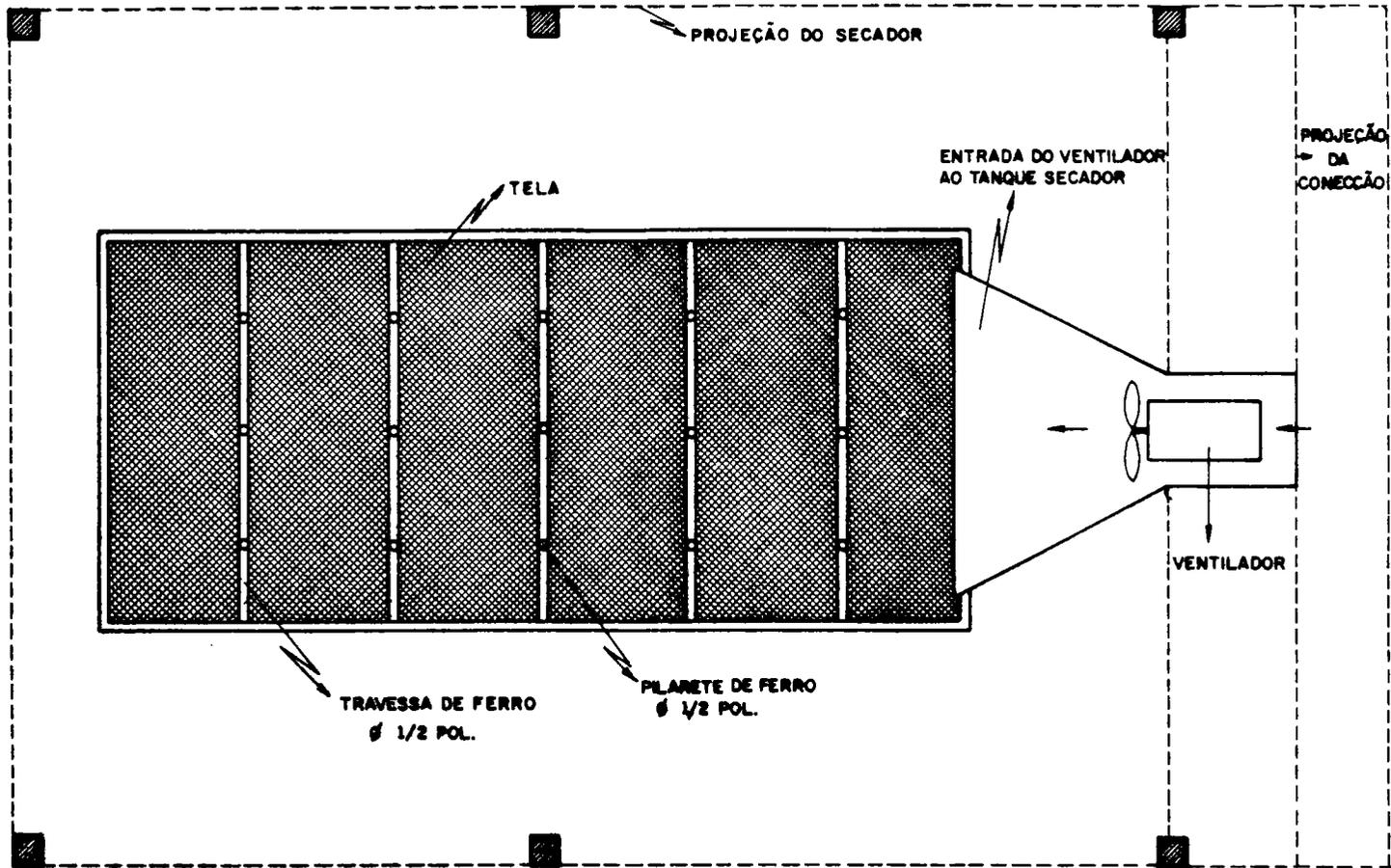


FIGURA 5

DETALHE DO FUNIL DE ALIMENTAÇÃO DO SECADOR ROTATIVO

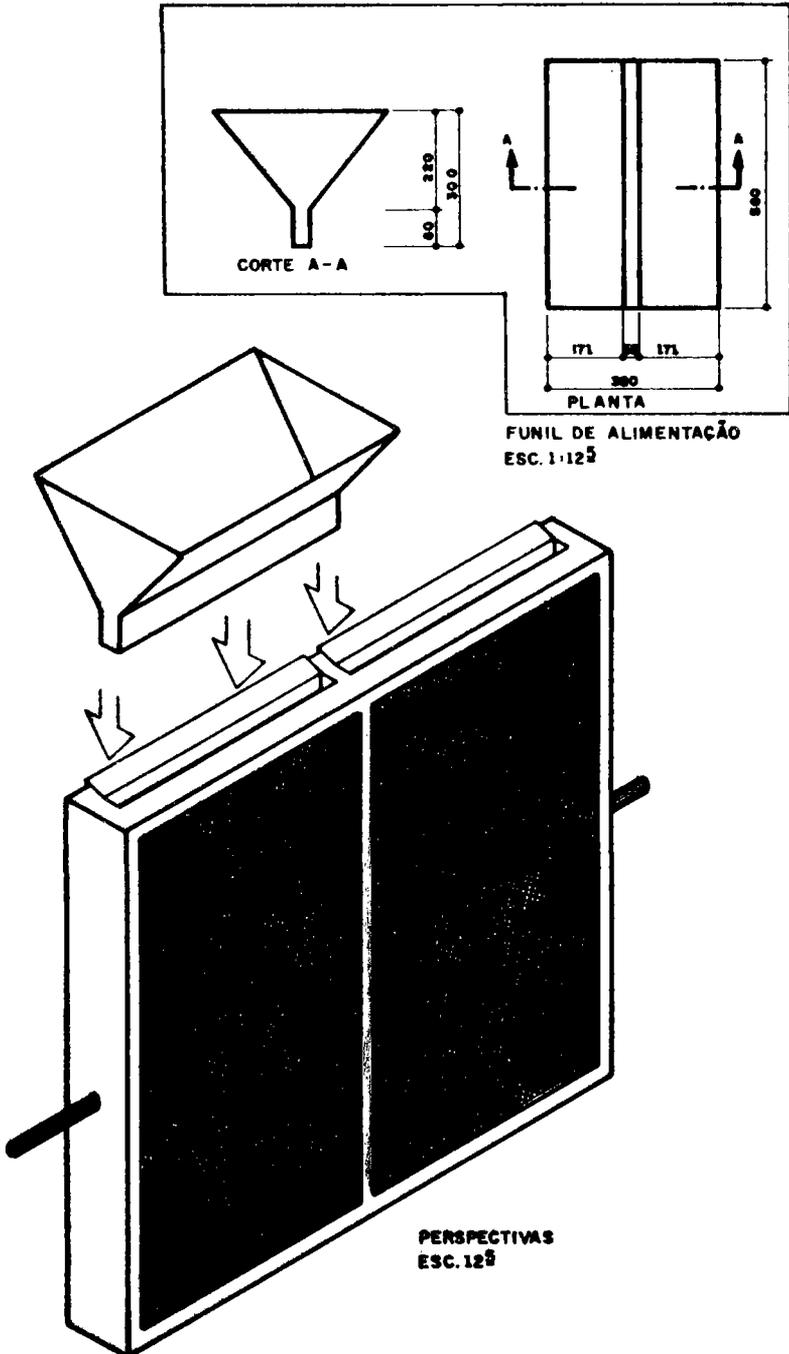
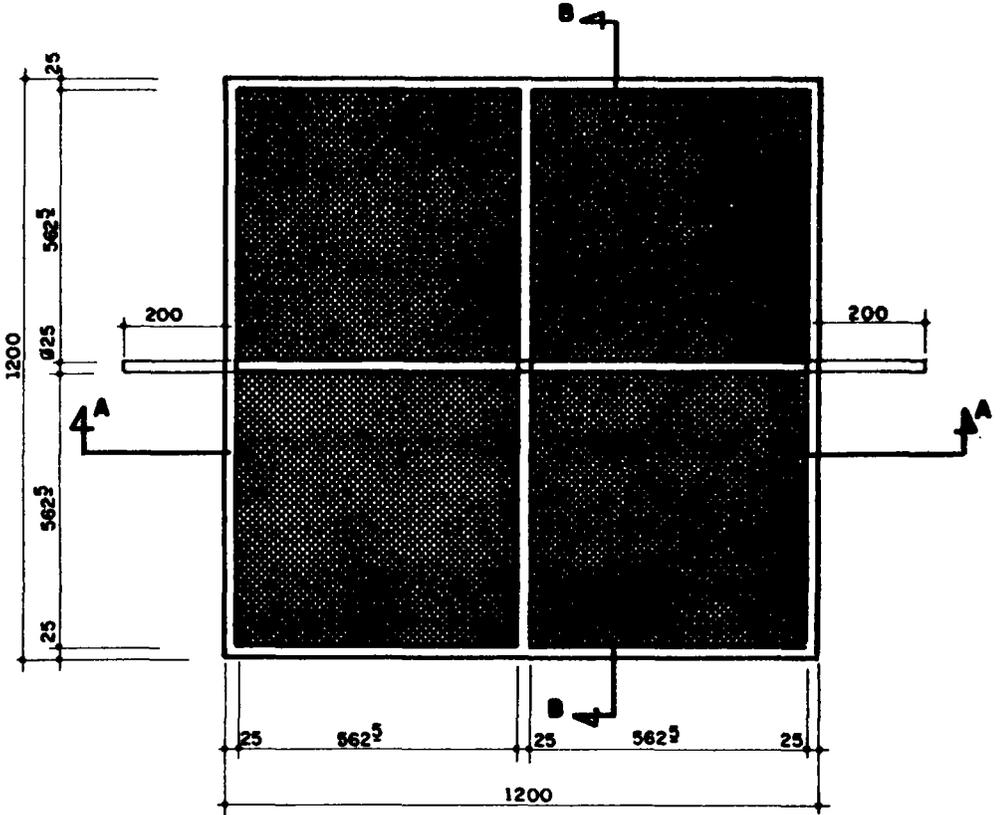
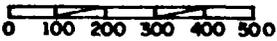


FIGURA 6
PLANTA DO SECADOR ROTATIVO



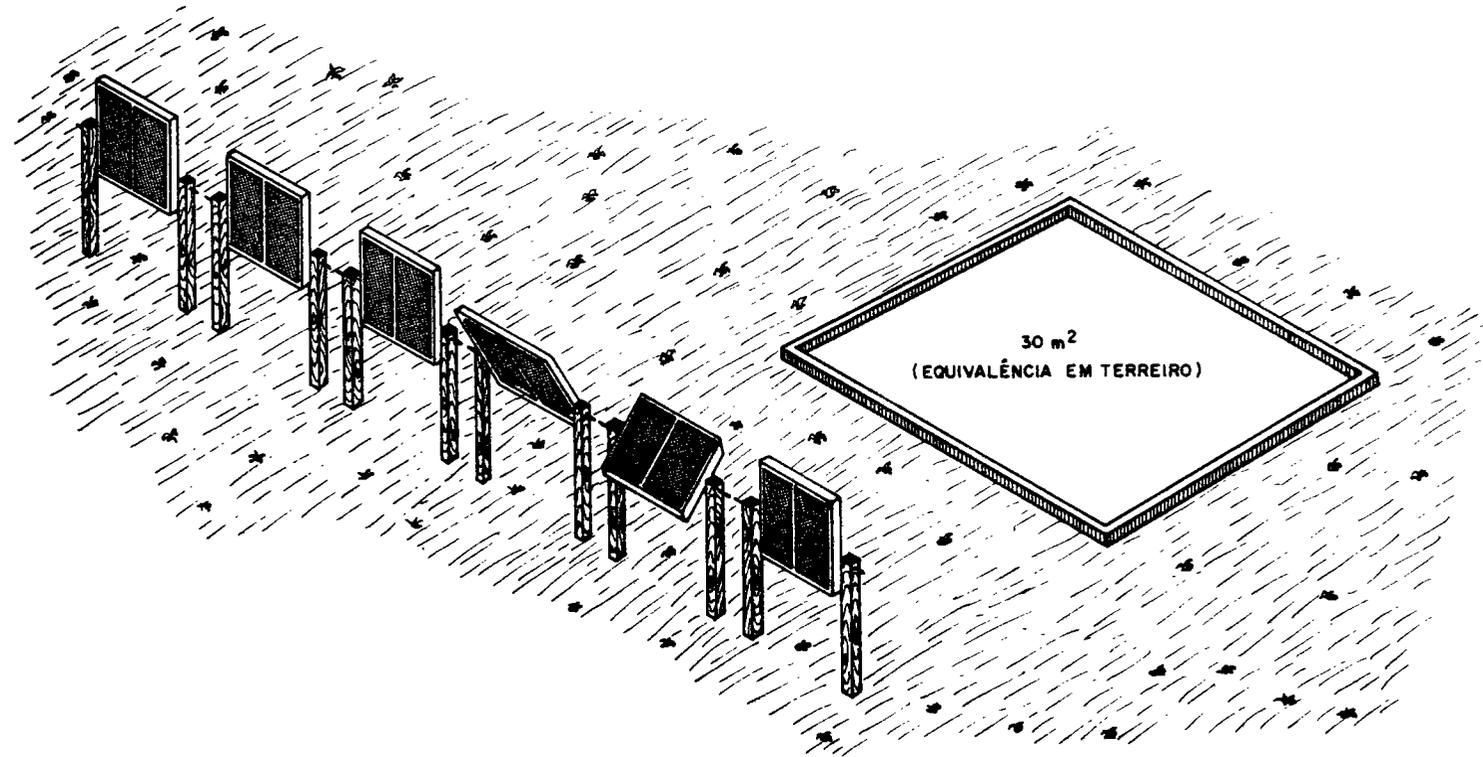
PLANTA - Esc. 1:12⁵



COTAS EM mm

FIGURA 7

VISTA GERAL DO "SISTEMA ROTATIVO"



reduz substancialmente a área necessária para a secagem apenas em terreiro. O secador UFV-J2 exige ainda energia elétrica, para acionar o ventilador. Por outro lado, este secador tem maior capacidade de secagem, por causa da elevação de temperatura do ar de secagem. No entanto, se o secador solar (UFV-J2) for usado em combinação com o secador solar rotativo (UFV-JPC 1), o terreiro é completamente eliminado, e o processo se torna mais fácil, com grande aumento na capacidade de secagem.

SISTEMA DE OPERAÇÃO

1. Secador Solar UFV-J2

Após colhido, o café é levado ao terreiro ou secadores rotativos, para uma pré-secagem, durante um período de dois dias, dependendo das condições ambientais. A altura total da camada no tanque secador não deve ultrapassar 0,5 metros de espessura, e deve ser colocada em camadas (1 camada por dia). Se as condições forem ideais, a secagem poderá ser completada, em torno de 8 dias (até os 5 primeiros dias, o ventilador de verá funcionar também durante a noite) após completar a carga do secador. Nesse ponto, o secador deve ser descarregado, e nova etapa de secagem iniciada.

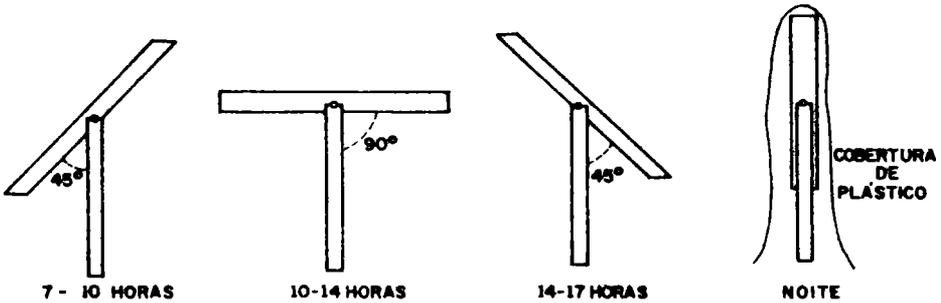
2. Secador Solar Rotativo

Como no caso anterior, após colhido o café, é colocado nos secadores rotativos. Os secadores devem ser orientados na direção norte-sul e ocupando quatro posições, durante o dia, como foi indicado na Figura 8. Antes de se colocar o secador na posição indicada, o produto deve ser homogeneizado, por meio de 8-10 rotações, no secador rotativo.

Se as condições forem favoráveis, depois de 5 dias de exposição à radiação solar, o volume do material dentro dos secadores rotativos deverá estar em torno de 60% do volume inicial. Nesse ponto, o material de um secador deve ser transferido para outros dois e imediatamente recarregado (veja esquema na Figura 9).

FIGURA 8

POSICIONAMENTO DOS SECADORES ROTATIVOS DURANTE O DIA



EXEMPLOS

1. Secador Solar Rotativo

Suponha que em uma propriedade são colhidos 1200 litros (1,2m³) de café por dia. Pergunta-se: quantos secadores rotativos (1,2x1,2x0,15) serão necessários para atender à secagem do café?

Solução: Em média, são necessários 13 dias de exposição à radiação solar, para que a umidade do café passe de 60% (colheita) para 13% aproximadamente (armazenagem). Nesse caso, cada secador ficará ocupado por um período de 13 dias. Após este intervalo de tempo, o secador é descarregado e novo período de secagem iniciado. Outro ponto a ser observado é que, após 5 dias de exposição, o volume de café dentro do secador irá cair para 60% do valor inicial, como foi indicado na Figura 9. Neste ponto, o material contido em um secador deve ser transferido para completar o volume inicial de outros dois (o secador descarregado é então liberado para nova carga). Este procedimento é repetido, até o ponto em que os secadores completamos 13 dias de secagem.

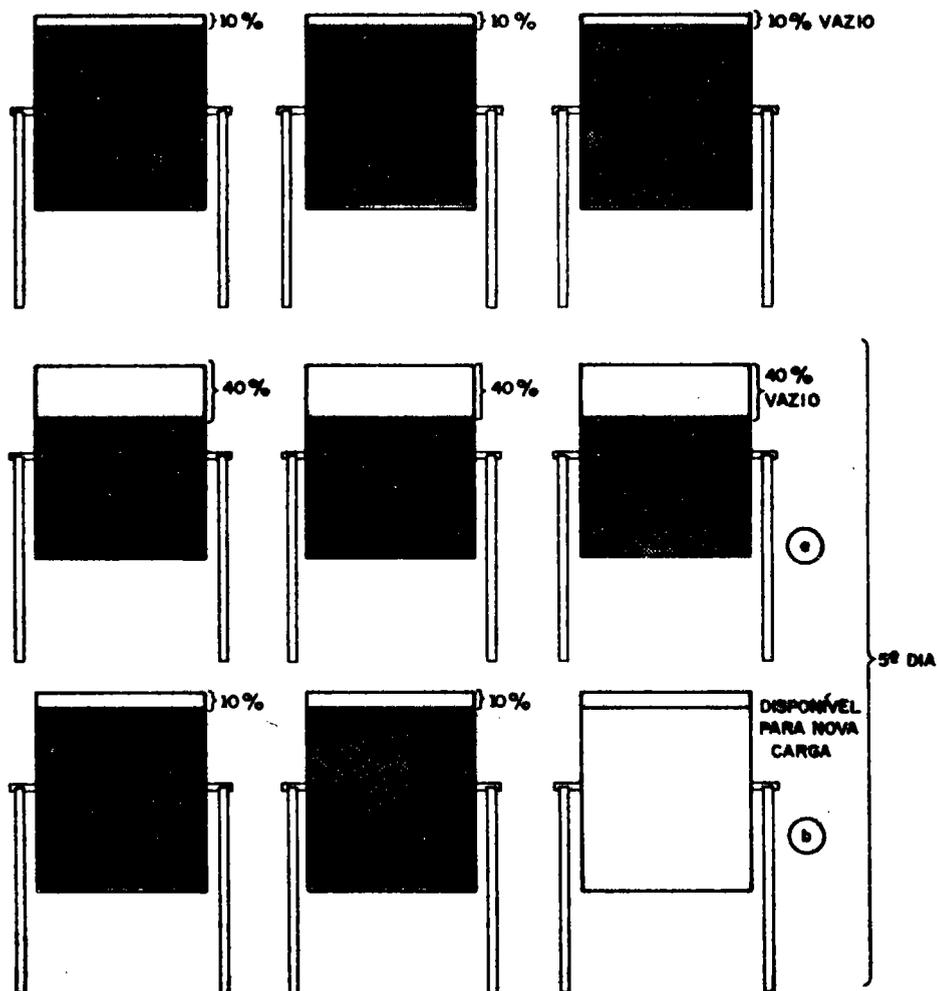
O número total de secadores é então determinado pela seguinte fórmula:

$$Nc_t = 13 Nc_d - \frac{8 Nc_d}{3}$$

na qual:

FIGURA 9

SISTEMA DE CARGA DOS SECADORES ROTATIVOS



Nc_t = número total de secadores;

Nc_d = número de secadores usados por dia.

Assim, para o problema, 1200 l/dia serão colocados em 6 secadores de 1,2x1,2x0,15 (cada secador comportará 200 litros).

Assim:

$$Nc_t = 13 \times 6 - \frac{8 \times 6}{3} = 62 \text{ secadores}$$

Resposta: O número total de secadores para uma colheita diária de 1200 litros é de 62.

2. Secador Solar UFV-J2

Suponha-se que a mesma quantidade de café seja colhida (1200 l/dia). Pergunta-se quais as dimensões do secador e quantos secadores rotativos (ou metros quadrados em área de terreiro) serão necessários?

Solução: A carga do secador solar UFV-J2 deverá ser feita em camadas, após 2 dias de uma pré-secagem nos secadores rotativos ou em terreiro. Assim, cada dia de colheita mostra que após o 2º dia de exposição ao sol, 1200 litros de café, aproximadamente, serão transferidos para o secador solar UFV-J2, o qual, após quatro camadas consecutivas, conterà $1200 \times 4 = 4800$ litros ou $4,8 \text{ m}^3$, aproximadamente.

Com 8 dias de secagem, depois de se colocar a quarta camada (dependendo das condições de radiação solar), o secador poderá ser descarregado e novo carregamento iniciado.

Dessa maneira, 12 secadores rotativos (ou 60 metros quadrados de terreiro) serão necessários para conjugar com o secador solar UFV-J2 com $4,8 \times 2 \times 0,50$ de tanque secador e um teto solar de $7 \times 3 = 21 \text{ m}^2$ de área coletora. Um ventilador que forneça $10 \text{ m}^3/\text{min}$ para cada 1000 litros (1 m^3) de café deverá ser acoplado ao sistema (veja figuras ilustrativas).

FUTURO DA SECAGEM UTILIZANDO-SE ENERGIA SOLAR COMO FONTE DE AQUECIMENTO DO AR

A energia solar, devido a características próprias, parece ser gratuita; no entanto, coletá-la, armazená-la e distribuí-la pode torná-la mais onerosa que qualquer outra forma de energia alternativa. A sua adoção para a secagem de produtos agrícolas, que é responsável pelo maior gasto de energia destinada ao processo de produção, (em alguns casos superior a 50%) irá depender do suprimento e preço dos derivados de petróleo e de outras fontes convencionais de energia, bem como de outras formas não convencionais, como a lenha, resíduos agrícolas, etc.

A utilização da energia solar dependerá do desenvolvimento de sistemas de secagem eficientes e econômicos. Nesse sentido, o campo de investigação é amplo e várias pesquisas específicas deverão ser desenvolvidas. Assim, por exemplo:

1. É necessária alguma forma de armazenar energia para a secagem?
2. Economicamente, pode-se armazenar a energia solar?
3. O coletor solar poderia ser utilizado para múltiplas finalidades, como para a secagem, aquecimento de água e de ambiente, refrigeração, etc.?
4. Haveria maneira de viabilizar a aplicação da energia solar em sistemas de secagem a altas temperaturas?
5. Onde ou sob que condições a energia solar poderia ser utilizada com economia e segurança para a secagem a baixas temperaturas?

Em muitas regiões brasileiras, durante dias ensolarados, a grande maioria dos produtos agrícolas como milho, soja, sorgo, arroz, etc. pode ser secado a teores de umidade seguros para a armazenagem (12 a 13%) com o uso do ar sob condições naturais. Qualquer quantidade de calor adicionado ao ar de secagem reduz a umidade relativa e causa um super secamento no produto, principalmente, nas camadas inferiores do silo. Os grãos super secos podem ser reumedecidos com subsequente ventilação durante dias com altas umidades relativas ou mesmo durante a noite. Entretanto, a secagem e reumedecimento alternados podem causar uma redução na qualidade do produto, como, por exemplo, o caso do arroz. Este problema pode, em muitos casos ser solucionado pela adoção de dispositivos de revolvimento, com a finalidade de misturar grãos secos e úmidos, minimizando o gradiente de umidade.

Muitos métodos podem ser usados para armazenar a energia solar e entre eles, o mais simples é transferir o calor coletado para uma camada de pedras e usar o calor armazenado durante os períodos noturnos, quando a umidade relativa é alta. Obviamente, os sistemas que visam armazenamento de energia solar terão custos bastante elevados, e neste caso, é melhor usar a energia armazenada para aplicações mais nobres que a secagem de grãos. O uso múltiplo do sistema, como por exemplo em secagem, em aquecimento de ambiente, em refrigeração, etc., pode ser uma opção para reduzir os custos. Entretanto, a adaptação de um sistema para secagem com as atividades acima selecionadas, além de difícil, poderá aumentar ainda mais os custos devido, principalmente, ao posicionamento de cada atividade dentro da propriedade agrícola.

Caso não seja necessário o armazenamento de energia, os coletores portáteis poderão ser uma boa opção para solucionar este problema.

Como dito anteriormente, cereais podem ser secados em si los com o uso de ar sob condições naturais. A adaptação de um ventilador de maior vazão ao sistema, trará mais sucesso que adicionar calor suplementar, com energia solar ou qualquer outra fonte de energia.

Nas regiões úmidas, o calor adicional é necessário para reduzir a umidade relativa do ar e permitir a secagem a teores de umidade adequados à armazenagem. Nessas áreas, o calor fornecido pela radiação solar poderá ser uma boa opção; sua aceitação poderá ser grande quando trabalhos de pesquisa indicarem relativo sucesso na operação de secagem.

Concluindo, pode-se afirmar que com a atual tecnologia disponível, a energia solar para a secagem de grãos só se viabilizará caso haja uma drástica redução de suprimento, ou um aumento substancial no custo da energia proveniente de fontes convencionais.

* * *

INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA DO GASOGÊNIO EM
SISTEMAS DE SECAGEM

José Tomaz V. Pereira ()*

(*) UNICAMP

INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Secagem são geralmente constituídos por um dispositivo para movimentação do ar, dutos de conexão, reservatórios onde os grãos são colocados e dispositivos para aquecimento e/ou secagem do ar. Os grãos podem ficar parados (secagem por batelada), ou ser movimentados (secagem contínua) [1].

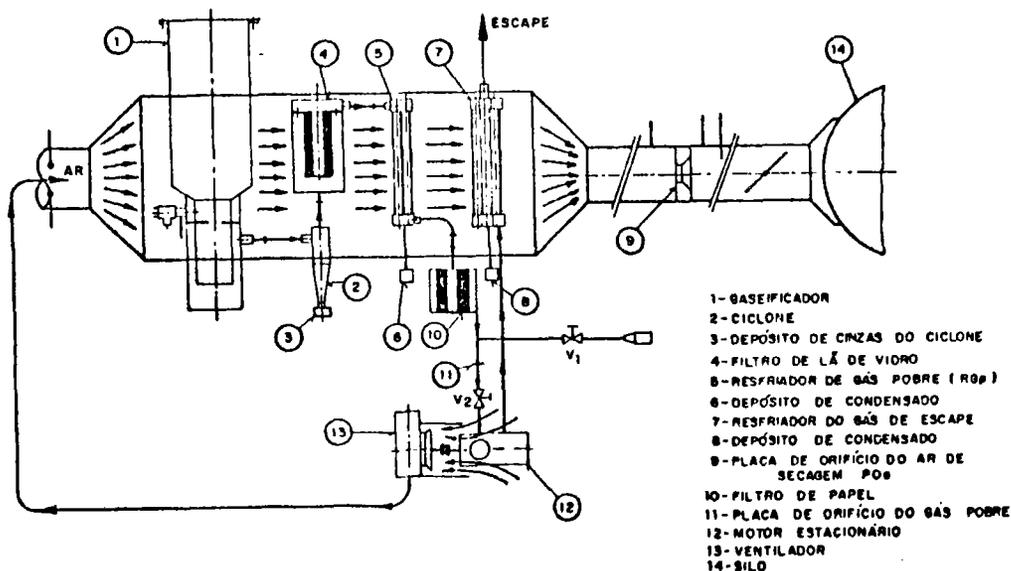
Na maioria dos sistemas de secagem a energia mecânica para movimentação do ventilador é fornecida por um motor elétrico e a energia térmica provém de aquecedores elétricos e/ou fornalhas alimentadas por combustíveis fósseis ou biomassa. Recentemente tem se difundido o uso da Energia Solar para aquecimento do ar em Sistemas de Secagem a Baixas Temperaturas (até 60°C) [2].

O Sistema de Secagem utilizado neste trabalho pode ser classificado como um Sistema de Baixa Temperatura e é caracterizado por ter, como fonte principal de energia, um gaseificador de madeira que é responsável pelo fornecimento de toda a energia mecânica e térmica utilizada na secagem (exceto a necessária para a partida do Sistema).

A montagem experimental (Fig. 1) foi constituída por um gaseificador de madeira, tipo co-corrente, um motor de combustão interna de ciclo Otto, estacionário, um ventilador radial, trocadores de calor, filtros e dutos de conexão. O motor de combustão interna e o ventilador foram testados separadamente para levantamento de suas características, visando a simulação numérica da operação do Sistema.

FIGURA 1

ESQUEMA DA MONTAGEM EXPERIMENTAL



GASEIFICADOR

A gaseificação de combustíveis sólidos é empregada desde o início do Século XIX, mas seu desenvolvimento tecnológico tem sido caracterizado por fases de grande esforço e fases de relativo ou completo abandono. A utilização de gasogênios para acionamento de motores, principalmente veiculares, foi bastante intensa durante a 2ª Grande Guerra, mas devido à abundância e maior facilidade de uso dos combustíveis líquidos no Pós-guerra, os gasogênios foram praticamente abandonados.

Nos anos recentes, com a crise do petróleo e a necessidade de se buscar fontes alternativas de energia, os gaseificadores voltaram a ser estudados e utilizados.

Dentre os vários tipos de gaseificadores existentes, o mais indicado para combustíveis com alcatrão (biomassas em geral) é o gaseificador co-corrente [3], [4].

Esse gaseificador, bem projetado e operando com partículas de dimensões recomendadas, produz um gás praticamente isento de alcatrão. Para operação com cavacos de eucalipto, com teor de umidade base úmida, de aproximadamente 10%, a eficiência do processo de gaseificação fica em torno de 72% e o poder calorífico inferior do gás é aproximadamente 1400 Kcal/Nm³ [4].

Para utilização no motor, o gás produzido deve ser filtrado para remoção das partículas de cinza e carvão e posteriormente resfriado.

MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

O motor utilizado foi um Motor MONTGOMERY, 4 tempos, Mod. G-137, que desenvolvia uma potência nominal de 3,4 HP a 3600 RPM quando alimentado com gasolina. O carburador desse motor foi modificado de modo a possibilitar a operação com gás pobre ou gasolina, ou ambos.

Os testes do motor, para operação com gasolina foram efetuados segundo as recomendações da Norma ABNT-P-MG 749 e visaram a determinação das relações entre a eficiência, rotação e a carga do motor. Os testes para operação com gás pobre foram efetuados durante a operação do Sistema de Secagem e indicaram que a eficiência do motor era aproximadamente a mesma, tanto para operação com gasolina, como com gás pobre.

Baseando-se nos resultados dos ensaios com gasolina, foram estabelecidas as equações abaixo, relacionando a eficiência ($\eta = \%$) com rotação ($N = \text{RPM}$) e a potência de eixo do motor ($P = \text{watts}$).

$$\eta = a_0 + a_1 P + a_2 P^2 \quad [1]$$

$$a_0 = 0,06274 - 0,186 \cdot 10^{-5} N \quad [2]$$

$$a_1 = 0,07712 - 0,140 \cdot 10^{-4} N \quad [3]$$

$$a_2 = -0,5614 \cdot 10^{-4} + 0,13410^{-7} N \quad [4]$$

VENTILADOR

Foi utilizado um ventilador VENTILEX, Mod MIL-30-Ci, radial de pás retas. A curva característica desse ventilador foi obtida mediante ensaio para a rotação (N) de 3400 RPM. Os ensaios foram efetuados com o ventilador instalado na montagem definitiva, mas acionado por um motor elétrico de corrente alternada com a curva de eficiência conhecida.

As relações entre a pressão total (H :mmH₂O) e a eficiência (η_v %) com vazão (Q :m³/S) foram expressas pelas relações:

$$H = 185,86 - 63,4 Q - 303 Q^2 \quad [5]$$

$$\eta_v = -0,0227 + 469,1 Q - 1130 Q^2 \quad [6]$$

Esses resultados foram estendidos às demais condições de operação mediante aplicação das relações de similaridade.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad [7]$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \quad [8]$$

SISTEMA DE SECAGEM

A disposição dos componentes foi ditada pelas conveniências de montagem, pela limitação do espaço físico e por imposições técnicas, principalmente as referentes às medidas de vazão e temperatura.

O ar de secagem era aspirado pelo ventilador através do corpo do motor estacionário e soprado através de uma câmara que envolvia o gaseificador, ciclone, filtro de lâ de vidro, e os resfriadores, indo finalmente para o Silo Secador. Nesse circuito o ar era aquecido pelas perdas térmicas do motor estacionário, pelo processo de compressão do ventilador, pelas trocas de calor com o conjunto gaseificador, gás pobre e gás de escape do motor estacionário.

O gás pobre para alimentação do motor, produzido pelo gaseificador, passava por um ciclone, um filtro de lã de vidro, sendo em seguida resfriado em um trocador de calor. Após o trocador de calor o gás pobre era novamente filtrado e ia para o motor. O motor era colocado em operação com gasolina, o gaseificador acendido através de um dispositivo apropriado e após aproximadamente 10 minutos o gás produzido podia ser usado para alimentação do motor, substituindo a gasolina.

A montagem efetuada permitia a determinação da temperatura do ar após o ventilador e na entrada do silo secador. Assim a elevação da temperatura do ar em relação ao ambiente, determinada após o ventilador (DT1), era causada pela energia absorvida do corpo do motor estacionário e pelo processo de compressão do ventilador. A elevação posterior da temperatura, determinada na entrada do silo secador (DT2) era devida às trocas de calor com o conjunto gaseificador, com o gás pobre e com o gás de escape do motor.

Os valores de DT1 e DT2 foram obtidos experimentalmente para 3 rotações (2450, 3100 e 3600 RPM) e várias vazões. A vazão era ajustada por meio de uma válvula colocada na entrada do silo secador e o Sistema ficava operando até a estabilização da temperatura do ar de secagem. Após a estabilização por um período de aproximadamente 10 minutos, outra vazão era selecionada e o processo se repetia.

Essas elevações de temperatura foram expressas em função da pressão total (h : metros de coluna de ar) e das eficiências (%) do ventilador, do motor estacionário e do gaseificador, pelas relações:

$$DT1 = \frac{gh}{c_p} \left(\frac{100}{\eta} + \frac{\alpha_1}{\eta \eta_v \eta_c} \right) \quad [9]$$

$$DT2 = \frac{gh}{c_p} \frac{\alpha_2}{\eta \eta_v \eta_G} \quad [10]$$

Nas expressões (9) e (10), g é a aceleração da gravidade (m/s), c_p o calor específico do ar à pressão constante (J/(Kg K)) e α_1 e α_2 , frações da potência do gaseificador, transferidas na forma de calor para o ar, pelo corpo do motor estacionário (α_1) e pelo conjunto gaseificador, filtro, ciclone e trocadores de calor do gás pobre e do gás de escape do

motor (α_2), (η), (η_v), e (η_G) são as eficiências (%) do motor estacionário, do ventilador e do gaseificador.

Os coeficientes α_1 e α_2 foram determinados a partir das Eq. (9) e (10), utilizando os valores experimentais de DT1 e DT2 e h. Verificou-se que α_1 podia ser representado por uma função linear de vazão (Q) e α_2 por uma função linear da potência de eixo do motor.

$$\alpha_1 = C_{10} + C_{11}Q \quad [11]$$

$$\alpha_2 = C_{20} + C_{21}P \quad [12]$$

Os coeficientes C_{10} , C_{11} , C_{20} e C_{21} foram obtidos a partir dos dados experimentais e estendidos para toda a faixa de rotações de interesse por:

$$C_{10} = 3,5624 - 0,241585 \cdot 10^{-2}N + 0,39233 \cdot 10^{-6}N^2 \quad [13]$$

$$C_{11} = 470 - 0,0733 N \quad [14]$$

$$C_{20} = 0,116599 - 0,104637 \cdot 10^{-3}N + 0,22002 \cdot 10^{-7}N^2 \quad [15]$$

$$C_{21} = 0,714623 - 0,35755 \cdot 10^{-3}N + 0,47811 \cdot 10^{-7}N^2 \quad [16]$$

SIMULAÇÃO E RESULTADOS

A simulação numérica da operação do Sistema de Secagem foi efetuada a partir das Eq. (9) e (10), uma vez que todas as variáveis dessas equações podiam ser determinadas em função da rotação e da vazão através do ventilador, como exposto em seguida.

A partir de um valor de vazão selecionado, a pressão total do ventilador era determinada pela Eq. (5) e a eficiência pela Eq. (6). Para rotações diferentes de 3400 RPM a vazão era corrigida pela Eq. (7) e a pressão total pela Eq. (8). A eficiência permanecia a mesma pois esses pontos representam pontos de operação similares. Conhecendo-se a eficiência, a vazão e pressão total e considerando que a temperatura de entrada do ar no ventilador (T_v) podia ser diferente da temperatura usada como referência ($T_{ref} = 293,15 \text{ K}$), a potência de eixo foi determinada por:

$$P = \frac{T_{ref} g Q H}{T_v \eta_v} \quad [17]$$

Conhecendo a potência de eixo, a eficiência do motor estacionário (η) era determinada pelas Eq. (1), (2), (3) e (4) e os coeficientes α_1 e α_2 pelas Eq. (11),... (16). Com isso todas as variáveis das Eq. (9) e (10) eram conhecidas e as variações de temperatura podiam ser determinadas.

A Figura 2 mostra os resultados da simulação e os resultados experimentais e a Figura 3 mostra os resultados da simulação para toda a faixa de operação do motor. A listagem completa da Simulação é mostrada após o programa de simulação. Nessa listagem aparecem, pela ordem: Potência do Gaseificador e Potência de eixo do motor (watts); a vazão através do ventilador (litros/seg), a altura de elevação (pressão total+pressão dinâmica) do ventilador em mmH₂O; a elevação total na temperatura do ar de secagem (°C); a eficiência térmica do Sistema (ET:%); a eficiência mecânica (EM:%) e a eficiência total (ETOT:%).

FIGURA 2

RESULTADOS EXPERIMENTAIS E SIMULADOS

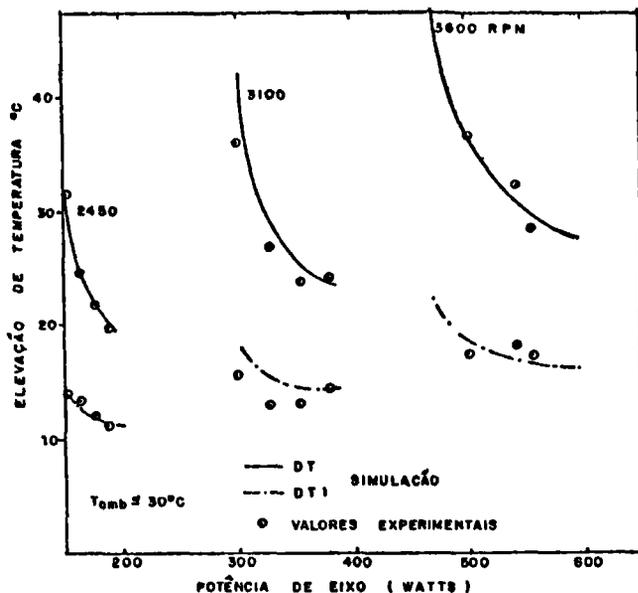
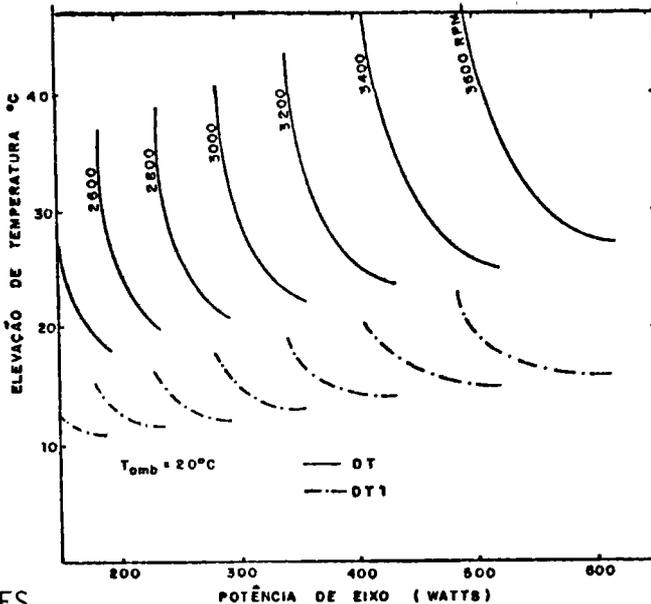


FIGURA 3

RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA TODA A FAIXA DE OPERAÇÃO DO MOTOR



CONCLUSÕES

As relações entre a energia mecânica e a energia térmica desse Sistema são bastante favoráveis para a secagem de grãos a baixa temperatura. Considerando a eficiência total do Sistema, como a razão entre a energia fornecida ao ar de secagem e a energia da madeira colocada no Gaseificador, pode-se concluir que o Sistema é bastante eficiente. Esse Sistema representa um meio interessante de otimizar o uso da energia nos processos de secagem, e mesmo considerando as maiores eficiências dos motores e ventiladores de maior porte (o que modifica a relação entre as energias mecânica e térmica), a boa concordância entre os resultados experimentais e simulados obtida indica que esse procedimento pode ser utilizado para projetos de maior porte.

REFERÊNCIAS

- [1] Brooker, et all., "Drying Cereal Grains" - Cap.7 - Grain Drying Systems, The AVI Publishing Co. (1974).

- [2] Roa, G. and Rossi, S.J., "Secagem e Armazenamento de Produtos Agropecuários com uso de Energia Solar e Ar Natural", Publicação da Academia de Ciência do Est. de São Paulo (1980).
- [3] Groeneveld, M.J., "The Co-Current Moving Bed Gasifier" - Tese de Doutorado. Universidade de Twente - Países Baixos (1980).
- [4] Zsolt, T.M., "Gaseificação de Madeira em Gaseificador Corrente para Produção de Gás de Médio Poder Calorífico e Gás de Síntese". Tese de Doutorado - UNICAMP - Publicação FEC 026/1984.
- [5] Pereira, J.T.V., "Sistema Autônomo de Secagem" - Tese de Doutorado - UNICAMP - Publicação FEC 74/1985.

```

C      MAPRO :: PROGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DO MAPA "TEMPERATURA, VAZÃO
C      E PRESSÃO" DO SISTEMA AUTÔNOMO DE SECAGEM, PARA OPERAÇÃO COM
C      MADEIRA.
      DIMENSION Q(11),H(11),ALFA12(11),ALFA3(11),TVENT(11),ETAM(11),
1      PEIXO(11),DT1(11),DT2(11),DT3(11),QR(11),HR(11),ETA(11),
2      PG(11),ET(11),EM(11),ETOT(11)
C      VAZÃO VARIANDO DE 40 ATÉ 140 LITROS/SEGUNDO, DE 10 EM 10
C      NÚMERO DE PONTOS CONSIDERADOS = 11
      N=11
C      ROTACÕES ANALISADAS :: 200 ATÉ 3600, DE 200 EM 200 RPM
C      NÚMERO DE PONTOS CONSIDERADOS PARA ROTACÕES :: NROT=7
      NROT=7
C      ROTACÃO DE REFERÊNCIA PARA O VENTILADOR :: RREF
      RREF=3400.
C      EFICIÊNCIA DO BASTIDOR, CONSIDERADA CONSTANTE :: ETAG
      ETAG=.72
C      TEMPERATURA DE REFERÊNCIA :: TREF=20C (293.15 K)
      TREF=293.15
C      TEMPERATURA AMBIENTE :: TAMB=20C (293.15 K)
      TAMB=293.15
C      COEFICIENTE PARA CÁLCULO DA DENSIDADE DO AR :: CAR (PRES/CONST)
C      CAR :: TEM DIMENSÃO DE (K KG/M3)
      CAR=332.21
C      CP = CALOR ESPECÍFICO DO AR (J/(KG C))
      CP=1005.7
C      COEFICIENTE PARA TEMPERATURA :: CTEMP :: 0 TREF/(CP CAR)
      CTEMP=.00975*TREF/CAR
C      ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE DIVIDIDA POR 1000 PARA CÁLCULO PEIXO.
      G=.009807
C      COEFICIENTES PARA O VENTILADOR :: A0,A1,A2,B0,B1,B2
      A0=185.86
      A1=-.0634
      A2=-.000303
      B0=-.0227
      B1=.4691
      B2=-.00113
C      CÁLCULO DOS VALORES INICIAIS DE REFERÊNCIA
      QR(1)=40.
      HR(1)=A0+A1*QR(1)+A2*QR(1)**2
      ETA(1)=.01*(B0+B1*QR(1)+B2*QR(1)**2)
      DO 10 I=2,N
      QR(I)=QR(I-1)+10.
      HR(I)=A0+A1*QR(I)+A2*QR(I)**2
10      ETA(I)=.01*(B0+B1*QR(I)+B2*QR(I)**2)
C      ROTACÃO INICIAL :: ROT
      ROT=2200.
      DO 20 J=1,NROT
      ROT=ROT+200
C      DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE ALFA12,ALFA3 E ETAM, EM FUNÇÃO
C      DA ROTACÃO
      C120=.116599-.104637E-03*ROT+.22002E-07*ROT**2
      C121=.714623-.35755E-03*ROT+.47811E-07*ROT**2
      C30=.356224-.241585E-02*ROT+.39233E-06*ROT**2
      C31=.47-.733E-04*ROT
      CM0=.06174-.186E-05*ROT
      CM1=.07712-.1403E-04*ROT
      CM2=-.56143E-04+.13239E-07*ROT
      DO 30 I=1,N
      H(I)=HR(1)*(ROT/RREF)**2
      ALFA3(I)=.01*(C30+C31*Q(1))

```

```

C      CÁLCULO INICIAL DA POTÊNCIA DE EIXO (PEIXO)
C      TEMPERATURA NA ENTRADA DO VENTILADOR :=TVENT=TAMB
TVENT(I)=TAMB
PEIXO(I)=TREF*G*Q(I)*H(I)/(TVENT(I)*ETA(I))
ETA(I)=.01*(CM0+CM1*PEIXO(I)+CM2*PEIXO(I)**2)
30    TVENT(I)=TAMB+CTEMP*H(I)*ALFA3(I)/(ETAM(I)*ETAG*ETA(I))
DO 40 I=1,N
60    PCIX=PEIXO(I)
PEIXO(I)=TREF*G*Q(I)*H(I)/(TVENT(I)*ETA(I))
IF(ABS(PEIXO(I)-PCIX).LT..01) GOTO 50
ETAM(I)=.01*(CM0+CM1*PEIXO(I)+CM2*PEIXO(I)**2)
TVENT(I)=TAMB+CTEMP*H(I)*ALFA3(I)/(ETAM(I)*ETAG*ETA(I))
50    CDT=CTEMP*H(I)/ETA(I)
ALFA12(I)=.01*(C120+C121*PEIXO(I))
DT1(I)=CDT*(1.+ALFA3(I))/(ETAM(I)*ETAG)
DT2(I)=CDT*ALFA12(I)/(ETAM(I)*ETAG)
DTS(I)=DT1(I)+DT2(I)
PG(I)=PEIXO(I)/(ETAG*ETAM(I))
ALFA12(I)=100.*ALFA12(I)
ALFA3(I)=100.*ALFA3(I)
C      ET = EFICIENCIA TERMICA DO PROCESSO
C      ETER = ENERGIA TERMICA TRANSFERIDA AO AR DE SECAGEM
ETER=.001*CAR*Q(I)*CP*DTS(I)/TVENT(I)
ET(I)=100.*ETER/PG(I)
C      EM = EFICIENCIA MECANICA
EM(I)=100.*PEIXO(I)/PG(I)
C      ETOT : EFICIENCIA TOTAL DO PROCESSO
40    ETOT(I)=100.*(ETER+PEIXO(I))/PG(I)
WRITE(5,70)ROT
WRITE(5,80)(PG(I),PEIXO(I),Q(I),H(I),DTS(I),ET(I),
1    EM(I),ETOT(I),I=1,N)
70    FORMAT(//,40X,F6.0,/,/,
1    3X,'PGASEI',4X,'PEIXO',4X,'VAZAO',8X,'H',7X,'DT',
1    7X,'ET',7X,'EM',5X,'ETOT',/,4X,'WATTS',4X,'WATTS',
2    4X,'(L/S)',4X,'MMH2O',5X,'(°C)',6X,'(%)',6X,'(%)',
3    6X,'(%)',/,/)
80    FORMAT(BF9.1)
20    CONTINUE
END

```

2400. RPM

PGASEI WATTS	P WATTS	VAZÃO (L/S)	H MMH ₂ O	DT (°C)	ET (%)	EM (%)	ETOT (%)
3444.2	144.4	28.2	91.1	34.8	31.6	4.2	35.0
3451.6	147.6	35.3	90.7	30.2	34.1	4.3	38.4
3459.3	150.9	42.4	90.2	27.2	36.7	4.4	41.1
3467.3	154.4	49.4	89.7	25.0	39.4	4.5	43.8
3475.7	158.0	56.5	89.1	23.4	42.0	4.5	46.6
3484.5	161.8	63.5	88.5	22.2	44.7	4.6	49.3
3493.7	165.8	70.6	87.9	21.2	47.4	4.7	52.1
3503.4	170.0	77.6	87.3	20.5	50.1	4.9	55.0
3513.7	174.4	84.7	86.6	19.9	52.9	5.0	57.8
3524.6	179.0	91.8	86.0	19.4	55.7	5.1	60.8
3536.1	184.0	98.8	85.2	19.0	58.5	5.2	63.7

2600. RPM

PGASEI WATTS	P WATTS	VAZÃO (L/S)	H MMH ₂ O	DT (°C)	ET (%)	EM (%)	ETOT (%)
3757.1	183.5	30.6	106.9	36.9	33.2	4.9	38.1
3766.7	187.5	38.2	106.4	32.0	35.9	5.0	40.9
3776.7	191.7	45.9	105.8	28.8	38.6	5.1	43.6
3787.2	196.1	53.5	105.2	26.5	41.3	5.2	46.5
3798.3	200.7	61.2	104.6	24.8	44.0	5.3	49.3
3809.8	205.5	68.8	103.9	23.5	46.8	5.4	52.2
3822.0	210.6	76.5	103.2	22.5	49.6	5.5	55.1
3834.9	215.9	84.1	102.5	21.7	52.4	5.6	58.0
3848.5	221.4	91.8	101.7	21.0	55.3	5.8	61.0
3862.9	227.3	99.4	100.9	20.5	58.2	5.9	64.1
3878.2	233.6	107.1	100.0	20.1	61.1	6.0	67.2

2800. RPM

PGASEI WATTS	P WATTS	VAZÃO (L/S)	H MMH ₂ O	DT (°C)	ET (%)	EM (%)	ETOT (%)
4119.3	229.0	32.9	124.0	39.0	34.4	5.6	39.9
4131.7	234.0	41.2	123.4	33.7	37.1	5.7	42.8
4144.6	239.2	49.4	122.7	30.3	39.8	5.8	45.6
4158.2	244.7	57.6	122.0	27.9	42.6	5.9	48.5
4172.5	250.4	65.9	121.3	26.1	45.4	6.0	51.4
4187.5	256.4	74.1	120.5	24.7	48.3	6.1	54.4
4203.4	262.6	82.4	119.7	23.7	51.1	6.2	57.4
4220.1	269.3	90.6	118.8	22.8	54.0	6.4	60.4
4237.9	276.2	98.8	117.9	22.2	56.9	6.5	63.5
4256.8	283.6	107.1	117.0	21.6	59.9	6.7	66.6
4276.9	291.3	115.3	116.0	21.2	62.9	6.8	69.7

3000. RPM

PGASEI WATTS	P WATTS	VAZÃO (L/S)	H MMH ₂ O	DT (°C)	ET (%)	EM (%)	ETOT (%)
4537.3	281.3	35.3	142.3	41.1	35.2	6.2	41.4
4552.9	287.4	44.1	141.6	35.6	38.0	6.3	44.3
4569.4	293.8	52.9	140.9	31.9	40.7	6.4	47.2
4586.6	300.5	61.8	140.1	29.4	43.6	6.6	50.1
4604.8	307.5	70.6	139.2	27.5	46.4	6.7	53.1
4623.9	314.9	79.4	138.3	26.1	49.3	6.8	56.1
4644.2	322.6	88.2	137.4	25.0	52.2	6.9	59.1
4665.6	330.7	97.1	136.4	24.1	55.1	7.1	62.2
4688.3	339.2	105.9	135.4	23.4	58.1	7.2	65.3
4712.5	348.2	114.7	134.3	22.8	61.1	7.4	68.5
4738.4	357.7	123.5	133.2	22.4	64.1	7.5	71.7

3200. RPM

PGASEI WATTS	P WATTS	VAZÃO (L/S)	H MMH ₂ O	DT (°C)	ET (%)	EM (%)	ETOT (%)
5015.5	340.9	37.6	162.0	43.6	36.0	6.8	42.8
5034.8	348.3	47.1	161.2	37.7	38.8	6.9	45.7
5055.1	356.1	56.5	160.3	33.8	41.6	7.0	48.6
5076.4	364.2	65.9	159.4	31.1	44.4	7.2	51.6
5098.9	372.7	75.3	158.4	29.1	47.3	7.3	54.6
5122.6	381.6	84.7	157.4	27.6	50.2	7.4	57.6
5147.6	390.9	94.1	156.3	26.4	53.1	7.6	60.7
5174.2	400.7	103.5	155.2	25.5	56.0	7.7	63.8
5202.4	411.0	112.9	154.0	24.8	59.0	7.9	66.9
5232.6	421.9	122.4	152.8	24.2	62.1	8.1	70.1
5264.8	433.4	131.8	151.5	23.7	65.1	8.2	73.4

3400. RPM

PGASEI WATTS	P WATTS	VAZÃO (L/S)	H MMH ₂ O	DT (°C)	ET (%)	EM (%)	ETOT (%)
5553.3	408.2	40.0	182.8	47.0	37.2	7.4	44.5
5576.1	417.1	50.0	181.9	40.6	40.0	7.5	47.4
5600.0	426.4	60.0	181.0	36.4	42.8	7.6	50.4
5625.2	436.1	70.0	179.9	33.4	45.6	7.8	53.4
5651.7	446.3	80.0	178.8	31.2	48.5	7.9	56.4
5679.8	457.0	90.0	177.7	29.6	51.4	8.0	59.5
5709.5	468.1	100.0	176.5	28.3	54.3	8.2	62.5
5741.0	479.8	110.0	175.2	27.3	57.3	8.4	65.7
5774.5	492.2	120.0	173.9	26.5	60.3	8.5	68.9
5810.2	505.2	130.0	172.5	25.8	63.4	8.7	72.1
5848.5	519.0	140.0	171.0	25.3	66.5	8.9	75.4

3600. RPM

PGASEI WATTS	P WATTS	VAZÃO (L/S)	H MMH ₂ O	ET (°C)	ET (%)	EM (%)	ETOT (%)
6139.7	483.9	42.4	205.0	52.0	39.4	7.9	47.2
6164.8	494.4	52.9	204.0	44.8	42.2	8.0	50.2
6191.2	505.5	63.5	202.9	40.0	45.0	8.2	53.2
6219.0	517.0	74.1	201.7	36.7	47.9	8.3	56.2
6248.3	529.1	84.7	200.5	34.2	50.8	8.5	59.3
6279.2	541.7	95.3	199.2	32.3	53.7	8.6	62.4
6312.0	554.9	105.9	197.9	30.9	56.7	8.8	65.5
6346.7	568.8	116.5	196.4	29.7	59.7	9.0	68.7
6383.6	583.5	127.1	194.9	28.8	62.8	9.1	71.9
6423.1	598.9	137.6	193.4	28.1	65.9	9.3	75.2
6465.3	615.3	148.2	191.8	27.5	69.0	9.5	78.5

SIMBOLOGIA

- a_0, a_1, a_2 = coeficientes experimentais para determinação da eficiência do motor estacionário.
- $C_{10}, C_{11}, C_{20}, C_{21}$ = coeficientes experimentais para determinação de α_1 e α_2 .
- DT : elevação total da temperatura do ar de secagem em relação à temperatura ambiente ($^{\circ}C$).
- DT_1 : elevação da temperatura do ar de secagem em relação à temperatura ambiente, ocasionada pela transferência de calor do bloco do motor ($^{\circ}C$).
- DT_2 : elevação da temperatura do ar de secagem sobre DT_1 , ocasionada principalmente pela transferência de calor nos trocadores de calor do gás pobre e do gás de escape do motor ($^{\circ}C$).
- ET : eficiência térmica do sistema, definida como a relação percentual entre a potência total fornecida ao ar de secagem e a potência do gaseificador (%).
- EM : eficiência mecânica do sistema, definida como a razão percentual entre a potência do eixo do motor e a potência do gaseificador (%).
- g : aceleração da gravidade (m/s^2).
- h : altura de elevação (pressão estática + pressão dinâmica) em metros de coluna de ar (m.c.a.).
- H : altura de elevação expressa em mm de coluna de água (mmH_2O).
- N : rotação (RPM).
- P : potência de eixo do motor estacionário (watts).
- $PGASEI$: potência do gaseificador correspondente ao consumo de madeira multiplicado pelo seu poder calorífico (watts).
- Q : vazão do ar de secagem [m^3/s].
- T_v : temperatura do ar na entrada do ventilador (K).

LETRAS GREGAS

- α_1 : fração da potência do gaseificador transferida para o ar de secagem pelo corpo do motor estacionário.

α_2 : fração da potência do gaseificador transferida para o ar de secagem pelo conjunto gaseificador, filtro, ciclone e trocadores de calor do gás pobre e do gás de escape do motor.

η : eficiência do motor de combustão interna (%).

η_G : eficiência do gaseificador (%).

η_V : eficiência do ventilador (%).

* * *

ESTRATÉGIAS DE INTRODUÇÃO DE NOVAS FONTES
ENERGÉTICAS NO MEIO RURAL

AVALIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS DE PEQUENO E
MÉDIO PORTE PARA APROVEITAMENTO DE FONTES
RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Fernando Sérgio Bonanni ()*

(*) *Departamento de Produção
Escola Federal de Engenharia de Itajubá*

A. SUMÁRIO

O presente trabalho, incentivado pelo Subprograma de Planejamento e Gestão em Ciência e Tecnologia do CNPq, procurou avaliar e identificar o estado-da-arte da tecnologia industrial brasileira de equipamentos de pequeno e médio porte para aproveitamento de fontes renováveis de energia.

O projeto atuou nas seguintes áreas: Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Energia Solar, Energia Eólica, Biodigestores e Equipamentos de Biogás e Gaseificadores de combustíveis sólidos (Gasogênios), não somente "identificando" como "localizando" os atuais fabricantes de equipamentos utilizados no aproveitamento e renovação da energia.

O projeto focalizou ainda os aspectos econômicos e financeiros das indústrias pesquisadas, tais como: caracterização e evolução recente, sua produção industrial em mercado atual e futuro, além das suas dificuldades na produção e comercialização de seus produtos.

B. INTRODUÇÃO

Os meios científicos e tecnológicos vinham notando, em escala crescente, que a disseminação de fontes novas e renováveis de energia, especialmente no meio rural onde a sua utilização se mostra mais promissora, esbarrava em obstáculos oriundos do próprio desconhecimento com relação a parâmetros de custo, eficiência e qualidade dos equipamentos disponíveis no mercado.

Por outro lado, o Governo não dispunha de informações precisas sobre a origem e características das tecnologias utilizadas pelas indústrias em foco, assim como de dados que permitiam estimar os custos relativos das diversas opções disponíveis para a substituição de fontes renováveis de energia tradicionais.

Sabia-se, ainda, que os programas de energização rural, servindo-se de fontes não-convencionais, vinham se defrontando com dificuldades técnicas, as quais pudemos identificar e sugerir soluções, sob pena de se prejudicar a adoção de tecnologias potencialmente promissoras.

Assim, o citado trabalho permitiu trazer ao conhecimento das Autoridades Governamentais e dos meios científicos e tecnológicos, um panorama bastante realístico do estado-da-arte dos fabricantes de equipamentos de pequeno e médio porte para aproveitamento de fontes renováveis de energia.

B.1 Objetivos específicos do projeto

Numa definição conjunta entre os representantes da EFEI-FUPAI e do CNPq, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos do projeto:

- . Identificar o estado-da-arte da tecnologia industrial utilizada nesses equipamentos, inclusive os parâmetros técnicos e de custo.
- . Identificar as necessidades de apoio ao desenvolvimento tecnológico da indústria, que subsidiarão também a avaliação dos programas de pesquisas e desenvolvimento em andamento na área.
- . Levantar as necessidades quanto à normalização e controle de qualidade destes equipamentos.
- . Levantar informações quanto à capacidade financeira e gerencial da indústria, sua capacidade instalada, produção e perspectiva de crescimento avaliando sua capacidade para sustentação de um mercado em rápido crescimento.
- . Levantar estimativas quanto ao tamanho, localização e expansão do mercado.

- . Identificar as necessidades de crédito, tanto para investimento na indústria como para a comercialização dos equipamentos.

B.2 - Metodologia aplicada e etapas principais

Para cada um dos segmentos abordados, adotou-se seguinte metodologia:

- a) Elaboração de um Questionário Básico para a realização do estudo junto à indústria.
- b) Estabelecimento de equipes para a coordenação e realização geral dos estudos de campo e preparados relatórios básicos sobre cada segmento, envolvendo um elemento com conhecimento dos aspectos tecnológicos de cada segmento e outro com capacidade de avaliação de aspectos econômico-financeiros.
- c) Seleção da amostra a ser visitada no trabalho de campo de cada segmento. As demais foram contactadas por correio.
- d) Trabalho de campo nos cinco segmentos industriais, constando de visitas, formulários preenchidos para cada visita e avaliação dos dados obtidos das empresas do segmento considerado.
- e) Análise e diagnóstico das pequenas e médias empresas consultadas.
- f) Elaboração de Relatório Final pelos Chefes de Grupo, em colaboração com o restante da equipe.
- g) Seminário de Avaliação, com participação de todos os consultores envolvidos e da equipe do CNPq.

Dado o curto espaço disponível para nossas considerações não iremos abordar os aspectos tecnológicos e de concepção de sistemas geradores de energia renovável e tão somente o "estado-da-arte" relacionado com a fabricação, a industrialização e as vendas desses equipamentos. Para maiores detalhes, estaremos à disposição dos prezados Companheiros para troca de informações e de experiências...

C. TEXTO

Nosso trabalho procurou servir-se das técnicas da pesquisa de mercado e, para isso, foi organizado um "Questionário típico" para cada área, onde constavam perguntas cujas respostas permitiram: a identificação da empresa, seu pessoal técnico e administrativo, sua linha básica de produtos manufaturados, sua capacidade técnica, condições de vendas e dados sobre seu eventual Plano de Ação futuro no setor.

Considerando as diversas áreas sob estudo, a Coordenação do Projeto julgou por bem criar vários Campos de Trabalho, constituídos por professores especialistas da EFEI, cujos Chefes de Grupo foram:

- Área de PCH': Prof. Afonso Henriques Moreira Santos;
- Área de Energia Solar: Prof. Eli Silva;
- Área de Energia Eólica: Prof. Sebastião Varella.
- Área de Gaseificadores: Prof. Luiz Augusto Horta Nogueira.
- Área de Biodigestores e Equipamentos de Biogás: Prof. Luiz Fernando Valadão Flores.

Cada Grupo de Trabalho, com base em suas experiências e conhecimento do mercado fabricante de equipamentos, coletou todos os dados disponíveis e referentes ao perfil das empresas em sua área, suas especialidades, sua linha de produtos, endereços, filiais, etc. Esses dados permitiram a organização de "Fichas de Identificação" para facilidade de cadastro e escolha para visitas a todas essas empresas, otimizamos alguns roteiros de viagem, organizando-se visitas a várias empresas de uma mesma área, ou ainda visitando empresas de áreas diferentes, porém inseridas no mesmo roteiro.

Para as demais empresas cadastradas, foram enviadas cartas explicativas dos objetivos da pesquisa, bem como o Questionário para preenchimento e devolução. Vale ainda destacar que, por exigência do CNPq, apenas foram analisadas e/ou visitadas empresas de capital social 100% nacional, sendo excluídos do estudo os grandes grupos e empresas multinacionais de cujo capital participam empresas estrangeiras.

ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES SOBRE A SITUAÇÃO TECNOLÓGICA, ECONÔMICA, FINANCEIRA E DE MERCADO DOS FABRICANTES:

O processamento dos Questionários respondidos, bem como os dados e informações colhidos durante as visitas aos fabricantes, permitiram-nos destacar várias conclusões consideradas importantes:

1) Observou-se das pesquisas que a utilização dos equipamentos para fontes renováveis de energia ainda é "insipiente e inexpressiva", havendo mesmo uma certa "descrença" quanto às potencialidades do uso dessas energias, em grande parte, por falta de um conhecimento mais profundo do assunto por parte dos usuários.

2) De um modo geral e, com raríssimas exceções, a grande maioria das empresas de pequeno e médio porte, vista sob os aspectos: tecnológico, comercial e institucional, vai muito mal...

Isso porque falta apoio tecnológico para a melhoria e desenvolvimento de novos produtos, o mercado consumidor é instável e está mal informado sobre o uso e a relação custo/benefício dessas tecnologias e, praticamente, não há apoio institucional...

Senão vejamos:

- a) Há no Brasil, apenas algumas empresas que se servem de tecnologia própria, com oficinas bem equipadas, produzindo equipamentos aprovados e consolidados através de fornecimentos bem sucedidos, inclusive exportando para alguns países da América Latina.
- b) Porém, a grande maioria das pequenas e médias empresas é dotada de alguma tecnologia, considerada "insipiente" com um mínimo de unidades produzidas, lutando enormemente para sobreviver, num mercado instável, sendo garantias e nem de finições de metas governamentais que incentivem o uso de equipamentos para energia renovável e, praticamente, sem apoio financeiro de entidades governamentais de crédito e de financiamento.

3) Detectamos que existem dificuldades na obtenção e desenvolvimento de tecnologia própria, específica para as condições do nosso país, pois essa iniciativa gera altos investimentos especializados.

Vimos casos de empresas que trabalham com projetos de equipamento cuja tecnologia é considerada já ultrapassada, entretanto, como as vendas não têm sido compensadoras, não há grandes incentivos e motivações para introdução de melhorias no produto.

Essas dificuldades vêm gerando, freqüentemente, duas situações típicas:

- a) o mercado, não sendo capaz de gerar encomendas periódicas, fez com que um grande número de pequenas e médias empresas que atuavam num setor específico, foram desativadas, fechando suas portas;
- b) aquelas empresas mais arrojadas e dotadas de uma certa capacidade técnica e comercial, diante das dificuldades de vendas, mudaram o seu ramo de negócio e acabaram se dedicando a outras linhas de fabricação.

4) Outra dificuldade da maioria dos fabricantes está na falta de apoio tecnológico para a elaboração de projetos específicos além daqueles já existentes, na construção de modelos para ensaios e no maior conhecimento das "performances" dos equipamentos fabricados.

Modelos para testes de performances são metas distantes ou mesmo inimagináveis para o pequeno e médio fabricante brasileiro.

Outras carências de apoio tecnológico detectadas foram:

- na seleção de materiais adequados e mais resistentes;
- no controle da qualidade dimensional;
- nos projetos hidráulicos e térmicos específicos.

5) Por outro lado, na área de Gaseificadores, tivemos a oportunidade de detectar o uso de tecnologia avançada, conseguida a partir de apoio externo, em 2 situações interessantes:

1ª) partindo da transferência de tecnologia das pesquisas de um Centro Nacional de Pesquisa para o fabricante;

2ª) adquirida no exterior (na Hungria e na Tchecoslováquia).

Em ambos os casos, vimos exemplos de empresas bem sucedidas e de reputação no mercado.

6) Foi observado ainda que as áreas de Energia Solar e Energia Eólica não dispõem, respectivamente, de dados solarimétricos completos sobre o país e nem de um levantamento mais amplo sobre o potencial eólico nacional.

7) Os equipamentos são fabricados, na maioria dos casos sem o devido suporte de Normas Técnicas específicas da área.

Apenas uma única empresa, na área de Energia Solar, fornece Certificado de Qualidade de seus produtos, com dados de ensaio realizado por uma entidade pública do Sul do País.

8) Há condições e interesse dos fabricantes em diversificarem suas linhas de produção, entretanto, notamos um certo "pessimismo" quanto à capacidade de absorção do mercado.

Na verdade, falta uma política governamental de incentivo ao uso desses equipamentos... A capacidade ociosa dos fabricantes é grande, em alguns casos, chegando mesmo a 50% de sua capacidade máxima de produção. Esse fato vem fazendo com que certas firmas, desejosas de sobreviverem, abandonem o setor de equipamentos de energia renovável e mudem de ramo.

9) Por outro lado, vimos que, praticamente, não existem linhas de financiamentos especiais ou ajuda financeira aos fabricantes, por parte dos Órgãos Governamentais e bancos privados. Alguns raros casos de financiamentos chegaram aos limites do desânimo, devido ao excesso de burocracia que envolvia tais operações.

RECOMENDAÇÕES FINAIS

Diante dessas conclusões, às vezes desanimadoras, os Grupos de Trabalho responsáveis pelo desenvolvimento dessas pesquisas, anunciaram as suas recomendações finais, aliás, em grande parte, já foram objeto de destaque nos anais do "1º Encontro sobre Energia no Campo", realizado em Itajubá em Julho de 1986 e que, em resumo são:

19) que se crie um Programa, a nível nacional, de maior divulgação desses equipamentos, onde fossem mostrados com clareza e simplicidade, o seu funcionamento, aplicação e benefícios.

Num 2º estágio, deveria ser lançada uma campanha de treinamento para habilitação de técnicos interessados em cada área, para orientarem corretamente os usuários sobre o uso adequado desses equipamentos;

2º) que seja incentivado junto aos centros de ensino e pesquisa, o estudo e o aperfeiçoamento de equipamentos básicos utilizados no aproveitamento de fontes renováveis de energia, especialmente quanto ao uso e adequação de novos materiais mais resistentes à corrosão;

3º) que se intensifique o intercâmbio de informações técnicas, estudos teóricos e experimentais de cada setor entre Universidades e Centros de Pesquisa, de modo a permitir oferecer, a custo reduzido, todo um suporte técnico às pequenas e médias indústrias;

4º) que os Ministérios das Minas e Energia, Indústria e Comércio e Ciência e Tecnologia, numa ação conjunta, divulguem e incentivem o uso das diversas modalidades de energia renovável, especialmente no meio rural e nos chamados "vazios econômicos" do nosso país, gerando, com isso, um aquecimento do mercado de equipamentos;

5º) que os Órgãos Governamentais e Instituições de Ensino e Pesquisa Nacionais ofereçam um efetivo apoio ao desenvolvimento tecnológico desses equipamentos:

- .seja criando Grupos de Consultores para atendimento das necessidades mais imediatas dos fabricantes;

- .seja convidando as pequenas e médias indústrias e colocando à disposição destas, seus Laboratórios e Pessoal especializado em cada setor para intercâmbio de conhecimentos, melhoria e desenvolvimento da engenharia do produto, e de modelos para testes de performances, além da seleção de materiais de construção;

6º) que se realize, com a colaboração efetiva das Instituições de Ensino e Centros de Pesquisa, um levantamento mais completo e abrangente do potencial eólico nacional, do poten-

cial viável de exploração da biomassa energética, bem como, dos dados solarimétricos das diferentes Regiões do nosso país;

79) que se elaborem e/ou desenvolvam Normas Técnicas-Padrão para ensaios e testes de equipamentos para fontes energéticas alternativas, com ênfase para os aspectos da performance do material e da segurança, bem como, capacitem sempre um determinado Centro de Pesquisa ou Universidade para realização desses testes, visando a homologação do produto.

89) que se incrementem linhas de crédito bancárias especiais, sem grandes burocracias e a juros baixos:

- a) para as indústrias de cada setor, visando o atendimento do desenvolvimento tecnológico da sua linha de produto;
- b) para os consumidores, interessados no uso inovador dos equipamentos para fontes alternativas de energia.

Isso exposto, cremos que compete a todos nós, membros da Comunidade Científica e Tecnológica, lutarmos para a difusão das conquistas tecnológicas conseguidas até agora no setor, apoiando as iniciativas de uso de energéticos locais, especialmente aquelas que beneficiem o meio rural e assim estaremos colaborando para a melhoria das condições de sobrevivência desse imenso contingente da população brasileira.

BIBLIOGRAFIA

- (1) FUPAI/EFEI - "Relatório Final de Avaliação da Indústria de Equipamentos de Pequeno e Médio Porte para Fontes Alternativas de Energia"
 - a) Área de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH).
 - b) Área de Energia Solar.
 - c) Área de Biodigestores e Equipamentos de Biogás.
 - d) Área de Gaseificadores de Combustíveis Sólidos (Gasegênios).
- (2) ENEC/EFEI - "Anais do 1º Encontro sobre Energia no Campo"; Itajubá, Julho de 1986.

- (3) BONANNI, Fernando S. e outros; "Conclusões Preliminares sobre a Avaliação da Indústria de Equipamentos para Fontes Alternativas de Energia", palestra junto ao Encontro de Coordenadores de Pesquisas do Subprograma de Planejamento e Gestão em Ciência e Tecnologia (PADCT), Brasília, out. 1986.

* * *

PRODUÇÃO INTEGRADA DE ENERGIA E ALIMENTOS :
UMA RESPOSTA AO DESAFIO AGRÍCOLA DO
DO TERCEIRO MUNDO?

Emílio Lèbre La Rovere ()*

(*) *FINEP*

ABERTURA

Produzir energia a partir da biomassa para substituir derivados de petróleo é um desafio adicional que se coloca para a agricultura dos países do Terceiro Mundo. Será inevitável que a produção de bioenergia resulte em prejuízo da produção de alimentos? A pesquisa e desenvolvimento de sistemas integrados de produção de energia e alimentos oferece uma alternativa promissora para a valorização dos recursos de biomassa, evitando-se o risco dessa competição, como ilustram experiências em curso no Brasil e na China.

A INTERFACE ENERGIA/ALIMENTOS NO TERCEIRO MUNDO

A produção de energia e a oferta de alimentos constituem duas questões essenciais do desenvolvimento sócio-econômico, na medida em que sua adequada disponibilidade é uma condição *sine qua non* da sobrevivência humana. O aumento dos preços do petróleo no mercado internacional verificado na década de 70 veio dificultar a elevação do consumo energético dos países do Terceiro Mundo importadores de petróleo, agravando a situação de seus balanços de pagamentos. A produção interna de energia a partir da biomassa, em países de vasta disponibilidade de terras e adequadas condições climáticas, foi apontada como uma alternativa promissora para viabilizar a expansão do consumo, em substituição aos derivados de petróleo. No entanto, mesmo em situações de abundância de terras, a produção de bioenergia pode se dar em detrimento do desempenho agrícola relacionado a seus objetivos tradicionais: abastecimento alimentar, fornecimento de matérias-primas industriais e de produtos de exportação. Merece particular atenção o risco de se comprometer a expansão da produção de alimentos, em vista dos precários níveis de consumo de calorias e proteínas da população na maioria das regiões do Terceiro Mundo. Além disso,

os pequenos produtores que contribuem de forma significativa para produção alimentar geralmente estarão em condições desfavoráveis para concorrer com os interesses comerciais da produção de energia poupadora de divisas, na alocação de recursos vitais como insumos, créditos, mão-de-obra qualificada, fatores de produção escassos nesses países.

O CASO DO PROÁLCOOL

O sucesso do programa brasileiro de produção de álcool a partir da cana-de-açúcar para utilização em motores ciclo Otto de automóveis e veículos leves, substituindo a gasolina obtida a partir de petróleo importado, vem atraindo o interesse de inúmeros países do Terceiro Mundo. São inegavelmente positivos os resultados alcançados em termos de ampliação da capacidade produtiva em curto espaço de tempo: a produção de álcool atinge hoje cerca de 8 bilhões de litros/ano, movimentando mais de 1 milhão de veículos a álcool puro, além de contribuir com uma proporção em torno de 20% na mistura carburante álcool/gasolina. No entanto, uma análise mais rigorosa do desempenho do Proálcool aponta alguns aspectos críticos dos pontos de vista econômico, social e ecológico, além do risco potencial de competição com a produção alimentar (1).

Existe grande polêmica sobre o custo real de substituição de 1 barril equivalente de petróleo (bep) através da produção do álcool. As estimativas variam de U\$S 41 (2) a U\$S 59-91/bep (3). De todo modo hoje esse custo é elevado em comparação com o preço do petróleo no mercado internacional, atualmente ao redor de U\$S 30/barril. Mesmo considerando-se o benefício da economia de divisas proporcionada por um dispêndio essencialmente em cruzeiros, a atratividade econômica da produção de álcool parece ser inferior à de outras alternativas energéticas, como por exemplo a conservação de energia na indústria e nos transportes, a exploração e produção de petróleo nacional e o carvão mineral. Entretanto, certamente existe ainda um grande potencial de aumento da produtividade na obtenção do álcool a partir da cana-de-açúcar, tanto a nível agrícola (maior produtividade em t/ha de cana) como industrial (maior rendimento em litros de álcool/toneladas de cana e aproveitamento de subprodutos como o bagaço) através da adoção de processos tecnológicos mais eficientes que permitiriam melhorar a atratividade econômica do Proálcool e reduzir seu impacto inflacionário.

Os objetivos sociais enunciados no lançamento do programa, como a contenção do êxodo rural através da criação de empregos no campo, e a redução das disponibilidades regionais, tiveram sua consecução grandemente limitada pelo modelo adotado para a expansão da produção de álcool. Baseando-se na concessão de facilidades de financiamento para a implantação de destilarias de grande porte (120 mil litros/dia ou mais) a grandes proprietários de extensas monoculturas de cana-de-açúcar do tipo "plantation", o programa gerou empregos em que a mão-de-obra empregada enfrenta condições precárias de remuneração agravadas ainda pelo problema de sazonalidade: essencialmente, trata-se na sua maior parte de empregos temporários, 6 meses por ano, para bôias-frias. Perdeu-se assim a oportunidade de fixar no campo mais de 1,5 milhão de famílias de pequenos e médios agricultores que forneceriam não só cana mas também sorgo e mandioca para as destilarias, conforme proposta sugerida por J. Gomes da Silva (4). Também as possibilidades de redução de disparidades regionais não se concretizaram, pois cerca de 2/3 do aumento da capacidade instalada por destilarias financiadas pelo Proálcool se deram nas regiões Sul e Sudeste, sendo que mais da metade da capacidade total de destilação se concentrou no Estado de São Paulo.

Quanto ao aspecto ecológico, urge equacionar adequadamente o problema da disposição do vinhoto, resíduo orgânico produzido em grande quantidade nas destilarias: 10 a 17 litros por litro de álcool. Isto significa que a meta de produção de 10,7 bilhões de litros/ano de álcool, prevista para 1987 envolveria a disposição de uma quantidade de vinhoto com potencial poluidor equivalente aos esgostos domésticos de uma população de mais de 300 milhões de habitantes. Apesar da existência de lei que proíbe seu despejo em cursos d'água, já com a produção atual a fiscalização não tem conseguido impedir desastres ecológicos causados pelo vinhoto como os dois casos recentemente ocorridos em Recife e no interior da Bahia, o que indica a magnitude do risco envolvido na expansão do Proálcool nos moldes atuais. Impõe-se o emprego de alternativas tecnológicas, já disponíveis a nível de laboratório e em plantas-piloto, que minimizam o volume de vinhoto produzido através de processos de reciclo na destilaria, e assim viabilizam sua utilização econômica seja como fertilizante via aplicação direta em solos de tipo apropriado, como para produção de metano por biodigestão anaeróbia.

Finalmente, é importante lembrar que concomitantemente à expansão da produção de álcool tem-se observado uma redução da produção per capita dos principais alimentos de base da população. Entre 1977 e 1983, enquanto a produção por habitante de cana-de-açúcar crescia de 57%, o arroz, o feijão, o milho, a mandioca e a batata, principais alimentos básicos, apresentavam, tomados em conjunto, uma queda de 25% na produção per capita (3). Além disso, a elevação de preços dos alimentos vem apresentando índices superiores mesmo às taxas de inflação recentemente registradas, sem precedentes na história econômica brasileira. Evidentemente não se pode atribuir ao Proálcool a inteira responsabilidade da produção desses fenômenos, que poderiam ser eliminados ou minimizados através da adoção de uma política agrícola adequada, envolvendo o estímulo à produção alimentar, formação de estoques reguladores e combate à especulação, etc. Mas pode-se constatar que já vem ocorrendo o deslocamento de culturas alimentares pela expansão da área cultivada com a cana-de-açúcar, ao menos em regiões de fronteira agrícola praticamente fechada, como o Estado de São Paulo: entre 1974 e 1979, nesse Estado a superfície cultivada com a cana-de-açúcar aumentou em 374.000 ha enquanto a do milho diminuía de 235.000 ha e a de arroz era reduzida em 164.000 ha (5). De todo modo o risco potencial de competição com a produção alimentar deverá ser considerado com ênfase crescente no futuro, à medida que se expanda a produção de energia de biomassa, seja através do Proálcool como do eventual lançamento de outros programas cogitados nessa área (por exemplo, óleos vegetais, álcool de outras matérias-primas).

O CONCEITO DE SISTEMAS INTEGRADOS

As restrições efetuadas ao Proálcool, segundo critérios econômicos, sociais, ecológicos e de risco de competição com a produção alimentar, se tomadas simultaneamente fornecem o ponto de partida para a definição de um novo paradigma relativo a programas de valorização da biomassa, pressupondo: a adoção de tecnologias eficientes de produção agrícola e industrial, envolvendo o máximo aproveitamento de subprodutos; a diversificação de matérias-primas; a viabilização da produção em pequena escala; o reciclo e utilização econômica dos resíduos produzidos; e a compatibilização da produção energética com a alimentar.

Nesse sentido o conceito de sistemas integrados de produção de energia e alimentos surge como uma tentativa de concepção de soluções tecnológicas apropriadas à harmonização dos dois objetivos. Este enfoque propõe um planejamento com preensivo "ex-ante" do uso do solo, dos resíduos agrícolas, animais e florestais e dos recursos aquáticos, aproveitando suas complementariedades ao invés da simples justaposição de grandes projetos intensivos em capital, tão característicos das usuais tentativas de modernização da agricultura tropical. Através da promoção de intercultivos, consórcio de culturas, uso dos resíduos da produção agrícola para geração de energia (e vice-versa), procura-se obter um efeito de sinergia que resulte numa produtividade global do sistema superior à soma das produções de energia e alimentos se efetuadas isoladamente com os mesmos recursos. Desta forma seriam minimizados os impactos ambientais e poderis tornar-se viável uma descentralização da produção que maximizasse os benefícios sociais para produtores em pequena escala. O desafio a ser enfrentado pela pesquisa consiste portanto na concepção, teste e comprovação de diferentes configurações tecnológicas apropriadas aos diversos ecossistemas e contextos sócio-econômicos que sejam economicamente viáveis, socialmente desejáveis e sustentáveis ecologicamente.

AS EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS

Os primeiros sistemas integrados de produção de energia e alimentos apresentados pela comunidade científico-tecnológica brasileira centraram sua concepção no acoplamento de diversos elementos a uma microdestililaria de álcool. Com a dinamização do Proálcool a partir de 1979, despertou crescente interesse a possibilidade de se descentralizar a produção de álcool através da implantação de micro e mini-destilarias (500 a 20 mil litros/dia), visando a expansão dos benefícios sociais e a minimização do impacto ecológico do programa. Instaurou-se então acirrada polémica sobre a viabilidade técnico-econômica da produção de álcool em pequena escala. Atualmente, parece prevalecer a noção de que, mesmo isolada, a micro-destililaria é economicamente competitiva com a produção de álcool em grande escala (6). Em 1981, a EMBRAPA lançava, no âmbito de seu Programa Nacional de Pesquisa de Energia, uma linha de pesquisa e desenvolvimento de sistemas rurais de bioenergia. A configuração básica dos oito sistemas em operação nas estações experimentais dos centros de pesquisa do sistema EMBRAPA reúne os seguintes elementos:

- microdestilaria de álcool de cana-de-açúcar e sorgo sa_{carino} (ou mandioca, beterrava);
- engorda de gado confinado;
- biodigestor de esterco bovino (e/ou bagaço, vinhaça);
- geração de eletricidade e maquinaria agrícola a álcool ou biogás (ou gasogênios); e
- aplicação de biofertilizantes nas lavouras.

Esta configuração básica, com algumas variantes, é também conceituada pela EMBRAPA como Sistemas de Auto-Suprimento Energético, na medida em que visam essencialmente proporcionar a auto-suficiência energética da propriedade rural (7).

Uma configuração semelhante, porém mais ampla, engoblando tanques de aguapé e piscicultura, é proposta no Sistema Integrado de Produção de Bioenergia e Proteína Animal esquematizado na Figura 1. Este sistema, testado na estação experimental de Capela de Santana da Secretaria de Agricultura do Rio Grande do Sul, visa explicitamente a produção de um excedente comercializável de energia (sob a forma de álcool, principalmente) e alimento (grãos de sorgo, carne bovina e peixes). O álcool é obtido numa microdestilaria (500 litros/dia) a partir de cana-de-açúcar (25 hectares) e sorgo sacarino (41 hectares). As folhas e pontas de cana e sorgo, juntamente com parte da produção de grãos de sorgo, são utilizadas no fornecimento de ração para 80 cabeças de gado estabulado. Parte do bagaço de cana e sorgo, bem como a proteína passível de obtenção a partir do aguapé, podem também ser testadas com este fim. O biodigestor (de 100 metros cúbicos) produz, a partir do esterco bovino, biofertilizante para os campos de cana e sorgo e para os tanques de peixes, além de biogás que pode ser usado para fornecer vapor à microdestilaria ou aproveitado para atender as necessidades energéticas da população rural. Parte do bagaço de cana e sorgo alimenta a caldeira da microdestilaria, estando o excedente disponível para utilização fora do sistema como matéria-prima celulósica ou combustível. O uso do vinho para produção de aguapé e, em seguida, clarificado, como base para a atividade de piscicultura, evita a poluição e contribui para obtenção de proteína animal e vegetal (8). Uma análise preliminar de viabilidade econômica (9) indica que este sistema integrado apresenta rentabilidade superior à das destilarias de álcool isoladas (tanto as micro como as macro) mesmo sem considerar algumas atividades que carecem de melhor comprovação do ponto de vista tecnológico (utilização de pro-

teína obtida a partir do aguapé e do bagaço na alimentação do gado) ou comercial (exportação dos subprodutos bagaço e biogás para fora do sistema).

O Programa de Comunidades Agro-Energéticas proposto pela FINEP (10) sugere a generalização do enfoque que leva da microdestilaria ao sistema integrado, ou seja: a partir de cada ecossistema o contexto sócio-econômico específico, a concepção da configuração tecnológica apropriada à produção integrada de energia e alimentos, segundo critérios de viabilidade econômica, extensão de benefícios sociais e sustentabilidade ecológica. Metodologicamente, a concepção do complexo agro-energético deve ser função do levantamento dos recursos naturais disponíveis e do diagnóstico sócio-econômico, envolvendo a máxima participação da comunidade local. Sugere-se ainda que a implantação, acompanhamento e avaliação do sistema integrado acoplem um nível de pesquisa e desenvolvimento a um estágio de demonstração, de forma a minimizar o risco tecnológico a ser suportado por pequenos produtores rurais. O grau de sofisticação das opções tecnológicas introduzidas deve ser compatível, ou compatibilizado através de processo pedagógico adequado, com a obtenção do máximo grau de autonomia a nível local na fabricação, operação e manutenção do equipamento necessário. Enfim, duas orientações devem ser evitadas:

a) a simples instalação de equipamentos caros e sofisticados para aproveitamento de fontes não convencionais de energia (coletores solares, geradores eólicos, biodigestores) visando a satisfação das necessidades domésticas de energia da população rural, como se observa em alguns projetos desse tipo. A articulação com uma atividade agroindustrial capaz de gerar um excedente econômico para a comunidade local é absolutamente essencial se quisermos demonstrar a viabilidade econômica da generalização da experiência-piloto a outras comunidades carentes.

b) a reprodução de um dado sistema integrado "standard" em diferentes contextos, a serem adaptados para possibilitar sua utilização. Ao contrário, os processos tecnológicos e formas de organização social dos sistemas integrados devem poder assumir diferentes configurações, segundo as particularidades de cada caso.

Foi iniciado recentemente, com apoio da FINEP, um projeto de pesquisa e desenvolvimento de uma comunidade agro-

nergética na região de Tabuleiros de Valença, no sul da Bahia estando sua execução a cargo da CEPLAC e do CEPED (11). Seu objetivo é concepção e implantação de um sistema integrado de produção de energia e alimentos baseado no desenvolvimento de tecnologia apropriada para extração de óleo de dendê em pequena escala, com aproveitamento de subprodutos, e no intercultivo de feijão, milho, mandioca, bananas, etc., entre as palmeiras do dendezal. O óleo de dendê produzido pode ter aplicação como energético, tornando-se excelente substituto do óleo diesel através de seu craqueamento catalítico, já testado com sucesso em refinarias da PETROBRÁS e, a nível de laboratório, no CEPED (onde se obteve até 720 kg de "diesel vegetal" a partir de 1 t de óleo de dendê). A extração de óleo de dendê numa micro-usina (1,5 t/h de cachos) eficiente, com aproveitamento dos subprodutos para produção de energia, fertilizantes e matérias-primas industriais, permitiria viabilizar sua produção por uma cooperativa de pequenos produtores rurais, com tradição de policultura, já existente na região. Na parte agrônômica, além do aumento da produtividade dos dendezais, busca-se através dos intercultivos obter um maior grau de auto-suficiência alimentar e maior receita de comercialização de matérias-primas para a comunidade local.

De um modo geral, o enfoque de desenvolvimento de sistemas integrados de produção de energia e alimentos apresenta ainda um grande potencial de aplicação no caso brasileiro, destacando-se sua importância para as áreas de expansão da fronteira agrícola, como os cerrados e a região amazônica.

UM EXEMPLO CHINÊS

O principal problema energético do meio rural chinês é a excessiva queima de resíduos agrícolas como combustível, reduzindo a fertilidade do solo (12). Além disso, deve-se acrescentar a demanda reprimida da população rural por um nível de consumo energético mais confortável. Dentro da estratégia de otimização do uso da matéria orgânica no meio rural, o Programa Biogás desempenha importante papel: mais de 7 milhões de biodigestores rurais já foram instalados na China, sendo cerca de 5 milhões somente na província de Sichuan. Tão ou mais importante que sua distribuição para o consumo doméstico de energia é sua integração com as atividades produtivas, permitindo obter uma maior produtividade agrícola graças à valorização mais eficiente dos resíduos agropecuários no fornecimento de combustível e biofertilizante. Deve ser lembrado ainda o

importante efeito positivo sobre as condições sanitárias da população, através da neutralização do potencial patogênico dos excrementos humanos, que juntamente com os dejetos da criação de porcos e a palha constituem a matéria-prima básica de alimentação dos biodigestores. Subsistem, porém, alguns problemas tecnológicos, na construção e principalmente na operação dos biodigestores, que levaram à paralização do funcionamento de cerca de 1/3 das unidades instaladas, atualmente. Mas na organização social da população rural, o programa encontra a base necessária para seu sucesso.

A partir do planejamento central da economia, as decisões sobre repartição das metas globais de produção e alocação dos recursos disponíveis são descentralizadas pelos diversos níveis de administração: província, comuna, brigada de produção e time de produção. A informação sobre as metas a serem atingidas é transmitida ao nível subsequente, até se chegar ao nível elementar do time de produção, onde cerca de 350-400 pessoas (80-90 famílias) decidem em assembleia sobre a melhor forma de consecução dos objetivos fixados e determinam a alocação dos fatores de produção às famílias. O estímulo material à iniciativa e produtividade do trabalho familiar é forte, na medida em que todo excedente de produção obtido pelas famílias acima de sua quota pode ser comercializado no mercado da aldeia mais próxima, alcançada de bicicleta, e converte-se em ganho monetário extra. Assim, contrariamente ao que muitos pensam, a grande maioria dos biodigestores rurais chineses é constituída por unidades familiares, e não comunitárias.

Além dos biodigestores, o governo chinês estimula a instalação de sistemas integrados de produção de energia e alimentos: seis projetos de demonstração estão operando em aldeias de diferentes regiões da China. O sistema integrado de Xinbu (13) encontra-se esquematizado na Figura 2. A brigada de Xinbu, situada na comuna de Lelin, no delta do Rio das Pérolas, distante poucas horas de Cantão (província de Guangdong), conta com 1.570 pessoas divididas em cinco times de produção. O sistema integrado, desenvolvido pelo terceiro time de produção, começou em 1976 a implantação de biodigestores familiares que atendiam noventa por cento (90%) das famílias em 1978. Até hoje 245 biodigestores de 4 a 6 m³ foram construídos. Cada um produz 0,8 a 1,2 m³/dia de biogás, cobrindo 50 a 80% das necessidades energéticas (cozimento e iluminação de uma família e poupando cerca de uma tonelada de lenha por ano. Sete biodigestores comunitários, com volume total de 238 m³, fo

ram também instalados. O biogás produzido é usado na geração de eletricidade, fornecendo diariamente 2 a 3 horas de iluminação à aldeia e acionando pulverizadores e bombas de irrigação. O calor residual da geração de eletricidade é recuperado para uso no aquecimento da cultura do bicho-da-seda. Quando uma família possui oito porcos, 100% de suas necessidades energéticas podem ser atendidas, pois os 10 Kg/dia, em base seca, de dejetos disponíveis dos suínos permitem a operação de dois biodigestores: geralmente um modelo de alta pressão fornece a iluminação e um excedente de gás que é armazenado num tanque. Valores típicos do custo total da construção de um biodigestor de 8 a 12 m³ encontram-se na faixa de U\$S 175.00 a U\$S 200.00 (incluindo U\$S 25.00 de custo de mão-de-obra), estimando-se sua vida útil em 10-15 anos e o tempo de recuperação do investimento em 1.5-2 anos. Outras características interessantes do sistema de Xinbu são:

a) conservação de energia através da introdução de 40 fogões a lenha especialmente projetados para atingirem eficiência térmica de 35-40%;

b) a captação de energia solar é testada por meio de 27 aquecedores de água, de quatro tipos diferentes, instalados no teto das casas. Podem fornecer 60 a 100 Kg/dia de água a 50°C no inverno e 70°C no verão, poupando 20 a 30% do biogás consumido por uma família. Estima-se seu custo em 60 U\$S/m² (inclusive tubulações);

c) secadores solares são utilizados na produção da seda;

d) o lodo que se forma no interior do biodigestor, retirado uma vez por ano, é utilizado como fertilizante no cultivo de cogumelos; e

e) tanques de peixes abrigam quatro diferentes espécies que desempenham importante papel sanitário, absorvendo os excrementos humanos que não são coletados pelas latrinas que alimentam os biodigestores.

Em síntese, o sistema de Xinbu fornece uma excelente ilustração de um sistema integrado de produção de energia e alimentos para auto-consumo e para comercialização no mercado de produtos agrícolas, peixes, porcos, seda e cogumelos. E sugere as enormes potencialidades da combinação do saber agrícola tradicional dos camponeses chineses com modernas tecnologias energéticas. Na verdade, este saber tradicional, acumulado durante séculos na luta contra condições adversas à sobre-

vivência, já apontava na direção da integração das diversas atividades rurais, procurando maximizar a reciclagem de resíduos. A introdução de inovações tecnológicas modernas apenas serviu como elemento catalisador que, aliado à organização social da população rural, à mentalidade pragmática e ao saber tecnológico tradicional do camponês chinês, contribuiu para uma combinação de excelentes resultados.

CONCLUSÃO

A produção de energia a partir da biomassa representa uma opção de grande potencial para a substituição de derivados de petróleo nos países do Terceiro Mundo. Cumpre, porém, assegurar as condições para que esta alternativa não acarrete prejuízos para os objetivos tradicionais da agricultura, como a produção de alimentos, matérias-primas industriais e produtos de exportação. O desafio colocado à produção agrícola po de tornar-se insuperável, como ilustra o caso brasileiro: em 1980, o adequado atendimento das metas da política econômica fixadas para as exportações agrícolas, a produção alimentar e de álcool e óleos vegetais exigiria dobrar a taxa histórica de crescimento da área cultivada (de 3,5% para 6,5% ao ano) até 1985, o que não ocorreu.

Naturalmente, uma grande variedade de instrumentos de política econômica pode ser mobilizada para evitar o conflito entre as produções energética e alimentar: zoneamento do uso do solo; estímulo adequado à produção de alimentos, mantendo a atratividade econômica de seu plantio em níveis competitivos com a produção de energia; apoio aos pequenos produtores; utilização de uma parcela da superfície alocada para culturas energéticas necessariamente para a produção de alimentos, a nível da propriedade agrícola (no Brasil, legislação já existente, porém nem sempre respeitada, exige o plantio de leguminosas juntamente com a cana-de-açúcar destinada à fabricação de álcool); etc.

A pesquisa e desenvolvimento de sistemas integrados de produção de energia e alimentos representa a busca de uma resposta estrutural à questão do conflito potencial entre esses diversos objetivos agrícolas. De certa forma, constitui um elemento a mais para subsidiar uma estratégia de harmonização destes dois objetivos, situado no ponto culminante de um processo que leva à definição de um novo paradigma de tecnologia apropriada nesse campo. Trata-se, na verdade, de inserir a dimensão energética no conceito de desenvolvimento rural integrado.

Os resultados preliminares de projetos desenvolvidos em contextos tão diversos como os casos brasileiro e chinês apresentados, deixam antever um futuro promissor para esta linha de investigação. Além da experimentação e comprovação das diferentes configurações tecnológicas e esquemas organizacionais apropriados aos diversos contextos sócio-econômico-ambientais, as possibilidades de adoção generalizada desse enfoque ainda dependerão, certamente, de adequado respaldo institucional e da vontade política de promovê-lo. Com efeito, não se deve esquecer a lição do Proálcool, cuja implementação distorceu os objetivos sociais enunciados devido à ação de fortes interesses constituídos, reproduzindo as características gerais do estilo de desenvolvimento da sociedade brasileira (monocultura, concentração de terras, da riqueza e do poder), tal qual autêntico microcosmo de todo o corpo social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) LA ROVERE, E.L., "Les Impacts Sociaux et Écologiques du Plan Alcool Brésilien", *Économie et Humanisme*, nº 260, julho/agosto 1981.
- (2) BORGES, J.M.M.; "Programa Nacional do Alcool: Perspectivas para os anos de 1990 e 2000", Seminário sobre o Potencial de Mercado para Fontes Não Convencionais de Energia no Brasil, FINEP/COPPE, setembro 1983.
- (3) HOMEM DE MELO, F.; PELIN, E.R.; *As Soluções Energéticas e a Economia Brasileira*, Hucitec/Edusp, novembro 1983.
- (4) GOMES DA SILVA, J.; "O Proálcool e as responsabilidades do setor agrícola", *Boletim Especial Energia, Sociedade Brasileira de Física*, São Paulo, Julho 1977.
- (5) Coordenadoria de Planejamento e Avaliação do IAA/PLANALSUCAR *A cultura da cana-de-açúcar e a evolução do uso da terra em São Paulo, 1974 a 1979*; Ver também os trabalhos do Instituto de Economia Agrícola da USP.
- (6) CNPq; *Avaliação da Viabilidade Técnico Econômica de Micro destilarias de Alcool*, Brasília, 1983.
- (7) EMBRAPA: *Projeto PME - 1983 e Programa Nacional de Pesquisa de Energia*, Brasília, DF, 1982.

- (8) PORTO, Rogério Ortiz; Sistema Integrado de Produção de Bioenergia e Proteína Animal, Centro Estadual de Bioenergia, Porto Alegre, 1982.
- (9) TOMASQUIM, Maurício Tiommo; Avaliação de Sistemas Integrados de Produção de Energia e Alimentos; Tese de mestrado em elaboração para a COPPE/UFRJ.
- (10) BAIARDI, Amílcar; LA ROVERE, Emílio Lèbre; Programa de Comunidades Agroenergéticas, FINEP, 1982.
- (11) AGUIAR, Sérgio Catão; OLIVEIRA, Hermano Peixoto; Comunidade Agro-energética de Tabuleiro de Valença, Salvador, 1983.
- (12) YING-ZHONG, LU; The Prospects of Rural energy in People's Republic of China, INET, Beijing, China.
- (13) XINSHENG, M.; RUCHEN, C.; NIAN-GUÓ, L, CHENGCHUN, H.; SHEARER, W., Sistemas Integrados en las Comunidades Rurales. Ejemplo Chino: "El Enfoque de la UNU", Universidade das Nações Unidas, Tokio, S/d.

* * *

EXPERIÊNCIA DA EXTENSÃO RURAL NO
SETOR ENERGÉTICO

Élio Sette ()*

(*) ACARPA/EMATER

A Empresa EMATER/ACARPA-Paraná sempre trabalhou com Energia Rural desde sua criação em 1936.

No início os agricultores eram orientados para o aspecto da *Energia Hidráulica* - Bomba d'água para poço. Roda d'água, Carneiro Hidráulico, Turbina. O grande interesse do nosso agricultor era colocar água na propriedade-sede, para isso ele utilizava a Bomba d'água para poço, Carneiro Hidráulico, Roda d'água a até Turbina.

A Roda d'água além de bombear água era muito usada para força mecânica, acionar moinhos coloniais, serrarias, trituradores, etc., e gerar energia elétrica.

A Turbina foi muito utilizada para força mecânica e geração de energia elétrica.

A Energia Hidráulica ainda hoje é muito solicitada pelos nossos agricultores devido às condições geográficas serem bastante favoráveis à existência de pequenos e médios Rios.

A partir de 1979 iniciamos com o programa de Biodigestores. No Estado do Paraná implantamos o Biodigestor Tipo Indiano. Outras empresas particulares também aderiram ao programa, criando novos modelos de biodigestores que inicialmente previam o engarramento do Biogás e posterior uso em tratores e isto não deu certo, criando uma imagem ruim do Programa de Biodigestores. Para se ter uma idéia, em 31/12/85 o Estado do Paraná tinha 588 biodigestores instalados, sendo:

TIPO INDIANO	433
TIPO CHINÊS	06
TIPO BATELADA	06
COMUNITÁRIO	04
ATÍPICOS	98
DIGESTOR ANAERÓBIO	<u>41</u>
TOTAL	588

Com a implantação do Programa de Eletrificação Rural "Clic Rural" em 1984 reduziu significativamente a introdução de Biodigestores no Estado. Com este Programa de Energia, os produtores começaram a solicitar para EMATER orientação sobre esterqueira anaeróbia.

Hoje, nós estamos participando com maior ênfase no Programa de Governo referente ao Clic Rural. A EMATER/ACARPA participa em conjunto com a COPEL. Temos toda a estrutura da ACARPA envolvida neste programa; atuando diretamente temos 20 Engenheiros Agrônomos que assessoram os 290 Esc. Locais distribuídos em todo o Estado. Existe 20 Escritórios Regionais, e em cada um há um Assessor de Eletrificação Rural que assessora os Escritórios Locais.

Nossa atenção está sendo inicialmente em motivar e organizar os produtores no sentido de participarem do Programa de Eletrificação Rural, esclarecimento sobre o PDER e fazendo-os conhecer previamente as múltiplas formas de uso da Energia Elétrica, com vistas a uma maior produção e maior produtividade e melhor qualidade de vida.

Colaborar com a COPEL em todas as etapas da comercialização, inclusive fazer o croqui de localização dos agricultores em relação à rede da COPEL.

Atuamos com maior ênfase de comercialização de 1984 a 1986; a partir de 1987 deveremos dar maior atenção e orientação quanto à aquisição, instalação e uso adequado dos equipamentos eletro-rurais e normas de segurança.

Podemos dizer com certeza que a Extensão Rural no Paraná sempre procurou levar ao produtor rural a alternativa energética que melhor se adapta a sua necessidade. Temos constatado a nível de campo que a EMATER/ACARPA-Paraná procurou atuar sempre dentro do Sistema Energético Integrado (S.E.I.).

Hoje, orientamos os nossos agricultores em todos os tipos de alternativas energéticas com maior ênfase em Eletrificação Rural, Esterqueira Anaeróbica (Biodigestores), Energia Hidráulica (Bomba d'água, Carneiro Hidráulico, Roda d'água, Turbina), Catavento para bombeamento d'água, Compostagem, Aquecimento d'água via Serpentina de fogão a lenha.

Não podemos deixar de lembrar o grande trabalho que vem sendo realizado em tração animal e reflorestamento energético.

* * *

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES DO ENEC
ENCONTRO SOBRE ENERGIA NO CAMPO

Itajubá - julho de 1986

O 1º Encontro Nacional sobre Energia no Campo, organizado pela EFEI - Escola Federal de Engenharia de Itajubá e a FUPAI - Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria, de 15 a 18 de julho, numa promoção da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia) com o apoio da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Minas Gerais, permitiu reunir cerca de 100 profissionais da área, atuando em diversos Estados da Federação, de norte a sul do país (Rondônia, Paraíba, Bahia, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, etc...).

A abertura do ENEC contou com a presença do Secretário da Agricultura de Minas Gerais. Dr. Mário Ramos Vilela, além da direção da EFEI e de representantes da FINEP, da Secretaria de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, do Ministério das Minas e Energia, da Secretaria das Minas e Energia de Minas Gerais e do Grupo de Agroenergia da EFEI, responsável pela realização do encontro. No decorrer do ENEC, cerca de 30 Trabalhos sobre aspectos tecnológicos, econômicos e sociais das fontes e usos da energia no campo foram apresentados e em seguida discutidos em 6 grupos de trabalho formados a partir dos temas principais. Além disso, um dos pontos altos do encontro foi o percurso de um "circuito agroenergético", que levou os participantes a um contato direto com a realidade dos problemas energéticos do meio rural, na região em torno de Itajubá, propiciando incorporar às discussões importantes dados concretos sobre os fenômenos presentemente observados nessa área.

O encontro buscou avaliar o estágio de desenvolvimento de inúmeras tecnologias energéticas alternativas possíveis de emprego no campo. Ficou demonstrado o importante potencial de contribuição para a solução dos problemas energéticos no meio rural da aplicação de fontes alternativas de energia, com

as pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e termelétricas (gasogênios, locomóveis), as microdestilarias de álcool, os biodigestores de resíduos animais e agrícolas, a energia solar, a energia eólica, os óleos vegetais e a tração animal, assim como de alternativas para a conservação de energia mediante a racionalização de seu consumo sob a forma direta (combustível e/ou eletricidade para irrigação, secagem, bombeamento d'água acionamento de maquinário agrícola, etc.) e indireta (fertilizantes, defensivos, etc.). Embora não se possa esperar que, a curto prazo, estas tecnologias tenham um impacto substancial no balanço energético do país, dominado pelos usos, em grande escala, da energia na indústria e nos transportes, elas certamente podem contribuir de forma muito significativa para dinamizar o desenvolvimento social e econômico do meio rural brasileiro, através de:

- a) um melhor equilíbrio entre o desenvolvimento rural e urbano;
- b) uma melhor utilização dos recursos naturais e dos fatores de produção nacionais, disponíveis e ainda não aproveitados em nível local e regional;
- c) desenvolvimento e difusão do emprego de tecnologia nacional;
- d) apoio à efetiva implantação e sucesso de programas nacionais da mais alta relevância, como o de Reforma Agrária e o de Irrigação.

No entanto, para que isso se concretize, é importante que sejam superados diversos obstáculos que se colocam ao desenvolvimento dessas tecnologias energéticas alternativas:

- a) os subsídios hoje embutidos no preço de derivados de petróleo (principalmente o óleo diesel e o GLP-gás liquefeito de petróleo), que chegam a áreas remotas no meio rural com preço muito inferior a seu custo real de produção, transporte e distribuição, desestimulando o uso de energéticos locais;
- b) a implantação de programas de eletrificação rural, pesadamente subsidiados, a partir da extensão da rede de transmissão e distribuição elétrica, por distâncias consideráveis, a custos elevados, que, entretanto, não são repassados ao consumidor final, e inibem o uso de fontes localmente disponíveis para

geração elétrica descentralizada, freqüentemente de sativando pequenas centrais hidrelétricas e termelétricas anteriormente existentes (como pode ser constatado, inclusive, nas visitas de campo efetuadas na região de Itajubá);

- c) ausência de mercados estabelecidos;
- d) inadequações na legislação em vigor;
- e) ausência de instituições responsáveis pelo efetivo desenvolvimento e utilização da agroenergia.

Como fruto dos trabalhos e debates realizados no ENEC, além do intercâmbio científico-tecnológico dos resultados de atividades de pesquisa e desenvolvimento em andamento no país, importantes recomendações gerais para órgãos governamentais de planejamento, em nível federal e estadual, foram levantadas.

A. NÍVEL FEDERAL

A1. Planejamento institucional

(Ao DNAEE, Eletrobrás, Petrobrás e CNPq)

1. Levantamento e divulgação dos custos reais da eletrificação rural e abastecimento de derivados de petróleo a áreas remotas.

(Ao DNAEE, Eletrobrás, Petrobrás e CNPq)

2. Reformulação da estrutura tarifária e adequação na legislação de eletricidade e derivados de petróleo (GLP, diesel) no sentido de estimular a valorização de recursos energéticos locais.

(Ao Ministério da Fazenda, SEPLAN)

3. Imediata aprovação e implantação do Programa Nacional de PCH's, e aplicação do mesmo modelo institucional às demais Fontes Alternativas de Energia.

(Ao MME e SMEs estaduais)

4. Promoção de intercâmbio entre Conselhos Estaduais de Energia, Secretarias e demais órgãos envolvidos na política energética para o meio rural, principalmente no âmbito de cada região.

(Ao MME, MA, MIrr e MCI)

5. Coordenação das atividades dos órgãos já existentes sem necessidade de criação de nenhum novo órgão.

A2. Política de pesquisa e desenvolvimento tecnológico

(Aos diversos órgãos federais e estaduais de fomento à P&D)

1. Elaboração de um banco de dados sobre resultados de projetos de P&D tecnológico, (tipo CAEEB, MME, CNPq), de atualização permanente contendo informações como: cadastro de fabricantes de equipamento, experiência industrial das tecnologias, etc.
2. Direcionamento dos esforços de P&D para situações concretas onde possibilidades de aplicação das inovações tecnológicas são maiores.
3. Definição de Programas de P&D em cada área, a partir do levantamento da demanda e dos centros de oferta de tecnologia, ao invés de apoiar unicamente projetos avulsos.

A3. Normas e certificação de qualidade

(Ao MIC, INMETRO)

1. Desenvolvimento de normas-padrão para ensaios e testes de equipamentos para fontes energéticas alternativas voltadas para o meio rural, inclusive com relação aos aspectos de segurança.
2. Credenciamento obrigatório, para obtenção de financiamento, das empresas fabricantes, através de homologação de seus equipamentos.
3. Instituição de mecanismos ágeis de divulgação das características dos equipamentos (funcionamento, aplicação, usos e benefícios) para os usuários em potencial e de contato entre fabricantes e centros de pesquisa.

B. NÍVEL ESTADUAL

(Aos órgãos responsáveis pelo planejamento energético estadual (Conselhos e Secretarias)).

B1. Criação e/ou consolidação de comissões responsáveis pela elaboração de um plano agroenergético estadual, envolvendo Secretarias, Órgãos de Extensão Rural, Bancos de Desenvolvimento, Concessionárias de Energia elétrica ou companhias energéticas, Centros de Pesquisa e Universidades, com as seguintes atribuições:

1. Elaborar diagnóstico das necessidades e levantamento do potencial de recursos energéticos locais, em nível de ecossistemas (homogêneos, no interior do Estado, com relevância para os estudos de zoneamento das biomassas e fontes alternativas em geral).
2. Definir as alternativas tecnológicas apropriadas a cada contexto.
3. Implantar projetos-piloto da inovação tecnológica selecionada, em nível de propriedade rural, cooperativa, pequena comunidade, etc. (elaboração do projeto e obtenção do financiamento do pré-investimento).
4. Acompanhar e avaliar os projetos-piloto.
5. Nos casos de avaliação positiva, em termos tecnológicos e econômicos, promover a transferência da tecnologia à indústria fabricante de equipamentos e da difusão da inovação em toda a região.
6. Obter financiamento (negociação de linhas de crédito, etc.) para implantação desses programas.
7. Acompanhar e avaliar a implantação.

B2. Encaminhamento desses programas com subsídio à implantação de assentamento no âmbito do Programa de Reforma Agrária em nível estadual.

Recomendações específicas foram formuladas pelos Grupos de Trabalho formados a partir dos 6 tópicos selecionados para debate: Demanda de Energia no Meio Rural; Estudos de Conservação e Utilização de Energia; Combustíveis e Tração; Su-

primento Elétrico; Suprimento Descentralizado e Estratégias de Introdução de Novas Fontes Energéticas no Meio Rural.

Emfim, na sessão de encerramento do ENEC, os participantes do encontro resolveram fundar a ABER - Associação Brasileira de Energia no Meio Rural, entidade sem fins lucrativos congregando profissionais, estudantes, produtores rurais, fabricantes de equipamento e todos os interessados nessa área, constituída com o objetivo de integrar esforços na busca de soluções energéticas para o meio rural. Entre suas atividades, a ABER deverá difundir informações de interesse geral através da edição e publicação de um boletim técnico e organizar periodicamente a realização do ENEC, sendo a próxima prevista para 1987.

* * *

PARTICIPANTES DO ENCONTRO SOBRE
ENERGIA NO CAMPO

1. Ademar Brandini
EMBRAPA
Super Center Venâncio, 2000 - Sala 805
70333 - Brasília - DF - Fone: (061) 216.5227
2. Alexandre Augusto Barbosa
Rua Cel. Joaquim Francisco, 328
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.2815
3. Aloysio Mauro Drumond Senach
Secretaria do Estado das Minas e Energia
Engenharia Civil - Departamento de Recursos Hidroenergê-
ticos
Av. Prudente de Moraes, 1671
30380 - Belo Horizonte - MG - Fone: (031) 344.6222 R. 192
4. Álvaro Feres Medina
Instituto Estadual de Florestas
Rua Olegário Maciel, s/nº
37500 - Itajubá -MG - Fone: (035) 622.2729.
5. Amir Sales de Carvalho
Secretaria do Estado das Minas e Energia
Departamento de Recursos Hidroenergéticos
Av. Prudente de Moraes, Nº 1671
30380 - Belo Horizonte - MG - Fone: (031) 344.6222 R. 191.
6. André Luis Ferreira
UNICAMP
Rua Monte Líbano, 701 - J. Chapadão
13100 - Campinas - SP - Fone: (0192) 42. 4714.

7. Antonio Benedito Nogueira
Sítio Conã-Município de Inconfidentes
Rua Estácio Tavares de Melo, 58
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.0648
8. Antonio Carlos Lima Nogueira
UNICAMP - Engenharia Agrícola
Rua Desembargador Campos Maia, 96
13100 - Campinas - SP - Fone: (0192) 51.8020
9. Antonio Carlos R. Gonçalves
EMBRAPA
Supercenter Venâncio, 2000 - Sala 809
70333 - Brasília - DF - Fone: (061) 223.7075
10. Antonio Raimundo Santi
CEMIG - Distribuição de Energia Elétrica
Av. Cel. Carneiro Júnior, 270
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.0111
11. Antonio René Iturra
CNPq - Energia
Av. W3 Norte Q. 511 - Edifício Bittar II
70770 - Brasília - DF - Fone: (061) 274.1155 R.424/463
12. Ariêrcio Martins Ramos
EFEI - Pós-Graduação
Rua José Dias Coelho, 367
37500 - Itajubá - MG
13. Arnóbio Cavalcanti Filho
EFEI - Campus Universitário
Departamento de Produção
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R.113
14. Carlos Alberto Dias Coelho
EFEI - Campus Universitário
Departamento de Eletrônica
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R.117
15. Carlos Alberto Santos
Secretaria do Estado das Minas e Energia
Departamento de Recursos Hidroenergéticos
Av. Prudente de Moraes, 1172 - 5º andar - Santa Lúcia
30380 - Belo Horizonte - MG - Fone: (031) 344.6222 R. 191.

16. Carlos Barreira Martínez
EFEI - Pós-Graduação
Rua Flamínio Miranda, 16
37500 - Itajubá - MG
17. Carlos Castro San Martín
Cia. Baiana de Eletricidade Rural
Av. Edgard Santos, 300 - Bloco 2 - 3º andar - ASPEL
40000 - Salvador - BA - Fone: (071) 232.5498
18. Carlos Julio Leonhardt
USIMINAS MECÂNICA S/A
Rua Timbiras, 2.349
30000 - Belo Horizonte - MG - Fone: (031) 335.1811 R.132
19. Cesar Augusto Lourenço
ELETROBRÁS
Rua Visconde de Inhaúma, 134 - 15º andar - sala 1503
20094 - Rio de Janeiro - RJ
20. Cláudio Antonio Dias
EMATER
Caixa Postal 55
37500 - Itajubá - MG
21. Clodoaldo Avelar da Costa Ferreira
Universidade Federal de Rondônia
Caixa Postal 556
78900 - Porto Velho - RO - Fone: 221.7818 - 221.0777
22. Dalmo Marcelo de Albuquerque Lima
CNPq
Av. W.3 Norte - Q. 511 - 4º andar
70000 - Brasília - DF - Fone: 274.1155 R.483 - 274.3261
23. David de Souza
ESAL - Departamento de Engenharia Agrícola
Campus Universitário
37200 - Lavras - MG - Fone (035) 821.3700
24. Dêcio Guimarães Abreu
CEMIG
Av. Barbacena 1200 - 20º andar - A.1 - Santo Agostinho
30000 - Belo Horizonte - MG - Fone: (031) 349.2717

25. Douglas Souza Luz
DNAEE
SRTV - Sul Ed. Palácio do Rádio - Bloco III - Sala 510
70000 - Brasília - DF - Fone: (061) 223.5607
26. Edireza Garcia Ferreira
SEPLAN
Rua Padre Chiquinho, 580
78900 - Porto Velho - RO - Fone: (069) 221.0492 R.196 e
180-221.4460
27. Ednildo Andrade Torres
CEPED
Av. São Remo, 463 - aptº 12A - Butantã
05360 - São Paulo - SP
28. Eduardo Costa Lima Silva
Presidência da República - Programa Nacional de Irrigação
SLAN - Q.601 - Lote 1 - 4º andar
70000 - Brasília - DF - Fone (061) 225.9982
29. Edson Eiji Matsura
Departamento de Água e Solo - UNICAMP
Cidade Universitária Zeferino Vaz
13100 - Campinas - SP
30. Eduardo Godoy de Souza
Centro Nacional de Engenharia Mecânica
Caixa Postal 568
18100 - Sorocaba - SP
31. Elio Sette
ACARPA/EMATER
Rua da Bandeira 171 - Bairro Ahú de Baixo
80000 - Curitiba - PR - Fone: (041) 253.2211 R. 130
253.5601
32. Elio Sinopolis
CESP - Utilização de Energia
Rua São Paulo, 70 - Votuporanga
15500 - Votuporanga - SP - Fone: (017) 422.1200

33. Emilio Lèbre La Rovere
FINEP
Av. Rio Branco, 124 - 7º andar
20042 - Rio de Janeiro - RJ - Fone: (021) 291.3993 R.193
225.0268
34. Fernando Sérgio Bonanni
EFEI - Departamento de Produção
Campus Universitário Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R. 188
35. Francisco Sayão Lobato
Conselho Nacional de Petróleo
SGAN 603 - Mod. H, I e J
70000 - Brasília - DF - Fone: (061) 226.5520 R. 326
36. Genésio José Menon
EFEI - Departamento de Mecânica
Campus Universitário Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R.132 e 161
37. Georgette Emile El Mouallem
EFEI - Pós-Graduação
Rua Francisco Masseli, 641
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966
38. Gerardo Palacios Medina
UNICAMP - Conservação Energia
Rua Miguel Penteado, 151 - Castelo
13100 - Campinas - SP
39. Germano Lambert Torres
EFEI - Departamento de Eletrotécnica
Campus Universitário
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R.190
40. Gilberto Martins
UNICAMP
Cidade Universitária Prof. Zeferino Vaz
13100 - Campinas - SP
41. Goethe Odilon Freitas de Abreu
COELBA
Av. Magalhães Neto, 999 - Centro Metropolitano Alfa -
1º andar
40000 - Salvador - BA - Fone: 232.5149

42. Gutemberg Pereira Dias
Universidade Federal de Viçosa
Departamento de Engenharia Agrícola
36570 - Viçosa - MG - Fone: 891.1790
43. Helder Mendes Ribeiro
COELBA
Magalhães Neto, 999 - 3º andar
40000 - Salvador - BA - Fone: 232.5251
44. Hermano Oliveira
CEPED
Km.0 da BA 512
42800 - Camaçari - BA
45. Isidoro Casal Caminha Júnior
ENERSUL
Marechal Floriano 425 - Bairro Amambaí
79100 - Campo Grande - MS - Fone: 386.3295
46. Jair Carlos Mello
Escola de Engenharia da UFMG
Fone: 226.3058
30000 - Belo Horizonte - MG
47. Jairo Martins
EFEI - Graduação
Campus Universitário Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG
48. Jairo Martins Ferreira
CAMIG
Rua Major Belo Lisboa, 22
37500 - Itajubá - MG
49. James Brochhausen
Editora Abril
Caixa Postal 2933
01051 - São Paulo - SP
50. Jamil Haddad
EFEI - Departamento de Eletrotécnica
Campus Universitário Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966.

51. João Batista Turrioni
EFEI - Departamento de Produção
Campus Universitário Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R. 130
52. João Carlos Magalhães
COELBA
Av. Magalhães Neto, 99 - Ed. Metropolitana Alfa - 3º andar
40000 - Salvador - BA - Fone: 232.5654
53. Jorge Abreu
BNDES - Departamento de Energia
Av. Chile, 100 - 9º andar
20031 - Rio de Janeiro - RJ - Fone: 277.7467
54. Jorge Katsumi Saguimoto
CESP
Rua Bela Cintra, 847
01415 - São Paulo - SP - Fone: 257.0922 R. 161
55. José Antonio Perrela Balestieri
EFEI - Graduação
Praça Capitão Vicente Dias, nº 10
13720 - São José do Rio Preto - SP - Fone: (0196) 61.1410
56. José Eduardo Pitelli Turco
FCAEV - UNESP
Rodovia Carlos Ionani, km 4
14870 - Jaboticabal - SP - Fone: 22.4000
57. José Francisco Rodrigues
UNESP
Av. Brasil 56
15378 - Ilha Solteira - SP - Fone: 62.3113
58. José Leonardo Noronha
EFEI - Departamento de Produção
Campus Universitário Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R. 130
59. José Roberto Simões Moreira
Escola Politécnica da USP - Departamento de Mecânica
Av. Prof. Mello Moraes, 2231
05508 - São Paulo - SP - Fone: (011) 815.9322 R. 342

60. José Tomáz Vieira Pereira
UNICAMP
Rua Olímpico da Silva Miranda, 172
13083 - Campinas - SP - Fone:(0192) 39.2625
61. Juarez Souza e Silva
UFV - Departamento de Engenharia Agrícola
Fone: (031) 891.1790 R. 225
36570 - Viçosa - MG
62. Levindo Coelho - CEMIG
Av. Barbacena, 1200
Edifício Santo Agostinho - 16º andar - Sala A.2
30000 - Belo Horizonte - MG
63. Lúcio Sanches
CESP
Rua Bela Cintra, 847
01415 - São Paulo - SP - Fone: (011) 257.0922 R. 168
64. Luis Guilherme V. Londono
USP - Escola Politécnica
Av. Prof. Mello Moraes, 2231
01000 - São Paulo - SP
65. Luiz Andrea Favero
UFPb/NERG
58100 - Campina Grande - PB - Fone: 321.7222
66. Marcos Milan
ESALQ - Departamento de Engenharia Rural
Caixa Postal 09
13400 - Piracicaba - SP - Fone: (0194) 33.0011 R. 149
67. Marcus de Aguiar Dias
EFEI - Graduação
Av. Cel. Carneiro Júnior, 347 - apt. 4
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.3660
68. Manuel Augusto Moreira da Silva
FECI - Graduação
Rua Joaquim Francisco, s/nº
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1561

69. Márcia Batista Corolino
EMATER - MG
Rua Candelária, 587
37500 - Itajubá - MG
70. Maria Aparecida Sanches Coelho
EFEI - Departamento de Produção
Campus Universitário Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R. 113
71. Maria Solange Moroni Vidal
UFPb/NERG
Caixa Postal 001/CCT
58100 - Campina Grande - PB - Fone: 321.7222 R. 357
72. Maria Pales Aguiar
Secretaria do Estado das Minas e Energia
Departamento de Recursos Hidroenergéticos
R. Prudente de Moraes, 1761 - 5ª andar
30000 - Belo Horizonte - MG - Fone: 344.6222 R. 141, 190
73. Maurílio Galvão da Silva
Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral
Esplanada das Secretarias. Av. Farquar
78900 - Porto Velho - RO - Fone: 221.0242
74. Max Kuhnbach
CENEA
Fazenda Ipanema - Caixa Postal 568
18100 - Sorocaba - SP - Fone: (0152) 33.1333
75. Moema Soares de Castro
UFPb/NERG
Rua Aprigio Veloso, 882 - Campus II
58100 - Campina Grande - PB - Fone: (083) 321. 7222 R.358
76. Neilton Silva Queiróz
EMATER
Rua Francisco Mariano, 149-A
37130 - Alfenas - MG
77. Nelson Ferreira Praça
CAERG/Ministério da Agricultura
Esplanada dos Ministérios Anexo - Ala B - sala 232
70000 - Brasília - DF - Fone: 225.4005

78. Nelson da Silva Rosa
ELETROBRÁS
Rua Visconde de Inhaúma, 134 - 8º andar
20000 - Rio de Janeiro - RJ - Fone: 233.0130
79. Oliveiro José Vieira
ESAL
Fazenda CERES - Caixa Postal 37
37200 - Lavras - MG
80. Orfeu Maranhão Moreira Barros
GEER
SCS - Ed. Serra Dourada - 4º andar
70000 - Brasília - DF - Fone: 226.4296
81. Oscar Moura Ribeiro Neto
CEMIG
Rua dos Carijós, 45
37550 - Pouso Alegre - MG - Fone: 421.4302 R. 24
82. Osvaldo Coan
UNESP - Departamento Engenharia Rural
Rodovia Ionammi, km 5
14870 - Jaboticabal - SP
83. Otto Vergara Filho
EPAMIG
Av. Amazonas, 115/918
30000 - Belo Horizonte - MG - Fone: 622.6544 R. 179
84. Paulo César Rezende de Carvalho Alvim
STI/MIC
SAS - Quadra 2 - Lote 5/8 - Bloco G - 4º andar
70070 - Brasília - DF - Fone: 225.0794
85. Paulo Cezarino dos Reis
EMAGER
Av. Dr. Lisboa, 32
35550 - Pouso Alegre - MG - Fone: (035) 421.3777

86. Paulo Roberto Abreu de Figueiredo
IAPAR
Caixa Postal 510
85500 - Pato Branco - PR - Fone: (0462) 24.3381
87. Pedro Antônio Ursine Krettli
CEMIG
Av. Barbacena, 1200 - 20ª andar
30000 - Belo Horizonte - MG - Fone: (031) 349.2707
88. Percy Idefonso Spitzner Júnior
Universidade Estadual de Maringá
Av. Colombo, s/nº
87100 - Maringá - PR - Fone: (0442) 22.4242 R. 323
89. Rafael Caetano Ribeiro
EMATER
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.0900
90. Raul Teixeira Penteago Filho
C.P.F.L.
Rodovia Campinas-Mogi Mirim, km 2,5 - 1.755
13100 - Campinas - SP - Fone: 52.9755 - R. 5733
91. Renato de Aquino Faria Nunes
EFEI - Pró-Reitoria de Pós-Graduação
Campus Universitário Prof. José Rodrigues Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R. 125
92. Ricardo Cunha Antunes
DAE - Secretaria de Minas e Energia
Av. Prudente de Moraes, 1671
30000 - Belo Horizonte - MG - Fone: (031) 344.1055
93. Ricardo Ribeiro Rios
EMATER
Rua Major Belo Lisboa, 366
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.0646
94. Roberto Iazlovitch Besnosik
AIE/COPPE/UFRJ - Centro de Tecnologia
Bloco G - Sala B-203 - Ilha do Fundão
21941 - Rio de Janeiro - RJ

95. Roberto Teixeira Alves
Ministério da Agricultura
NUAGRO (Núcleo Especial para Desenvolvimento da Agroindústria)
MINAGRE - Ed. Sede - 9ª andar - Sala 930 NUAGRO/SUPLAN
70000 - Brasília - DF - Fone: (061) 224.5462
96. Rogério Rigotti Chaves
EMATER
Rua Major Belo Lisboa, 366
37500 - Itajubá - MG
97. Ronny de Souza Bueno Júnior
EFEI - IEM/DPR
Campus Prof. José Rodrigues Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966
98. Sérgio Bassi
Banco do Brasil S.A.
Praça Adolfo Olinto, 51
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.4644
99. Sérgio Valdir Bajay
UNICAMP - Departamento de Engenharia Mecânica
Caixa Postal 1170 - Barão Geraldo
13100 - Campinas - SP
100. Sérgio Vieira da Cunha
EFEI - Graduação
Campus Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966
101. Sinclair Mallet Guy Guerra
CESP
Al. Ministro Rocha Azevedo, 25 - 3ª andar
01410 - São Paulo - SP - Fone: (011) 285.0904/251.5028.
102. Solange Lemgruber Boechat
Instituto Estadual de Florestas
Rua Olegário Maciel, s/nº
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.2729
103. Taciana Emília Bortoni de Carvalho
EMATER
37500 - Itajubá - MG

104. Telmo Silva de Araújo
UFPb
Caixa Postal 011/CCG
58100 - Campina Grande - PB - Fone: (083) 321.7222 R.358
105. Tsutama Satake Neto
EFEI - Graduação
Campus Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966
106. Vânia Maria Aparecida Martins Carneiro
EFEI - Pós-Graduação
Campus Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966
107. Waldir de Oliveira
EFEI - IEM/DPJ
Campus Prof. J.R. Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R. 130
108. William Cruz Loureiro
ELETROBRÁS
Rua Visconde de Inhaúma, 134 - 13ª andar
10094 - Rio de Janeiro - RJ - Fone: (021) 296.3939 R. 320
109. Wilson Silva
Companhia Paulista de Força e Luz
Rodovia Campinas - Mogi Mirim , km 2,5
13100 - Campinas - SP - Fone: (0192) 52.5176
110. Zulcy de Souza
EFEI - LHPCH
Campus Universitário Prof. José Rodrigues Seabra
37500 - Itajubá - MG - Fone: (035) 622.1966 R. 177

* * *

ORGANIZADORES DO ENEC

- . Afonso Henriques Moreira Santos
- . Augusto Nelson Carvalho Viana
- . Geraldo Lúcio Tiago Filho
- . Luiz Augusto Horta Nogueira
- . Luiz Fernando Valadão Flôres

Grupo de Agroenergia da EFEI
Campus Universitário Prof. J.R. Seabra
Av. BPS, 1303
37500 - Itajubá - MG Fone: (035) 622.1966 R.164
Telex: (031) 3485

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ
Julho/1986

- Capacitação para a tomada de decisões na área de energia - Energia e desenvolvimento: A política energética no Brasil.
- Capacitação para a tomada de decisões na área de energia - Tecnologias energéticas alternativas. Subsídios para uma política científica e tecnológica - Segunda coletânea.
- Capacitação para a tomada de decisões na área de energia - Planejamento energético: Elementos para um novo enfoque.
- Capacitação para a tomada de decisões na área de energia - O planejamento do setor elétrico - Desafios e controvérsias.
- Capacitação para a tomada de decisões na área de energia - Energia no meio rural.