

10. 11. 4/3  
10. 11. 4/3  
10. 11. 4/3

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

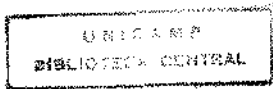
10. 11. 4/3

FORMAS DE ENERGIA NO BRASIL - SÉCULO XIX

Tese de Mestrado Apresentada junto à UNICAMP



FRANCISCO MARIANO DA ROCHA DE SOUZA LIMA



Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. JOÃO MANOEL CARDOSO DE MELO-orientador

---

Prof. Dr. PETER EISEMBERG

---

Prof. Dr. RUI GAMA

## AGRADECIMENTOS

Os passos iniciais e os aspectos históricos deste trabalho foram discutidos com o Prof. Antonio Barros de Castro conjuntamente com os colegas José Cechin, José Machado, Fernando Tirone, Eduardo Souza e a historiadora Celina Whately. Posteriormente na Coordenação de Estudos de Política Científica e Tecnológica do CNPq discuti com José Cassiolato, José Brunetti e José Bonifácio Amaral Filho alguns aspectos do desenvolvimento tecnológico nacional, principalmente as questões referentes a tecnologia no processo econômico. Neste ínterim, entendi que de maneira geral as idéias sobre o papel da tecnologia no século passado vinham de encontro ao trabalho do Prof. João Manoel Cardoso de Mello sobre a dinâmica econômica na economia cafeeira, que prazerosamente aceitou em orientar esta tese. A todos o meu agradecimento, com a ressalva habitual, que todas as imperfeições deste trabalho são de minha responsabilidade.

Para Mária, João e Diogo

SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| INTRODUÇÃO -----  | 1  |
| CAPÍTULO I: A ENERGIA E A REFORMA DOS ENGENHOS -----                            | 6  |
| 1. Antigas formas de energia -----  | 6  |
| 2. Aumento de Produção e a energia -----  | 11 |
| CAPÍTULO II: A MÁQUINA A VAPOR NOS ENGENHOS DE AÇÚCAR -----                     | 19 |
| 1. Introdução -----   | 19 |
| 2. Uma comparação entre as fontes de energia -----                              | 26 |
| 3. A conjugação de energia -----  | 32 |
| CAPÍTULO III: A ESTRATÉGIA DA SIMPLIFICAÇÃO -----                               | 37 |
| 1. Introdução -----   | 37 |
| 2. A estratégia da Simplificação -----  | 41 |
| CAPÍTULO IV: MUDANÇAS NAS ORGANIZAÇÕES DOS ENGENHOS E A<br>ENERGIA -----        | 49 |
| 1. Introdução -----   | 49 |
| 2. Momentos principais da Formação dos Engenhos<br>Centrais e das Usinas -----  | 52 |
| 3. A Energia nas Usinas -----   | 58 |
| CAPÍTULO V: UM CONTRAPONTO ENERGÉTICO: A PREPARAÇÃO DO<br>CAFÉ -----            | 63 |
| 1. Introdução -----   | 64 |
| 2. As fontes de Energia e os primeiros instrumen-<br>tos no descascamento ----- | 65 |
| 3. As fontes de energia e as máquinas de descas-<br>camento contínuo -----      | 70 |

CONCLUSÃO ----- 78

BIBLIOGRAFIA ----- 82

## INTRODUÇÃO

Um dos pontos que receberam pouco tratamento na literatura sobre nossa história econômica é relativo a introdução e difusão do progresso técnico na estrutura produtiva. Nesta dissertação de mestrado procurei dentro desta vasta problemática descobrir e compreender na dinâmica econômica o progresso técnico no tocante às formas de energia no século passado. Quando comecei esta tarefa estava preocupado, principalmente, com a difusão da máquina a vapor entre nós. O motivo para a escolha deste ponto de partida advinha da importância que a máquina a vapor adquiriu na 1.ª Revolução Industrial, como a principal força motriz da industrialização inglesa e sua rápida difusão para o continente e os E.U.A. Mais tarde ao analisar o material empírico da pesquisa, principalmente o periódico da Sociedade Auxiliadora da Industrial Nacional (SAIN) constatei que a difusão da máquina a vapor foi extremamente lenta e que as principais fontes de energia, no século passado, foram a hidráulica e a animal. Esta lenta difusão da máquina a vapor, fez com que procurássemos um quadro mais amplo para situar nosso desenvolvimento tecnológico. Isto é, pensar no desenvolvimento tecnológico em uma economia agrária-exportadora com mão de obra escrava. Um primeiro passo, neste sentido é verificarmos que o desenvolvimento tecnológico é um dos aspectos que intervêm na concorrência intercapitalista e que, em cada formação econômica há uma fronteira tecnológica que necessariamente se transforma no sentido de incorporar o progresso tecnológico das formações econô-

micas mais desenvolvidas. A incorporação deste progresso tecnológico dentro das condicionantes internas é o marco principal em minha análise. Em termos históricos, no nosso caso, é imprescindível observar os desdobramentos da 1ª. Revolução Industrial, principalmente na Europa.

Na 1ª. Revolução Industrial, ocorreram uma gama de inovações tecnológicas no bojo do desenvolvimento das forças produtivas capitalistas. No dizer de David Landes (1) - o avanço concreto deu-se em três áreas: a) há uma substituição de habilidade humana pelos dispositivos mecânicos. b) a energia inanimada - em particular o vapor tomou o lugar da força animal ou humana. c) sensíveis melhoramentos na obtenção e tratamento das matérias primas, especialmente no que é hoje conhecido como indústria química e metalúrgica.

O que é particularmente importante para nós, é o fato de que em vários setores produtivos, as fronteiras tecnológicas - ou melhor, o nível tecnológico de várias atividades - se deslocam acarretando para as formações econômicas, em que as forças produtivas capitalistas ainda não tinham se desenvolvido plenamente, uma trajetória de perseguição a este nível tecnológico alcançado, dentro das condições específicas a cada formação econômica (2). Este esforço de acompanhamento tecnológico, no

---

(1) David Landes - The Unbound Prometheus - Pg. 1.

(2) Gostaria de frisar desde já que não me filio àqueles que veem este caminho de perseguição como uma trajetória de dependência no sentido que dando um avanço tecnológico no exterior formam-se cadeias de dependência no caso tecnológico que ligam os mais adiantados aos atrasados. A nossa tentativa é analisar a trajetória tecnológica abrindo a partir das condições internas do progresso técnico onde as forças produtivas capitalistas não estavam plenamente desenvolvidas.



caso brasileiro, tem em conta uma sociedade agrária-exportadora com mão de obra escrava. Desta forma a base técnica e produtiva se adequa no correr do século a este deslocamento da técnica a nível internacional. Em síntese, os problemas e as soluções para esta "adequação" em termos de energia, é o assunto desta dissertação de mestrado.

A meu ver, a produção de açúcar brasileiro - pelas suas características tecnológicas - mostra, com as maiores evidências, a problemática desencadeada a partir da 1ª. Revolução Industrial. Senão vejamos: o açúcar brasileiro, que era o principal produto de exportação até a década dos trinta, sofre a concorrência dos produtores das Antilhas, proveniente principalmente de Cuba, e do açúcar derivado da beterraba, de tal forma que, no final do século, estava praticamente banido do mercado mundial. Certamente, uma das faces desta concorrência foi estimulada pela introdução do progresso técnico que permitia aumentar a produtividade do trabalho, ou melhorar a qualidade do açúcar produzido. Os desdobramentos da 1ª. Revolução Industrial tiveram um impacto determinante nesta agroindústria, principalmente, no processamento da cana de açúcar chegada ao engenho. Em detalhes: o avanço da química possibilitou a produção em larga escala do açúcar de beterraba, sendo esta última uma matéria prima mais pobre no conteúdo de sacarose quando comparada a cana de açúcar. No tocante a energia mecânica, ou melhor aos "primeiros motores", houve uma substituição das rodas hidráulicas, da energia animal ou humana pela máquina a vapor. E, no que diz respeito a energia térmica, o uso do vapor e da panela

a vácuo, possibilitou ganhos expressivos na produtividade é principalmente na obtenção do açúcar de melhor qualidade. É fácil verificarmos, que esta decantação de inovações, está intimamente ligada a produção de ferro e aço por processos modernos, à extração de carvão e a uma série de atividades produtivas e avanços técnicos não diretamente envolvidos na produção açucareira.

Tendo em vista melhor se entender os avanços técnicos, a análise se centrará nas diferentes formas de energia voltadas para a produção do açúcar, porque em última instância, a energia se compõe de uma superposição de atividades tecnológicas distintas, que permitem avaliar o grau de inter-relação entre diversos campos tecnológicos como o combustível, a produção e o uso de ferro e aço, a assistência técnica e o emprego do calor.

Numa tentativa de realizar uma análise comparativa, pesquisamos as formas de energia na lavoura do café pelos seguintes motivos: a produção cafeeira, embora tenha, a priori, um processo de beneficiamento muito simples, do ponto de vista técnico, gera um excedente que com as mudanças das relações de produção para o trabalho assalariado constitui as bases para a industrialização do país. Torna-se mais interessante tal comparação ao verificarmos que no decorrer do século os dois produtos considerados apresentam resultados opostos no que concerne ao peso relativo na exportação e na geração da renda nacional. No caso do açúcar a produção expressiva, no início do século, em termos de mercado mundial, tem uma trajetória descendente até o final do século; no café, pelo contrário, temos ganhos cres-

centes de mercado, até tornarmos a ser o primeiro produtor mundial.

A meu ver é a simplicidade técnica da produção cafeeira, que não criou obstáculos para sua rápida difusão e, além disso a partir da 1ª. Revolução Industrial cria-se uma redivisão internacional do trabalho onde a questão tecnológica é crucial. Embora a parte relativa ao café tenha importância menor para este trabalho, acreditamos que é útil compor um quadro de desenvolvimento tecnológico onde apareça com bastante clareza que a produção cafeeira não traz em si mesma um nível tecnológico mais avançado, mas pode desencadear pelo excedente gerado, um processo de transformação estrutural da economia que inclusive avança a fronteira tecnológica; exemplo disso é a ferrovia - uma das mais importantes inovações da 1ª. Revolução Industrial - cuja implantação em larga escala foi resultado da expansão cafeeira.

I. Antigas formas de energia

Para introduzir a temática de energia nos engenhos do século passado é necessário apresentar a estrutura de funcionamento do engenho no começo do sec.XIX, herdada dos três séculos de exploração açucareira no Brasil. Para fins de análise, os pontos focais serão as duas formas principais do consumo de energia no interior do engenho: a térmica e a mecânica.

A energia mecânica emprega-se principalmente no esmagamento da cana e a energia térmica utiliza-se na concentração e posterior cozimento do caldo. É necessário assinalar que sem fugir a ótica de energia estarei interessado no engenho como um todo, porque há uma interação entre as formas concretas de captação e transmissão da energia com as outras partes da estrutura dos engenhos. Desta maneira, há efeitos de encadeamento em que uma mudança numa das partes de um engenho exerce influência sobre as outras.

Vejamos a energia mecânica:

O processo de extração no caldo era feito primitivamente com duas moendas horizontais. Por volta de 1608 a 1612, conforme Frei Vicente, outro método mais fácil foi introduzido "que é somente três paus posto de por alto muito justos dos quais os do meio com uma roda de água ou com uma almanjarra de bois ou cavalos se move e faz mover os outros" (1). O movimento era transmiti

---

(1) Frei Vicente do Salvador, História do Brasil, Revista por Capistrano de Abreu e Rodolfo Garcia, Editora Melhoramentos, 3a. Ed. - São Paulo, p.421.

do do cilindro do meio por um sistema de dentes e entrosas para os dois cilindros laterais. Estes cilindros foram a primeira parte da moenda a serem revestidos de ferro (2). Este tipo de transmissão já estava generalizado no início do século XIX conforme várias evidências (3).

Quanto às fontes de energia existiam duas para mover a moenda: a de origem animal (cavalos, bois, mulas) e a hidráulica (quedas d'água).

Desde os primeiros engenhos em 1.500 os animais de tração eram indispensáveis, quer na moenda ou nos carros de transporte de cana e lenhas. Por volta de 1800 Vilhena dava conta que "se o engenho moe com cavalo costuma ter quatro almanjarras em que se empregam oito cavalos e são mudados de três em três horas e que vemos que necessita de sessenta e quatro cavalos... se vê que se cada Senhor de engenho não tiver dois ternos de cavalaria se expõe muito a pejar o engenho com prejuízo grave" (4). Existiam engenhos menores que comportavam somente duas ou três almanjarras.

Os animais são a primeira força motriz dos engenhos que independem da localização da moenda, já que não precisa

---

(2) No engenho Sergipe do Conde descrito por Antonil em 1711 "os corpos dos três eixos da metade para baixo, são revestidos igualmente de chapas de ferro unidas e pregadas com pregos feitos para este fim com a cabeça quadrada e bem entrante." André João Antonil, *Cultura e opulência do Brasil*, Companhia Editora Nacional - pág. 186.

(3) Henry Koster, *Viagens ao Nordeste do Brasil*. Coleção Pernambucana, Volume XVII - Departamento de Cultura de Pernambuco. Trad. Luis Câmara Cascudo

(4) Vilhena - "Cartas Foteropolitanas", Vol. 1, pgs. 183/184

de água para tocá-la. Esta mobilidade permitiu a construção de trapiches em terras onde a água que existia era somente para dar de beber aos animais. Por sua vez este tipo de força motriz possibilitava a um engenho de pequeno porte que se proliferasse quando, por várias safras, o açúcar estava em alta de preço.

Nos engenhos movidos a água, a roda hidráulica era o aparelho para captar sua energia. Era feita artesanalmente de madeira resistente, usava pregos, cavilhas e um espigão de ferro. Na maioria das vezes a água era represada e canalizada para incidir com mais violência na roda. Nos engenhos empregava-se geralmente a roda de cubos que recebia a água que vinha por cima aproveitando a gravidade. Este tipo de roda é característico pela velocidade que pode imprimir à moenda. Por sua vez as rodas de pás que recebem a água por baixo eram mais raras porque necessitam de maior volume d'água, além de serem menos eficientes em termos de rendimentos. Os engenhos que adotavam a água como força motriz eram considerados no período colonial os mais importantes do ponto de vista da produção e do destaque que conferia aos seus proprietários como prósperos senhores de engenho. A conhecida obra de Antonil se refere aos engenhos reais "que ganharam este apelido por terem todas as partes de que se compõe e todas as oficinas perfectas cheias de grande número de escravos com muitos canaviais próprios e outros obrigados as moendas e principalmente por terem a realza de moerem com água" (5). O tamanho deste tipo de engenho é maior que os demais, segundo Vilhena "moem os engenhos que são movidos com água quase o duplo dos de cavalos quando são igualmente dispendiosos" (6).

(5) Antonil, Op.Cit., pág. 133.

(6) Vilhena, Op.Cit., pág. 198.

Vejamos agora a energia térmica dos engenhos.

O cozimento do açúcar era feito num sistema de cinco a seis taxas geralmente assentadas sobre uma fornalha. O caldo vindo das moendas era colocado na primeira taxa chamada de "receber" que ficava em geral mais afastada do fogo (7). Era feita a limpeza das impurezas com adição de álcalis (defecação) com que se formavam as "primeiras escumas" que eram retiradas. O caldo era transvasado por grandes colheres, sucessivamente até a última caldeira a medida que a água se evaporava. Nesta caldeira o mestre de açúcar dava o "ponto", isto é, o momento exato em que a massa cozida composta de açúcar e de mel proporcionasse o maior rendimento sob a forma de açúcar branco (8). A experiência e habilidade do mestre de açúcar é que permite saber este momento porque para cada quantidade de caldo posto a ferver o "ponto" é diferente, porque depende da qualidade da cana, da quantidade de água, da maturidade, obrigando ao mestre manter a vigilância constante para evitar a queima do açúcar acarretando perda de qualidade.

A inovação que estava no período em generalização era a fornalha com crivos que possibilita uma menor distância entre o fogo e o fundo das taxas. Entretanto a devastação secular das matas tinha encarecido o preço das lenhas, principalmente pela dificuldade de transporte. Este consumo vai ser reduzido pela introdução do bagaço como combustível a partir da segunda década do século, que como veremos mais adiante, provoca mudanças no engenho como um todo (9). Estas são linhas gerais dos instrumen

---

Tollenare em Notas Dominicais dá notícia que existiam engenhos que preferiam colocar o fogo sob a primeira caldeira mas como ele próprio observa era inadequado porque o cozimento do açúcar requer mais calor e tempo de cozimento.

Pode-se a grosso modo separar dois tipos de açúcar: o branco e o mascavado com suas qualidades superiores e inferiores.

Ver a propósito Antônio B. Castro, Senhores e escravos nos engenhos do Brasil, pág. 71 a 73.

tos e organização das formas de energia nos engenhos de açúcar no final dos setecentos.

Neste momento é importante fixarmos o seguinte: a produção do açúcar colonial compreendia um tipo de engenho em que sua estrutura, isto é, as moendas, as taxas, as formas de energia eram geralmente construídas e operacionalizadas no interior do engenho e quanto aos materiais se utilizava principalmente a madeira extraída das matas vizinhas. O material importado como o ferro, o cobre, pregos, ferramentas eram trabalhados localmente por artífices, geralmente homens livres. Esta estrutura produtiva estava sujeita a um tipo de progresso técnico extremamente lento e esparsos porque não só a base técnica e científica nacional tinha estreitos limites como também o desenvolvimento da tecnologia na Inglaterra e na Europa Continental se limitou a alguns setores econômicos como mineração, fundição, imprensa não se espraiando para o resto da economia e não sendo comercializada de maneira implícita em bens de produção (10). Mesmo o avanço técnico que caracterizou a Revolução Industrial desde o século XVIII não propiciou uma maturidade tecnológica para que de imediato se exportassem os instrumentos e máquinas que possuíam estas inovações. Assim como veremos com mais detalhes no começo do século XIX as primeiras máquinas a vapor funcionavam de maneira irregular prescindindo entre outros itens de peças de reposição inexistentes e de mão de obra qualificada para mantê-las em funcionamento.

---

(10) ver a propósito - Hermann Kellebenz, Technology in the age of the Scientific Revolution 1500 - 1700. Em The Fontana Economic History of Europe. pág. 177 a 272.



De maneira sucinta, nos três séculos precedentes foi um período de aperfeiçoamento empírico de alguns instrumentos, máquinas simples e de fornalhas. Vejamos alguns exemplos: em relação à moenda, antes a horizontal com dois cilindros e posteriormente a vertical com três cilindros revestidos de ferro (11), em algumas partes que sofriam maiores desgastes como os agulhões tem-se a substituição da madeira pelo ferro. Por sua vez a transmissão do movimento por dentes e entrosas já era conhecida há muitos séculos. No tocante à casa de caldeiras a disposição das fornalhas, a altura do fogo em relação às taxas, a introdução de cinzeiros são modificações para melhorar a combustão e o aproveitamento do calor.

Estes melhoramentos como dizíamos, somente aperfeiçoam empiricamente um sistema antigo de fabricação do açúcar. O período que se abre no início do século em termos de perspectivas tecnológicas é muito mais amplo a partir dos avanços da Revolução Industrial que decantam para a produção do açúcar. Vamos observar em que condições a economia açucareira absorve estes avanços.

#### Aumento de produção e a energia

A produção brasileira apresentou na primeira década do século uma crise profunda. Suas origens estão na tendência declinante do preço do açúcar já observado no século XVIII, agravada pela desorganização do mercado mundial pelas guerras napoleônicas (12). Neste momento tornou-se imprescindível a reforma

1) Ver introdução de Alice Canabrava, a obra de Antonil - pág. 70.

2) Ver A. B. Castro - pág. 77.

dos engenhos aos olhos dos senhores inovadores. Vejamos as reformas no que diz respeito a energia.

Um dos mais conhecidos reformadores no período é Manoel Jacinto de Sampaio Melo cujo o livro "Novo método de fazer o açúcar ou reforma geral econômica" (1816) é muito rico na análise das técnicas inadequadas que colocava que "Ninguém ignora que no Brasil os melhores terrenos mais próximos aos engenhos, de que se pode maior utilidade, se ocupam com extensos pastos para sustentar um grande número de bois e cavalos indispensavelmente necessários para condução de lenhas e para servirem as moendas que precisam para se fazer uma moagem mais vantajosa oito continuamente dia e noite por espaço de sete a oito meses que com frequência morrem ou ficam estrupiados de onde provém em parte a derrota dos engenhos". Isto é, o engenho a força animal pressupunha uma certa área de terra para pasto o que aliado a escassez de terras propícias para a cana acarretava um movimento para o interior. A falta de pasto é uma condição admitida para que se efetivasse a introdução da máquina a vapor. Em um documento desfavorável a aquisição de máquina a vapor, Joaquim da Silva Maia, em 1821, declara "Se um ou dois proprietários podem tirar vantagem por falta de pastos para poderem sustentar a fábrica de boi e cavalos que lhes são necessárias para moerem as canas aos outros que têm muitas terras lhes é inteiramente desnecessária (13)".

A outra fonte de energia muito conhecida dos senhores de engenho é a roda hidráulica também objeto das reformas. Vejamos alguns limites impostos por este tipo de energia. Em primei

---

(13) "Agricultura na Bahia" citado por Wanderley Pinho em História de um Engenho do Recôncavo, pág. 134.

ro lugar e como já referimos o tamanho de um engenho movido a roda hidráulica era sensivelmente maior do que uma almanjarra. Isto implica uma imobilização de capital maior nas taxas, na quantidade de cana a ser servida ao engenho, além da construção da represa. O inglês Koster escreveu "Se a despesa para construir a represa e outras alterações é sem dúvida vultuosa e poucas pessoas podem iniciar as obras com o dinheiro que esse serviço exige, mais conveniências de mover o engenho pela água são vários"(14). Além da escala, as terras que propiciavam a instalação e uma roda hidráulica era de maior preço, constituindo propriedade de primeira classe "Situadas mais perto do litoral marítimo, isto é, de duas a dezesseis milhas deste, tendo grandes terrenos baixos próprios para cultura de cana de açúcar e alguns com mato virgem, boas pastagens, tudo isto é necessário e água para mover o engenho"(15). Por outro lado, a roda hidráulica apresentava vantagens do ponto de vista da economia de terras para pasto e do emprego de escravos para cuidar dos animais e tangê-los nas moendas (16), o que conferia uma preferência pela roda hidráulica em relação ao trapiche. Em relação as modificações sugeridas para a construção da roda hidráulica nesse período de reformas o inovador Sampaio Mello oferece uma receita para construção da roda e expõe suas qualidades: "A nova roda é mais cômoda e útil, porque se acham e conduzem mais facilmente as madeiras que precisam; move-se ela e também a máquina com dois dedos, quando as antigas pelo seu atrito sobre os aqui

---

(14) Henry Koster, Viagens ao Nordeste do Brasil

(15) Henry Koster, Op. Cit. - pág. 342.

(16) Koster declara que o número de animais necessários para o canavial é reduzido a menos da metade - pág. 337.

lhões são com o peso de todo o corpo se podem mover". Nisto há um interesse em aproveitar cursos d'água de menor volume que são mais encontrados. A concepção do projeto descarta as rodas que recebem a água por cima; diz ele - "Os engenhos copeiros não têm utilidade que vulgarmente se pensa". Têm-se uma significativa comparação com os trabalhos de Smeaton (inglês), de Parcieux (francês) e Euler (suíço) que estabeleceram através da teoria e da experimentação que a roda hidráulica copeira era mais eficiente que a recomendada por Sampaio e Mello (17). Estes cientistas europeus calcularam em meados do século XVIII que a roda hidráulica de maior eficiência, foi uma das primeiras contribuições da ciência à tecnologia porque construíram-se muitas rodas hidráulicas a partir desses princípios. No nosso caso as rodas eram feitas por homens práticos, sem nenhuma teoria ou como Sampaio e Mello que através de algumas noções elementares de física pensaram em determinar a melhor roda hidráulica. É bastante ilustrativo este caso porque mostra que embora o instrumento de captação de energia fosse semelhante, as rodas hidráulicas construídas na Europa tinham uma sólida base científica. O viajante francês Tollenare em 1816 observou várias rodas hidráulicas em funcionamento em Pernambuco e concluía que embora tivesse uma mão-de-obra para o serviço de carpintaria muito boa a "concepção das plantas é detestável" (18)

Deve ser entendido neste processo de reforma dos engenhos a introdução das primeiras máquinas a vapor. Este processo

---

(17) Ver a propósito Scientific influences on technology: The case of the overshot waterwheel 1752 - 1754. Reynolds, Terry - Revista de Society of History of Technology 1979 - pág. 270 a 295.

(18) François Tollenare "Notas Dominicais" pág. 89.

será apresentado em detalhes no capítulo seguinte, mas vejamos que nas primeiras décadas do século abrem-se as condições para implantação desse tipo de energia.

Tollenare observou que os "proprietários dos velhos motores que aqui se encontram tem todos ouvidos falar das máquinas a vapor e não cessam de se lastimar do governo que não encoraja sua importação" (19). Vejamos algumas causas existentes para introdução das máquinas. Em 1818 o governador de Pernambuco na correspondência para a Corte despacha "As secas repetidas que experimenta esta região fazendo difícil o rêgo das águas na operação da moagem, e a falta de lenha tem inutilizado uma grande parte e obstado ao estabelecimento de muitos outros engenhos. É pois de uma grande necessidade lançar mão do uso das fornalhas econômicas e sobretudo dos engenhos de vapor que ultimamente se tem descoberto e que são preferíveis em muitos sentidos aos engenhos ordinários e principalmente os que moem a fôlego" (20). Os dois motivos apontados para introdução da máquina a vapor são a insuficiência de cursos d'água perenes e pouca eficiência de um engenho a força animal. Isto é, abrem-se possibilidades para a substituição das fontes de energia tradicionais. Entretanto, a máquina a vapor não tinha alcançado a sua maturidade técnica e nem mesmo na Europa tinha deslocado no início do século, as rodas hidráulicas ou o moinho. Mas o que é significativo são indícios que as fontes tradicionais em condições específicas poderiam ser substituídas, o que não seria absolutamente factível em larga escala pelos custos de manutenção desta inovação.

---

(19) François Tollenare - Op. Cit. pág. 91

(20) Citado na edição francesa de François Tollenare - pg. 425.

Em resumo, em relação a energia mecânica no período de reformas tornou-se necessário prosseguir e aumentar a utilização das rodas hidráulicas. Por outro lado seus obstáculos como terras propícias falta de mobilidade, ofereceram condições para a introdução das primeiras máquinas a vapor.

Vejamos como se comportam as condições tecnológicas neste período de reformas em relação a energia térmica. O cozimento do açúcar apresentou historicamente três problemas centrais: a) combustível; b) aproveitamento do calor; c) o controle de qualidade do açúcar no processo.

Vamos mostrar as soluções que tiveram estes problemas nos engenhos do começo do século. No Brasil o único combustível até o século XVIII era a lenha. A devastação das matas próximas aos engenhos implicou uma série de provisões que limitavam a edificação dos mesmos próximos um dos outros. A liberação da construção de engenhos em qualquer vizinhança foi de 1827. Vamos às causas que possibilitaram esta liberação. A primeira já referida anteriormente é o aumento da intensidade do fogo para cozer o açúcar com modificações na fornalha através de um cinzeiro e porta para entrada do ar possibilitando que as taxas de cozimento do açúcar ficassem mais próximas do fogo (21).

A segunda e mais importante é o uso do bagaço como combustível (22) que já estava em uso nas Antilhas e em Cuba. C

---

(21) Notícias desses melhoramentos estão no jornal baiano "Idade de Ouro do Brasil" citado por Wanderley Pinho, pág. 158 e no livro de Sampaio e Me.

(22) A. B. Castro - pág. 69 a 73.

produtores brasileiros tentaram sem sucesso. Respondendo a uma solicitação do vice-rei porque não se empregava o bagaço a Câmara dos Oficiais de Campos em 1798 responde: "que não resultou fruto algum pela grande debilidade dos fogos e não poderem fazer agitar os cobres por falta de atividade... que se faz indispensável para a fabricação do açúcar... acrescentando mais que sendo nesta capitania nas fábricas de engenho quase todos chapeados as suas moendas saião os bagaços das mesmas quase feitas em farelos e por conseqüências ainda com menor substâncias para produzir o efeito pretendido (23)". A introdução da cana caiana com um caule mais lenhoso que não se esfarelava propiciou que se efetivasse, a queima do bagaço. A difusão desta nova espécie foi muito rápida porque o rendimento no caldo também aumentou. Por outro lado a imperfeição das moendas exigia que a cana passasse várias vezes entre os cilindros. Consta em Vilhena que a cana voltava dez a doze vezes se a almanjarra era movida por cavalos e vinte e quatro se era por bois. Koster mais modesto, declara que "essa operação é repetida cinco a seis vezes até o sumo ser todo retirado"; de qualquer forma a moenda necessitaria ser modificada. O mesmo Koster observou em 1816 que "há pouco tempo os cilindros verticais chapeados de ferro, usados nas Antilhas, foram adotados. Tinham sido mandados vir da Inglaterra e deram resultados magníficos particularmente nos engenhos que possuíam a vantagem de ser movidos a água" (24). Isto é, estes cilindros são de outro tipo diferente dos feitos dentro dos engenhos e que eram chapeados o ferro desde o século XVIII.

(23) Citado por Julio Feydit em "Subsídios para uma História dos Campos dos Goitacazes", folhas 55 livro registro, 1798 - Carta dos Oficiais da Câmara ao vice-rei.

(24) Koster, Op. Cit. pág. 349.

Estas soluções modernizantes para a estrutura dos engenhos recomendados por uma parcela de senhores tem sua razão de ser, observando a produção brasileira do açúcar que salta de dez mil toneladas anuais na primeira década do século, para oitenta mil nos anos vinte (25). Pelo lado da demanda houve uma recomposição e um crescimento do mercado mundial e a perda de um fornecedor no caso de São Domingos, por outro lado os preços do açúcar mantêm até a segunda década do século XIX uma tendência a alta. Este aumento da produção brasileira esbarrou na capacidade dos engenhos e nas obras de infraestrutura (estrada, pontes, portos). Uma parcela pequena deste crescimento foi devido as novas técnicas, provavelmente a maior parte da produção continuava a ser como os mesmos engenhos da época colonial, mas as soluções buscadas pelos senhores inovadores mostravam que era imprescindível modificar a estrutura dos engenhos.

Em resumo, no período das reformas que têm seu início nas duas primeiras décadas do século, abrem-se condições para uma mudança nas formas de energia e de maneira geral na origem e no ritmo do progresso técnico. Em primeiro lugar, a estrutura técnica dos engenhos não dava conta das pressões do aumento de produção. E segundo, ficam disponíveis pelo deslocamento da fronteira tecnológica a nível internacional, soluções passíveis de serem aplicadas na produção açucareira.

---

(25) Koster, Op. Cit. - pág. 349.



## II. - A MÁQUINA A VAPOR NOS ENGENHOS DE AÇÚCAR

### 1. Introdução

A importação das primeiras máquinas a vapor nos engenhos de açúcar fazem parte da série de medidas reclamadas pelos senhores de engenho no período das reformas. A introdução das máquinas a vapor acarretou uma mudança no nível tecnológico das formas de energia até então empregadas. Este nível tecnológico está determinado pela estrutura e funcionamento da máquina a vapor que requer uma produção de ferro, uma habilidade na sua transformação mecânica, no uso do carvão de pedra como combustível, além de conhecimento de mecânica strictu-sensu para a construção e manutenção da máquina. Esta série de tecnologias e insumos são convergentes na máquina a vapor, vale dizer historicamente, a uma disponibilidade de um conjunto de técnicas oriundas do desenvolvimento capitalista na Inglaterra e Europa Continental no período da Revolução Industrial. Antes de analisar o impacto desta inovação no engenho de açúcar vamos focar os primeiros passos do desenvolvimento da máquina a vapor na Inglaterra para situar os graus de dificuldade que implica uma máquina dessas naquela época.

O uso do vapor como energia mecânica, para fins industriais, iniciou-se com as máquinas "atmosféricas" de Savery e Newcomen no início do século XVII destinada a retirar água das minas (1). A associação de Boulton, um próspero homem de negócios, com Watt, um mecânico com agudo senso de observação, permitiu após várias tentativas e erros a passagem das máquinas atmosféricas pa

---

(1) A bomba de Savery de 1698 era conhecida como "O Amigo do Mineiro"

ra a máquina a vapor a partir de um modelo de Newcomen. A principal inovação foi na condensação do vapor que entrava nos cilindros por uma câmara separada. Tanto na bomba de Savery como na de Newcomen após a entrada do vapor que expandia o pistão dentro do cilindro, a condensação do vapor para o retorno do pistão para a posição inicial era feito com o resfriamento por fora do cilindro. Ora, com isto o processo se interrompia a cada injeção de vapor. Watt percebeu que a condensação do vapor poderia se dar em uma câmara separada e com o cilindro sempre a uma alta temperatura, podendo aumentar o rendimento da máquina (2). Uma das principais dificuldades encontradas, era deixar o cilindro por onde corria o pistão sem folga para o vapor não escapar. Poucos ferreiros e torneiros na Inglaterra podiam fazer meticulosamente esta tarefa - "os construtores de moinhos eram então os únicos trabalhadores equiparados a um mecânico expert, e a construção da máquina devia ser encomendada ao esforço combinado de ferreiros, torneiros e carpinteiros" (3).

As dificuldades de Watt não se restringiam a mão de obra especializada mas também a qualidade do ferro usado como matéria prima e as ferramentas para desbastarem as peças de metal. Somente após o primeiro quartel do século XIX quando então se dispõe de plainas, tornos e outras ferramentas de precisão a

---

(2) A idéia de Watt de um condensador separado é de 1765, mas somente entraram em funcionamento as duas primeiras máquinas de Watt no ano de 1776, ano da Declaração de Independência dos EUA e da publicação das Riquezas das Nações de Adam Smith. VER a História de La Tecnologia. Derry, T. K. e Willians, Trevor - siglo vientiuno editores págs. 449 a 497.

(3) Idem Ibidem, pág. 466.

construção da máquina a vapor deixa de ser artesanal. Pelo lado financeiro, desde 1774 quando o modelo experimental estava completo até a comercialização em larga escala da máquina em 1800, foi necessário o suporte financeiro de Matthew Boulton, um sólido industrial de Birmingham, que além de financiar pôs à disposição de Watt suas fábricas (4).

No Novo Mundo as máquinas a vapor chegaram para produzir energia em múltiplos e variados usos: nas serrarias, nos engenhos de açúcar, na moagem de cereais. Sem dúvida pelas próprias características da máquina para resolver os problemas de energia com uma série de vantagens sobre as outras fontes energéticas como mobilidade, regularidade, e perfeição na transmissão faziam com que a máquina fosse por todos desejada (5). Por exemplo nos EUA onde já existiam mecânicos, ferreiros em outros setores afins como fabricantes de rodas, máquinas para moer cereais, a inovação é rapidamente assimilada tanto que um importante desenvolvimento do modelo de Watt, que é a máquina a vapor de alta pressão, foi obtida ao mesmo tempo que os experientes ingleses conseguem construir este tipo de máquina (6).

Em Cuba, onde havia escassez de quedas d'água, os

- 
- (4) "A firma construiu 496 máquinas no total, das quais 164 serviram como bombas de água complementando o trabalho das máquinas de Newcomen, 24 foram empregadas em altos fornos e as restantes 308 serviram diretamente para fornecer energia motriz a outras máquinas - História de La Tecnologia T. K. Derry e Trevor Willians, pág. 467.
- (5) Podemos observar que até hoje a máquina a vapor é usada em algumas condições, p. ex: nos países em que o carvão é barato em relação ao petróleo, embora existam máquinas motorizadas com melhores rendimentos.
- (6) Em 1804 OLIVER EVANS de Delaware construiu uma máquina de alta pressão simultânea a que Trevithick desenvolveu na Inglaterra. Ver: History of Technology, Oxford at Clarendon press - "The Steam Engine to 1830" H. W. Dickinson - Vol. IV - pág. 189.

senhores de engenho receberam a máquina a vapor como a solução para os problemas de energia. Efetivamente em 1797 instalou-se a primeira máquina a vapor nos engenhos de Cuba, entretanto as moendas muito rudimentares fizeram com que a experiência não surtisse êxito. Somente em 1817, quando se aperfeiçoam as moendas é que a máquina a vapor obtém sucesso (7).

No Brasil, a introdução da máquina a vapor nos engenhos deu-se em 1815. Segundo Miguel Calmon vieram duas: "a do primeiro engenho trabalhou logo no primeiro ano, a do segundo foi assentada em 1816 e moe até hoje (1834) com igual préstimo e força" (8). Em Campos o primeiro engenho a vapor é de 1827 (9). Em Pernambuco a primeira máquina a vapor foi de 1817 mas somente em 1854 chega a mover 1% dos engenhos (10).

Em relação aos dados sob a difusão da máquina a vapor coletamos os disponíveis dos três principais distritos açucareiros (Pernambuco, Bahia, Campos) até a década dos noventa quando a produção de São Paulo torna-se significativa.

Na Bahia dos 603 engenhos matriculados em 1834 temos 46 moendo a vapor, 62 com água e 495 com animais, portanto 7,6% usam a máquina (11). Para 1873 a proporção aumenta para 31,6 %;

(7) Ver Manoel Moreno Fraginals - The Sugarmill, Monthly Review Press, p.158.

(8) Miguel Calmon du Pin e Almeida. Ensaio sobre o fabrico do açúcar - 1834. p. 177.

(9) Alberto Lange - O Homem e o Brejo

(10) Peter Eisenberg - Modernização sem mudança - pág. 62

(11) Miguel Calmon Op.Cit. pág.

de um total de 893 engenhos temos 283 usando o vapor (12). Por outro lado o Censo parcial de Cotegipe (1854) para Bahia mostra que em alguns distritos houve uma maior concentração de máquinas a vapor.

| DISTRITO      | 1853  |       | 1873  |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
|               | VAPOR | TOTAL | VAPOR | TOTAL |
| ASSU DA TORRE | 0     | 39    | 17    | 38    |
| MATOIM        | 5     | 5     | 6     | 7     |
| PURIFICAÇÃO   | 20    | 56    | 39    | 51    |
| RIO FUNDO     | 7     | 26    | 23    | 30    |
| SOCORRO       | 5     | 10    | 9     | 11    |
| T O T A L     | 37    | 136   | 94    | 137   |

Fonte: Eul Soo Pang - pág. 9

Nestes distritos o percentual que utilizam a máquina a vapor chegou a 69% no ano de 73 superior a média da Bahia como um todo (13). A explicação está na menor disponibilidade de quedas d'água, e de pastos para animais nestes distritos.

Em relação a Pernambuco temos os seguintes dados:

#### ENGENHOS DE AÇÚCAR SEGUNDO SUA FORÇA MOTRIZ

| ANO  | VAPOR | HIDRÁULICA | ANIMAIS | TOTAL |
|------|-------|------------|---------|-------|
| 1854 | 5     | 101        | 426     | 532   |
| 1857 | 22    | 343        | 741     | 1106  |

Fonte: Peter Eisenberg - pág. 62.

(12) The Brazilian Slavocracy and the Modernization of sugar Economy During the Nineteenth Century - Eul Soo Pang - mimeo. Vanderbilt University p. 9.  
 (13) Eul Soo Pang - Op. Cit. pág. 27.

Em termos percentuais temos somente 2% dos engenhos em 1857 usando a máquina a vapor. Por outro lado levando em conta somente os engenhos que transportavam através da Recife and San Francisco Railway temos em 1871 somente 6% dos 440 engenhos movidos a vapor, para 1881 temos 21,5% dos 609 engenhos ao longo da mesma ferrovia. Observa-se uma concentração bem menor de máquina a vapor do que a Bahia.

Para Campos os dados coletados por Alberto Lamego registram os seguintes números para engenhos que movem a vapor:

1852 - 15%  
 1861 - 20%  
 1872 - 35%  
 1881 - 65%

Estes dados certamente são superestimados já que o ALMANACH MERCANTIL, INDUSTRIAL, ADMINISTRATIVO E AGRÍCOLA DE CAMPOS para 1881 registra no total de 377 engenhos matriculados, 125 moendo a vapor ou seja somente 33%.

Em resumo estes dados mostram que na década de 70 tínhamos no máximo 30% dos engenhos movidos a vapor, e que existiam especificidades locais quanto ao emprego desta inovação. Isto é, há um ritmo desigual na implantação da máquina a vapor, no caso mais rápido para a Bahia e Campos. A nosso ver estas diferenças regionais estão relacionadas às especificidades locais como a falta de queda d'água no caso de Campos onde os terrenos são planos, ou a escassez delas pela exploração efetiva do reduzido distrito açucareiro baiano. No entanto estas primeiras explicações "geográficas" têm que ser balisadas no contexto da compara

ção entre distritos açucareiros e nunca usá-los como explicações finais para difusão lenta da máquina a vapor. Isto porque, há uma base técnica comum aos distritos açucareiros com os mesmos problemas de mão de obra, combustível e tecnologia afins à máquina a vapor.

Por outro lado levando em conta as exportações inglesas de máquinas e equipamentos (que por larga margem é o maior fornecedor do Brasil) observa-se que em valores correntes a fração de máquinas a vapor corresponde de 60% a 70% do total de máquinas (14).

No gráfico mostramos que o grande salto das importações brasileiras de máquinas a vapor (como um todo, não só para engenhos) é a partir da década de 70. Como veremos nos próximos capítulos somente na década de 70 é que estarão "solucionados" os entraves que a base técnica local impunha à difusão mais rápida da máquina a vapor.

No próximo seguimento mostraremos as dificuldades da difusão da máquina a vapor em comparação com as outras fontes de energia a partir de 1830.

---

(14) Ver a propósito - Richard Graham Grã-Bretanha e o Início da Modernização no Brasil - pág. 87.

## 2. Uma comparação entre as fontes de energia

A máquina a vapor quando veio para os engenhos do Brasil já tinha pelos menos sido testada no final do século XVIII em Cuba e na Jamaica. Um dos seus problemas não se situava na máquina propriamente dita mas na moenda, que era frágil para este tipo de motor (15). No interregno destas primeiras experiências a 1820 foram feitas na Europa a adequação máquina-moenda para que se realizasse a moagem da cana sem entraves. A partir desse momento a moenda passa a ser diretamente acoplada à máquina a vapor.

A opção pela máquina a vapor como fonte de energia está diretamente ligada ao tamanho do engenho através do seu preço elevado de compra e manutenção como também pela produção média de um engenho a vapor que era em geral superior ao engenho hidráulico ou a animais (16). Miguel Calmon em 1834 da conta "que cada uma das 47 máquinas de vapor em atividade valia 6000\$ e que cada uma das levadas d'água tinham o mesmo preço" (17). Este montante equivalia na época ao preço de 20 escravos, ou 150 cavalos, ou ainda um pouco mais de uma casa de engenho avaliada em 5000\$. De corre desses números que somente os senhores de engenho de grandes cabedais poderiam se lançar ao emprego da máquina a vapor. Por sua vez ao verificar o aumento da produção entre as décadas de 30

(15) Fraginals atribui a moenda os insucessos pelo emprego das primeiras máquinas a vapor em Cuba em 1797 - p. 159.

(16) Eul Soo Pang - Op. Cit. pág. 28.

(17) Miguel Calmon - Op. Cit. pág. 179.



a 70 uma pequena parcela da produção é oriunda desse tipo de engenho. Certamente grande parte da produção é realizada pelos engenhos a animais que tem em geral um tamanho menor e cumpre sua função nos pequenos engenhos que só fabricavam o mascavado. Este preenchimento intersticial e prolífico dos engenhos de almanjarras permanece no decorrer do século, principalmente quando há o aumento da demanda açucareira o número desses engenhos cresce proporcionalmente mais que os outros. Este fato tem origem na menor mobilização de capitais em comparação com os demais.

Partindo da constatação que somente os senhores de engenhos de grande produção poderiam adotar a máquina na sua moenda vamos observar as razões que os levariam a tal.

Em termos da superioridade tecnológico torna-se claro aos senhores de engenho que a máquina a vapor é melhor motor que a roda hidráulica ou o engenho de animais. Uma dessas vantagens é a transmissão imediata, através das engrenagens de sua força às moendas. Na roda hidráulica, pelo contrário, esta move um rodete que por sua vez move uma roda gigante chamada volandeira ligada ao eixo central da moenda. Neste caso a transmissão era imperfeita porque na volandeira e no rodete os dentes de madeira espaçados não davam regularidade a velocidade da moenda; da mesma forma a velocidade dos animais não é constante nas almanjarras mormente quando se introduzia o feixe de cana. Outra destas vantagens da máquina a vapor, aludida pelos senhores de engenho, é a mobilidade da fonte independente de curso d'água ou da regularidade das estações chuvosas. Por sua vez a substituição da máquina a vapor por engenhos a animais tem dois fortes motivos: 1) a redução de mão

de obra escrava para tomar conta dos animais, levando em conta que o preço do escravo é crescente em todos os séculos; 2) a falta de pastos, Miguel Calmon se refere "A introdução das atuais Máquinas de Vapor além de muitas outras, e mui conhecidas vantagens trouxe-a de poder se converter em ótimos canaviais os grandes pastos dos Engenhos da beira-mar, necessários até então para a Cavalaria, ou boiada com que moiam, tornando-se por isto grandes, e muito produtivas algumas propriedades que passavam por pequenas ou faziam diminutas safras".(18).

Por outro lado observando os problemas que advinham da introdução da máquina a vapor, tem-se no combustível um fator de custo crescente. Ela é mais uma boca a consumir lenhas, a obtenção destas em sítios cada vez mais distante é uma preocupação constante dos senhores de engenho. Na Bahia, Miguel Calmon calculava em 1834, 150 tarefas para cada engenho "que a maior parte dos de beira-mar não os tem (19)". O uso do bagaço de cana por volta da segunda década do século ofereceu uma solução para este problema, conforme tratamos no capítulo I. Miguel Calmon também se refere: "Propriedades que ou não trabalhavam já o pouco davam por falta de lenhas tornaram a por-se em atividade; e novos engenhos alevantaram em terras excelentes, mas desaproveitadas até então por aquela falta (20)".

---

(18) Miguel Calmon - Op. Cit. pág. 54

(19) Miguel Calmon - Op. Cit. pág. 179

(20) Miguel Calmon - Op. Cit. pág. 55

J...CONSULTA

.....XEROX

TOMBOS..20.155

DATA:

Outro insumo historicamente ligado à máquina a varodução do ferro. Até a difusão dos processos Bessemer em meados do século passado, este metal era produzido em pequenas capacidades e custo elevado. A produção com o ferro nos altos fornos é que permitiu a baixa do preço generalizado principalmente nas ferrovias, os chamados "caminhos de ferro". Da mesma forma no Brasil, a demanda por ferro fundido ou forjado só foi significativa com entrada das ferrovias na década de 70. Não havia até então um setor específico consumidor de grandes quantidades do metal, a nossa tecnologia de tratamento era obsoleta e cara. A siderúrgica mais importante era a fábrica de ferro de São João de Ipanema que vivia a míngua, pedindo maiores subvenções ao Estado. Suas forjas eram catalãs já completamente obsoletas na década de 50. A mão-de-obra era insuficiente, despreparada e o resultado modesto. Em uma visita, antes de 1835, João Diogo Sturz diz que nada sairá daquele estabelecimento "que vale a menção em proporção a que a nação tem direito a esperar de um estabelecimento aonde já tanto do seu dinheiro foi inutilmente gasto, sem que o presente administrador tem pelo menos 200 bons e muito bons africanos, uma vez que seja tais braços devem ser empregados em uma das mais novas ocupações cujo conhecimento cumpre-se vulgarizado pela nação inteira e não crianças daqueles ultimamente apreendidos" (24). Isto é, além da tecnologia ser obsoleta, não havia mão-de-obra com a mínima habilidade para tratar o ferro. No caso a indignação do observador é pela quantia de dinheiro para construir e operar a siderúrgica, tendo que aprisionar crianças para realizar este trabalho, sem a mínima chance de retorno.

(24) João Diogo Sturz - O efeito benéfico das máquinas e dos combustíveis, 1835.

Nas regiões onde a lenha era rara propõe-se uma nova solução"... mui convenientemente seria também conceder igual isenção de direitos ao carvão-de-pedra vindo do estrangeiro, porque, posto que os engenhos de açúcar que queiram empregar máquinas de vapor se possam servir do bagaço de cana, contudo nesta cidade do Rio de Janeiro e outras da costa não se oferece ainda combustível indígena suficientemente barato para poderem entregar-se máquinas de vapor com bastante vantagem para que seja geral o uso delas (21)". As minas de carvão, na Revolução Industrial estão estreitamente ligadas ao uso de máquina a vapor (22). Este combustível tem alto poder calorífico em relação a seu peso; no Brasil o carvão mineral que ocorria nas províncias do extremo sul, não foi usado pelos custos de transportes e inferior qualidade.

Este problema do combustível poderia ser minorado no caso de acoplamento da fornalha com a caldeira de vapor. Conforme se observa em Nicolau Dreys, um estudioso que escreveu em 1842, em primeiro lugar se recomenda a roda hidráulica como fonte motriz e após se segue a máquina a vapor com este melhoramento para economizar combustível - "Enquanto ao motor parece de suma utilidade adotar nos engenhos que não trabalham já com água, ou agente tão geralmente empregado de nossos dias, isto é uma máquina de vapor simples; estabelecendo a caldeira, na fornalha das outras caldeiras de açúcar, afim de que pudessem se prestar, pelo calor, um recíproco apoio" (23).

(21) J. Diogo Sturz - O efeito benéfico das máquinas e combustíveis, 1835.

(22) Os inventos mecânicos e a produção de carvão se influenciaram desde logo, maturamente a sua história. pág. 681 - História da Tecnologia.

(23) Nicolau Dreys, extraído do Brasil Açucareiro 1942, pág. 33.

Observa-se então, que a produção dos insumos para a máquina a vapor como combustível de ferro estava em um nível tecnológico que não permitia uma interação, com a máquina. Acarretando um retardo na sua difusão pois ela é composta de uma combinação de tecnologias.

Em contraste a roda hidráulica com mesmo custo fixo pela represa e demais gastos, tinha custos variáveis praticamente zero. Sua construção era de madeira, matéria prima abundante; sua manutenção era simples feita pelos tanoeiros do próprio engenho (25). Em uma reportagem do A.I.N. de 1846 sobre as fontes de energia em Campos consta: "o animal deve ser rejeitado como muito dispendioso, e roda hidráulica é preferível a máquina a vapor quando a correnteza d'água se ache convenientemente situada em uma fazenda para satisfazer as exigências da fábrica". Como observa-se, somente na falta de energia proporcionada pela água é que se requer a máquina a vapor.

Em resumo esta comparação entre as fontes de energia no período das décadas de 30 a 50 foi para mostrar que em termos da energia mecânica, a máquina a vapor não oferece uma alternativa de pronto reconhecida como mais eficaz. Levando em conta os riscos inerentes a esta mudança, isto traduz um ritmo bastante lento de difusão da mesma. De maneira geral sua utilização neste período é uma necessidade dos engenhos de maior safra para suprir uma falta de locais apropriados à instalação de uma roda hidráulica.

---

(25) Miguel Calmon fixa o preço em 1834 de uma represa e sua roda hidráulica em 6 contos; a mesma quantia era cobrada por uma máquina a vapor de semelhante potência.

### 3. A conjugação de Energias

Na fabricação do açúcar conforme ressaltamos no capítulo I necessitamos igualmente da energia térmica. Esta modalidade é responsável pela transformação do caldo em uma massa que contém o açúcar para cristalização nas formas e mais tarde nas centrífugas. As etapas dessa tarefa variam de autor para autor mas podem ser resumidas nas seguintes: defecação, evaporação, cozimento. Após a extração do caldo ele é colocado em uma taxa que o mantém a uma temperatura branda, são adicionados álcalis para que o resto da cana e a matéria gomosa formem grossas escumas na superfície do líquido. Estas escumas são retiradas e o líquido passa para outra taxa. Na segunda etapa é feita a evaporação da água do caldo, a temperatura é bastante elevada, o açúcar começa a tomar uma consistência pastosa. A fase última é o cozimento onde o caldo já se transformou em uma massa escura que é retirada das taxas num determinado ponto sob as ordens do mestre de açúcar. O equipamento tradicionalmente empregado é as cinco taxas descritas pelo Pe. Labat (26) com o fogo atingindo simultaneamente todas elas. Existem variações como o chamado trem Jamaiquino que consiste geralmente em quatro taxas montados sobre uma fornalha de tijolos e dois clarificadores separados (27). Independente do número de taxas que tem cada sistema o que se destacar é fase crítica do processo que se realiza na taxa de cozimento, conforme comentamos no capítulo I. Todos os autores que escreveram no século passado chamam a atenção para esta fase do processo e os cuidados que devem ter os mestres de açúcar para que não se queime. O esforço de passar de uma para outra taxa é manual através de uma colher

(26) Padre Labat - Nouveau Voyage Aux Iles de L'amerique - pág. 224

(27) Fragnals, Manuel Moreno - The Sugarmill.

gante e como não se tem o controle do calor as perdas são freqüentes principalmente na última parte. Segundo Fairbanks (28) os defeitos principais destes sistemas são: 1) a dificuldade de graduar o calor das fornalhas para evitar a queima do açúcar durante a evaporação e particularmente a concentração do caldo; 2) de remover completamente as impuridades e os restos de espuma por meio de escumadeira; agitação do fluído em fervura, trazendo estas constantemente em movimento 3) o excessivo trabalho de escumar e baldear o caldo de uma taxa para outra 4) o perigo de rachar as taxas, inconveniente muito sério na força da safra.

Este sistema produz não só por descuido mas pelas imperfeições inerentes ao processo um açúcar de pior qualidade que os açúcares de Cuba, das Colônias Francesas e do seu concorrente de beterraba (29). É necessário assinalar que o consumo mundial do açúcar sobe desde o início do século pela incorporação das camadas médias da população. No Brasil nas décadas de 30 e 40 aparecem uma série de artigos e memórias, em jornais, em livros, preconizando os melhoramentos dos equipamentos e métodos (30). Miguel Calmon alertava "quanto é abundante e extensa, e promete crescer a produção do açúcar estrangeiro, contribuído para a decadên

(28) A.I.N. Julho de 1844 - pág. 28

(29) A alteração dos direitos sobre a importação dos açúcares, feita ultimamente pelo Parlamento Britânico tem tido pouca influência sobre os açúcares do Brasil, que corresponde geralmente aos açúcares inferiores das Colônias inglesas e que são baratos, mas tem beneficiado muito os açúcares superiores de Porto Rico e de Cuba, que são muito procurados, e por bons preços, pelos vendedores. Fairbanks, George, O Açúcar e seu Fabrico.

(30) Miguel Calmon Du Pin Almeida, - Ensaio sobre o fabrico do açúcar.  
João Diogo Sturz - Efeito benefício das Máquinas e dos Combustíveis.  
Nicolau Dreys - Memória sobre o Estado Atual da Fabricação do Açúcar no Brasil e os Melhoramentos a Introduzir.

cia atual, e deve acabar pela total aniquilação do mais precioso dos nossos produtos, se não prevenirmos tamanha desgraça"(31). Na década de 40 esse atraso persistia, segundo Dreys "Os progressos ficaram sempre circunscritos a localidades, a Jamaica, a Guadalupe, Martinica, Bourbon isto é as Colônias das nações que tinham beterraba e que se ocupavam na Europa de sua conversão em açúcar foram os primeiros que receberam algumas coisas dos novos melhoramentos" (32).

Os avanços da ciência e da técnica desde os meados do século passado foram intensos e "decantam" no período que estamos considerando para o açúcar tanto de cana como de beterraba. No campo da Química (33) descobre-se os princípios da estrutura da matéria, tornando-se as reações a serem controladas inclusive em tabela periódica. A Química do Carbono se desloca da base empírica e chega a síntese de várias substâncias artificialmente. As descobertas da Química são utilizadas em vários ramos industriais como a fabricação do vidro com a soda, os fertilizantes com o ácido sulfúrico, os corantes na indústria têxtil, isto é, possibilitando o tratamento das matérias primas nos diversos ramos. Os benefícios desses avanços para o açúcar são da melhoria da sua qualidade e rendimento através da purificação e recristalização. O açúcar proveniente do suco de beterraba que contém 14% de sacarose em comparação com o açúcar de cana que contém 20% torna-se compe

---

(31) Miguel Calmon - Op. Cit. pág. 02.

(32) Nicolau Dreys - pág. 26

(33) Ver The Chemical Industry: Developments in Chemical Theory and Practice E. J. Holnyard in History Of Tecnology - Oxford Pres - pág. 226 e segs. The Chemical Industry: Interaction with the Industrial Revolution A. And N. L. Clow - pág. 230.



titível como fonte; desta matéria prima pobre extrai-se o mesmo percentual de açúcar. Até chegar a esta situação a indústria sacarina de beterraba contou com o protecionismo do açúcar de cana nos seus mercados internos, e desta forma garantindo o mercado de seus países através da taxaçaõ aduaneira.

Não sã a indústria Química favoreceu a fabricaçãõ do açúcar. O preço do aço diminuiu com a implantaçaõ dos processos Bessemer e Thomas e desenvolveu-se a indústria de máquinas-ferra - mentas. Em meados do século XIX várias delas obtiveram patentes de tornos, prensas, plainas, perfuradoras, máquinas de fazer parafuso e rãõca e logo puseram-se a comercializar (34). O emprego dessas má quinas de forma sistemática nos EUA e Europa possibilitou a forma çãõ de casas especializadas em equipamentos pesados em sãrie. As partes destes equipamentos, podem-se separar, combinarem, isto é , standartizarem-se na fabricaçãõ de aparelhos para o açúcar. Neste movimento temos as casas especializadas em fabricar engenhos com pletos de açúcar como a Derosne & Cail, a Fiver - Lille, a Fawcett - Preston (35).

De todos estes melhoramentos um foi crucial para a fabricaçãõ do açúcar: O uso generalizado do vapor. Isto porque as taxas do trem Jamaiquino sãõ aquecidas pelo vapor através das serpentinas. Com esta melhoria as imperfeições do processo que quei

---

(34) Ver a respeito o artigo "Machine - Tools" de K. R. Gilbert em "A History Of Technology" da Oxford Volume IV - pãg. 416 a 441.

(35) Veja a tese de Francisco E. P. Souza - A evoluçaõ das técnicas produtivas no século XIX: O engenho de açúcar e a fazenda de café no Brasil. Mimeo - Unicamp - 1977.

mavam o açúcar puderam ser sanadas porque a entrada de vapor nas caldeiras dependia de um abrir e fechar válvulas e torneiras. Um senhor de engenho escreveu "Quem sabe manipular o caldo das taxas a fogo nu, está apto a tratá-lo nas taxas de evaporar a vapor: a única diferença é que o primeiro caso ele tem de pedir ao fornelheiro mais ou menos fogo, e no segundo ele mesmo regula a marcha da evaporação por meio da torneira de introdução do vapor que tem junto a si" (36). Desta forma conjuga-se com o uso do vapor, a energia mecânica que vai mover a moenda e a energia térmica que vai aquecer as taxas. Considerando-se em termos da máquina a vapor como força motriz certamente no caso brasileiro ela não é a melhor opção em termos da energia mecânica utilizada para mover as moendas. O que contribuiu para a sua difusão, aliás bastante lenta, é o uso do vapor para cozimento do caldo aumentando o rendimento e a qualidade do açúcar. Desta forma o retardo na velocidade de propagação da máquina a vapor retardou o uso do vapor para outros fins e comprometeu a qualidade do açúcar brasileiro.

---

(36) Os engenhos centrais e o senhor Antônio G. Matos - Artigos publicados no Jornal do Comércio por Saccharum - Typ. de Al. Guimarães & Companhia - 1882 - RJ.

III - A ESTRATÉGIA DA "SIMPLIFICAÇÃO"1. Introdução

Em meados do século passado as inovações da chamada Revolução Industrial (1) tinha-se difundido para os principais ramos da atividade econômica nos países centrais. A sua primeira interface que analisamos, foi com a introdução da máquina a vapor nos engenhos de açúcar; a segunda a ser analisada, e como veremos mais decisiva para os rumos da produção açucareira, foi a "panela a vácuo"; existiram outras interfaces como na química o uso do calímetro, do gás sulfuroso, da centrifugadora para separar o açúcar do mel, mas vamos nos ater aquelas referentes a energia.

Em relação a panela a vácuo, Edward Howard solicitou uma patente na Inglaterra em 1813. Esta patente era sobre o processo de cozimento e cristalização do caldo de beterraba. Ela rezava - "É em terceiro lugar eu declaro como um dos meus ditos melhoramentos que uma solução sacarina, xarope ou açúcar líquido, eu faço os mesmos evaporarem-se em um vaso fechado aquecido por qualquer meio, mas preferencialmente por vapor, e faço o vácuo e o mantenho mais ou menos perfeito no dito vaso, mas preferencialmente tão perfeito que no começo dos trabalhos ele não seja superior mais de uma polegada de mercúrio, e dos vários meios pelos quais isso pode ser efetuado, prefiro um emprego de uma bomba de um condensador para injeção do vapor, assim como é usado na máquina a vapor" (2). Esta é uma patente do processo visando inicial

(1) Adoto essa designação no sentido de Landes, *The Unbound Prometheus* pág. 12.

(2) Citado por Noel Deer - pág. 559

mente caldo de beterraba. Esses aparelhos foram fabricados inclusive pela fábrica de Boulton e Watt em Soho. Pela anatomia do processo, observamos que o uso generalizado do vapor se estende até o açúcar e com possibilidades de efetuar-se a conjugação de energias de que tratávamos no capítulo anterior. Observa-se também, que o nível tecnológico deste aparelho é correspondente a máquina a vapor. Dispunha de bombas de injeção de vapor, suportava diferenças de pressão, enfim resolvia problemas tecnológicos de fronteiras na época. A difusão deste aparelho foi lenta mesmo na Inglaterra em 100 refinarias, no máximo 10 tinham instalado esta planta até expirar a patente em 1827 (3). Com o passar dos anos o processo foi recebendo melhoramentos adicionais, porém, permanecia um grande inconveniente: a descontinuidade do processo. A cada novo carregamento do melado, desfazia-se o vácuo. Um dos aperfeiçoamentos mais importantes foi feito inicialmente na Louisiana e depois, em Paris pelo Engenheiro Rillieux. A segunda patente de Rillieux que foi largamente comercializada, data 1846, consistia em uma bateria de caldeiras com pressões decrescentes, cada caldeira operava de forma independente em relação as outras, para fazer o vácuo ou receber o calor. O conjunto mais conhecido é o de triplice efeito, com quatro caldeiras. A diferença tecnológica do aparelho Rillieux para o de Howard está na mesma medida da máquina a vapor de Watt para a de Newcomen (4) onde o problema é a descontinuidade do processo pelo esfriamento. O aparelho de múltiplo efeito além de aumentar os rendimentos de 3% de açúcar/pesada seca, para 5% a 6%, resolvia o problema da qualidade do açúcar,

(3) Deer - pág. 560

(4) Deer - pág. 566

isto porque ao trabalhar a vácuo as temperaturas para cozer o açúcar são diminuídas evitando-se as queimas, de quebra mecaniza o cozimento como economia de tempo.

O uso deste aparelho inicialmente foi para as refinarias e no açúcar de beterraba. Somente em 1832 que o primeiro "vacuum pan" é instalado em Demerara (5). A partir da década de 40 o açúcar de cana sofreu uma concorrência apreciável do açúcar de beterraba; ao término desta década esta última já é responsável por 15% da produção total de açúcar. Simultaneamente, a posição do principal concorrente brasileiro Cuba, já na década de 30, tinha ultrapassada a produção brasileira. Pode-se atribuir esta vantagem relativa às condições de produção da ilha que permitiram uma mecanização maior dos engenhos. Vejamos a tabela abaixo.

PRODUÇÃO DE AÇÚCAR EM CUBA POR TIPO DE ENGENHO

MOAGEM DE 1860 - EM TONS DE AÇÚCAR

| <u>TIPO</u>      | <u>Nº DE ENGº</u> | <u>% DO TOTAL ENGº</u> | <u>PROD. TOTAL</u> | <u>% PRODUÇÃO</u> |
|------------------|-------------------|------------------------|--------------------|-------------------|
| A força animal   | 359               | 27,24                  | 41,625             | 8,07              |
| A água           | 6                 | 0,45                   | 2,567              | 0,5               |
| Semi-mecanizado  | 889               | 67,45                  | 395,273            | 76,64             |
| Mecanizado       | 64                | 4,86                   | 76,276             | 14,79             |
| <b>T O T A L</b> | <b>1.318</b>      | <b>100%</b>            | <b>515,741</b>     | <b>100%</b>       |

Fonte: Manuel Moreno - The Sugarmill, pág. 84.  
Fraginals.

(5) Noel Deer, Op. Cit. pág. 561

O engenho semi-mecanizado é aquele em que a máquina a vapor é a força motriz e o cozimento do açúcar é feito no trem jamaiquino. O mecanizado é aquele que usa a panela a vácuo, filtros, centrífugas. Fragnals se refere a estes engenhos como sendo um fenômeno separado emergindo de novos conceitos e deixando de lado todos os elementos dos velhos engenhos (6). Observa-se que o elevado número de engenhos semi-mecanizados com a máquina a vapor já é um passo para adotar o vapor para outros usos.

No Brasil, cercada de grande expectativa, a primeira tentativa de fabricação do açúcar pelo sistema vácuo foi feita em caldeira da firma francesa Derosne em 1846, na fazenda do Sr. João Ribeiro de Castro em Campos. Custaram estes aparelhos 22 contos, o que equivalia a 3 máquinas a vapor. Vejamos os passos do processo: o caldo era levado pelo montacaldo (um cilindro de ferro fundido com pressões diferenciais para transporte de caldo) até a caldeira. Depois de filtrado sofria a defecação. Era transportado por outro montacaldo a uma caldeira de vapor com fundo duplo e ao ar livre para evaporação; filtra-se uma segunda vez e sobe para uma caldeira a vácuo onde se faz o cozimento. Nesta se pratica o vácuo por meio de uma bomba de ar e portanto basta a temperatura de 65°C para elevar ao ponto de ebulição... é necessário uma máquina a vapor para fazer o vácuo. Nota-se que a evaporação realizou-se ao ar livre, isto é o processo não era totalmente a vácuo. Este aparelho foi desmontado no fim de pouco tempo e transportado para a fazenda Santa Cruz, foi de novo desmontado e substituído por uma caldeira de ferro do antigo sistema (7).

---

(6) Fragnals, Op. Cit. - pág. 83

(7) O Auxiliador da Indústria Nacional - ano de 1846 - O açúcar e o seu fabrico.

Os senhores de engenhos ficaram temerosos com hovas experiências, o novo aparelho com a tecnologia tão sofisticada para a época não teve êxito e se recorreu às antigas taxas a fogo nu. Perguntado porque não teve êxito a caldeira a vácuo no seu engenho o Sr. José Ribeiro de Castro declarou: a) ser grande a despesa de combustível; b) uma produção muita fraca; c) um preço elevado em relação à produção. Um comentarista em 1870 afirmou ser o aparelho bom mas muito simplificado. Segundo ele, "os únicos defeitos sérios desse aparelho era a evaporação a vapor ao ar livre". Para evitar esse desperdício aconselhava "transformar seus evaporadores em clarificadores montando uma bateria Gimart para fazer sua evaporação a fogo nu e ao ar livre (8).

As iniciativas com a panela a vácuo no Brasil cessaram no período que estamos analisando e seriam retomadas somente em meados da década de 70.

## 2. A Estratégia da Simplificação

Como o uso de aparelhos mais completos não surti - ram efeito e pelo lado da energia a solução já estava dada com o uso de vapor para cozer o açúcar, tratou-se então de perseguir com o nível tecnológico mais baixo, as iniciativas da liderança a nível mundial. A saída concreta dos produtores inovadores brasi - leiros estava em aparelhos em que a defecação, a evaporação ou cozimento eram feitos por vapor que circulavam dentro de serpentinas, ou calandras esféricas. Eram os cones Lambecq, e principalmente, os aparelhos Wetzel e Bour. Não se fazia o vácuo e estas modificações não diminuem o ponto de ebulição do líquido, o que é mais avançado em relação ao cozimento a fogo nu e a facilidade no controle

---

(8) Auxiliador da Indústria Nacional - A.I.N. - 1870 - Fev. pág. 72.

do processo pela entrada de vapor nos tubos, além disso há um contacto íntimo do calor com o melaço. Outra vantagem era no passo seguinte, na centrifugação. A purga (separação na massa cozida do açúcar e do mel) do açúcar era realizado em formas no espaço de tempo que chegava a 30 dias. A centrífuga, o aparelho que fazia estarefa em poucos minutos, era um instrumento oriundo da química pa-ra a separação de suspensões e colóides, sua introdução nos engenhos do Brasil data igualmente de meados do século (9). A centrí-fuga só funcionava a contento com o cozimento pelo vapor. Segundo o Barão de Cotegipe "enquanto não for empregue a taxa de concentra-ção a vapor, as centrífugas em vez de benefício, produzirão prejuízos reais pela grande perda de açúcar que se transforma em mel, salvo se só se fabricar mascavado" (10).

As experiências com este tipo de cozimento, definem um engenho misto em que a forma motriz é a máquina a vapor e cozimento é pelo vapor das serpentinas. Vejamos alguns exemplos mais representativos deste período: O engenho Geremoabo na Bahia, 1852. Possuia: a) 2 produtores de vapor; b) 3 clarificadores aquecidos ; c) 3 filtros coadores; d) grande receptáculo sendo primeiro uma bomba de repuxo; e) 3 cones de Lambecq com todos seus acessórios ; f) 4 filtros para carvão animal e bomba. Em cada 100 canadas de caldo produzia 207 libras de açúcar e 6,32 canadas de mel enquanto os aparelhos antigos pelas mesmas 100 canadas produziam 136 libras de açúcar e 3,8 canadas de mel, o rendimento dos novos aparelhos era 65% em açúcar. As experiências não foram favoráveis em relação ao consumo de combustível, que atribui-se ao assentamento irregular

(9) Henry Paffard - Sugar Industry in Brazil - pág. 17

(10) Descrição do aparelho de fabricar açúcar assentado no engenho Jacaracanga.



de taxas e caldeiras. As operações que sofreram alterações foram a defecação "que no novo sistema sã hã vantagem na aplicação do vapor para que aquecer o caldo, por ser mais fácil regular e dirigir ao trabalho mas não aumenta nem diminui o produto sobre o sistema antigo". Na evaporação há no aparelho a vapor mais rapidez, "tendo a concentração vantagens muito salientes pela rapidez da operação e temperaturas pouco elevada em comparação com a antiga". Na máquina de purga não houve aumento na quantidade de açúcar nem diferenças do mel hã, mas sã em menor proporção de mascavado (ainda que o braço não seja superior)... A comissão do governo provincial incumbida de verificar os melhoramentos para sua posterior propagação responde: "que a introdução de um aparelho que exige tã subido capital, depende de muitas circunstâncias independentemente do mērito intrínseco dele" e conclui que dos 800 engenhos existentes na Bahia, os proprietários 9/10 carecem de meios pecuniários ou de créditos ou para a vultada soma"(11).

Em Campos, as experiências usando vapor no cozimento tiveram continuidade. Em 1856 - 1857 "O Major Luiz José de Carvalho ordenou através do Doutor Angelo Marini um aparelho completo da França, consistia: a) um engenho de alta pressão projetado para trabalho com 4 cilindros b) 2 evaporadores aquecidos por calor através de serpentinas horizontais c) 2 produtores de vapores verticais com fogo interno d) estufa para secar o açúcar. Logo depois o Doutor Marini retornou a Europa com novas ordens do Major

---

(11) Parecer sobre o aparelho de fazer o açúcar que Tomas Pereira Geremoabo asentou no engenho Novo situado na margem esquerda do rio Paraguaçu. Tipografia da Viuva Vizerra. Bahia 1852.

Luiz de Carvalho, Manoel Gomes Barroco, Ct.<sup>e</sup> Francisco Viana, Te-  
 nente Cel. Francisco de Paula e Barão de São José (12). Estes apa-  
 relhos a vapor e ao ar livre tiveram seus percalços. Em 1880 o apa-  
 relho de Manoel Gomes estava sendo desmontado e o do Senhor Luiz  
 de Carvalho há muito já o foram. Os equipamentos tanto para a eva-  
 poração como para o cozimento do caldo eram as serpentinas. As cau-  
 sas atribuídas ao insucesso são: "A fraca produção era naturalmen-  
 te devida a insuficiência dos geradores e a dificuldade do retorno  
 d'água aos geradores, as caldeiras eram assaz elevadas acima dos  
 geradores para que o retorno d'água se efetivasse se a forma das  
 serpentinas fosse boa e sua instalação perfeita"(13). Isto é, no  
 primeiro caso havia um erro de dimensionamento dos geradores, e no  
 segundo uma disposição mal feita dos geradores a vapor em relação  
 a serpentina das caldeiras. Estes aparelhos foram encomendados em  
 diversas fábricas. O construtor das caldeiras responsabilizados pe-  
 lo resultados insatisfatórios respondeu - "Que havia feito caldei-  
 ras de cobre com serpentinas interiores sem procurar saber para  
 que fim eram destinadas e que portanto não lhe competia a aceitar  
 a responsabilidade de um aparelho feito sobre os planos de ou-  
 trem" (14).

Apesar destas dificuldades o uso generalizado do va-  
 por pelo senhores inovadores prosseguia. O evaporador Bour foi in-  
 troduzido em 1860 pelo Barão de Vila Franca em Campos (15). Em  
 Pernambuco em 1863 o Doutor Barros Lacerda proprietário do engenho  
 São Francisco "foi o primeiro na província que recebeu um evapora

(12) Henry Raffard - Op. Cit. - Sugar Industry Brazil - pág. 18

(13) Henry Raffard - Op. Cit. pág. 74

(14) Henry Raffard - Op. Cit. pág. 75

(15) Noel Deer - History Of Sugar - pág. 558.

dor Wetzel, duas turbinas Weston, várias bombas e evaporadores do sistema Taylor todos trabalhando com vapor". Segundo Raffard neste período a posição dos proprietários dos engenhos nesta época era "With Steam".

A experiência que consagrou este tipo de engenho foi a do Barão de Cotegipe do engenho Jacaracanga na Bahia em 1867. Possuía máquina a vapor, defecadores, taxas de evaporação, cinta contínua para levar a cana a moenda, centrífugas, caldeira geradora de vapor (16), tudo era movido a vapor. Em 12 horas de trabalho aprontava 130 a 150 arrobas de açúcar "seco" que em 48 horas podia ser expedido para o mercado, se fosse feito pelo antigo método seriam precisos pelo menos 5 ou 6 fogos (17). Segundo o proprietário a "economia podia ser maior adotando-se como é exequível uma só caldeira de vapor com força tanto para máquina de moer como para os defecadores, taxas. etc.". E apresentava uma outra vantagem "que não é de desprezar-se num estado atual dos nossos agricultores" - é poder ir sendo adotado por parte, a proporção dos recursos do lavrador, principalmente se seu motor for a vapor (alta pressão).

A simplificação no nível tecnológico dos equipamentos é o caminho freqüentemente seguido pelos produtores brasileiros. Esta estratégia da "simplificação" significou adotar um nível tecnológico mais baixo, em relação a fronteira tecnológica da época, compatível com a base técnica local afim de manter-se um

(16) O vapor produzido pela caldeira de 40 a 50 libras de pressão é suficiente: primeiro para o trabalho de clarificação nos 3 defecadores quando não basta o que se exige da máquina de moer, ou esta tem cessado de trabalhar, em segundo para a concentração dos xaropes, terceiro para o movimento das centrífugas, tudo conjuntamente.

(17) Descrição do Aparelho de Fabricar Açúcar Assentado no Engenho Jacaracanga, propriedade do Barão de Cotegipe - Bahia. Apresentado pelo mestre Eng<sup>o</sup> Sr. ao Imperial Instituto Fluminense de Agricultura, Tipografia Nacional, 1867.

mercado de açúcar de médias e baixas qualidades. Os vários exemplos coletados mostram que na Bahia, em Pernambuco ou em Campos, a fração dos engenhos que se modernizam adotam esta estratégia. Um cálculo de custo feito por Denslow (18) no final do século aponta \$ 47,25 para o sistema a vácuo e somente \$ 1,25 nas taxas a fogo nu, para a produção Pernambucana, embora nas primeiras aumentasse o rendimento em 33%, constatando-se que era impraticável a caldeira a vácuo entre nós.

Estas são em termos gerais as reações de senhores de engenho inovadores em relação a seus competidores externos que, como "decantação" das inovações tecnológicas oriundas da primeira Revolução Industrial já tinham se colocado na vanguarda mundial desde 1840. Com efeito, ingressando mais cedo na produção com a panela a vácuo tínhamos principalmente os produtores de açúcar de beterraba e ainda Cuba e a Louisiana. Nesta última em 1849 o processo já estava em uso em 13 fábricas produzindo anualmente 4.500 toneladas de açúcar (19). Para Cuba em 1860, 15% da produção já era deste sistema. O que possibilitou a adoção em Cuba de uma estratégia mais próxima da fronteira internacional foi além da grande concentração de engenhos em um exíguo território foi a colagem dos interesses da "sacarocracia" Cubana e do Governo através, respectivamente da Sociedade Patriótica e do Real Consulado. Efetivamente em Cuba, tomaram-se a iniciativa como a Fundação de Escola Técnica e medidas financeiras para beneficiar os produtores de açúcar (20). No Brasil,

(18) David Albert Denslow Jr, - "Sugar Production In Northeastern Brazil and Cuba 1858 - 1908; Tese de PhD Yale University, Connecticut - 1974.

(19) Noel Deer - Op. Cit. - V.II, pág. 568.

(20) Ver a propósito Manoel Moreno Fragnals - Op. Cit - Pág. 52

o Estado neste período intervêm muito pouco nos interesses de senhores de engenho, ademais o café desde a década de 30 é o líder das exportações brasileiras e amplia cada vez mais sua margem sobre os outros produtores exportados, deslocando os interesses do Estado para sua produção.

A estratégia da simplificação foi o único caminho possível seguido pelos inovadores brasileiros e que se generalizou até o final do século. A utilização da aparelhagem completa a vácuo estava fora de propósito no período, ela tinha efeitos de encadeamento tecnológico dentro dos engenhos insustentáveis nas condições brasileiras da época. Não seriam possíveis modificações de maior monta na estrutura produtiva. Não pelo fato de incúria ou desatenção dos senhores de engenho mas por que seu crescimento estava garantido pelo mercado de açúcar de inferior qualidade, matéria prima das refinarias (21). Estas mudanças se encaixam dentro das "possíveis", são as que "podem ser facilmente aproveitadas tendo de mais a seu favor não exigir grandes dispêndios nem mudanças imediatas das fábricas atuais" (22). Em termos das formas de energias empregadas a medida que os produtores brasileiros não entram no uso do vapor com nível tecnológico mais aperfeiçoado, sua posição de mercado fica enfraquecida.

As consequências da estratégia simplificada são decisivas para o açúcar brasileiro no século XIX. Isto porque com a diferenciação do produto e a tendência decrescente do preço de açúcar pela baixa dos custos de produção afirmam-se lideranças, não só

(21) Segundo Fairbanks em "Observações sobre o comércio do açúcar", na Bahia em 1847 "todo o açúcar que vai desta província precisa passar pelas refinarias, isto é, ser refinado antes de poder ser vendido para o consumo."

(22) Parecer sobre o aparelho de fabricar açúcar no Engenho Novo.

em termos tecnológicos, mas também econômico-financeiro dos produtores de açúcar de beterraba e de Cuba (23). A situação mostra-se crítica quando da emergência de uma das piores crises do Capitalismo que até hoje se tem notícia, em meados da década de 70.

---

(23) Pelo lado da demanda a um aumento per capita bastante significativo em termos dos países centrais. O consumo inglês que era em 1855 de 13kg. per capita sobe para 26kg. em 1875. Os EUA nos mesmos anos respectivamente tem 10 e 20kg. per capit. Fonte - Henry Raffard - Sugar Industry Brazil , pág. 42.

IV - MUDANÇAS NAS ORGANIZAÇÕES DOS ENGENHOS E A ENERGIA1. Introdução

As inovações introduzidas a partir dos anos cinquenta, tinham se propagado até o início da década de oitenta na seguinte intensidade:

|            | Nº DE ENGENHOS | Nºs ENGº COM MÁQ. A VAPOR | %    |
|------------|----------------|---------------------------|------|
| CAMPOS     | 377            | 125                       | 33   |
| PERNAMBUCO | 609            | 127                       | 21,5 |
| BAHIA      | 893            | 282                       | 31   |

Fontes: CAMPOS - ALMANACH DE CAMPOS - 1881 - 1882  
 PE - EISENBERG, PETER pág. 62 OBS: Engº que transportaram pela Recife - Railway  
 BA - Citado por Rebouças, André - Relatório sobre o estado da lavoura de 1882 in Agricultura Nacional pág. 152.

Em relação a panela a vácuo "em 1875 não tínhamos por exemplo uma só caldeira a vácuo nos municípios de Campos e nos municípios vizinhos" (1). Em Pernambuco instalaram-se na mesma época duas: a do Barão de Muribeca proprietário do engenho São João que ordenou para a firma Cail uma caldeira tubular de 120 HP, dois clarificadores, uma bomba de suco, três evaporadores uma panela a vácuo. Logo após o Dr. Lacerda recebeu da firma Fives-Lille uma pane

(1) Almanach Mercantil, Industrial, Administrativo e Agrícola de Campos 1884, Typographia do Monitor Campista.

la à vácuo e uma caldeira tubular e o aparato Wetezel foi abandonado (2). Em relação ao cozimento a vapor ao ar livre "Todos aceitam como aparelho cozinhador as caldeiras de Wetezel e de Bour operando a temperaturas relativamente baixas, com o escapamento das máquinas, que os põe em movimento ou outras existentes no engenho, e assim evitarão os danos da temperatura produzidas pelo fogo nu"(3).

Estas indicações permitem inferir que as inovações com a máquina e o cozimento a vapor tem penetrado em uma camada considerável da produção açucareira em cerca de 30% dos engenhos. A maior parte dos engenhos, entretanto, continuaria o fabrico tradicional, ou algum melhoramento para economizar combustível como é o caso da bateria americana "Apesar de ser ela apenas o aperfeiçoamento de um sistema condensado" (4). Desta forma uma composição dos tipos de engenhos nos limites da década de setenta resulta em 30% deles moendo com a máquina a vapor, uma proporção entre 20% e 30% com cozimento a vapor ao ar livre e o restante utilizando a água ou animais para tocar a moenda, e cozendo o açúcar a fogo nũ. É importante ressaltar que a produção do nosso açúcar de melhor qualidade, em termos do mercado internacional é cotado como de segunda categoria com o seu preço 40% a 50% menor que o melhor açúcar do mercado (5). O que torna problemática a posição brasileira é a situação de instabilidade do mercado mundial a partir dos anos 70.

(3) Almanach Mercantil de Campos pág. 218.

(4) A bateria americana é um conjunto de taxas semelhante ao trem Jamaiquino com ampliação da superfície de aquecimento e evaporação pelo assentamento.

(5) O açúcar da Bahia em Janeiro de 1878 cotava-se 18s a 19s td., o bom de Pernambuco a 19s. e 20s.. O de Martinica, cristais de engenhos centrais 28s. - 29s.. Extraído dos Estudos Econômicos de João José Carneiro da Cunha, Tipografia Pereira Braga 1878 - RJ, pág. 21.



Segundo Landes "Os anos de 1873 a 1896 parece para muitos contemporâneos um começo surpreendente de uma histórica experiência". "Os preços caíram irregularmente de maneira esporádica, mas inexoravelmente através de crises e boom - uma média de um terço para toda as mercadorias. Foi a mais drástica deflação da memória do homem... E os lucros caíram, o que é hoje reconhecido como uma depressão periódica pareceu arrastar-se interminavelmente. O sistema econômico mostrou-se estar em decadência" (6). Por outro lado, neste período se consolidaram as industrializações da Alemanha, EUA, Japão além naturalmente da Inglaterra, e o que é relevante para nós com a montagem do setor pesado destas economias. No caso das máquinas e equipamentos para o açúcar uma série de fabricantes internacionais sofrem com a baixa do preço do gênero e encontram dificuldades em colocar seus produtos. Neste período, meados da década de setenta, é que aparece os projetos de criação dos engenhos centrais apresentados pelas companhias fabricantes de equipamentos (7). Por exemplo, a Fábrica Cail apresentou propostas para formação de dez engenhos com a compra de equipamentos e administração da Casa. A companhia Fives Lille foi mais longe, constituiu uma sociedade franco-brasileira para explorar engenhos centrais com garantias de juros e privilégios do governo de Pernambuco. Estes efeitos - demonstração dão idéia do interesse dos produtores em modificar a cultura da cana. Mas para não passar a idéia de que os engenhos centrais foram tão-somente uma imposição de fora para dentro vamos ver no seu conjunto as passagens decisivas para este novo tipo de engenho que é um rompimento em todos os níveis, seja na maquinaria empregada, seja na forma associativa do capital ou na própria trajetória econômica e tecnológica da produção açucareira.

(6) David Landes, *The Unbound Prometheus Unbound*.

(7) Encontra-se na Biblioteca Nacional - Rio - Prospectos destas companhias oferecendo seus equipamentos para os engenhos centrais.

## 2. Momentos Principais da Formação dos Engenhos Centrais e das Usinas

As sugestões para criação dos engenhos centrais, vem desde a década de quarenta pelo esforço de imitação das colônias francesas, as primeiras a centralizar o capital desta forma (8). O motivo que embasa as sugestões é o aperfeiçoamento de cada etapa, pela divisão do trabalho, entre a parte agrícola da cultura da cana e a parte industrial do fabrico do açúcar. De fato, os engenhos centrais se constituíram a partir da década de setenta; a propriedade do capital era de companhias com emissão de debêntures ou outras letras. No caso dos estrangeiros, formavam o capital geralmente em Londres, sob a forma de ações. A escassez de dinheiro, a inexistência de bancos era uma forma de explicação do senhor de engenho para a não introdução de inovações (9). A legislação do império ou a das províncias faziam inicialmente uma garantia de juros de 6% a 8% para o capital empregado. Várias companhias estrangeiras lançaram ações a propósito da garantia de juro, porém as poucas que realmente construíram centrais o fizeram com maquinaria obsoleta. Este é o caso da Central Sugar Factories of Brazil (CSFB) ou Nort Brazilian Sugar Factories Limited (NBSF) que lançaram mão do dinheiro público sim

(8) Ver George Fairbanhs - pág. V - "Se fosse possível estabelecer um aparelho central para o fabrico do açúcar dos seus respectivos engenhos talvez seria proveitoso, mas este espírito de associação, presentemente não existe, e será por muitos anos impossibilitado pela falta de caminho para condução das canas.

(9) Veja Millet, Henrique A. "E a falta de dinheiro a juros razoáveis, parece ser o único motivo pela qual ainda não se generalizou tão importante melhoramento (cozimento a vácuo) que contudo não é aplicável aos engenhos de pouca safra, que são os que mais avultam e só podem ser salvos pelos engenhos centrais. No congresso agrícola do Recife em 1878 a tônica da questão econômica é a falta de dinheiro.

plesmente para auferir lucros garantidos. No entanto os principais engenhos da propriedade de brasileiros como o Quissamã e Barcelos no Rio de Janeiro; Porto Feliz em São Paulo e Bom Jardim na Bahia, embora criados com a garantia de juros não usaram a concessão (10). O relatório do Ministro da Agricultura para 1882, se refere a famosa Lei nº 2.687 de 1875 "Que não há produzido os resultados que tanto foram para desejar. Nenhuma das concessões feitas em virtude da mesma lei havia tido êxito". De certa forma, podemos interpretar a garantia de juros como uma antecipação do Estado no sentido de atrair o capital estrangeiro a investir, já que o lançamento de ações nas praças do país poucos resultados alcançavam para mobilizar capital. Às vezes provocavam desconfianças como para o produtor pernambucano Antônio Gomes de Mato para quem a teoria- "Que os engenhos centrais seriam a salvação da produção açucareira"- "Oriunda de hábil e ativa propaganda estrangeira resultaram medidas legislativas interpretadas e executadas como tem sido, nos parecem dignas de reconsideração por onerosas ao país e prejudiciais ao futuro da própria lavoura de cana" (11). No entanto, o insucesso ou falta de uso efetivo da garantia de juro dá margem ao governo provincial de Pernambuco maistarde a auxiliar através do empréstimo direto aos concessionários de engenhos centrais (12). Este tipo de subsídio vai ser fundamental na constituição das usinas na Primeira República.

(10) Ver AIN - 1882 - pág. 83.

(11) Antônio Matos - Os engenhos centrais 1882 - Tipografia Perseverança RJ - pág. V.

(12) Ver Peter Eisenberg pág. 121.

A falta de bancos e a total desorganização na emissão da moeda legal contribuíram para agravar a conjuntura de crise do açúcar. Desde o Congresso Agrícola do Recife de 1878 até a década de noventa a falta de capital de empréstimo ou mesmo de giro é uma das principais reivindicações da classe produtora. Por outro lado, a situação se agrava para os engenhos centrais conforme o relatório de 1885 - "Por outro lado, os bancos de crédito que viam nesta indústria uma garantia real, começam a recusar transações relativas à fundação dos engenhos centrais". Em 1890 o Centro da Indústria e do Comércio do Açúcar, declarou "que quase todos os engenhos centrais estão hipotecados a bancos ou a portadores de debêntures e a maior parte dos fazendeiros da cana de açúcar se acham onerados de compromisso!" "Como pois desprezar os engenhos existentes para dotar qualquer inovação que demanda uma reforma completa ou quase nova de instalação" (14). Como observamos, esta situação de crise, aparentemente não propicia mudanças, mas ao mesmo tempo com empréstimo do Estado, uma centralização de capital termina lentamente.

A situação financeira depauperada permitia certas investidas do capital estrangeiro e uma das alegadas vantagens é a captação no exterior do capital necessário para construção de Engenhus Centrais. Esta ofensiva do capital estrangeiro foi percebida com graduações diferentes pela franja dos senhores inovadores. Mas de maneira geral a posição era defensiva, porque temiam se tornar presas dos proprietários dos Engenhos Centrais, e tornarem-se meros plantadores, sem o controle do preço da cana (15). A tônica da interven

(14) Ver Relatório do júri das secção dos açúcares da primeira exposição especial brasileira de açúcares e vinho - C. I. C. A. Tipografia Nacional 1890 pág. 14., RJ.

(15) Ver Antônio Matos - Os engenhos centrais 1882 - pág. X Tipografia - Perseverança - "Os pequenos lavradores não poderão deixar de submeter-se a imposição dos engenhos centrais, até que adotem outra cultura ou meio de vida mais remunerativo. Os grandes porém, que podem sustentar os legítimos interesses das suas indústrias devem cogitar maduramente o assunto.

ção das companhias produtoras de equipamentos era a mudança radical na cultura e no fabrico do açúcar, principalmente neste último. As companhias estrangeiras queriam vender, desde vagões para o transporte de canas até turbinas para purga do açúcar. Os produtores nacionais se dividiam quanto a estas modernizações. A posição mais defensiva propugnava uma continuação do caminho "Natural" isto é, a generalização das inovações introduzidas a partir da década de cinquenta com a gradativa incorporação dos engenhos mais obsoletos a estas técnicas (16). Mesmo depois da Proclamação da República quando já estavam em funcionamento algumas usinas o Centro da Indústria e do Comércio do Açúcar em 1880 declarou - "Produz-se açúcares bons apenas com o auxílio do aparelho de Wetzel e da turbina centrífuga" e em relação a demanda de açúcar diz que "Para o consumidor local que se satisfaz com gêneros inferiores que nem sempre são refinados, como para o exportador que fornece aos refinadores que procuram as qualidades baixas, pouco importam a transformação radical do sistema usado". Por outro lado, a criação dos engenhos centrais era vista como interesse imediato dos produtores de equipamentos. Segundo um senhor de engenho - "Compreende-se facilmente que fabricantes de maquinismos na Europa, impelidos só pelo seu interesse pecuniário mandassem para o Brasil agentes bem recomendados fazer propaganda e aconselhar como indispensáveis aos fabricantes de açúcar de cana, os mesmos aparelhos ali empregados na fabricação de beterrabas, mas custa compreender como nosso país abraça com entusiasmo conselhos que não consultam seus verdadeiros interesses" (17).

Entretanto, a crise da lavoura açucareira era muito profunda, originando propostas como ameaça do protecionismo em potencial para a nossa indústria de máquinas e sobre estas ameaças se

negociaria um tratado com a Inglaterra em troca de sustentação do preço do açúcar brasileiro pela taxaço dos outros açúcares e o Brasil, segundo o senhor de engenho "Viria garantir a não proteção a essa indústria nascente, tranquilizando os maquinistas estrangeiros" (18).

Apesar dos juízos contrários, uma outra parcela dos senhores de engenhos só vislumbra salvação para a lavoura de cana com a criação dos engenhos centrais de tipo inteiramente novo. Acreditavam que os métodos até em tão em vigor cada vez mais depreciam a produção brasileira (19). Naturalmente, estes produtores associavam a viabilidade dos engenhos centrais caso o governo desse subsídio, não pela garantia de juros já extinta desde de 1888, mas um amparo mais global (20). Na verdade, os governos republicanos privilegiaram o empréstimo direto como forma principal de capitalização que, ao meu ver, foi decisivo para o sucesso das usinas.

(18) Ver Manoel Rodrigues Peixoto - Os Pequenos Engenhos Centrais - "Se até hoje tem sido conveniente a entrada dessas máquinas livre de direitos, pode de hoje em diante aparecer utilidade de onerá-las uma vez que já começam a fundar no Império, e mesmo em Campos, estabelecimentos para sua fabricação como o do Senhor Feidl Noble e outros - pág. 54, 1885 Tipografia Nacional - RJ.

(19) Ver as Obras de Millet, Henrique - Miscelânea Econômica, Tipografia do Jornal do Recife, Pernambuco 1879. A lavoura da cana de açúcar. Tipografia do Jornal de Recife - 1881.

(20) Para Henry Raffard - "Como medida transitória aplaudimos a suspensão dos 7% gerais. Mas não se afasta do nosso espírito o perigo de semelhante medida, adotada sem reservas pois que a cana não tem fé nos seus elementos e para sustentar precisa de apoio oficial à outranco, a beterraba nos ensina, que uma vez acerto este apoio torna-se ele indispensável e caso não pode ser sustentado, seus sacrifícios são inúteis, porque a sua proteção que não tem vitalidade própria, forçosamente morrerá". In A Crise do Açúcar e o Açúcar no Brasil - Tipografia Carioca 1888, pág. 17.

Os Engenhos Centrais foram a primeira forma de centralização do capital com a separação do trabalho agrícola do industrial e com o fornecimento de cana feito somente por plantadores. Embora haja exceções como o Engenho Central do Cupim em Campos, um dos mais modernos no início dos anos 80 onde "as canas dos proprietários do engenho cultivada em suas terras, são transportados por terra via sistema Decovil na extensão de 6 Km e a dos fornecedores lavradores, vizinhos e mesmo os mais afastados chegam à fábrica por outra via férrea com 4 km de percurso". Vários autores (21), estudando a lavoura da cana em Pernambuco, além de apontarem a divisão do trabalho entre agrícola e industrial como a diferença principal entre engenhos centrais também, explicam o insucesso dos Engenhos Centrais pelo fornecimento irregular da cana feito pelos plantadores, não proprietários dos Engenhos Centrais. Para nós que estamos interessados no desenvolvimento tecnológico, o critério mais importante é o da centralização de capitais, o que foi feito sobre uma ou outra forma. Isto é, do ponto de vista tecnológico, os engenhos centrais que se firmaram, em nada diferem das primeiras usinas, seja em máquinas e equipamentos, como também no nível tecnológico. Mas o importante é que, a medida que a crise se acentua no final da década de 70, os engenhos de pequena safra, desprovidos de inovações tecnológicas, são empurrados para fora do mercado, se tornam fogo morto e cedem suas canas para as usinas. Desta forma, a usina é como se consolida a centralização do capital. Em suma, o que queremos afirmar é que dada a crise que envolvia a economia brasileira, e em particular a produção de açúcar, foi a decisiva participação do Estado para a centralização dos capitais que permitiu um novo tipo de engenho - a usina - se implantasse com nível tecnológico encostado aos demais produtores mundiais. Vamos observar como se deu este processo a nível

### 3. A Energia nas Usinas

Os engenhos centrais e as usinas, tem na sua maioria uma multiplicação dos equipamentos transformadores de energia, principalmente pela mecanização da produção. De maneira sucinta: em primeiro lugar a cana é transportada em vagões das estradas de ferro dos engenhos; a cana é colocada na esteira sem fim que alimenta a moenda; possantes máquinas a vapor tocam os cilindros em combinação de até oito delas; o bagaço é levado para outras esteiras aos fornos de secagem e depois às fornalhas, dispensando-se os metedores e os carregadores de bagaço na alimentação.

O caldo é levado para os defecadores através de bombas e montacaldos; definitivamente põe-se de lado as colheres para transposição do caldo de taxa em taxa enquanto evaporam. Logo após temos evaporação no tríplice efeito, o cozimento a vácuo e finalmente a turbinagem. O tempo do processo desde entrada da cana até sair o açúcar se reduziu a duas horas, em um fabrico que demorava trinta dias até as formas secarem no tendal. Alguns desses equipamentos chaves já tinham sido usados em pelo menos um engenho, porém no seu conjunto, somente com a formação do centrais e usinas tem lugar. A panela a vácuo, então o equipamento mais sofisticado que permitia o nosso açúcar disputar no mercado mundial, começa a sua difusão. Esta mudança radical na maneira de produzir o açúcar foi decorrência do processo de centralização do capital.



Desta forma os engenhos centrais e as usinas além de conter um nível tecnológico superior tem uma nova forma de organização do capital.

Em termos da energia há um aumento da escala. Todos eles usam grandes quantidades de máquinas. Em Quissamã "no interior há três planos diferentes, no primeiro estão as máquinas todas do sistema horizontal em número de doze, dois desfibradores Faure para moer 500 ton/dia"(23). Vejamos o engenho Bracuí - as máquinas a vapor são em número de cinco, servindo uma para o movimento geral, de expansão variável normalmente, sendo a força superior a 70 cavalos...; a segunda dá força de 50 cavalos e serve para o movimento das bombas, do triplice - efeito bem como para o caldo...; a terceira serve para mover duas bombas de vácuo e duas d'água..., a quarta serve para alimentação das caldeiras tendo a força de 14 cavalos..., a quinta finalmente para destilaria tendo a força de 7 cavalos (24).

Os equipamentos que compõem as usinas e necessitam de energia mecânica seja para dar movimento ou transportar o caldo são: a) esteiras b) moenda c) reservatório de caldos d) defecadores de caldo, e) filtros prensa f) deslodadores g) desfibradores h) destilaria i) turbina de açúcar j) misturadores da massa cozida k) bombas.

Em função desta multiplicidade de aparelhos que demandam energia mecânica e das facilidades de transmissão, isto é, a possibilidade de fornecer a energia onde ela é necessária firma-se ainda mais o uso da máquina a vapor. Por exemplo em Campos'

(23) Almanaque Mercantil de Campos - pág. 293.

(24) Pelatário Caminhoá - 1885 - pág. 59.

em 1884 - o número geral das máquinas a vapor desde a que serve às moendas, a dos aparelhos evaporadores a tríplice-efeito, das caldeiras de cozimento no vácuo até as empregadas nas turbinas, quer indiretamente e as alimentares atingem, a cento e quatorze, salvo erro, representando a força mecânica de cerca 1.160 cavalos (25).

No entanto é importante destacar que o avanço da técnica de aproveitamento de recursos hidráulicos e da construção de turbinas movidas a água de fabricação européia ou americana, torna-se viável a exploração da energia hidráulica em larga escala. Como exemplo temos o engenho central de Piracicaba onde "como força motora o engenho aproveita as águas do rio Piracicaba canalizadas de 1km do salto, três turbinas hidráulicas com uma força reunida de 120 cavalos fazem trabalhar as moendas, as bombas de ar e as oito centrífugas". Para produzir o vapor dispõe o engenho de três caldeiras multitubulares de 100 cavalos cada uma, munidos de forno Blandim para secar o bagaço (26). Também a energia hidráulica é usada na fábrica de tecidos. No Relatório de 1882 da Comissão de Inquérito Industrial várias fábricas, dentre as quais a Brasil Industrial a mais importante do Império, usavam a energia hidráulica. Essas ocorrências da energia hidráulica significam que mesmo em uma época na qual a máquina a vapor tinha-se fixado como principal força energética, a energia hidráulica com os avanços ob

(25) Almanaque Mercantil de Campos - 1884, pág. 320.

(26) Marx reconheceu o notável desenvolvimento das turbinas hidráulicas. Diz ele: - "La moderna invención de las turbinas viene a redimir a la explotación industrial de la fuerza hidraulica de muchas de sus trabas primitivas - " El Capital - Vol. I pág. 307.

tidos ainda é a opção mais econômica quando se quer utilizar a energia mecânica de maneira concentrada (28). É importante ressaltar que essas turbinas hidráulicas importadas pouco tem a ver em termos tecnológicos e de construção com as nossas rodas hidráulicas, seu uso é pouco difundido. A máquina a vapor é um motor principal dos nossos engenhos centrais e usinas. É uma fonte de energia já amadurecida tecnologicamente, inclusive para os outros setores. De acordo com o gráfico das exportações inglesas para o Brasil (pág. 62 ) o grande salto das exportações e máquinas a vapor deu-se na década de 70. Nesse período não só as usinas, mas os têxteis, as estradas de ferro, as oficinas mecânicas e o café (como veremos no próximo capítulo) , empregam esta fonte de energia. Em síntese, pela convergência destes setores houve o estabelecimento de uma base técnica adequada que possibilitou, a partir deste período a rápida difusão das máquinas a vapor.

(28) A potência das três turbinas hidráulicas da Fábrica Brasil Industrial era de 350 cavalos, nada deixando a desejar das mais possantes máquinas a vapor; ver A.L.N. Janeiro de 1883 - pág. 5.

Para Antônio Gomes de Matos "Antigamente as moendas eram movidas por água, por animais e até pelo vento. Hoje, a máquina a vapor é o motor por excelência para manipulação de grandes safras: entretanto, onde houver constantemente água em quantidade e com queda ou velocidade suficiente, deverá ser utilizadas como força motriz.

CAPÍTULO DE HISTÓRIA

V - UM CONTRAPONTO ENERGÉTICO:      A PREPARAÇÃO DO CAFÉ

Siquid noviste

Rectius isti

Candidus emperti

Sinon: isuteremeum

HORACIO

Extraído do frontispício - "Novo Método" da plantação  
de café. Marques, Luiz Torquato; Tipografia Paula  
Brito - 1863

Tradução: Usemos nós do bem, que ora sabemos.

Enquanto do melhor não conhecemos.

BRUNO REIS TORQUATO

## 1. Introdução

As formas de energia que estamos analisando só tem razão de ser pelo processo de beneficiamento em que estão inseridas. Da mesma forma as máquinas e instrumentos que produzem ou que transmitem essa energia, estão intimamente ligados com as máquinas de beneficiamento. São máquinas que se complementam para exportação dos produtos colhidos nas lavouras. Nosso primeiro foco de atenção será então os processos de beneficiamento do café.

A atividade que requer energia na preparação do café é o seu descascar. No século passado ocorriam três processos:

a) despulpamento - consiste em livrar o grão logo depois de colhido. A separação da polpa é feita em cilindros com ajuda da água. Origina o café lavado;

b) maceração - deixa-se o fruto em água por várias horas; a polpa se abre antes de começar a fermentação, logo após leva-se para o terreiro. Origina o café casquinha;

c) descascamento - espera-se a polpa secar ao sol em terreiro, após tira-se a casca e o pergaminho. Origina o café de terreiro ou casca grossa.

Este último foi um processo largamente usado no Brasil, os outros dois somente o foram quando os consumidores se queixavam da qualidade do nosso café e foram utilizados em pequenas quantidades para qualidades de café superior. Eram mais adequados a climas chuvosos como o do Ceilão e Java.

No descascamento após uma separação n'água dos grãos, terra, pedras e grãos chochos o café ia para o terreiro e secava até dois meses. O grão após secar fica envolto pelas cascas e pela polpa seca. Precisa-se dar uma pequena pancada no grão para que ele desenvolva sem quebrar.

## 2. As fontes de Energia e os primeiros instrumentos no descascamento

As primeiras colheitas de café nas regiões vizinhas ao Rio de Janeiro, nas primeiras décadas do século, foram descascadas pelo braço escravo. O pilão é o instrumento acionado, logo após o grão e as cascas são separadas em peneiras. Era muito pequena a capacidade de um pilão destes, cerca de alguns centímetros cúbicos em cada carga com grande esforço físico por parte dos escravos (1). Outro método manual eram as varas para bater nos grãos de café estendidos em pano ou no próprio chão.

Os primeiros instrumentos a usarem a força animal foram o carretão e o monjôlo de rabo. Deles encontramos notícia já em São Paulo na década de 30. O carretão era uma roda grande e pesada tracionada por cavalos e mulas que corriam em sulco circular cheios de café a descascar. Por sua vez o monjôlo de rabo era acionado por uma mula que girava um tronco em torno de um eixo, na sua volta ao tronco encontrava a mão de vários pilões, levantava-as e os deixava escapar.

(1) Uma reportagem do A.I.N. em 1883, pág. 13 descreve o clima nas primeiras fazendas de café: "Na Europa o tempo das colheitas muito principalmente o tempo das vindimas, são dias de dança e de festa geral, entre nós os da moagem nos engenhos é igual então tudo neles está gordo e médio. Se o da colheita do café não é divertido, é porque o trabalho de pilar é difícil,

A energia hidráulica foi utilizada primitivamente no monjôlo "máquina preguiçosa porém prestante". O monjôlo representa o trabalho de doze homens em igual espaço de tempo (2). De maneira geral estes aparelhos primitivos não subsistiram ao aumento da produção e a concorrência para melhorar o produto, permanecendo somente na pequena propriedade e no uso doméstico.

O primeiro instrumento que utiliza geralmente a água e a técnica local foi a máquina de pilões, que resistiu a mais de um período da história do café. Esteve no auge quando em terras fluminenses mas, encontramos ocorrências freqüentes em São Paulo na década de 80. Ela substituiu tranquilamente os métodos primitivos conforme um observador de Vassouras em 1836 - "Os fazendeiros que não tem pilões recorrem os monjôlos, o que é muito moroso e os que nem monjôlo têm batem o café com varas como se pratica com o feijão o que além de ser moroso é assaz prejudicial a saúde dos trabalhadores... nos estabelecimentos, onde há pilões hoje mais em número do que a quatro anos passados o trabalho é mais expedito, e alguns tem ventiladores unidos ao eixo da roda que movem aqueles onde com grande vantagem se limpa o café de toda a poeira com que d'eles ser" (3).

A máquina de pilões tem um eixo ligado a um motor , geralmente a uma roda hidráulica, inclusive não encontrei referência de pilões ligados a máquina a vapor. Na superfície do eixo há um dispositivo que engata cada vez em uma mão do pilão. Os grãos

(2) Borlanaque - Manual de Máquinas, pg. 115.

(3) Pe. João Joaquim F. do Aguiar - Pequena Memória sobre a Plantação, Cultura e Colheita do Café. Vassouras, 1836.

BIBLIOTECA NACIONAL DO BRASIL

são depositados no cocho; a medida que a casca se quebra, o pó adere à superfície do café deixando os grãos negros. A força média necessária para uma máquina de pilões está em torno de 100kg, força encontrada em qualquer curso d'água. Para construção a máquina de pilão era revestida de uma chapa de ferro. Para a mão do pilão não sair da vertical era obrigada a correr entre duas tábuas, por isso "as máquinas de pilões tem alguns defeitos essenciais e entre eles o principal é o de fazer perder uma boa parte da força motriz destruída pelos atritos" (4). Outro inconveniente deste aparelho é que a força com que cai a mão do pilão não é regulável ocasionando fendas nos grãos. Neste período o café descia de Cantagalo e Vassouras para o Rio de Janeiro em lombo de burro ficando sujeito a intempéries. Quando descascado apresenta rachaduras na superfície do grão, a umidade penetra e altera o aroma além de deixar manchas brancas.

É importante fazermos uma reflexão para percebermos como se insere uma máquina deste tipo na economia agrária - escravista do Vale do Paraíba. Em primeiro lugar vamos notar que este tipo de máquina substitui a força bruta do escravo, isto é, substitui um trabalho não especializado. Seu nível tecnológico está vinculado por um lado ao beneficiamento do café e por outro a base técnica local. O progresso técnico para este tipo de máquina estava limitado na base técnica, que se move dentro da economia mercantil escravista, isto posto, observamos que o mesmo pilão que servia na década de 30, em 1880 em Cantagalo, Couty encontrou "ainda fazendas bem cuidadas que possuem o velho sistema de pilões múltiplos fixados em uma árvore de rotação horizontal" (5).

(4) Burlanarque; Manual de Máquina - pág. 16

(5) Em Cantagalo em 1880 - Couty - Etude - pág. 49.

ACERVA DO INSTITUTO



Vale dizer que o progresso técnico é inexistente para este tipo de instrumento. O uso da máquina de pilões se explica por que a produção agrícola em larga escala com trabalho escravo exige instrumento que beneficie esta produção. A energia requerida para um instrumento destes é de poucos cavalos que teoricamente poderia ser tocada pela máquina a vapor como pela energia hidráulica. Examinando a estrutura técnica desse tipo de máquina observa-se que pela sua fragilidade é incompatível com a máquina a vapor, isto é, tem de existir uma compatibilidade entre a máquina motriz e a máquina agrícola no tocante ao seu nível tecnológico.

Vale dizer em termos da força motriz utilizada a máquina a vapor estava descartada no beneficiamento deste período. Dada a importância deste ponto vamos tentar aclará-lo. É bastante conhecida a posição de Marx e outros historiadores da tecnologia de que para a máquina-ferramenta independe a força motriz que lhe dá movimento. No nosso caso é diferente. Conforme observamos, estavam disponíveis no período que estamos analisando três fontes de energia sem contar o braço escravo, a saber: animais, máquinas a vapor, energia hidráulica. No entanto a máquina de beneficiamento que é mais importante do ponto de vista do processo não se compatibiliza com a máquina a vapor. Certamente não é devido ao preço da máquina a vapor vis a vis uma levada d'água, nem tampouco pela baixa potência que se requeria. Conforme já analisamos era possível sua introdução nesse período em moendas do açúcar. Tal é essa dependência em relação a energia hidráulica que encontramos em vários contemporâneos que escreveram sobre o café nesse período, que o estabelecimento de uma fazenda requer uma levada d'água para a operação das máquinas de beneficiamento.

OPERAÇÃO DE BENEFICIAMENTO

Neste ponto é necessário aclarar o que a literatura da época trata por máquina. Segundo Marx: "Os matemáticos e os mecânicos... definem a ferramenta como uma máquina simples e máquina como uma ferramenta composta. Não encontram diferenças essenciais entre ambas e dão o nome de máquinas até as potências mecânicas mais simples, tais como a alavanca, o plano inclinado, o parafuso, a cunha. E é certo que toda a máquina se compõe das aquelas potências simples quaisquer que seja a forma que se disfarçam e combinam. Sem embargos, do ponto de vista econômico esta definição é inaceitável pois não tem em conta o elemento histórico" (7). Em primeiro lugar, as máquinas que estamos tratando foram historicamente construídas para o exclusivo beneficiamento dos produtos agrícolas, porque obviamente não podíamos exportar in natura café ou cana de açúcar. Em segundo lugar, que elas substituem a força do escravo para liberá-los para outros misteres. Em resumo, a máquina de pilões está subordinada a esfera agrícola e realiza trabalho não especializado, isto é, em seu sentido histórico é um instrumento simples, auxiliar no beneficiamento de produtos agrícolas realizado por mão de obra escrava. Vale dizer o conceito de máquina no nosso caso, não tem nenhuma semelhança na quele usado por Marx no contexto da formação do sistema de maquinaria e grande indústria. No nosso caso a máquina está ligada a esfera agrícola e embora aumente a produtividade não potencializa o progresso técnico

Os instrumentos simples requerem uma força motriz seu impulso e no caso da máquina de pilões ocorre em relação a

---

(7) O Capital Volume 1 - pág. 302.

máquina a vapor um desajuste tecnológico, visto que a máquina a vapor tinha um nível tecnológico superior. O ajustamento tecnológico ocorrerá quando se constroem as máquinas de beneficiamento passíveis de serem movidas pela máquina a vapor, não só porque há uma carência de força motriz mas principalmente porque o beneficiamento do café tinha estrangulamentos, como a escassez de mão-de obra pelo alto preço do escravo e requeria máquina de maior capacidade de desenvolvimento.

### 3. As fontes de energia e as máquinas de descascamento contínuo

O engenho de pilões era moroso em processar grandes quantidades de café; tem, como já observamos, um processo descontínuo ao se renovar cada carga de grãos. No período que vamos considerar entre as décadas de 30 e 60, a produção brasileira cresce de 9,5 mil toneladas para 37 mil toneladas anuais em média; neste período nota-se duas atitudes dos plantadores de café:

1) aumentar a quantidade de café beneficiado pelo método do despulpamento em prática no Ceilão e em Java.

2) Introduzir novos métodos e instrumentos no descascamento. O café despulpado e o de terreiro superior rivalizavam-se nos mercados dos EUA e Europa. Segundo negociantes do café, havia uma preferência dos consumidores pelo gosto e aroma do produto. Assim o despulpado com um sabor mais leve, mais aromático tinha preferência dos consumidores da Inglaterra, da França e de Gênova; enquanto o de terreiro com um gosto mais amargo por que assimilava os princípios aromáticos mais forte da polpa que se crava junto com o grão, tinha a preferência dos portos dos

EUA e Hamburgo. O Brasil era o primeiro produtor com o grosso de sua produção de qualidades médias (8). Independente do lugar de consumo o preço médio do café despulpado estava acima do ter<sub>re</sub>reiro superior e a diferença era maior ou menor dependendo do lu<sub>g</sub>ar de compra. As queixas que encontramos neste período ao café do Brasil referem-se ao gosto de terra do café, a qualidade ir<sub>re</sub>gular, a umidade, ao gosto amargo, ao aspecto deteriorado, que dizem respeito ao processo de beneficiamento. Por outro lado no despulpamento (9), os grãos ficam com melhor aspecto e são mais homogêneos. Para se despulpar o aparelho utilizado "consiste em um moinho composto de dois cilindros um da direita para esquerda e outro em sentido contrário. Estes cilindros de perto de um pé de diâmetro são de madeira e cobertos com uma chapa de cobre dis<sub>po</sub>sta em forma de ralo ou cavadeira" (10). A energia dispendida era menor porque a polpa estava madura, por conseguinte a estru<sub>tu</sub>ra dos moinhos era feita de madeira. Entretanto a despulpagem ne<sub>ce</sub>ssitava que os grãos de café fossem maduros, por isso a colheita nos lugares que a praticavam era feita a medida que os grãos ama<sub>du</sub>rescessem levando até 6 (seis) meses. No Brasil ao contrário pe<sub>lo</sub> problema da falta de braços era feita em uma só vez, tombando todo tipo de grão. Além disso a despulpagem era um processo por via úmida (11) próprio para climas mais chuvosos como o do Cei<sub>l</sub>ão e Java. Essas razões contribuíram para que a alternativa do

(8) Existiam seis qualidades do café do terreiro: superior, primeira boa, primeira regular, primeira ordinário, segunda boa, segunda ordinário, além do despulpado nacional produzido em pequenas quantidades.

(9) Na despulpagem "A primeira operação que se procede nas manipulações do café colhido é despir a sua fava de sua pele exterior, deixando-a revestida unicamente do pergaminho que a envolve" (Moreira pág. 47).

(10) Monografia do Cafeseiro, Burlamarque, pág. 36.

(11) Via úmida porque as bagas do café para passarem nos cilindros são ajuda<sub>da</sub>s pela água.

despolpamento não vingasse para a máquina de pilões e para o ca  
fê de terreiro.

Os fazendeiros preferiam sustentar qualidades médias em maiores quantidades, do que um aumento de preço com menores quantidades. Os plantadores diligenciavam também novos métodos para superar as deficiências da máquina de pilões, quais sejam a len  
tidão no processo e a qualidade do grão. Esses métodos oriundos dos recursos técnicos das oficinas de carpinteiros e ferreiros lo  
cais consistiam em "moinhos excêntricos ou ordinários, ligados com um ventilador e um sistema de peneira cilíndrica de maneira que o café passa por esses três aparelhos em imediato seguimento, sem  
ser tocado pelas mãos dos trabalhadores"(12).

A base técnica local se mostrava insuficiente para suprir este ponto de estrangulamento. Existia outro método que foi precursor em termos da concepção do projeto das máquinas de descascar contínua importadas, mas as evidências mostram que não se generalizou, provavelmente seu aparelho era muito tosco (13).

Não obstante estes esforços, as primeiras máquinas de processamento contínuo que são responsáveis pela superação defini

(12) A.I.N - 1853 - pág. 100 - Os grifos são nossos

(13) "Este aparelho se compõe de dois cilindros de pau duro do diâmetro de 8 a 20 polegadas ao menos cobertos de uma folha de ferro furadas de buracos semelhantes ao ralo que serve para ralar mandioca".  
Do Café consideração o sentido de sua preparação, de sua colheita, de sua lavagem e da maneira de secá-lo para o conservar.

Por G. Constante. Tipografia Francesa 1843 - RI.

tiva dos problemas no beneficiamento do café de terreiro são importadas, como Albion Coffe Hiller & Company e a Lidgerwood. Esta última fábrica de máquinas têm um comportamento muito importante na difusão das máquinas de descascar contínua por isso vamos comentá-la.

No Auxiliador da Indústria Nacional de 1868 consta que "desde 1849 até 1864 não menos de três patentes de privilégios foram conseguidos pelo Governo Imperial para as máquinas e Aparelhos desta Sociedade que um dos privilegiados seguisse aproveitar-se da sua patente. Felizmente, este não só estabeleceu nesse país uma importação regular de máquina para beneficiar o café com oficina para a sua reparação e dispõe de um pessoal habilitado que se dirige as províncias de São Paulo e Rio de Janeiro para montar as máquinas e dar ao fazendeiro e a seus fâmulos as necessárias instruções". A fábrica prosseguiu sua investida no mercado nacional conforme consta em Taunay - "Em 1859 Guilherme Van Vlech Lidgerwood que veio dos EUA (14) notando em Campinas o desenvolvimento extraordinário da cafeicultura aí montou uma oficina para fabricar máquina de beneficiar café".

---

(14) A origem de Lidgerwood necessitaria de mais pesquisa. Dois brasileiros que inventaram um método de secar café com sucesso a nível de protótipo, não conseguiram sua fabricação regular no país e foram ao exterior para vender seu projeto. Consta do A.I.N. de 1883, pág. 35 que a máquina de secar sistema Taunay - Telles que "já hora fabricada na Inglaterra na fábrica de Guilherme Lidgerwood, na Escócia" este ponto é irrelevante por enquanto, o fato é que provinha de uma economia já industrializada.

Uma série de fabricantes nacionais como Ahrens, Bernadi no Correa de Matos da Máquina Brasileira, Bierrembach & Irmãos se lançaram na produção destas máquinas na década de 60. Este efeito imitativo demonstra que fabricante nacional podia copiar a similar estrangeira em curto espaço de tempo. A generalização deste tipo de máquina foi apreciável. Vamos analisar os resultados da Primeira Exposição de Café no Rio de Janeiro que recebeu 1.145 amostra do produto, principalmente do Rio de Janeiro (547), São Paulo (130), Minas Gerais (371).

| <u>TIPO DE MÁQUINA</u> | <u>RIO DE JANEIRO</u> | <u>MINAS GERAIS</u> | <u>SÃO PAULO</u> |
|------------------------|-----------------------|---------------------|------------------|
| Engenho de Pilões      | 186                   | 167                 | 33               |
| Lidgerwood             | 138                   | 78                  | 41               |
| Brasileira             | 11                    |                     |                  |
| Hallier                | 6                     |                     |                  |
| St <sup>a</sup> Cruz   | 5                     |                     |                  |
| Aperfeiçoada           | 17                    |                     |                  |
| Congresso              | 17                    |                     |                  |
| Duprat                 | 6                     |                     |                  |
| Taunay - Telles        | 1                     |                     |                  |
| Ferreira Assis         |                       | 11                  |                  |
| Triunfo                |                       | 12                  |                  |
| Arens                  |                       | 6                   |                  |
| Concassor              |                       | 6                   |                  |
| Nacional               |                       | 5                   |                  |
| Harrgreeaves           |                       |                     | 5                |
| Mnjôlo                 |                       |                     | 5                |

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Embora a amostra possa mostrar viés por ser resultado de uma exposição, aparecem tendências que se confirmam. Nota-se que uma maior percentagem do café Paulista é descascado em máquinas aperfeiçoadas enquanto no Rio de Janeiro e Minas Gerais predominam engenhos de pilões. A fábrica Lidgerwood tem uma preferência acentuada sobre as demais, ela parece como uma fábrica nacional enquanto as outras sô tem expressão regional.

As razões dessa generalização das máquinas de descascar contínua podem ser creditadas em primeiro lugar a economia de mão escrava que era na altura dos anos 60 crucial para os fazendeiros de café (15). As máquinas aperfeiçoadas além de descascar os grãos possuindo ventiladores e separadores segundo os seus tamanhos, sô necessitavam um escravo para vigiar o processo. Além disso, a separação mecânica propiciava diferenciar qualidades do café alcançando preços mais elevado como demandavam os importadores (16). O relatório Couty de 1879, diz que o problema da escassez de mão-de-obra "já se acha resolvido em parte pelos processos de beneficiar o café, outrora tão complicado imperfeitos, custosos por causa do número de braços empregados".

(15) Ver Souza, Francisco Eduardo - pág. 142.

(16) A Lidgerwood ficou famosa pelo sistema de separação de café: Ventiladores, cilindros giratórios com fendas para cada tipo de café, peneiras, possibilitava colocar o produto em espectro amplo. um autor declara:  
- "O café classificado mecanicamente vai para o mercado do mundo onde é vendido: os de grãos pequenos e redondos como moka, os de grãos grandes e chatos como de Java e outros até ficarem representados todos os países cafezeiros em todas as locandas de esquina do mundo pelo produto de uma única fazenda do Brasil". - Araújo Marcondes, O Café.



Do ponto de vista tecnológico a generalização dessas máquinas permitiu que a máquina a vapor fosse a alternativa como opção energética. Somente na cidade de Campinas em 1873 contam-se 33 máquinas do sistema Lidgerwood e 26 do sistema Conrad; daquelas 11 são movidas a vapor e 22 a água e destas 3 são a vapor e 23 a água (17). Temos então o ajustamento tecnológico da máquina de beneficiamento com a motriz. Observa-se que a causa principal que provocou o ajustamento foram as deficiências no processo de preparação do café. A partir da década de 60 podemos dizer que para a máquina de beneficiamento independe a força motriz que lhe dá movimento. Por sua vez a máquina a vapor com a notável expansão do café em São Paulo supre a carência de energia, principalmente pela sua mobilidade no estabelecimento de novas fazendas de café. Daqui por diante, para o café a demanda de energia e a escolha da opção energética vai ser um problema de custos.

Em resumo a produção cafeeira até o final da década de 60 empregou para o descascamento do café os instrumentos simples construídos na própria fazenda, sem nenhuma articulação com a onda de inovações da 1ª. Revolução Industrial. Os poucos requisitos técnicos requeridos para que essa produção aumentassem foram supridos diretamente pela base técnica local de maneira empírica. Em termos da energia, a roda hidráulica foi o principal motor das fazendas de café, a máquina a vapor não foi utilizada porque tinha um desajuste tecnológico com as máquinas de descascar muito rudimentares. No momento em que as máquinas de descascar

---

(17) Nicolau Moreira, Breves Considerações Sobre a História e Cultura do Cafeeiro e Consumo de seu Produto - 1873.

formaram um ponto de estrangulamento para o aumento da produção, foram importados as máquinas de descascamento contínuo, que pela sua simplicidade foram fabricadas no país logo após sua introdução. Neste período, a partir da década de 70, a máquina a vapor tem uma rápida difusão em todos os setores e no beneficiamento do café podendo ser acoplada às máquinas de descascamento contínuo. Com prova-se então, que o beneficiamento do café, a semelhança da produção açucareira com as usinas, tem seu reajustamento tecnológico quando a base técnica local como um todo estabelece articulações com os outros setores produtivos.

## CONCLUSÃO

A problemática da energia do Brasil no século XIX se move através do tempo tendo em conta duas dinâmicas: de um lado a 1ª. Revolução Industrial e a decantação de suas inovações para a produção brasileira e de outro lado a nossa economia agrária-exportadora com mão de obra escrava e sua estreita base técnica e científica.

Para situar os avanços da Revolução Industrial que influíram na produção açucareira tivemos dois tipos de inovações. Um primeiro grupo, a partir das inovações geradas em outros setores que não o açúcar como a fabricação do ferro, a máquina a vapor, a química, a ferrovia; e outro grupo de inovações gerada principalmente a partir do açúcar de beterraba e das refinarias de açúcar, que é o caso da panela a vácuo, do processo de controle de fabricação do açúcar, das centrífugas para a separação do açúcar e do mel. Em conjunto, esta série de inovações formam um nível tecnológico superior a tecnologia de fabricação do açúcar dos nossos produtores.

A tecnologia como uma das facetas da concorrência entre os diversos produtores do açúcar de cana e de beterraba impõe um reajustamento do nível tecnológico da nossa produção com o nível tecnológico externo. Este reajustamento nós periodizamos, em função da energia, em três momentos:

## 1. Início do século até os anos 30

Neste período o tipo de progresso técnico oriundo da época colonial dá sinais de esgotamento, para que se efetive o aumento da produção. O progresso técnico, que no período colonial era realizado de forma empírica, muda seu conteúdo através das variadas inovações provenientes da 1ª. Revolução Industrial. Inicia-se o período das "Reformas" preconizadas pelos senhores de engenho ilustrados para incorporação destes progressos técnicos. Concretamente o emprego da cana caiena com caule mais lenhoso propiciou o uso do bagaço como combustível. Isto implicou na mudança dos equipamentos para moagem através de moendas fabricadas fora do engenho. Propõe-se aperfeiçoamentos para aumentar a potência da roda hidráulica e introduz-se as primeiras máquinas a vapor. Após o deslumbramento, que a máquina a vapor trazia como solução para problemas de energia, os senhores de engenho se decepcionam; a máquina a vapor sem uma infraestrutura tecnológica funciona precariamente. Recomenda-se prudência e moderação no seu uso. Por outro lado, na Europa, principalmente a França e a Bélgica, promovem no seu sistema técnico-científico pesquisas para a utilização do açúcar de beterraba e ao mesmo tempo, criam barreiras aduaneiras para a importação do açúcar de cana.

## 2. Dos anos 30 a 70

Neste período o Brasil perde efetivamente a liderança da produção mundial de açúcar. Surge, na década de 30, Cuba como grande produtor de açúcar de cana e o açúcar de beterra-

ba com a tecnologia mais desenvolvida prescinde da proteção alfandegária. Em termos de energia prossegue em ritmo lento a difusão da máquina a vapor. Vários especialistas recomendam a roda hidráulica como a mais eficiente das fontes de energia. Os senhores de engenho se dão conta que a concorrência que os acossa é irreversível e clamam pela introdução de melhoramentos das economias mais desenvolvidas. São dessa época a fundação das Sociedades de Agricultura para defender os interesses da lavoura de açúcar, entretanto, seu fraco poder de barganha junto ao Estado não provoca um auxílio substancial deste, ao contrário da Sociedade Patriótica em Cuba que empalma o Estado a seu favor. Em meados do século, se fundam as fazendas centrais de açúcar nas Antilhas com a associação de capitais para compra de maquinismo e em articulação com as fábricas produtoras de equipamento para o açúcar, que se consolidam nesta época. Em 1846, instala-se a primeira panela a vácuo no Brasil, sem êxito. Erros de projeto, incerteza na compra de equipamento, dificuldades de manutenção, dão mostra que a base técnica local não absorve este tipo de inovação.

Os produtores optam por cozer o açúcar com vapor e ao ar livre. O uso do vapor reúne a energia mecânica e a térmica. Dada a nossa base técnica, a estratégia da simplificação, é a resposta possível aos avanços dos produtores que adotam soluções de fronteira tecnológica. Exemplos típicos desta estratégia são o Engenho Jacarecanga (1852) e o Engenho de Cotegipe (1867) onde tudo é movido a vapor.

### 3. Anos 70 até o final do século

A crise da economia a nível mundial deprime os preços do açúcar, os produtores brasileiros de menor nível tecnológico são empurrados para fora do mercado. A nossa reação são os engenhos centrais, e as usinas, onde se concentra o capital na forma das sociedades anônimas. Tem-se a difusão da panela a vácuo entre nós. A importação de máquina a vapor (vide o gráfico da página 62 ) aumenta rapidamente. No final da década de 80 a produção brasileira do açúcar se recupera.

Por outro lado, a produção cafeeira, a despeito de seu baixo nível tecnológico intrínseco, propicia um avanço do nível tecnológico da economia pelo excedente gerado na produção cafeeira. O exemplo disto são as ferrovias em larga escala, que criam as grandes oficinas de reparo ferroviário. Neste período, os principais seguimentos produtivos como o café, açúcar e têxteis avançam conjuntamente nas soluções tecnológicas. Às barreiras internas, quer de ordem econômica ou de treinamento de mão de obra são ultrapassadas porque nos vários setores há um entrelaçamento tecnológico que é resolvido de maneira global.

BIBLIOGRAFIA

- DEER, Noel - The History of Sugar. Londres, Chapman and Hall, 1949.
- JERRY, T.K. e TREVOR, Williams - Historia de la Tecnología desde la antigüedad hasta 1900, Siglo Veinteuno editores, Mexico, 1978, Volumen I, II, III.
- DICKINSON, H. W. - The Steam Engine to 1930, in: A History of Technology, volume IV The Industrial Revolution 1750 to 1850, Oxford University Press, 1958, Oxford.
- DRELYS, N. - Brasil Açucareiro, Memória sobre o estado actual da fabricação do açúcar no Brasil e os melhoramentos a introduzir, in: Brasil Açucareiro, abril 1942, Rio de Janeiro.
- EISEMBERG, P. - Modernização sem Mudança, A Indústria Açucareira em Pernambuco 1840-1910, Paz e Terra, Universidade Estadual de Campinas, 1977.
- FAIRBANKS, G. - Observação sobre o comércio do açúcar, 1847, e o Estado presente desta Indústria em vários países, acompanhado de instruções práticas sobre a cultura da cana e fabrico dos seus produtos - Typografia do Correio Mercantil de R. Lessa, 1847, Bahia.
- FLOYDIT, J. - Subsídios para uma História dos Campos dos Goitacazes, Typographia a Vapor J. Alvarenga e Companhia, Campos, 1900.
- DENSLON Jr., D.A. - Sugar Production in Northeastern Brazil and Cuba, 1858-1908 - Tese de Phd. Yale University Connecticut 1974.

- ANTONIL, André João - Cultura e Opulência do Brasil, Companhia Editora Nacional, São Paulo, 1966.
- CASTRO, Antonio Barros de - Senhores e escravos nos engenhos do Brasil, mimeo UNICAMP, Tese Doutorado, 1976.
- BURLAMAQUE, F.L.C. - Monographia do Cafeseiro e do Café, Rio de Janeiro, Tipografia N.L. Viana & Filhos, 1860. Manual de Máquinas Instrumentos e Motores Agrícolas, Rio de Janeiro, Tipografia N.L. Viana & Filhos, 1859.
- CONSTANTE, G. - Do café considerado o sentido de sua preparação, de sua colheita, de sua lavagem e da maneira de secá-lo para o conservar. Tipografia Francesa, 1843 - RJ.
- CUNHA, João José Carneiro - Estudos Econômicos. Tipografia Pereira Braga, 1878 - RJ.
- ALMEIDA, Miguel Calmon du Pin - Ensaio sobre o fabrico do açúcar. 1834, Bahia, Tipografia do Diário, 1834
- FREYRE, Gilberto - Sobrados e Mucambos. Decadência do Patriarcado Rural e Desenvolvimento do Urbano. Livraria José Olympio Editora/MEC 5a. Edição, RJ, 1977.
- SPINDEL, C. A. - Homens e Máquinas na Transição de uma Economia Cafeteira. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1980.



- FRAGINALS, M. M. - The Sugarmill The Socioeconomic Complex of Sugar in Cuba, Monthly Review Press, 1976, New York.
- GILBERT, K. R. - Machine - Tools, A History of Techonology, Volume IV, The Industrial Revolution 1750 to 1850, Oxford University Press, 1958, Oxford.
- GRAHAN, R. - Grã-Bretanha e o Início da Modernização no Brasil 1850-1914, Editora Brasiliense 1973.
- HOLMYARD, E. J. - The Chemical Industry: Developments in Chemical Theory and Practice, History of Technology, Volume IV The Industrial Revolution. 1750 to 1850, Oxford University Press 1958, Oxford.
- KELLEHENZ, H. - Technology in the age of the Scientific Revolution 1500 - 1700, The Fontana Economic History of Europe, Collins/Fontana Books, 1974.
- KOSTER, H. - Viagens ao Nordeste do Brasil, Coleção Pernambucana Volume XVII, Recife, 1978.
- LABAT - Nouveau Voyage aux Iles de L'amerique,
- LAMEGO, A. - O Homem e o Brejo, Rio de Janeiro, 1945.

- LANDES, D.S. - The Unbound Prometheus. Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present, Cambridge, Cambridge University Press, 1969.
- MARCONDES, A - O Café, Esboço monográfico sobre sua origem, cultura, uso dietético, etc., São Paulo, Carlos Zanchi, 1896.
- MARX, K. - O Capital, Volume I, Editora Civilização Brasileira, RJ. 1968
- MATOS, A. - Os Engenhos Centrais, 1882, Tipografia Perseverança, RJ.
- MELO, S. - Novo método de fazer o açúcar ou reforma geral econômica,
- MELO, João Manoel Cardoso de, - O Capitalismo Tardio. Campinas, 1975. mimeo.
- MILLET, H.A. - Miscelânea Econômica, Tipografia do Jornal do Recife, Pernambuco, 1879.
- MILLET, H.A. - A lavoura da cana de açúcar, Tipografia do Jornal do Recife 1881, Pernambuco.
- MOREIRA, N. - Breves considerações sobre a história e cultura do cafeeiro e consumo de seu produto, 1873 - RJ

- STOWERS, H. - Watermills - 1500-1850. in: History of Technology, Oxford Press.
- FERNANDES, Hamilton - Açúcar e Alcool ontem e hoje. Coleção Canavieira, Instituto do Açúcar e do Alcool - RJ, 1971.
- SANT'ANA, M.M. - Contribuição à História do Açúcar em Alagoas, Museu do Açúcar, Recife, 1970.
- RODRIGUES, C. - A Inventiva Brasileira. Coleção Consulta Científica, Brasília, Instituto Nacional do Livro, 1973. Vol. I e II.
- KEMP, T. - La Revolución Industrial en la Europa del Siglo XIX. Libros de confrontación, História 2, Barcelona, 1974.
- COUTY, Louis - Étude de Biologie Industrielle sur le café. Rapport Adressé a M. le Directeur de l'École Polytechnique - Rio de Janeiro, 1883.
- COUTY, Louis - Le Brésil en 1884, Rio de Janeiro, Faro e Sino, 1844.
- FREEMAN, C. - The Economics of Industrial Innovation, Penguin Books, 1974, Middlesex England.
- ROLT, L.T.C. - Victorian Engineering, Penguin Books, 1970, England.
- FRANCO, M.S.C. - Homens Livres na Ordem Escravocrata, Editora Ática, 2a. Edição, S.Paulo, 1976.
- GLNOVESE, E.A. - Economia Política da Escravidão, RJ, Pallas, 1976

- PANG, E.S. - The Brazilian Slavocracy and the Modernization of Sugar Economy during the nineteenth century, mimeo Vanderbilt University.
- PEIXOTO, M.R. - Os Pequenos Engenhos Centrais, Tipografia Nacional, RJ.
- PINHO, Wanderley - História de um Engenho do Recôncavo,
- PERRUCCI, Gadiel - A República das Usinas, RJ - Paz e Terra, 1978.
- RAFFARD, H - A crise do Açúcar e o Açúcar no Brasil, Tipografia Carioca, 1888. Sugar Industry in Brazil.
- SALVADOR, V. - História do Brasil, revista por Capistrano de Abreu e Rodolfo Garcia, Editora Melhoramentos, 3a. Edição, São Paulo.
- SOUZA, F.E.P. - A evolução das técnicas produtivas no século XIX: O engenho de açúcar e a fazenda de café no Brasil, mimeo, Unicamp, 1977.
- STURZ, J. D. - O efeito benéfico das máquinas e combustíveis, 1835.
- TOLLENARE, F. - Notas Dominicais - Tomadas durante uma viagem em Portugal e no Brasil em 1816, 1817 e 1818, Livraria Progresso Editora, Salvador, Brasil, 1956.

PERIÓDICOS E OUTROS

- O Auxiliador da Indústria Nacional - Revista mensal da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional. anos: 1833 a 1891.
- Almanach Mercantil Industrial Administrativo e Agrícola de Campos, 1884 - Typografia do Monitor Campista.
- Os Engenhos Centrais e o Senhor Antônio G. Matos - Artigos Publicados no Jornal do Comércio por Saccharum. Typ. de Al Guimarães e Companhia, 1882 - RJ.
- Revista da Society of History of Technology, 1979, Terry Reynolds, Scientific influences on technology: The case of the overshot waterwheel, 1752 - 1754.
- Relatório do júri das seções dos açúcares da primeira exposição especial brasileira de açúcares e vinho CICA. Tipografia Nacional 1890 - RJ.
- Relatório Caminhoã - 1885. - O engenheiro Luiz Monteiro Caminhoã era inspetor do Distrito Agrícola que incluía os Engenhos Centrais dos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais e escrevia relatórios ao Ministro de Agricultura sobre a situação dos engenhos. A Biblioteca Nacional possui exemplares destes Relatórios. O primeiro de 1880 publicado pela Typographia Nacional e o segundo de 1885 pela Imprensa Nacional.