

UM MODELO DE LOCALIZAÇÃO INDUSTRIAL E TRANSPORTE DE BAGAÇO DE CANA

Eduardo Wilson Ribeiro Ramalho
Agrupamento de Economia Industrial/IPT

Marco Antonio Brinati
Departamento de Engenharia Naval/EPUSP

RESUMO

Examina-se a viabilidade técnica e econômica da utilização do excedente de bagaço de cana do setor sucro-alcooleiro como energético nas indústrias da região. A necessidade de garantir o fornecimento do produto em boas condições, mesmo na entressafra, os requisitos específicos de cada indústria e a busca da redução do custo de transporte e do aumento do rendimento térmico impõem a análise de alternativas de aproveitamento do bagaço e de instalação de indústrias de beneficiamento. Adota-se como função objetivo o custo global de utilização do bagaço e incorpora-se às restrições do modelo uma que assegura a redução do custo de energia para cada consumidor. Em razão da presença de economias de escala no processamento do bagaço e da função objetivo apresentar descontinuidade na origem, a resolução de modelo contempla a técnica de programação mista-inteira.

ABSTRACT

The technical and economical feasibility of using the sugar cane bagasse from the sugar and alcohol industries as an energetic in other industrial sectors is analyzed. The need for delivering this product in good conditions, even out of the harvest season, the specific industrial requirements, and the search for reducing the transportation costs and increasing the thermal efficiency suggests the evaluation of different types of sugar cane bagasse processing and the selection of places for locating the processing plants. The model objective function is the total cost of bagasse utilization and constraint set includes one which assures a cost reduction for each individual consumer. Given the evidence of economies of scale in the bagasse processing and because the objective function has a jump discontinuity at the origin, the problem is solved using a mixed-integer programming technique.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação do Problema

O bagaço de cana é um sub-produto proveniente da cana de açúcar, da qual foi extraído o caldo utilizado na fabricação do açúcar e álcool.

A aplicação prioritária e tradicional do bagaço de cana tem sido em processos de geração de vapor, utilizado no próprio setor sucro-alcooleiro. Porém, com o desenvolvimento deste setor industrial, principalmente após a implantação do Programa Nacional do Álcool - PROÁLCOOL e através da melhoria da eficiência dos processos produtivos, foram gerados grandes quantidades de bagaço não totalmente absorvidas pelas usinas (denominação genérica dada às usinas de açúcar com destilarias anexas e as destilarias autônomas).

Existia desta forma, a necessidade de aproveitamento do excedente de bagaço, considerado inicialmente como um resíduo indesejável, mas que encontrou nos altos preços do óleo combustível (1981) as condições propícias de penetração no mercado como energético alternativo.

Contudo, a utilização do bagaço como produzido pelas usinas, tem uma aplicação restrita às indústrias que tem período de produção coincidente com a época da safra da cana e que estão localizadas próximas às fontes fornecedoras de bagaço. Isto se justifica porque este tipo de bagaço, denominado "in natura", se deteriora quanto armazenado fora do período de sazonalidade da cana e contém um alto teor de umidade - 50%, que inviabiliza o transporte para grandes distâncias (mais de 100 km), além de causar perdas de rendimentos nos processos de combustão.

A fim de que o bagaço possa ser utilizado como energético por um maior número de indústrias, é necessário, em alguns casos, beneficiá-lo e armazená-lo em locais estrategicamente escolhidos, de modo a aumentar sua densidade energética e reduzir o teor de umidade, adequando-o ao uso mesmo fora do período de sazonalidade da cana, reduzindo os custos de transporte e melhorando as eficiências de combustão.

1.2. Objetivo

O objetivo deste trabalho será adequar o potencial de oferta de bagaço excedente das usinas às condições de suprimento exigidas pela demanda, através da minimização dos custos globais de utilização.

Para tanto, serão determinados o número e a localização de unidades de armazenamento e beneficiamento de bagaço e os tipos e quantidade transportados que atendam as necessidades das indústrias consumidoras.

1.3. Características Principais do Problema

As principais características envolvidas no estudo do problema foram os tipos de bagaço com seus respectivos rendimentos de combustão nos processos industriais, os aspectos da sazonalidade e as hipóteses de custos.

1.3.1. Tipos de Bagaço

São analisados três tipos de bagaço que melhor representam os distintos campos de aplicação:

- bagáço "in natura" com 50% de umidade, distribuído a granel, PCS de 2.252 Kcal/kg, PCI de 1.777 Kcal/kg, densidade de empilhamento de 130 kg/m^3 , granulometria média de 25 mm.
- enfardado com 20% de umidade, PCS de 3.632 Kcal/kg, PCI de 3.232 Kcal/kg, densidade de empilhamento de 370 kg/m^3 , dimensões médias do fardo de: (1,10 x 0,90 x 0,55)m.
- peletizado com 15% de umidade, PCS de 3.862 Kcal/kg, PCI de 3.474 Kcal/kg, densidade de empilhamento de 550 kg/m^3 e dimensões médias do pelete de: cilindros com 6 a 10 mm de diâmetro e 30 a 40 mm de comprimento.

onde PCS é o Poder Calorífico Superior e PCI o Poder Calorífico Inferior.

1.3.2. Rendimentos de Combustão com o Bagaço

Para cada processo e equipamento que consome determinado tipo de combustível existe um correspondente rendimento térmico, que depende diretamente da umidade do combustível. A medida que se diminui a umidade, ganha-se em termos de rendimentos acima da variação dos poderes caloríficos. Para cada tipo de bagaço com teor de umidade diferenciado há um específico rendimento térmico do processo industrial.

1.3.3. Sazonalidade

O período de obtenção do bagaço "in natura" depende do período de produção da indústria sucro-alcooleira, estendendo-se, em média, de maio a novembro. Tendo em vista os problemas de deterioração do bagaço "in natura", causados pela fermentação do açúcar residual de suas fibras, este tipo de bagaço não pode ser consumido durante todo o ano.

Por outro lado, o consumo industrial de combustível ocorre ao longo de todo o ano, sendo, assim, necessária a utilização de bagaço beneficiado durante a entressafra da cana.

De posse dos dados da sazonalidade do bagaço e regime de produção e consumo de combustível na indústria, obtém-se para cada indústria a quantidade mínima de bagaço beneficiado requerida. Resalta-se que o bagaço beneficiado pode ser armazenado durante todo o ano, sem riscos de deterioração.

1.3.4. Hipóteses de Custos

Os custos envolvidos neste trabalho são:

- custo de matéria-prima. Este estudo refere-se a aquisição de bagaço nas usinas e varia de valores de acordo com o volume de excedentes de cada usina. Por estar ponderado em unidades de energia, este estudo é diferenciado para cada tipo de bagaço. Para maiores detalhes, sugere-se consultar WILHEIM [8].

- custo de transporte. Compreende o custo por quilômetro rodado mais o custo do transbordo (carregamento e descarregamento do caminhão) e como são ponderados pela quantidade de energia transportada e manuseada, variam de valores para cada tipo de bagaço. A metodologia do custo por quilômetro foi o do PICR conforme referência [1].
- custo de adaptação de equipamentos e investimentos necessários na indústria para o consumo de bagaço. As particularidades de cada indústria e as diferenças nos tipos de bagaço acarretam necessidades diferenciadas de investimentos para se adequar ao uso do bagaço. Para maiores detalhes consultar COOPERSUCAR [2].
- custo de armazenamento e beneficiamento de bagaço. Inclui o custo inicial de investimento para a instalação da indústria de beneficiamento mais o custo de processamento. Estes custos são diferenciados se a indústria se localiza na usina ou não. Por exemplo, no caso de se instalar na usina, é aproveitado toda a infraestrutura já existente além dos gases de escape das caldeiras para secagem do bagaço. O custo de armazenagem e beneficiamento também é variável para cada tipo de bagaço e é expresso por unidade de energia. Em particular, no caso do bagaço "in natura" só existe o custo de armazenamento. Também, uma mesma unidade de beneficiamento pode processar mais de um tipo de bagaço. Como os empreendimentos são considerados independentes, para cada tipo de bagaço produzido há um respectivo custo fixo de investimento.

A função do custo de armazenamento e beneficiamento tem descontinuidade na origem e é côncava em virtude de economias de escala com o volume de bagaço processado. Esta função pode ser linearizada por partes, conforme Garfinkel e Nemhauser [4] ou ser aproximada por uma reta de acordo com Kendrick [5]. Por facilidades computacionais a função foi aproximada por uma reta.
- custo da energia atual na indústria. É utilizado como referência, de modo que nenhuma substituição seja implementada se o custo total com bagaço superar o custo total com os combustíveis atualmente consumidos pela indústria.

1.4. Escopo e Limitações

A região escolhida para a aplicação do estudo foi a Divisão Regional Agrícola de Ribeirão Preto, em face de possuir a maior e mais desenvolvida indústria sucro-alcooleira do país e, em correspondência, um promissor mercado potencial para o bagaço.

O universo da pesquisa foram 40 usinas e 23 indústrias principais consumidoras de óleo combustível e lenha e, os dados da pesquisa são do 2º semestre de 1984.

As limitações básicas são duas. A primeira é o porte do problema, que corresponde a sua restrição mais forte, pois dependendo da dimensão e com os recursos limitados, o tempo de computação pode tornar proibitiva a obtenção da solução ótima.

A segunda limitação diz respeito as hipóteses de custos. Como o mercado de bagaço está em formação e na ausência de plantas industriais de beneficiamento de bagaço operando comercialmente em várias escalas de produção, as estatísticas em relação a preços/custos não são confiáveis.

2. O MODELO

Para a consideração de todos os fatores que interagem neste problema foi desenvolvido um modelo matemático que tenta ser uma representação simplificada da realidade, mas que incorpora os seus aspectos essenciais.

2.1. Variáveis de Decisão

Seja I o conjunto de usinas, J o conjunto de unidades intermediárias de armazenamento e beneficiamento de bagaço, K o conjunto das indústrias consumidoras e T o conjunto de tipos de bagaço. A distribuição de bagaço fica determinada quando são conhecidas as variáveis:

X_{ik}^t = quantidade de energia (em Gcal) de bagaço do tipo t enviado da usina i para a indústria consumidora k , $i \in I$, $k \in K$, e $t \in T$;

Y_{ij} = quantidade de energia de bagaço "in natura" enviado da usina i para a unidade intermediária j de armazenamento e beneficiamento de bagaço, $i \in I$, $j \in J$;

Z_{jk}^t = quantidade de energia de bagaço do tipo t enviada da unidade intermediária de armazenamento e beneficiamento j para a indústria consumidora k , $j \in J$, $k \in K$ e $t \in T$.

Tendo em vista a característica da função de custo de beneficiamento e armazenamento de bagaço, a solução do problema envolve também a determinação das variáveis binárias:

δ_{ti} = indica se e onde vai haver beneficiamento de bagaço e vale 1, se o bagaço do tipo t é beneficiado na usina i e vale 0, em caso contrário;

γ_{tj} = indica se e onde vai haver beneficiamento de bagaço e vale 1, se o bagaço do tipo t é beneficiado na unidade intermediária de armazenamento e beneficiamento j e vale 0, em caso contrário.

2.2. Função Objetivo

O objetivo é a minimização dos custos totais de utilização representado pela seguinte equação:

$$\text{Min. } Z = \theta_p + \theta_A + \theta_T + \theta_C$$

onde: θ_p , θ_A , θ_T e θ_C estão a seguir definidos:

- ϑ_p é o custo total de matéria-prima bagaço e

$$\vartheta_p = \sum_{i \in I; t \in T, k \in K} p_{ti} \cdot X_{ik}^t + \sum_{i \in I, j \in J} p_{ji} \cdot Y_{ij}$$

sendo:

p_{ti} = custo por unidade de energia de bagaço tipo t na usina i .

Obs.: sempre que aparecer o índice l , refere-se ao bagaço "in natura"

- ϑ_A = é o custo de armazenamento e beneficiamento e

$$\vartheta_A = \sum_{t \in T, i \in I} (C_{ti} \cdot \delta_{ti} + V_{ti} \cdot \sum_{k \in K} X_{ik}^t) + \sum_{t \in T, j \in J} (CI_{tj} \cdot \gamma_{tj} + VI_{tj} \cdot \sum_{k \in K, jk} Z_{jk}^t)$$

sendo:

C_{ti} = parte fixa da função de custo de armazenamento e beneficiamento do bagaço do tipo t na usina i ;

CI_{tj} = idem, porém na unidade intermediária j ;

V_{ti} = custo de armazenamento e beneficiamento por unidade de energia de bagaço do tipo t na usina i ;

VI_{tj} = idem, porém na unidade intermediária j .

- ϑ_T é o custo de transporte e

$$\vartheta_T = \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \left[(CTB_t + CKE_t \cdot DIS_{ik}) \cdot X_{ik}^t \right] +$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \left[(CTB_l + CKE_l \cdot DIS_{ij}) \cdot Y_{ij} \right] +$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \left[(CTB_t + CKE_t \cdot DIS_{jk}) \cdot Z_{jk}^t \right]$$

sendo:

CTB_t = custo de transbordo por unidade de energia de bagaço tipo t ;

CKE_t = custo por Km por unidade de energia de bagaço tipo t ;

$DIS_{ik}, DIS_{ij}, DIS_{jk}$ = distância de transporte em Km.

• ϑ_c é o custo de adaptação e investimentos necessários para consumo de bagaço

$$\vartheta_c = \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \left(\sum_{i \in I} X_{ik}^t + \sum_{j \in J} Z_{jk}^t \right) \cdot CAD_{tk}$$

sendo:

CAD_{tk} = custo anual por unidade de energia na indústria k para adaptar equipamentos para o consumo de bagaço tipo t .

2.3. Restrições

As variáveis do problema devem satisfazer as seguintes restrições:

i) Restrição de oferta de bagaço:

$$\sum_{j \in J} Y_{ij} + \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} X_{ik}^t \leq Q_i \quad i=1, 2, \dots, I$$

sendo:

Q_i = quantidade de energia de bagaço ofertado pela usina i

Convém observar que existe um excesso de oferta de bagaço, justificando-se, assim, a forma das restrições de oferta.

ii) Restrição de balanço de massa na unidade intermediária:

$$\sum_{i \in I} Y_{ij} = \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} Z_{jk}^t \quad j = 1, 2, \dots, J$$

iii) Restrição de demanda de bagaço nas indústrias:

$$\sum_{t \in T} \sum_{i \in I} X_{ik}^t + \sum_{t \in T} \sum_{j \in J} Z_{jk}^t = DE_k \quad k=1, 2, \dots, K$$

sendo:

DE_k a demanda de bagaço expresso em energia na indústria k .
Ressalta-se que algumas indústrias, devido ao seu processo produtivo só podem consumir determinados tipos de bagaço.

iv) Restrição de sazonalidade:

$$\sum_{t \in T} \sum_{i \in I} X_{ik}^t + \sum_{t \in T} \sum_{j \in J} Z_{jk}^t \geq B_k \quad k=1, 2, \dots, K$$

sendo:

B_k = quantidade mínima de bagaço beneficiado, expresso em energia requerida pela indústria k (vide seção 1.3.3)

v) Restrição de custo de combustível para as indústrias, introduzida para assegurar que a substituição do combustível irá beneficiar cada consumidor individualmente:

$$\sum_{t \in T} \sum_{i \in I} (p_{ti} + V_{ti} + CTB_t + CKE_t \cdot DIS_{ik} + CAD_{tk}) \cdot X_{ik}^t +$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J} (VI_{tj} + CTB_t + CKE_t \cdot DIS_{jk} + CAD_{tk}) \cdot Z_{jk}^t \leq GAE_k$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, K$$

sendo:

GAE_k = gasto na indústria k com o combustível atual potencialmente substituível pelo bagaço.

vi) Restrição para as variáveis inteiras binárias.

$$\sum_{k \in K} X_{ik}^t \leq Q_i \cdot \delta_{ti} \quad \begin{array}{l} t = 2, 3 \dots T \\ i = 1, 2 \dots I \end{array}$$

$$\sum_{k \in K} X_{ik}^1 + \sum_{j \in J} Y_{ij} \leq Q_i \cdot \delta_{1i} \quad i = 1, 2 \dots I$$

$$\sum_{k \in K} Z_{jk}^t \leq \sum_{i \in I} Y_{ij} \cdot \gamma_{tj} \quad \begin{array}{l} t = 1, 2 \dots T \\ j = 1, 2 \dots J \end{array}$$

vii) Restrição de não negatividade:

$$X_{ik}^t \geq 0, Y_{ij} \geq 0, Z_{jk}^t \geq 0 \quad V_i, V_j, V_k, V_t$$

3. MÉTODO DE RESOLUÇÃO

3.1. Considerações Preliminares

Por ser um dos objetivos do estudo, não se conhece a priori, o número nem a localização de unidades intermediárias de armazenamento e beneficiamento de bagaço. Estas unidades podem se localizar junto aos pontos de oferta (usinas), de demanda (indústrias consumidoras) ou ainda intermediariamente entre eles.

Sendo assim, a resolução do modelo foi feita em duas etapas. Na primeira buscou-se a solução ótima sem unidades intermediárias, objetivando dar subsídios de localização para a segunda etapa. Nesta, resolveu-se o problema completo com as unidades intermediárias de armazenamento e beneficiamento de bagaço.

Em face das características da função objetivo, de acordo com a aproximação adotada, utiliza-se, para a resolução do modelo, a técnica de programação inteira conhecida na literatura especializada por "mixed-integer programming" ou programação mista-inteira, onde, neste caso, as variáveis inteiras binárias valem zero ou um. Para maiores detalhes desta técnica sugere-se consultar Garfinkel e Nemhauser [4] e Maculan [6].

O pacote computacional empregado foi o MPS-TEMPO da BURROUGHS, processado no Centro de Computação Eletrônica da USP.

3.2. Pré-análise do Problema

Tendo em vista a limitação de recursos computacionais, foi feita uma pré-análise para redução do porte do problema, a fim de torná-lo operacional do ponto de vista de processamento. As simplificações foram baseadas nos seguintes critérios:

- i) comparação dos custos dos 3 tipos de bagaço. Dependendo da distância de transporte e da escala de produção, em alguns casos é óbvio a decisão da usina entre beneficiar ou não bagaço. Ademais, o custo de bagaço peletizado é sempre superior ao "in natura" e enfardado;
- ii) Eliminação da possibilidade de processamento de bagaço para usinas de pequeno porte, a menos que se localizem a mais de uma determinada distância de qualquer centro consumidor;
- iii) Eliminação das variáveis inteiras binárias do custo de peletização, em virtude da pequena demanda por este tipo de bagaço, de apenas 4% em relação a demanda total de bagaço na região. Neste caso, estima-se para cada unidade um custo prévio de processamento e resolve-se o problema iterativamente.

Efetuada as simplificações, passou-se à resolução do problema.

3.3. Primeira Etapa do Método de Resolução

O objetivo desta etapa é determinar a solução do problema que minimize os custos totais de utilização do bagaço como combustível, sem a existência de unidades intermediárias de armazenamento e beneficiamento de bagaço.

O porte do problema após as simplificações ficou em 1359 variações reais, 71 variáveis inteiras binárias e 154 restrições.

Em razão da limitação de recursos, o processamento foi interrompido após 1 hora e 47 minutos de tempo de computação, sem se obter a solução ótima. Foram obtidas três soluções inteiras, sendo que a última, após passar por um procedimento de análise de sua qualidade, foi adotada como solução da 1.^a etapa.

3.4. Segunda Etapa do Método de Resolução.

Resolve-se nesta etapa, o problema completo com as unidades intermediárias de processamento de bagaço. A solução da primeira etapa serve para subdividir a região em estudo em um conjunto de áreas potencialmente candidatas a instalarem unidades intermediárias.

Isto permite transformar o problema de determinação de várias unidades intermediárias em vários problemas de localização de uma única unidade intermediária.

Para a localização em cada área selecionada, utiliza-se iterativamente o método de centro de gravidade.

O porte do problema nesta segunda etapa foi reduzido devido as possibilidades de aglomeração de algumas usinas e ficou com 1335 variáveis reais, 55 variáveis inteiras e 172 restrições.

Para compatibilizar as hipóteses dos fluxos de bagaço do método de centro de gravidade e as estimativas do custo de peletização, cada solução obtida passa por um processo iterativo até que a diferença entre o que foi admitido e o obtido na solução final seja desprezível. Cada iteração exigiu cerca de 4 minutos de processamento.

Maiores detalhes do método adotado bem como outras informações sobre a modelagem e a solução obtida, são encontradas no trabalho de Ramalho [7].

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os principais resultados e conclusões da pesquisa foram os seguintes:

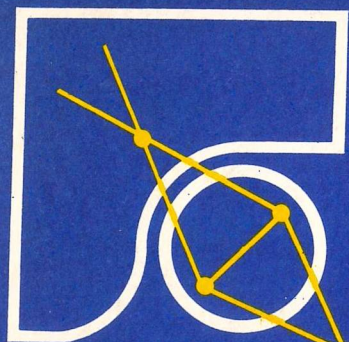
- o custo de bagaço peletizado é sempre superior ao custo dos de mais tipos de bagaço e, assim, este bagaço só será consumido como combustível nas indústrias para as quais os outros tipos de bagaço não são tecnicamente viáveis;
- o bagaço enfardado é mais vantajoso do que o "in natura" para distâncias de transporte superiores a 60 km entre o produtor e o consumidor;
- na solução final, das 40 usinas ofertantes de bagaço, 11 instalam unidades de processamento de bagaço, 14 distribuirão bagaço "in natura" diretamente para as indústrias consumidoras e as demais se associarão para alimentarem as unidades intermediárias;
- é mais vantajoso do ponto de vista econômico, que as usinas produtoras de bagaço de uma mesma cidade se juntem para processar o bagaço. Das 10 candidatas a instalarem unidades de processamento de bagaço da 2.^a etapa do método de resolução, 6 permaneceram na solução final e destas apenas 2 não estavam localizadas junto às usinas;
- o custo da solução final (com unidades intermediárias) é cerca de 9% mais barato do que sem unidades intermediárias, confirmando as vantagens das economias de escala nos custos de beneficiamento de bagaço;
- as restrições de sazonalidade impõem que um mínimo de bagaço deva ser consumido beneficiado. Na solução final, a quantidade beneficiada é cerca de 2,7 vezes superior ao mínimo exigido;
- as restrições de que o custo de bagaço não pode ultrapassar o custo atual da energia consumida na indústria procuram satisfazer os interesses individuais, embora o modelo busque a minimização dos custos globais. Assim 2 das 23 indústrias consideradas foram parcialmente excluídas na solução final por apresentarem custo de consumo para o bagaço superior ao custo atual de seus combustíveis. Nas demais indústrias o bagaço foi nitidamente mais econômico.

Finalizando, a formulação de um modelo matemático de otimização global do sistema produção-distribuição-consumo foi uma importante contribuição deste estudo. A principal conclusão foi a demonstração, dentro das hipóteses de custos admitidas, da viabilidade técnica e econômica da utilização do bagaço como energético alterado na região de estudo. Entre as qualidades do modelo matemático e do método de resolução ressaltam-se a consideração de economias de escala na função de custo e a pesquisa das várias alternativas para localização de unidades de processamento de bagaço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. BRASIL, Ministério dos Transportes. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. Pesquisa sobre o inter-relacionamento dos custos de produção, conservação e utilização de rodovias: relatório final 1981 - Brasília, Geipot, 1982, V.1
- [2]. COOPERSUCAR. Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para Implantação de Caldeira para Queima de Bagaço da CUR - Limeira. Piracicaba, Coopersucar, 1984.
- [3]. ELETROBRÁS. Aproveitamento Energético dos Resíduos da Agroindústria da Cana de Açúcar. Rio de Janeiro, Eletrobrás, 1983.
- [4]. GARFINKEL, Robert S. & NEMHAUSER, George, L. Integer Programming. New York, John Wiley & Sons, 1972.
- [5]. KENDRICK, David A. & STOUTJESDIJK, Ardy, J. The Planning of industrial investment programs: a methodology, London, World Bank, 1978.
- [6]. MACULAN, Nelson F. Programação linear inteira. Rio de Janeiro, COPPE/UFRS, 1978
- [7]. RAMALHO, Eduardo W.R. Um Modelo de Localização Industrial e Transporte de Bagaço de Cana. São Paulo, EPUSP, 1985. (Dissertação de Mestrado)
- [8]. WILHEIM, Jorge. Oferta e Distribuição do Bagaço. São Paulo, J.W.C.A, 1984.

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL XIX



SIMPÓSIO
BRASILEIRO
DE PESQUISA
OPERACIONAL

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL XIX

RIO DE JANEIRO

3, 4, 5 NOVEMBRO 86

ORGANIZAÇÃO: SOBRAPO TEL.(021) 240-6365 RUA ÁLVARO ALVIM 24 - APOIO: CNPq