

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

UMA EXPERIÊNCIA DE ANÁLISE E DIAGNÓSTICO
DO FLUXO DE CANA NUMA USINA DE AÇÚCAR

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA

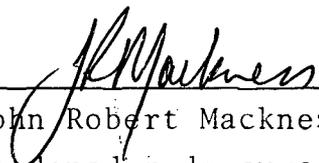
LIN CHIH CHENG

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
DEZEMBRO DE 1981

UMA EXPERIÊNCIA DE ANÁLISE E DIAGNÓSTICO
DO FLUXO DE CANA NUMA USINA DE AÇÚCAR

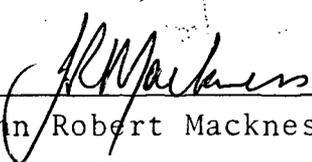
LIN CHIH CHENG

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA"
ESPECIALIDADE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA FINAL
PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO.

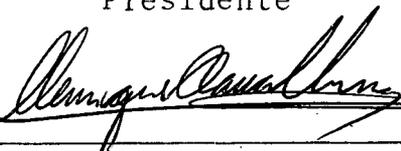


Prof. John Robert Mackness, Ph.D.
Coordenador do curso

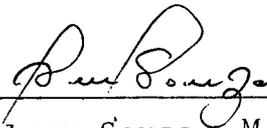
BANCA EXAMINADORA



Prof. John Robert Mackness, Ph.D.
Presidente



Prof. Henrique Pacca Loureiro Luna
Docteur d'Etat.



Prof. Alceu Souza, M. Sc.

Aos meus pais

e

irmãos

Tu és digno, Senhor e Deus nosso,
de receber a glória, a honra e o
poder, porque todas as cousas Tu
criaste, sim, por causa da Tua
vontade vieram a existir e foram
criadas.

Apocalipse 5 : 11

A G R A D E C I M E N T O

Ao Professor John Robert Mackness, pela eficiente e motivadora orientação no decorrer de todo o trabalho, bem como a sua amizade.

Aos Professores Henrique Pacca Loureiro Luna e Alceu Souza, membros da Banca Examinadora, pelos comentários e sugestões que contribuíram, enriquecendo o presente trabalho.

Aos amigos do Departamento de Engenharia Industrial - UFMG, pelo apoio e estímulo; e em particular a Professora Branca Lídia L. Ribeiro pela confiança em mim depositada.

Aos amigos professores, funcionários e companheiros de curso, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pelo apoio e colaboração prestados.

Ao Professor Joanito Campos Júnior, Diretor do INDI, pelo apoio e estímulo na fase inicial deste trabalho.

À Usina Boa Vista, pela oportunidade proporcionada no aperfeiçoamento dos conhecimentos. E principalmente às pessoas que nela labutam.

Aos amigos Benedito C. Orlandi e Edenilse F. E. Orlandi, pelo apoio e amizade, em todos os instantes desta longa caminhada.

Aos meus irmãos Tânea Mara R. Quintanilha e Marival O. Quintanilha pelo apoio, estímulo e amizade preciosa, no decorrer deste curso.

A minha família de Florianópolis, Udo Wondracek e Caio Mário Costa, pela rica convivência do dia a dia, no transcorrer de todo o curso.

Aos peregrinos da Aliança Bíblica Universitária, pelo amor e fraternidade do convívio em Cristo.

S U M Á R I O

v

	Pag.
LISTA DE FIGURAS	vii
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Fluxo de Cana Numa Unidade Agroindustrial ...	1
1.2. Objetivos do Trabalho	2
1.3. Importância do Trabalho	3
1.4. Metodologia Utilizada	3
1.5. Estrutura do Trabalho	4
CAPÍTULO II	
2. ANÁLISE DA USINA	6
2.1. Descrição da Usina	7
2.1.1. Relacionamento com o Complexo Rural	7
2.1.2. Agroindústria Canavieira	11
2.1.3. Caracterizações da Usina	16
2.2. Análise dos Problemas da Usina	21
2.2.1. Identificação dos Problemas	21
2.2.2. Problema Específico a Resolver	23
2.2.3. Problemas de Filas	26
2.2.4. Fluxo de Cana Existente	27
2.2.5. Linhas de Ação Possíveis	29
CAPÍTULO III	
3. MODELAGEM DO FLUXO DE CANA DA USINA	32
3.1. Adequação da Técnica	35
3.2. Fluxograma do Modelo	38
3.3. Coleta e Tratamento dos Dados	45
3.3.1. Coleta de Campo	45
3.3.2. Tratamento Estatístico dos Dados	46

	Pag.
3.4.	Fluxograma do Modelo em GPSS 47
3.4.1.	Linguagem-Programa GPSS 48
3.4.2.	Análise do Fluxograma em GPSS 49
3.5.	Uso do Modelo Proposto no Computador 56
3.5.1.	Programação em GPSS 57
 CAPÍTULO IV	
4.	RESULTADOS OBTIDOS/POLÍTICAS ALTERNATIVAS ... 61
4.1.	Esquematização e Análise dos Resultados 62
4.2.	Formulação de Políticas - Alternativas 69
4.2.1.	Aumento do Tempo de Uso da PONTE 1 69
4.2.2.	Diminuição da Jornada de Trabalho 69
4.2.3.	Aumento da Frota de Veículos 74
4.2.4.	Aumento de 50% na Capacidade de Moagem 76
4.3.	Recomendações Para a Implantação 79
 CAPÍTULO V	
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 81
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 83	
 ANEXO I - Formulários de Coleta dos Dados 88	
ANEXO II - Funções Empíricas Utilizadas no GPSS 92	
ANEXO III- Programa em GPSS 98	
ANEXO IV - Um Exemplo do Resultado em GPSS 102	

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
FIGURA 1 - Análise Vertical e Horizontal da Situação - Problema	8
FIGURA 2 - Usinas de Açúcar em Minas Gerais	17
FIGURA 3 - Localização da Usina em Relação a seus Canaviais	19
FIGURA 4 - Procedimentos Sequenciais de Atividades com suas Respectivas Vinculações	20
FIGURA 5A- Organograma Geral da Empresa	22
FIGURA 5B- Forma Simplificada do Fluxo de Cana Existente	30
FIGURA 6 - Construção do Modelo Aproximado Para Resolução de Problemas	33
FIGURA 7 - Classificação dos Modelos Quanto ao Tipo	34
FIGURA 8 - Fluxograma dos Estágios de Desenvolvimento do Modelo a Simular	39
FIGURA 9 - Diagrama de Blocos - Atividades Desempe- nhadas no Fluxo de Cana	40
FIGURA 10 - Tabela de Desisção - Entradas na Fila	41
FIGURA 11 - Diagrama de Blocos - Sob o Prisma da Unidade de Chegada	42
FIGURA 12 - Diagrama de Blocos - Sob o Prisma do Atendente.	43
FIGURA 13 - Fluxograma em GPSS do Fluxo de Cana	50
FIGURA 14 - Resultados da Simulação Para o 10º e 30º dias - Posto de Serviço	59
FIGURA 15 - Resultados da Simulação Para o 10º e 30º dias - Canais de Serviços	60
FIGURA 16 - Comparação Entre os Índices do Modelo Simulado e o Vigente	63
FIGURA 17 - Posto de Serviço - Resultado da Simulação	64
FIGURA 18 - Canais de Serviço - Resultados da Simulação ...	65
FIGURA 19 - Filas no Posto de Serviço e Canais de Serviços	67

	Pag.
FIGURA 20 - Comparação do Modelo Simulado com Racionalização de Uso da PONTE 1 e Sistema <u>Vi</u> gente	70
FIGURA 21 - Posto de Serviço com Racionalização de Uso da PONTE 1	70
FIGURA 22 - Canais de Serviços com Racionalização de Uso da PONTE 1	71
FIGURA 23 - Filas com Racionalização de Uso da PONTE 1	72
FIGURA 24 - Comparação Entre o Aumento da Frota em 20% e o Existente	75
FIGURA 25 - Alteração na Recepção de Cana	76
FIGURA 26 - Índice de Uso e Tempo Médio nas Filas	77
FIGURA 27 - Índice Médio de Utilização das Carregadeiras e Tratores de Auxílio	78
FIGURA 28 - Tempo Médio de Permanência nas Filas/Transação	78

L I S T A D E T A B E L A S

Pag.

TABELA	1 - Área Com Cana-de-açúcar No Brasil, Para a Produção de Açúcar e Álcool, Ano 1979	12
TABELA	2 - Brasil - Produção de Açúcar Centrifugado Regiões e Unidades da Federação	14
TABELA	3 - Brasil - Produção de Álcool Regiões e Unidades da Federação	15
TABELA	4 - Produção de Açúcar Cristal do Estado de Minas Gerais - 74/75 a 80/81	18
TABELA	5 - Tempo Médio Perdido - Safra 79/80	24
TABELA	6 - Tempo Médio Perdido - Safra 80/81	25

RESUMO

O presente trabalho possui o objetivo de estudar o fluxo de cana, com a meta de evitar as paradas da usina causadas pelo fator "falta de cana". Essa falta é motivada pelo dimensionamento inadequado dos recursos, bem como o uso não racionalizado destes.

O trabalho foi desenvolvido numa usina de açúcar. Utilizando a abordagem sistêmica, alguns problemas puderam ser detectados.

Fez-se a modelagem do fluxo de cana existente, simulando-o num computador digital. O modelo de filas simulada em linguagem GPSS obteve resultado bastante satisfatório.

Formulou-se algumas alternativas subsidiadas pelos resultados obtidos que deverão facilitar a tomada de decisão dos usuários do modelo.

Acredita-se que as alternativas propostas, contribuam significativamente aos administradores dos recursos ligados ao fluxo de cana.

ABSTRACT

The objective of this dissertation is to study the flow of cane sugar in a sugar refinery to try and reduce unproductive time caused by lack of raw material.

A systems approach was used to analyse the existing situation in the refinery and the operation of the refinery was then modelled using digital simulation with GPSS in order to test the feasibility of alternative production policies.

Several interesting conclusions emerged from the modelling process which, if implemented, will result in substantial economies for the refinery with more efficient use of the truck fleet and loading gear.

1. INTRODUÇÃO.

1.1- Fluxo de cana numa unidade agroindustrial.

A agroindústria canavieira, implantada no nosso meio desde a época do Brasil Colonial, onde em cada fase teve uma conotação própria, influenciou significativamente a formação sócio-econômica do país, apesar de ter sofrido altos e baixos, pela sua natureza de uma indústria dependente de fatores exógenos.

Nos últimos anos, a indústria de açúcar e álcool sofreu algumas transformações repentinas por exigências contextuais. Evoluindo-se rapidamente por causa da implantação de projetos de modernização e ampliação nas usinas de açúcar, como também nas destilarias anexas e autônomas. Essa modernização e ampliação trouxe consigo o incremento na capacidade de moagem. Havendo assim, a necessidade de melhorar e adequar a utilização da frota de veículos de transporte e carregamento. Aliado a isso, há também a necessidade de se fazer um redimensionamento no setor de recepção ou descarregamento. Ao conjunto de operações: carregamento, transporte e recepção, dá-se o nome de fluxo de cana.

A operação de carregamento é efetuada no campo, após esta, a cana é transportada para a usina. Usualmente essas duas operações, carregamento e transporte de cana, vinculam-se ao setor de transporte. Por outro lado, a operação de recepção está subordinada à área industrial, pois localiza-se no interior da usina. Esse conjunto de operações é um elo de ligação entre o campo e a fábrica. Como nem sempre é fácil obter resultados desejáveis numa administração interfacial, propôs-se neste trabalho fazer um estudo desse fluxo.

1.2- Objetivo do trabalho.

Durante o transcorrer da safra, a usina funciona ininterruptamente, exceto nas paradas programadas ou nas avarias que por ventura ocorram em suas instalações.

O objetivo do estudo do fluxo de cana, possui como meta principal, evitar as paradas da usina motivadas pela falta de cana. Essa falta, é considerada como tempo perdido de moagem, pois nem sempre é possível recuperar o tempo perdido porque o período de safra é pre-determinado.

O tempo perdido por causa da falta de cana na usina estudada, nas safras de 79/80 e 80/81, alcançaram um índice de 39% do tempo médio total perdido, para cada um desses anos.

Essa falta em termos gerais, significa que está havendo uma capacidade maior de moagem na usina, do que a disponibilidade de cana para alimentar as moendas durante as 24 horas do dia. A falta de matéria-prima, disponível para a moagem possui causas bastante variadas, assim sendo, tentou-se neste trabalho elucidar algumas dessas causas.

Depois de ter-se detectado algumas dessas causas por intermédio da análise e modelagem do sistema vigente e obtendo-se resultados como: número médio de caminhões em cada estação de serviço, tempo médio perdido nas filas de espera, nível médio de utilização dos equipamentos e outros, procurou-se dimensionar adequadamente os recursos necessários às três operações, bem como a racionalização no uso desses recursos, a fim de diminuir o índice das paradas por falta de cana.

Formulou-se algumas políticas alternativas, subsidiadas pelos resultados obtidos nos experimentos em simulação, como: maior tempo de uso do descarregador 1, diminuição da jornada de trabalho e outros, na tentativa de dinamizar esse conjunto de operações.

1.3- Importância do trabalho.

A falta de cana, quebrando a sequência no fornecimento da matéria-prima às moendas, em grande parte das vezes são responsáveis pela quebra também do rendimento industrial, apesar de ter procurado eliminar os outros fatores negativos que causam o abaixamento do rendimento industrial, tanto no campo como na usina.

O tempo perdido por falta de cana, na maioria das vezes, não é possível de ser recuperado. Por causa dessa perda, a produção anual prevista pode não ser alcançada.

Aliado a isso, na produção de açúcar e álcool, as estatísticas tem demonstrado que as operações de corte, carregamento e transporte, em conjunto, correspondem aproximadamente 40 a 70% do custo de produção da cana utilizada nas usinas. dependendo da variação de técnicas empregadas nessas operações. Atribui-se a esses custos elevados, um dimensionamento inadequado dos recursos existentes e também de procedimentos administrativos não racionalizados.

Com a modernização e ampliação das capacidades de moagem, há a necessidade de se fazer um estudo mais acurado da dinâmica ligado a essas operações.

1.4- Metodologia utilizada.

A metodologia utilizada neste trabalho, baseia-se nas etapas consagradas pelo uso em diversos autores, como passos necessários para a implementação do Método Quantitativo aplicado à produção que são:

- 1- Formulação do problema;
- 2- Concepção e desenvolvimento do modelo;
- 3- Obtenção das soluções alternativas;
- 4- Teste do modelo e avaliação das soluções alternativas;

5- Implantação e acompanhamento da solução escolhida.

Na etapa 1, para obter a formulação exata do problema a resolver, utilizou os dois primeiros passos da metodologia do Checkland¹, introdução e análise, a fim de explicitar da melhor forma, definindo com precisão, o objetivo do estudo do problema.

Nas quatro etapas seguintes, fez-se um detalhamento mais acurado dessas etapas, transformando-as em 10 passos, adequando assim ao estudo proposto. Esses 10 passos foram colocados por Pritsker e Pedgden², como passos necessários para se fazer a modelagem e simulação de sistemas. Esses passos estão enumerados no capítulo 3.

1.5- Estrutura do trabalho.

Este trabalho é composto por cinco capítulos, sendo que este primeiro visa definir a importância e origem deste trabalho, e também os objetivos a serem alcançados.

No 2º capítulo, foi feita uma análise da usina, avaliando a fábrica no seu contexto do complexo rural, até chegar-se à agroindústria canavieira como seu contorno imediato. Adicionando-se a isso, fez-se uma análise interna da usina, tentando-se detectar o problema interfacial existente entre o campo e a usina, formulando-se então, o problema específico a resolver, que é a fal

1- CHECKLAND, P.B., Towards A Systems - Based Methodology For Real - World Problem Solving". Lancaster, England. Department of Systems Engineering, University of Lancaster.

2- PRITSKER, A. ALAN B. e PEGDEN, Claude D., "Introduction To Simulation and SLAM", John Wiley & Sons e Systems Publishing Corporation, Indiana, 1979.

ta de cana, originado pelas deficiências existentes no fluxo de cana, composto pelas operações de carregamento, transporte e recepção.

No capítulo seguinte, descreveu-se a concepção e de de desenvolvimento do modelo, como também a obtenção da solução. Apresentou-se neste, a técnica adequada para solucionar o modelo proposto. A simulação do modelo na linguagem GPSS, foi escolhida como a mais adequada para este estudo.

No 4º capítulo, relatou-se os resultados obtidos com a programação efetuada, enumerando cada uma das alternativas que poderiam ser utilizadas pelos usuários do modelo, nas suas tomadas de decisão.

No último capítulo, foram tiradas as conclusões e recomendações, bem como as limitações do presente trabalho.

CAPÍTULO II

2- ANÁLISE DA USINA.

Para obter a formulação exata do problema a resolver, lançou-se mão da metodologia de investigação e análise de problemas administrativos³.

Essa metodologia de abordagem sistêmica compõe-se de sete passos.

Entretanto, neste trabalho utilizou-se somente das duas primeiras etapas, que é o reconhecimento da situação do problema. Esse reconhecimento envolve a análise e investigação da estrutura e o processo da organização atual. Pois quando um problema é formulado, nem sempre está bem definido, é necessário então obter dados adicionais que venham a incorporar essa definição.

Para fazer esse reconhecimento, os contatos iniciais foram feitos, visando principalmente descobrir sintomas, documentá-los e descrevê-los o mais exato possível.

Com o propósito de facilitar o reconhecimento da situação, subdividiu-se a análise e a investigação em termos de estrutura e processo.

A ESTRUTURA engloba quatro atributos que são:

- Estrutura física;
- Estrutura hierárquica da organização;
- Identificação de relatórios formais produzidos;
- Identificação da eficácia de comunicações informais.

E o PROCESSO é um conceito que engloba as atividades de:

- Planejamento;

3- CHECKLAND, P.B., op. Cit.

- Execução;
- Registro de dados;
- Ações de controle.

Nesta primeira etapa, tenta-se entender o relacionamento entre esses atributos. E as perguntas que poderiam ser respondidas são:

1- Quais são os recursos utilizados em que processos produtivos, usando quais procedimentos de planejamento e controle?

2- Como é a estrutura organizacional relacionada com os procedimentos de planejamento e controle?

3- Quais são os principais relacionamentos do ambiente externo com a organização?

4- Como é controlado o uso de recursos?

Procurando responder a essas perguntas, delineou-se neste capítulo o envolvimento do sistema no seu contexto, tanto em níveis verticais como também nas horizontais.

Na figura 1, Checkland⁴ explicita com clareza o que foi descrito.

2.1- Descrição da usina.

2.1.1. Relacionamento com o complexo rural.

O complexo rural originou-se do termo "agribusiness", que foi usado inicialmente por Goldberg e Davis em 1957⁵ na Uni -

4- CHECKLAND, P.B., op. Cit

5- GOLDBERG, Ray A. e DAVIS, John H., "Concept of Agribusiness" . Division of Research Graduate School of Business Administration. Harvard University, Boston, 1957.

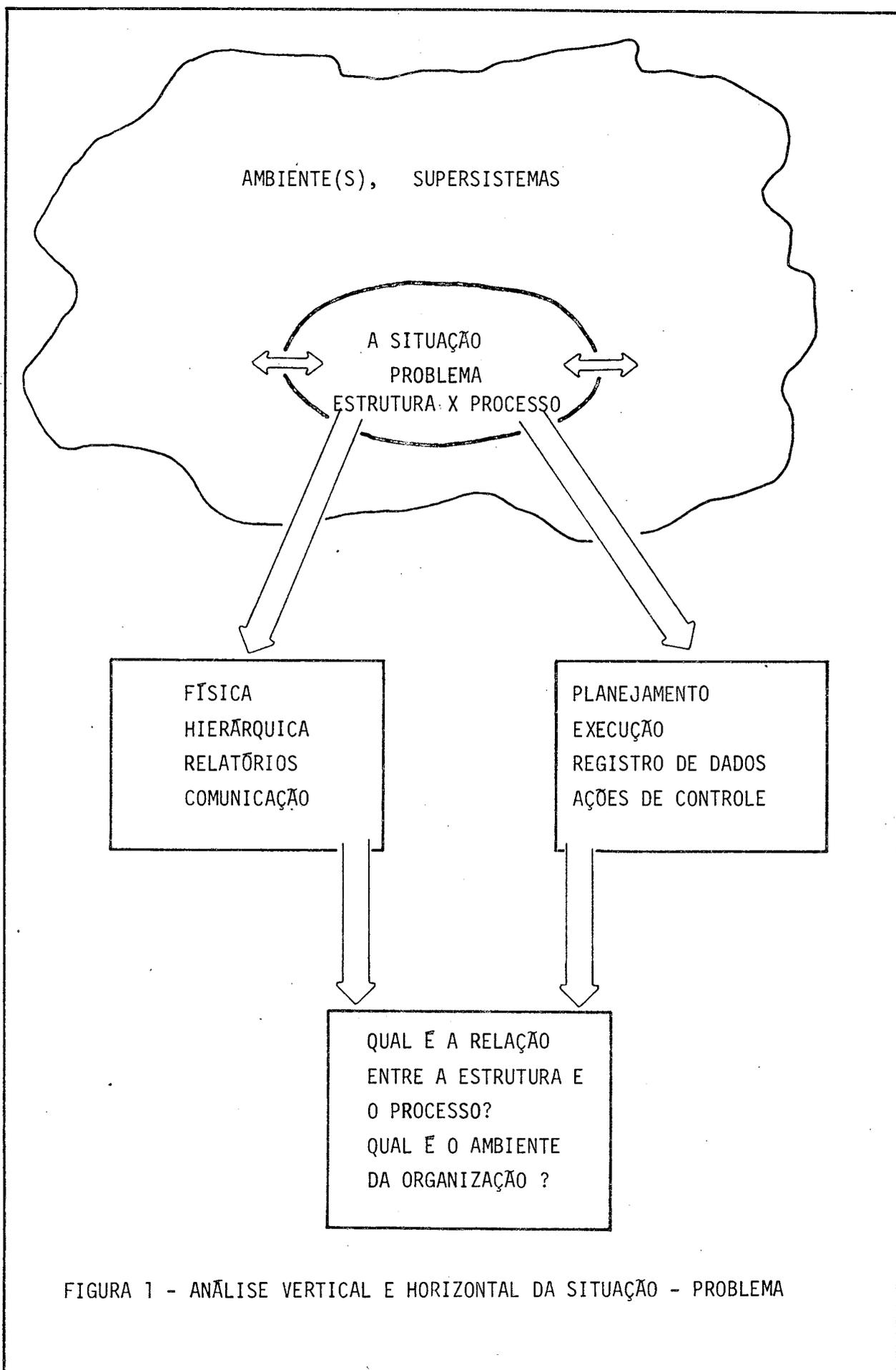


FIGURA 1 - ANÁLISE VERTICAL E HORIZONTAL DA SITUAÇÃO - PROBLEMA

versidade de Harvard. Com o intuito de encontrar um termo que caracterizasse o campo de estudo específico, sob a perspectiva das transformações sócio-econômicas ocorridas e aceleradas nas últimas décadas na agricultura.

Fazendo uma retrospectiva, olhando sob o prisma do agricultor primitivo, verifica-se que a medida que a agricultura vai se modernizando, as funções básicas do setor produtivo rural não variam, a não ser uma transferência gradual de muitas funções do produtor moderno para outros setores.

Existem várias traduções desse vocábulo "agribusiness" no nosso uso corrente, como: complexo rural, complexo agrícola, complexo agroindustrial, sistema agroindustrial e agroindústrias. Entretanto optou-se pelo termo "complexo rural" no transcorrer deste trabalho, obedecendo a tradução de Lauschner⁶, por achá-la mais conveniente.

Nos trabalhos iniciais de Goldberg e Davis⁷, o complexo rural foi definido como: "A soma de todas as operações que englobam a manufatura e distribuição dos insumos para a produção agrícola; as operações produtivas das unidades produtoras rurais; e o armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas e seus sub-produtos.

6- LAUSCHNER, R., "Agro-industria Y Desarrollo Economico", Universidade de Chile, Santiago de Chile, 1980.

7- GOLDBERG, Ray A. e DAVIS, John H., op Cit.

Um aprofundamento da definição anterior foi dado por Roy⁸, "Complexo rural é a ciência que coordena o abastecimento de insumos para a produção agrícola e, subseqüentemente, a produção, o processamento e a distribuição de alimentos e fibras. Complexo rural compreende tanto a tecnologia como a economia; depende de muitas tecnologias, como da ciência agropecuária, da ciência florestal, da mecânica e entomologia, assim como de muitas outras; depende também de diversas faces da economia, como da agrícola, do consumidor, do trabalho e da economia industrial. A todas essas disciplinas temos que agregar elementos da ciência política, do governo, educação, sociologia, psicologia, etc.. Por isso, o complexo rural é um estudo interdisciplinar aplicado à alimentação e fibras, a base de todas as civilizações".

No interior desse complexo, existe o processador do sistema que são as unidades agroindustriais ou simplesmente agroindústria s. Esse termo tem ganhado espaços cada vez maiores dentro do quadro atual, pois em diversas situações tem sido utilizadas na formulação de programas de desenvolvimento do setor primário.

Quanto a questão das vantagens advindas com a implantação das agroindústrias, existem controvérsias sobre esses benefícios entre os estudiosos dessa área. Porém há algumas que são consensuais como: a geração de novos empregos no meio rural e daí a diminuição do êxodo para as grandes cidades; maior agregação de valor aos produtos primários, evitando a venda pura e simples da matéria prima; além de incrementar a renda da população circunvizinha e outros.

8- ROY, E.P., "Exploring Agribusiness", ILL., 1967. Apud Lauschner, R., "Agro-industria Y Desarrollo Economico", Universidade de Chile, Santiago do Chile, 1980.

2.1.2- Agroindústria canavieira.

Os primeiros engenhos de açúcar do Brasil surgiram ainda no século XVI, por necessidades da coroa portuguesa, que encontrou situações favoráveis nas suas terras ultramarinas. No decorrer destes anos, a agroindústria açucareira teve seus períodos altos e baixos na história econômica do Brasil. Entretanto, as modificações profundas no panorama econômico mundial de pós-guerra, é que favoreceram a sua expansão.

Atualmente, a economia açucareira nacional é regida pelo Instituto do Açúcar e do Alcool, que está sob a jurisdição do Ministério da Indústria e do Comércio. Esse Instituto tornou-se desde 1933 o principal responsável pelo controle da produção e da comercialização, agindo como um órgão de planejamento. Quanto à economia alcooleira, cabe ao IAA mais especificamente a informação e o controle da produção. Por outro lado, a formulação política da indústria alcooleira, cabe à Comissão Nacional do Alcool, órgão vinculado à Comissão Nacional de Energia. Pois isso se deve mais ao desenvolvimento do emprego do álcool, como carburante em larga escala.

Na área de pesquisa da agroindústria de cana-de-açúcar, há de mencionar o PLANALSUCAR, Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar, que efetivamente desenvolve seus trabalhos desde 1971, e está sob a coordenação do IAA-MIC.

As áreas ocupadas pelo plantio da cana-de-açúcar no território nacional, conforme o relatório do PLANALSUCAR em 1979, são superiores a 2 milhões de hectares de terra. Essas estão divididas por estados de acordo com a tabela 1 a seguir. Observa-se que o estado de São Paulo ponteia a lista com quase a metade do total, enquanto que o estado de Minas Gerais ocupa o 5º lugar com 4,89%.

Estado	Área (ha)	%
São Paulo	1.053.338	44,70
Pernambuco	395.000	16,68
Alagoas	309.530	13,07
Rio de Janeiro	197.784	8,35
Minas Gerais	115.772	4,89
Paraíba	78.000	3,29
Paraná	65.333	2,76
Rio Grande do Norte	23.500	0,99
Bahia	23.120	0,98
Ceará	18.000	0,76
Espírito Santo	15.894	0,67
Santa Catarina	11.438	0,48
Goiás	11.287	0,48
Mato Grosso	9.800	0,41
Maranhão	7.500	0,32
Pará	5.500	0,23
Rio Grande do Sul	2.925	0,12
Piauí	1.500	0,06
TOTAL	2.368.669	100,00

Tabela 1 - Área com cana-de-açúcar no Brasil, para a produção de açúcar e álcool, ano 1979.

Fonte: PLANALSUCAR.

O parque industrial açucareiro do país compreende 204 usinas, com 118 localizadas na região Centro-Sul e 86 na região Norte-Nordeste⁹. A produção desse parque desde a safra de 71/72 até 80/81 distribuídos entre os estados, é mostrado na ta bela 2.

E o parque industrial alcooleiro se constitui de 193 destilarias, com 128 situadas na região Centro Sul e 65 na região Norte-Nordeste¹⁰. Do total dessas unidades em operação, 151 são anexas e 42 autônomas. A tabela 3 mostra a produção de álcool desde a safra de 70/71 até 79/80 distribuídas entre os estados.

9- RELATÓRIO ANUAL, Ministério da Indústria e do Comércio, Instituto do Açúcar e do Alcool, 1979.

10- Ibid

BRASIL - PRODUÇÃO DE AÇÚCAR CENTRIFUGADO
REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO - SAFRAS DE 1971/72 a 1980/81
UNIDADE: TONELADA MÉTRICA

REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	1971/72	1972/73	1973/74	1974/75	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81
NORTE-NORDESTE	1.849.117	1.998.816	1.975.568	2.285.679	1.978.329	2.701.215	2.855.171	2.859.019	2.568.993	3.001.381
Pará	-	-	-	36	1.341	-	3.484	5.343	5.514	8.269
Maranhão	3.687	1.669	535	576	-	4.260	9.024	12.772	14.674	17.668
Piauí	2.412	2.713	3.117	4.887	6.153	3.349	2.483	3.271	2.858	2.949
Ceará	14.210	13.702	12.861	10.091	14.667	23.089	35.784	43.077	42.641	37.375
Rio Grande do Norte	32.525	31.277	30.985	37.982	45.474	69.201	85.171	90.748	78.910	89.911
Paraíba	89.951	96.507	95.840	110.775	94.215	131.759	136.897	144.403	125.181	131.619
Pernambuco	1.039.060	1.093.638	1.080.896	1.149.796	1.004.582	1.231.880	1.321.742	1.314.094	1.169.470	1.348.790
Alagoas	563.721	653.953	660.670	877.256	709.255	1.120.954	1.134.297	1.124.972	1.009.431	1.215.990
Sergipe	46.629	49.447	46.539	54.377	60.217	69.486	80.155	87.529	87.740	104.773
Bahia	56.922	55.910	44.125	39.903	42.425	47.237	46.134	32.810	32.574	44.037
CENTRO SUL	3.537.302	3.933.644	4.707.344	4.434.898	3.909.267	4.506.998	5.452.439	4.483.405	4.077.233	5.098.922
Minas Gerais	237.140	282.054	316.347	299.458	257.449	284.331	435.084	396.426	468.854	482.018
Espírito Santo	22.236	27.569	41.244	37.117	38.061	33.793	44.805	38.989	52.154	45.869
Rio de Janeiro	443.337	560.087	610.663	512.462	540.687	386.345	588.759	568.215	506.059	433.262
São Paulo	2.596.749	2.836.141	3.510.667	3.346.269	2.869.333	3.563.614	4.098.744	3.194.344	2.756.414	3.842.348
Paraná	166.695	161.972	163.109	172.528	144.742	182.177	210.422	204.109	195.419	210.030
Santa Catarina	52.346	33.372	33.811	31.011	26.467	24.532	27.516	36.595	44.547	33.498
Rio Gde. do Sul	16.873	11.927	7.898	6.113	5.780	6.140	11.236	8.961	7.276	10.482
Mato Grosso	4.201	3.183	5.123	6.147	4.914	5.756	6.943	12.325	21.669	19.928
Goiás	17.725	17.339	18.482	23.793	21.834	20.310	28.930	23.441	24.841	21.487
BRASIL	5.386.419	5.932.460	6.682.912	6.720.577	5.887.596	7.208.213	8.307.610	7.342.424	6.646.226	8.100.303

Tabela 2 - Fonte: IAA - Superintendência Regional de Minas Gerais.

BRASIL - PRODUÇÃO DE ALCÓOL
REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO - SAFRAS DE 1970/71 a 1979/80
UNIDADE: 1.000 LITROS

REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	1970/71	1971/72	1972/73	1973/74	1974/75	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80
NORTE-NORDESTE	117.629	75.511	81.513	101.846	116.492	93.790	111.936	207.795	411.251	569.245
Pará	-	-	-	-	90	730	1.425	1.357	1.459	2.956
Maranhão	-	189	392	94	265	-	858	914	3.745	3.475
Piauí	140	148	377	127	383	251	342	262	276	436
Ceará	-	-	-	-	-	-	-	6.790	4.088	2.834
Rio Grande do Norte	782	-	-	-	-	-	-	-	18.513	25.244
Paraíba	5.502	5.040	3.805	2.218	1.392	806	57	18.112	41.457	67.010
Permambuco	80.746	49.088	55.433	76.690	93.150	64.524	84.242	140.096	185.670	235.965
Alagoas	28.350	19.709	20.428	22.567	21.212	27.479	25.012	40.264	153.830	226.055
Sergipe	2.109	1.337	1.078	150	-	-	-	-	768	3.249
Bahia	-	-	-	-	-	-	-	-	1.445	2.021
CENTRO-SUL	519.609	537.557	599.459	564.133	508.493	461.837	552.086	1.262.609	2.079.352	2.827.210
Minas Gerais	15.630	16.309	21.138	20.889	21.604	15.556	15.958	28.560	47.780	75.770
Espírito Santo	1.451	1.201	1.700	1.222	1.390	2.003	6.952	8.005	8.259	10.003
Rio de Janeiro	44.421	41.841	47.256	59.415	48.771	55.163	43.973	95.078	132.326	139.537
São Paulo	436.713	453.101	500.104	454.692	408.100	362.286	463.694	1.095.158	1.812.421	2.472.340
Paraná	15.990	17.454	21.646	20.642	21.347	19.956	15.217	27.634	67.680	91.951
Santa Catarina	4.016	3.888	4.638	4.852	5.440	4.650	4.675	4.908	5.776	6.892
Rio Grande do Sul	204	1.203	1.022	300	-	-	-	-	-	-
Mato Grosso	167	71	-	-	-	-	-	-	670	9.555
Mato Grosso do Sul	-	-	-	-	-	-	-	-	2.095	13.718
Goiás	1.017	2.489	1.955	2.121	1.841	2.223	1.617	3.266	2.345	7.444
BRASIL	637.238	613.068	680.972	665.979	624.985	555.627	664.022	1.470.404	2.490.603	3.396.455

Tabela 3 - Fonte: IAA - Superintendência Regional de Minas Gerais.

2.1.3- Caracterizações da usina.

Nos dias atuais, o estado de Minas Gerais possui em operação, 15 usinas, mostrado na figura 2, 9 destilarias anexas e 4 destilarias autônomas. A produção de açúcar cristal do estado desde a safra de 74/75 até 80/81, dividido entre as usinas, está mostrado na tabela 4.

Havia na década de 50, cerca de 293 estabelecimentos desse ramo no estado. Essa diminuição significativa se deve a uma política de racionalização industrial implementado pelo IAA/MIC.

A usina estudada neste trabalho, localiza-se na região sul do estado. É uma usina de porte médio no seu contexto estadual. Usufri de solos de boa fertilidade, possui relevo suave com pequenas ondulações, permitindo a mecanização da lavoura. As condições climáticas nessa região são razoáveis para a cultura de cana, tendo uma boa precipitação pluviométrica, apesar de haver ocorrência de geadas e granizos esporadicamente.

A área total ocupada pela usina na produção de cana gira em torno de 8 mil hectares. Por sua vez, a localização da usina em relação a suas terras de cultura é relativamente desfavorável, pois essas não estão distribuídas uniformemente ao redor dessa, mas sim estão na maioria do lado esquerdo da usina, conforme a figura 3. Essa característica eleva de alguma maneira, o custo da matéria prima, a cana, para o uso da usina.

O fornecimento de cana da usina provém de três agentes que são: próprio, terras arrendadas e de fornecedores. Entretanto, a frota de veículos e equipamentos que fazem o transporte da cana, do campo para a usina, são próprios da usina.

As vias de acesso do campo para a usina, são feitas por rodovias, e essas podem ser: estadual pavimentada ou não, municipal e particular. O estado de conservação dessas influí incisivamente no fluxo de cana.

Os procedimentos sequenciais na colheita de cana, até que essa chegue às moendas, são mostradas na figura 4. Observa-se também, a subordinação das atividades a suas respectivas gerências.

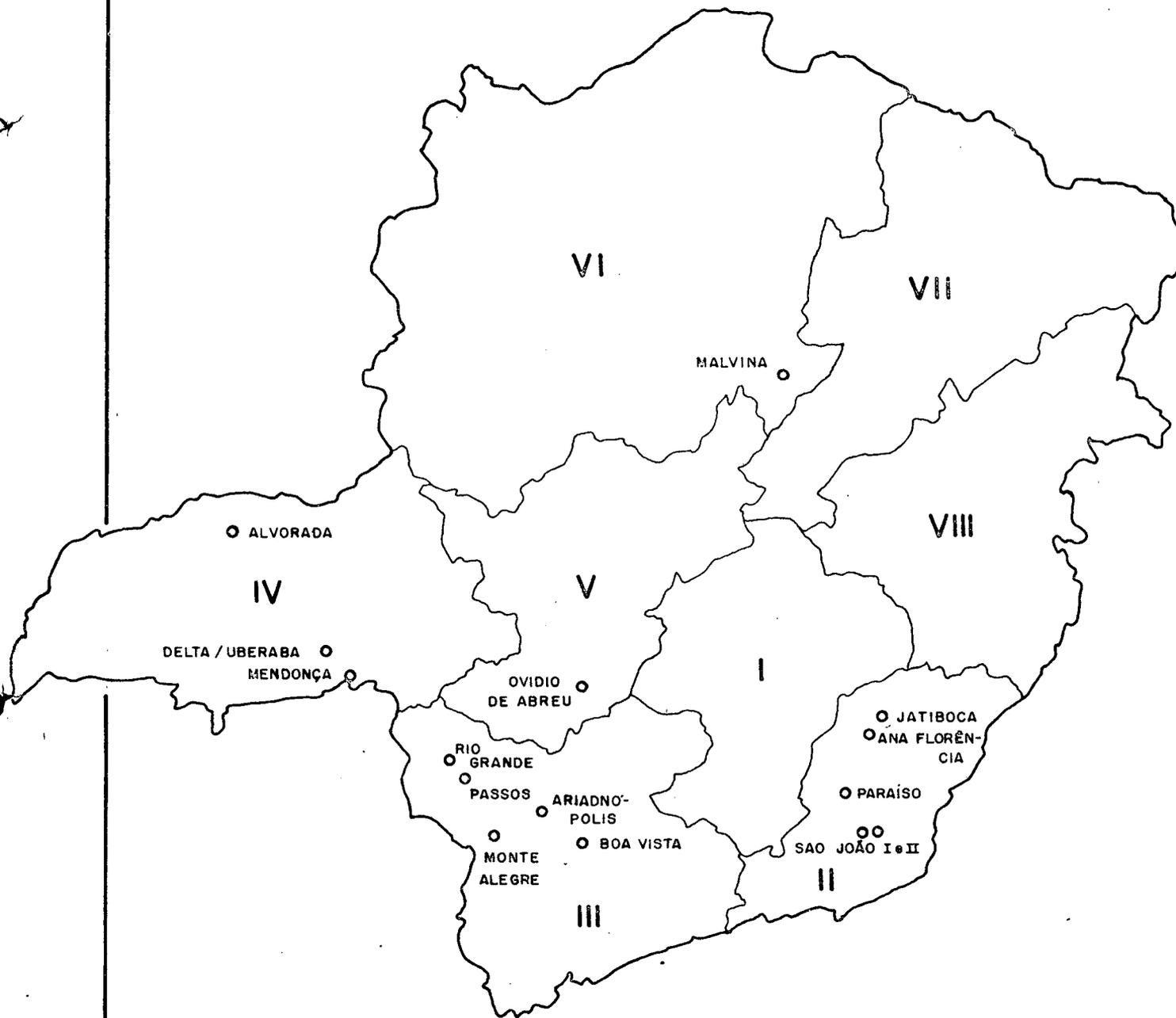


Figura 2 : USINAS DE AÇUCAR EM MINAS GERAIS

FONTE: I.A.A. - SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE MINAS GERAIS

PRODUÇÃO DE AÇÚCAR CRISTAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS
SAFRAS DE 1974/75 a 1980/81
UNIDADE: SACO DE 50 kg

USINAS	1974/75	1975/76	1976/77	1977/78	1978/79	1979/80	1980/81
Alvorada	441.930	346.404	373.025	527.019	624.000	600.000	625.000
Ana Florência	442.848	410.291	544.025	770.762	586.762	652.570	593.768
Ariadnópolis	205.211	144.324	227.694	362.040	320.713	305.735	452.015
Boa Vista	339.132	266.543	394.644	638.554	624.847	723.145	874.227
Delta	140.444	149.388	213.833	329.573	444.558	653.077	703.206
Jatiboca	546.809	502.174	505.160	851.666	841.311	1.043.944	932.217
Malvina	272.764	343.032	193.399	396.432	264.967	265.550	265.896
Mendonça	294.499	212.440	303.804	300.456	350.334	522.168	522.280
Monte Alegre	559.999	302.754	512.057	558.570	615.588	506.094	546.700
Ovídio de Abreu	864.132	859.356	770.796	1.111.855	885.102	1.244.280	1.117.162
Paraíso	150.854	121.319	207.156	300.522	268.976	330.614	345.760
Passos	697.493	657.678	614.240	1.127.257	1.029.390	1.076.237	1.080.953
Rio Grande	584.724	394.174	376.600	632.024	405.402	609.500	868.367
São João I	334.884	293.464	450.194	550.620	369.372	421.537	349.725
São João II	149.432	165.639	-	244.332	297.180	422.620	363.075
Totais	5.989.155	5.148.980	5.686.627	8.701.682	7.928.522	9.377.071	9.640.351

Tabela 4: Fonte: SR/DRCP/SRAR/MG.

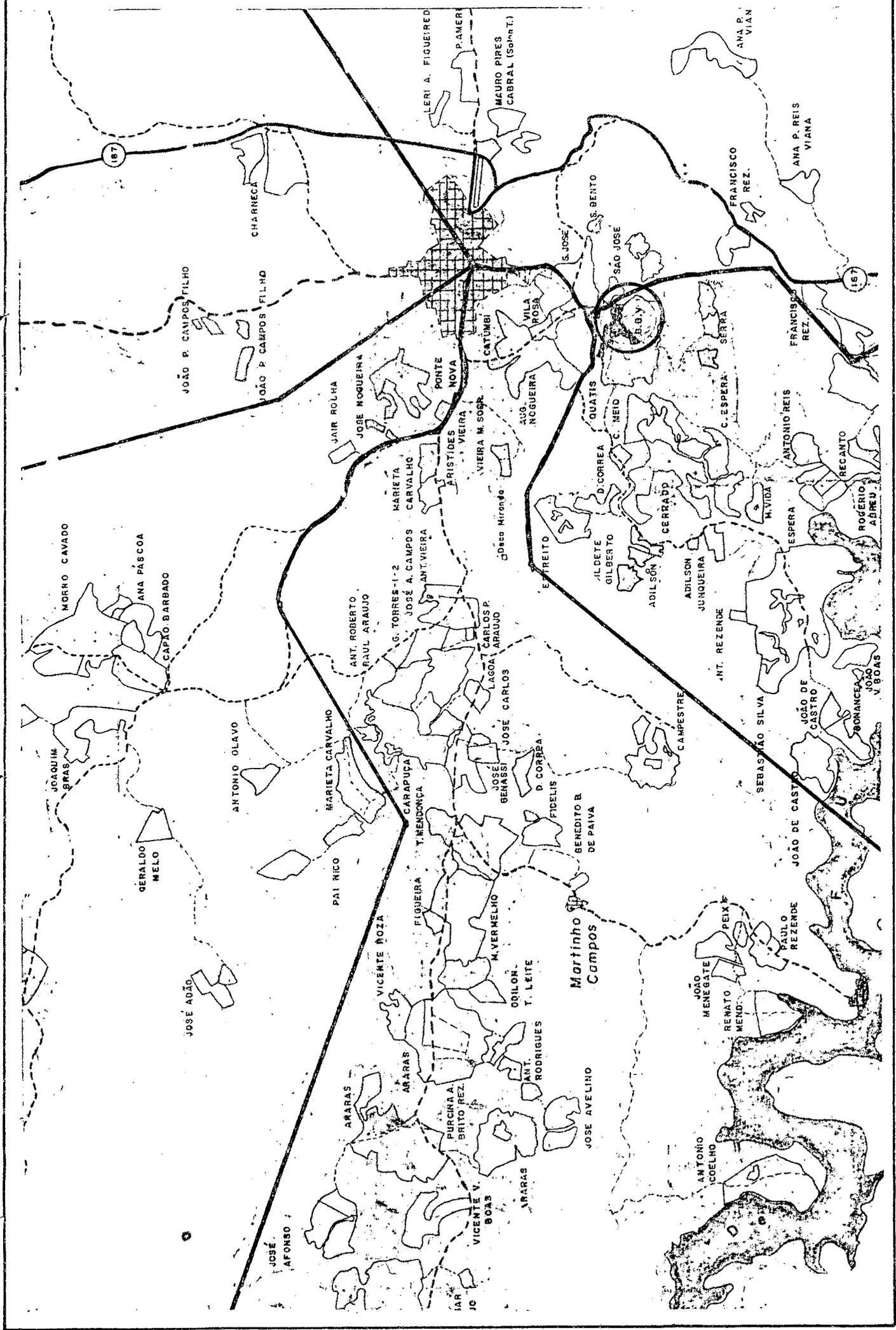


FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DA USINA EM RELAÇÃO A SEUS CANAVIEIAS

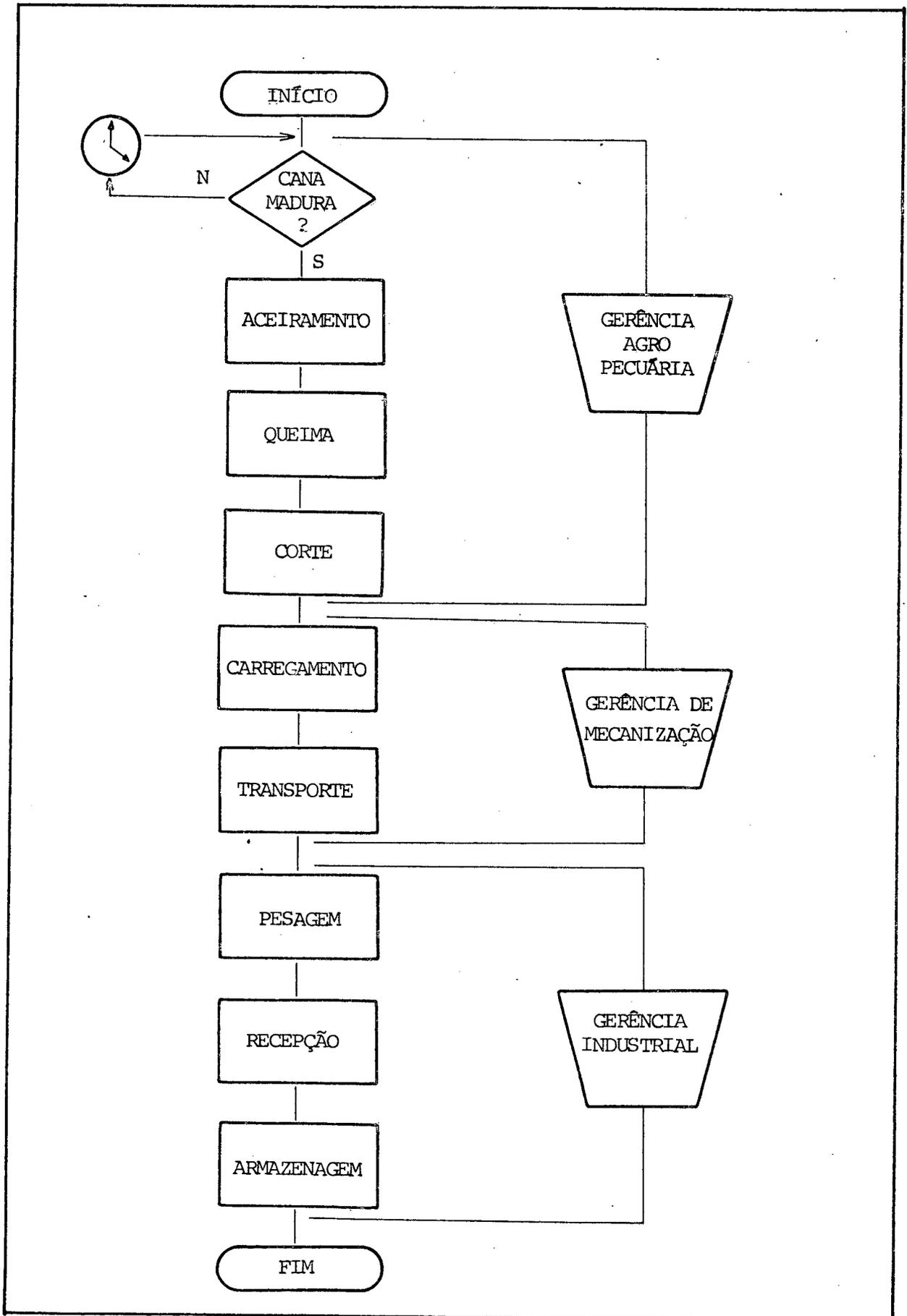


FIGURA 4 - PROCEDIMENTOS SEQUENCIAIS DE ATIVIDADES COM SUAS RESPECTIVAS VINCULAÇÕES

Nessa usina, o fluxo de cana, definido adequadamente no item 1.1 para este estudo, é vinculado a duas gerências distintas, que são a de mecanização e industrial. Por sua vez, essas estão diretamente subordinadas ao diretor de produção, figura 5A.

A Gerência de Mecanização está subdividida em setores de transporte, operação e manutenção externo de máquinas e equipamentos e oficina mecânica. Nota-se que esses setores é que dão suporte às operações de carregamento e transporte.

As duas operações seguintes que são as de pesagem e recepção ou descarregamento estão vinculadas à Gerência Industrial. Essa subdivide-se em Usina e Destilaria pois essas estão situadas em locais distintos.

2.2- Análise dos problemas.

Optou-se por estudar o problema da interfacialidade entre as gerências que possuem as atividades ligadas ao fluxo de cana, pois nem sempre são bem definidos os limites de atuação de cada uma delas. É usual que cada uma dessas gerências procure dinamizar a sua área, sem contudo procurar visualizar o conjunto como um todo.

2.2.1- Identificação dos problemas.

Duas questões preponderantes foram levantadas no decorrer do reconhecimento da situação.

Em primeiro lugar, a perda de sacarose, originado pelo prolongado espaço de tempo entre a queima e a moagem da matéria prima. Sabe-se através de dados experimentais que a partir da quarta hora, a cana queimada começa a perder o seu teor de sacarose. Essa perda tem como consequência, o decréscimo do "rendimento industrial", fazendo com que o mesmo volume de matéria prima trazida do campo, obtivesse o produto final menor do que o desejado.

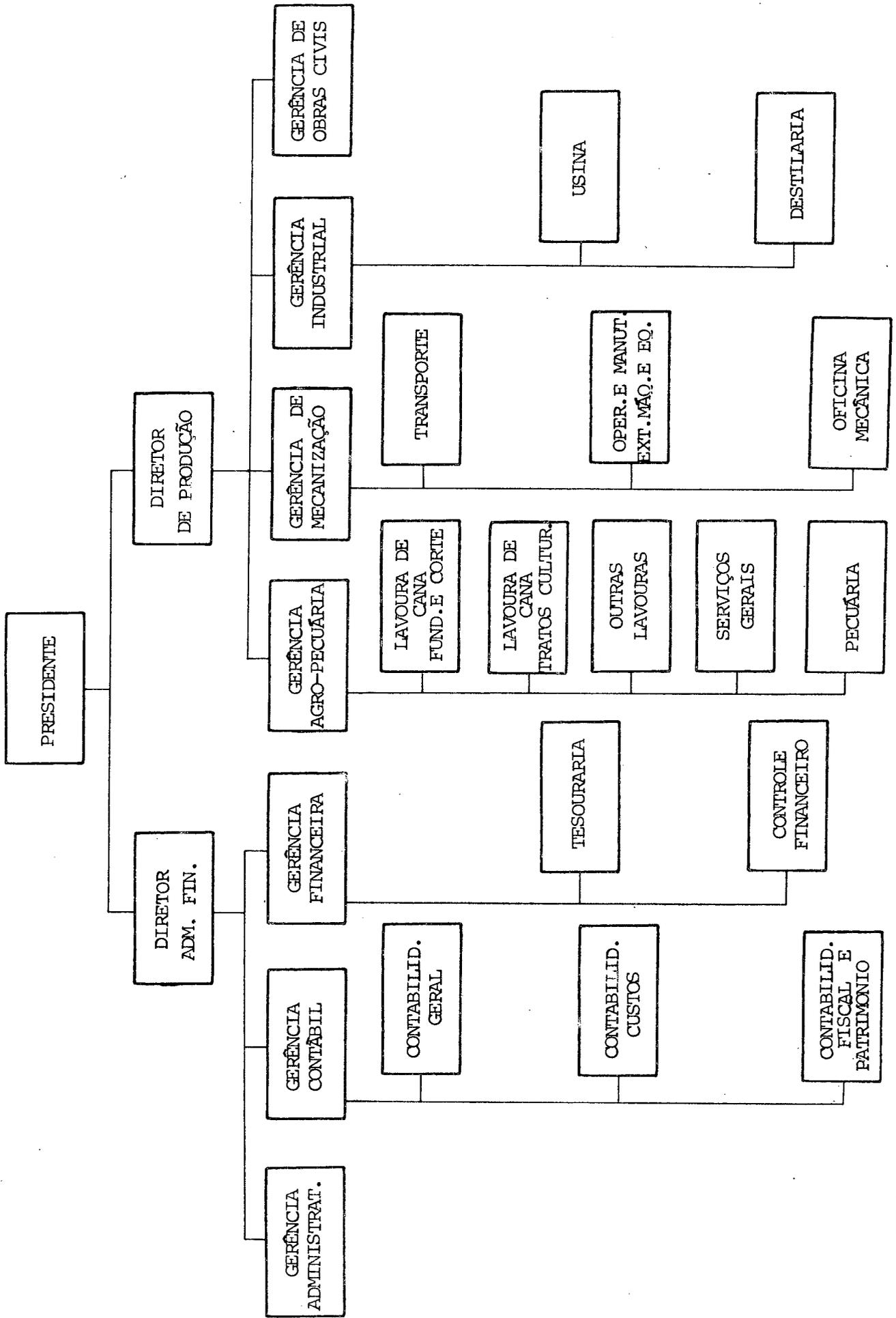


FIGURA 5A - ORGANOGAMA GERAL DA EMPRESA

O decréscimo de rendimento industrial pode ser causado por diversos fatores como: solos inconvenientes, excesso de impurezas da matéria prima, tempo excessivamente prolongado entre a queima e a moagem e outros.

A questão do espaço de tempo entre a queima e a moagem é um problema bastante delicado, pois envolve toda uma organização preparatória, a fim de minimizar esse tempo. É necessário pois, dinamizar todas as atividades como: queima, corte, carregamento, transporte, recepção e armazenagem, com a finalidade de minimizar a perda de sacarose.

O enfoque que poderia ser dado a essa questão, é a minimização do espaço de tempo demandado para que a cana esteja na usina, após ter sido queimado.

A outra questão identificada é o problema da falta de cana para a moagem, obtida por intermédio de relatórios semanais da usina. Esses relatórios, mostrados nas tabelas 5 e 6, apontam o tempo médio perdido, causado por diversos fatores.

Normalmente, durante o período da safra, as usinas de açúcar funcionam ininterruptamente quando não são acometidos por avarias, com exceção, de algumas paradas programadas. Entretanto, através dos relatórios, constatou-se que o índice do tempo médio perdido, pelo fator "falta de cana" nas duas últimas safras tem sido bastante elevados, conforme as tabelas 5 e 6. O número de horas perdidas durante esses dois anos foram respectivamente 549,3 horas e 370 horas. Esses dois tempos representam 39% do tempo total perdido em cada uma dessas safras, de 79/80 e 80/81.

2.2.2- Problema específico a resolver.

Optou-se por estudar o problema da falta de cana, pois fazendo essa escolha, está inerente a esse problema, algumas questões como: dimensionamento adequado dos recursos, filas de espera, procedimentos sequenciais nos descarregadores, evitar a interrupção do fornecimento da matéria prima e outros.

Motivos	TEMPO MÉDIO PERDIDO (horas)		
	Neste período	Acumulado	%
Falta de cana	13,00	370,00	39,66
Falta de cana na esteira	-	0,30	0,05
Chuva	24,00	158,00	16,94
Limpeza	-	144,00	15,43
Domingos e feriados	-	93,00	9,97
Ponte rolante	-	9,30	1,02
Mesa alimentada	0,30	0,30	0,05
Esteira de cana	-	1,00	0,11
Bucha nas facas	1,30	21,00	2,25
Facas	0,30	6,00	0,64
Moendas	1,30	50,30	5,41
Esteira e bagacilho			
Esteira de bagaço	-	14,00	1,50
Caldeiras	-	24,30	2,63
Falta de vapor	-	1,30	0,16
Enxofreira	-	2,00	0,21
Bombas	-	15,30	1,66
Fabricação	-	2,00	0,21
Energia elétrica	-	5,00	0,54
Pequenos defeitos	1,00	2,30	0,27
Outros motivos	-	12,00	1,29
Total	42,00	933,00	100,00

Tabela 5 - Tempo médio perdido - Safra 79/80

Fonte: Relatório semanal da usina.

Motivos	TEMPO MÉDIO PERDIDO (horas)		
	Neste período	Acumulado	%
Falta de cana	9,30	549,30	38,62
Falta de cana na esteira	-	1,30	0,11
Chuva	-	247,30	17,39
Limpeza	-	234,30	16,48
Domingos e feriados	-	80,00	5,62
Ponte rolante	0,30	20,30	1,44
Mesa alimentadora	-	5,30	0,39
Esteira de cana	7,00	62,30	4,39
Bucha nas facas	1,00	34,30	2,42
Facas	-	6,00	0,42
Moendas	2,30	78,00	5,48
Esteira de bagacilho	0,30	2,00	0,14
Esteira de bagaço	-	9,30	0,67
Caldeiras	-	34,30	2,42
Falta de vapor	-	8,30	0,60
Enxofreira	-	2,00	0,14
Bombas	-	22,00	1,55
Fabricação	-	6,30	0,46
Energia elétrica	-	4,30	0,31
Pequenos defeitos	-	-	-
Outros motivos	-	13,30	0,95
Total	21,00	1.423,00	100,00

Tabela 6 - Tempo médio perdido - Safra 80/81.

Fonte: Relatório semanal da usina.

Essa opção foi feita mediante a consultas e cálculos preliminares feitas conjuntamente aos usuários da usina, pensa-se que esse é o problema em destaque que deve tentar solucioná-lo, pois os custos associados a esse problema são bastante elevados.

A primeira constatação da falta de cana, está diretamente vinculado com o número de viagens totais feitas pelos caminhões. A esse número de viagens menores do que a demanda da usina, se deve a inúmeras causas supostas.

A primeira delas, que poderia ser enunciada, é a falta de cana cortada que satisfaça a demanda da usina, entretanto essa causa foi abandonada por não se verificar na realidade.

A outra causa que foi desprezada, pois os relatórios não denunciam essa suposição, é a falta de infra-estrutura de apoio necessário ao bom desempenho da frota.

A terceira causa que poderia ser apontada, é o mal dimensionamento da frota de caminhões. Quando há o sub-dimensionamento, os atrasos no abastecimento são evidenciados. Porém o super-dimensionamento conduz a investimentos e custos elevados.

A causa final suposta é o sub-dimensionamento da capacidade de recepção e também dos veículos existentes no campo, como tratores, carregadeiras e outros. Estes dois itens desembocariam em perda de tempo excessivo nas filas de espera, tanto no campo como na usina. Provocando assim, o número de viagens totais/dia menores do que a demanda da usina.

Outras causas poderiam ser enumeradas, entretanto se o leque de causas fosse ampliado, o estudo seria bastante complexo. Optou-se então por focar predominantemente a 3a. e a 4a. causa.

2.2.3- Problemas de filas.

Para fazer frente a esse problema, recorreu-se ao uso da teoria de

filas. A teoria das filas possui vantagens diversas ao focar esse problema, pois responde a quase totalidade das questões levantadas na seção anterior, além disso, permite obter informações adicionais a respeito do problema.

Os primeiros estudos matemáticos sobre os sistemas que apresentam congestionamento foram feitos por A.K. Erlang da Companhia Telefônica de Copenhague, ele publicou suas teorias a partir de 1909.

A teoria das Filas é definida como um ramo da teoria de probabilidade que estuda as características e os efeitos dos congestionamentos em sistemas sujeitos a fluxos aleatórios.

Um problema de filas surge:

- quando a taxa de chegadas dos clientes ou a quantidade de instalações de serviço disponíveis, ou ambos, são sujeitos a um controle; e

- quando existem custos associados tanto ao tempo de espera dos clientes, quanto às instalações ociosas.

Um problema de filas consiste na programação das chegadas, ou no fornecimento das instalações, ou ambos, de modo a minimizar a soma dos custos dos clientes em espera, e das instalações ociosas.

No capítulo 3, o processo de filas do sistema foi explicitamente detalhado.

2.2.4- Fluxo de cana existente.

Nessa usina, o espaço de tempo utilizado para que a cana seja transportada do campo para a usina é em torno de 12 horas/dia. Possui somente um turno de trabalho, que é de 6:00 até às 18:00 horas.

As colheitas são feitas em duas frentes de trabalho, classificados arbitrariamente de perto e longe, de acordo com as distâncias a serem percorridas. Entretanto, nem sempre a variável, distância, é que é considerada como perto ou longe,

mas sim, o tempo gasto entre as frentes de corte em relação à usina.

As variáveis que influem no tempo gasto em percorrer certas distâncias podem ser diversas, como: estado de conservação das estradas, pavimentada ou não, declividade do relevo e outros.

Há em torno de 37,8%¹¹ das terras cultivadas pela usina, que necessitam menos de 30 minutos entre o campo e a usina. O restante, 62,2%¹², possui a média de 55 minutos entre esses dois locais. Os tempos considerados são para os caminhões carregados, quando estiverem vazios, fazendo o percurso da usina para o campo, o tempo demandado é em torno de 75%¹³ do tempo no transporte cheio.

Ao iniciar o dia, os caminhões saem da garagem, e partem para o campo em duas frentes distintas, conforme a programação feita pelo setor de transporte. Ao chegarem no campo, esperam serem carregados imediatamente pelas carregadeiras disponíveis. Entretanto se isso não acontecer, aguardam numa fila única, até que cheguem a vez de serem atendidas. Após serem atendidas, os motoristas arrumam a carga, passando a corda de amarração. Depois, conforme o estado do canavial, são ajudados ou não por tratores que auxiliam a sua saída do canavial. Daí tomam a estrada até chegarem a "guarita", onde se faz o "toilete". Nesse local, as canas que saem fora das carrocerias são decepadas, com o objetivo de evitar acidentes durante o cruzamento entre dois veículos. Percorrem a estrada até chega-

11- RELAÇÃO DE CANAVIAIS, documento da usina, 1981.

12- Ibid

13- Ibid

rem a usina. Ao chegarem, verificam se há fila de caminhões no pátio externo, se tiver, entram na fila. Se não tiver, verificam o número de caminhões existentes no pátio interno de descarregamento, "se acharem" que podem entrar, chegam-se à balança para serem pesados. Ao saírem da balança, vão para os descarregadores, que podem ser por ponte rolante ou "tombador h_ilo". Essa escolha é arbitrária, exceto quando a fila do h_ilo tiver menos de 2 caminhões; o caminhão que entrou no pátio interno deve dirigir-se ao hilo. Após serem descarregados, tomam a estrada novamente, em direção a sua frente de origem, completando dessa maneira o ciclo. A figura 5B, mostra a simplificação desse fluxo.

2.2.5. Linhas de ação possíveis.

Após ter constatado e identificado o problema específico a resolver, formulando com precisão o objetivo, deste estudo, partiu-se para a fase seguinte, que é a modelagem do fluxo de cana, no capítulo 3.

Entretanto, formulou-se algumas suposições em termos de linhas alternativas de ação, com a finalidade de aumentar o nível de informações, e também da participação dos integrantes do sistema. Apesar de serem meras especulações, obteve-se nessas discussões, valiosas informações para a continuidade do estudo.

As linhas de ação especuladas foram:

- viabilidade da transferência da responsabilidade de recepção e descarregamento, da cana, para o setor de transporte, pois essa é usualmente da área industrial;
- aumento da frota de veículos em todos os níveis;
- aumento da capacidade de recepção;
- aumento das horas de serviço do fluxo de cana.

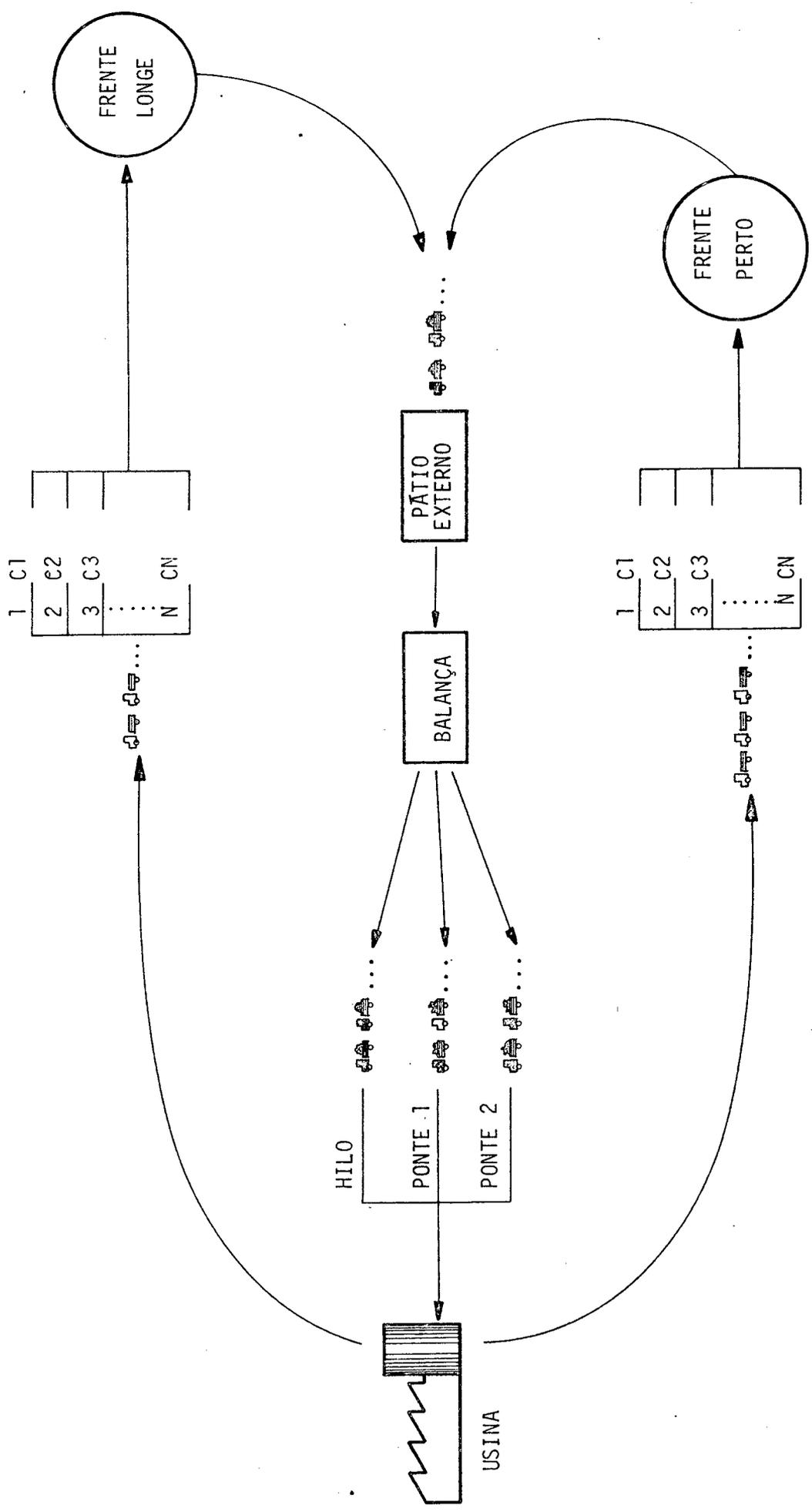


FIGURA 5B -FORMA SIMPLIFICADA DO FLUXO DE CANA EXISTENTE

Essas especulações forneceram excelentes subsídios para os debates, conseguindo assim uma participação mais inteirativa entre o modelador e os usuários, apesar de ainda não haver nenhuma base sólida que permitisse a formulação de políticas alternativas, pois não há exatidão nas informações, que leve a alguma tomada de decisão, serviu-se grandemente como elo de comunicação.

CAPÍTULO III

3- MODELAGEM DO FLUXO DE CANA PARA A USINA.

O estudo do comportamento dos sistemas por intermédio de modelos, visa principalmente avaliar e prever o desempenho desses sistemas como tal. Sabe-se claramente que nem sempre é possível fazer experimentos "in loco", através de políticas-alternativas, pois é comumente impraticável ou impossível. As causas determinantes dessa impraticabilidade e impossibilidade são bastante diversificadas.

Por isso, usa-se modelos com o propósito final de representar esses sistemas com suas propostas, limites e níveis de detalhamentos. Convém salientar que o modelo não é um substituto real do sistema, mas sim, uma representação simplificada deste.

Na figura 6, Pritsker e Pegden¹⁴, explicitam a representação do sistema pelo modelo a estudar.

Os vários modelos existentes que tem sido utilizados com o propósito de representar os sistemas, podem ser classificados de diversas formas. Uma delas é quanto ao tipo: podem ser físicos ou matemáticos e por sua vez, distinguidos em estáticos ou dinâmicos. No caso dos matemáticos, no terceiro nível de distinção, quanto à técnica empregada para solucioná-los, podem ser por intermédio do método analítico ou numérico. Através da figura 7, Gordon¹⁵, mostra essa classificação, e pode-se ver

14- PRITSKER, A. Alan B. e PEGDEN, Claude D., op. cit.

15- GORDON, Geoffrey, "System Simulation", Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1969.

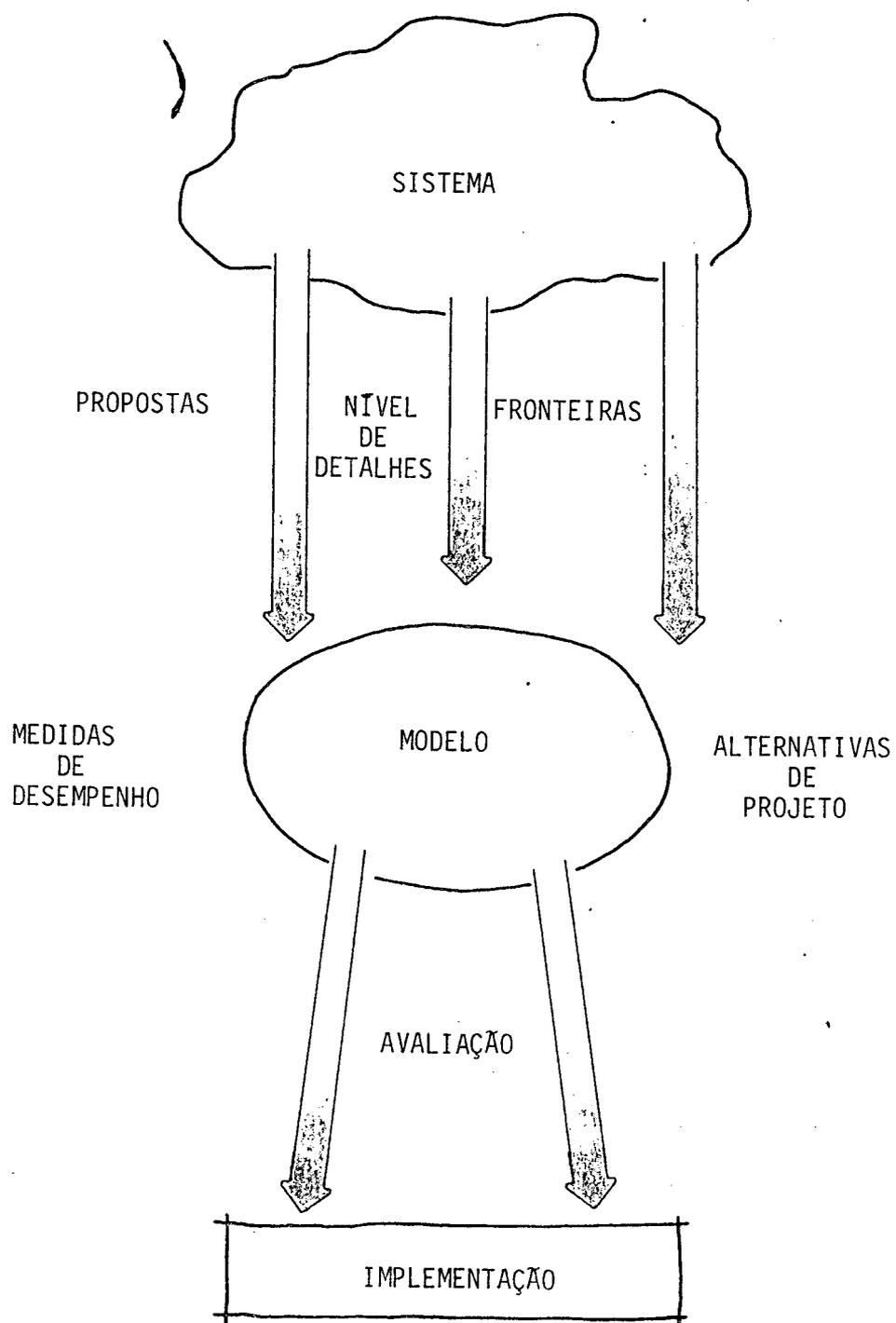


FIGURA 6 - CONSTRUÇÃO DO MODELO APRXIMADO PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

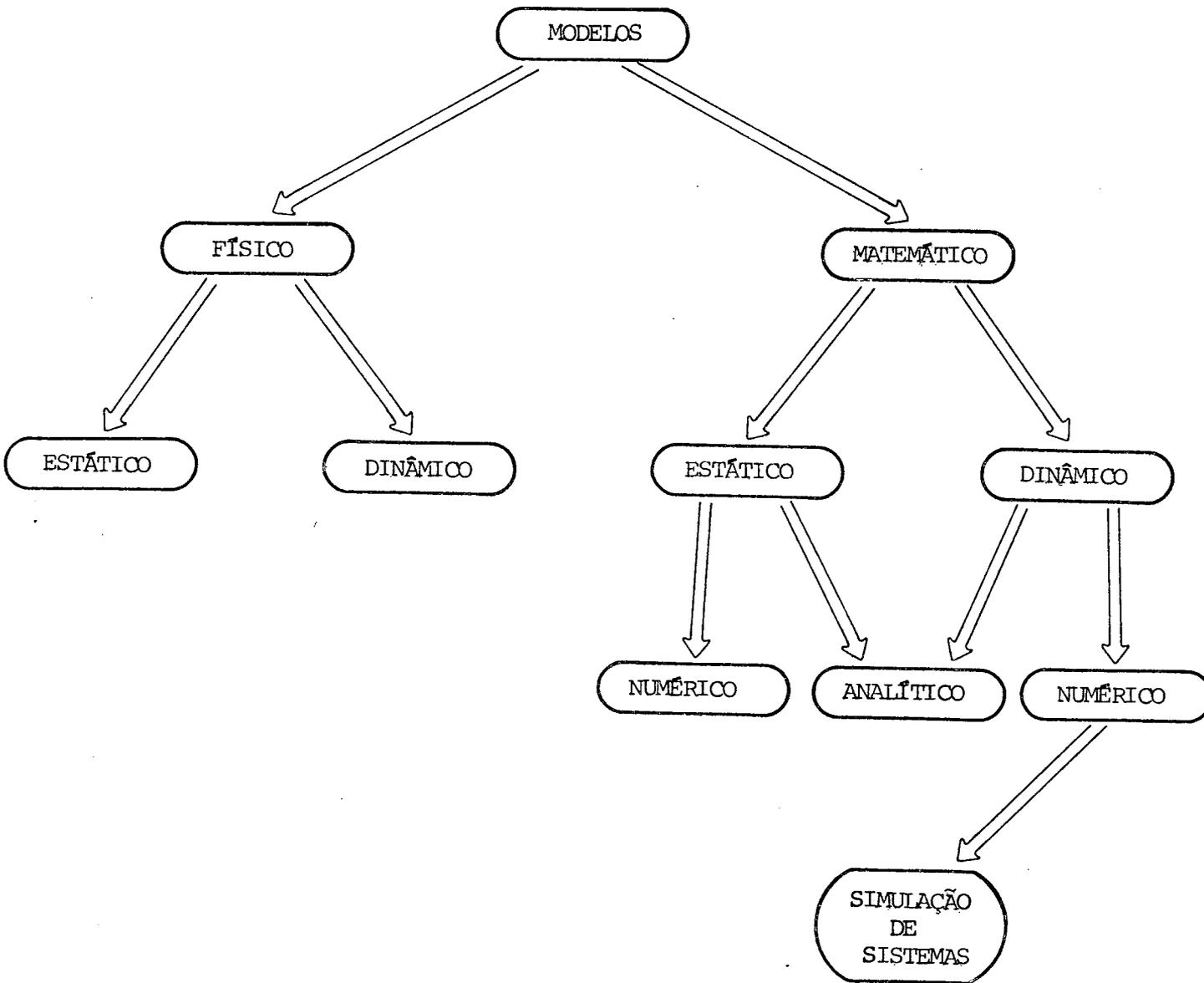


FIGURA 7 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS QUANTO AO TIPO

rificar que a técnica que será empregada na obtenção da solução do problema detectado, foi inserido nessa figura.

Além da classificação denotada acima, pode ainda distinguí-los quanto à natureza dos modelos em: discretos ou contínuos e determinísticos ou estocásticos.

3.1- Adequação da técnica.

O sistema do fluxo de cana estudado, é representado por um modelo matemático-dinâmico-numérico, conforme figura 7, quanto ao tipo. E quanto à natureza, esse sistema se enquadra num modelo discreto-estocástico.

Para resolver esse problema em questão, utilizou a técnica de simulação digital como a mais adequada para solucioná-lo. Pois dentro desse modelo proposto, existem diversas características operacionais que são dadas por funções de probabilidade. E o uso da técnica analítica nessas circunstâncias é pouco prático, na resolução do problema em vista, por ser esse problema mais complexo do que os determinísticos.

Diversas vantagens são enumeradas por Naylor e Outros¹⁶, quanto ao uso dessa técnica.

A simulação é definida por Naylor e Outros¹⁷ como: "uma técnica numérica, para realizar experiências em um computador digital, as quais envolvem certos tipos de modelos lógicos que descrevem o comportamento de um sistema econômico

16-NAYLOR, T.H. et alii., "Técnicas de Simulação em Computadores", Editora Vozes Ltda, USP, 1971.

17- Ibid

ou de negócios, (ou um aspecto parcial de um deles) sobre ex tensos intervalos de tempo".

Nesse contexto, o modelo de simulação pode ser considerado como uma versão de laboratório do sistema. Pois o modelo simulado é uma representação matemática-lógica do sistema, da qual pode ser exercitado em forma de experimentação no computador digital.

Uma outra definição complementar ao citado acima, foi dado por Pritsker e Pegden¹⁸, "simulação é a representação do ambiente dinâmico do sistema, que se move de um estado para outro, de acordo com os papéis operacionais bem definidos".

Para que a técnica de simulação empregada, obtenha o sucesso desejado, obedeceu no decorrer do desenvolvimento, os estágios delineados por Pritsker e Pegden¹⁹, que são:

1- Formulação do problema.

A definição do problema que será estudado, deve incluir a declaração do objetivo da resolução do problema.

2- Construção de modelos.

A abstração do sistema dentro do relacionamento matemático-lógico, de acordo com a formulação do problema.

3- Dados requeridos.

A identificação, especificação e coleta dos dados.

18- PRITSKER, A. Alan B. e PEGDEN, Claude D., op. cit.

19- Ibid

4- Transladação do modelo.

A preparação do modelo para o seu processamento no computador.

5- Verificação.

O processo assegura que o programa do computador executa conforme o projetado.

6- Validação.

O processo assegura que há a exatidão desejada ou correspondência na saída, entre o modelo simulado e o sistema real.

7- Planejamento estratégico e tático.

O processo assegura as condições experimentais para o uso do modelo.

8- Experimentação.

A execução do modelo simulado, a fim de obter resultados.

9- Análise dos resultados.

O processo de análise dos resultados da simulação, fazendo inferências e recomendações para resolução do problema.

10- Implementação e documentação.

O processo de implementação das decisões resultantes da simulação, documentação do modelo, e seu uso.

Entretanto, em algumas etapas enumeradas acima, há a necessidade da interação entre o modelador e os integrantes-decisores do sistema, pois tendo essa interligação, sem dúvida o sucesso da simulação será alcançado.

A sequência dos passos pode ser visto mais claramente na figura 8.

No decorrer da simulação, nem sempre é possível obedecer os passos ordenadamente. Entretanto, todas essas etapas devem fazer parte de um processo de desenvolvimento da simulação.

3.2- Fluxograma do modelo.

O fluxograma mostrado na figura 9, traça o ciclo completo do fluxo de cana, desde o momento em que o caminhão chega no campo para fazer o carregamento da cana, até a sua volta ao local de origem, passando por todas as etapas necessárias ao cumprimento da sua tarefa.

Conforme já dito anteriormente, a usina em estudo utiliza duas frentes de ação na colheita de cana. O diagrama de blocos mostrado, apresenta uma frente somente. Não se preocupou em traçar as duas frentes nessa etapa, por terem essas, as mesmas atividades operacionais no transcorrer do ciclo. Entretanto, é bom lembrar que entre as duas frentes de trabalho, temos números diferentes de homens, máquinas, veículos e outros.

O diagrama de blocos nos informa sobre as atividades desempenhadas no transcorrer do ciclo. Entretanto, para a técnica de simulação, o tempo gasto nas atividades é que é significativo.

Na seção, 2.2.3, foi mencionado sobre o uso da Teoria de Filas como uma técnica da pesquisa operacional, para solucionar o problema proposto. A dinâmica da entrada em um sistema de filas, para que a unidade receba uma determinada operação, obedece a tabela de decisão, figura 10.

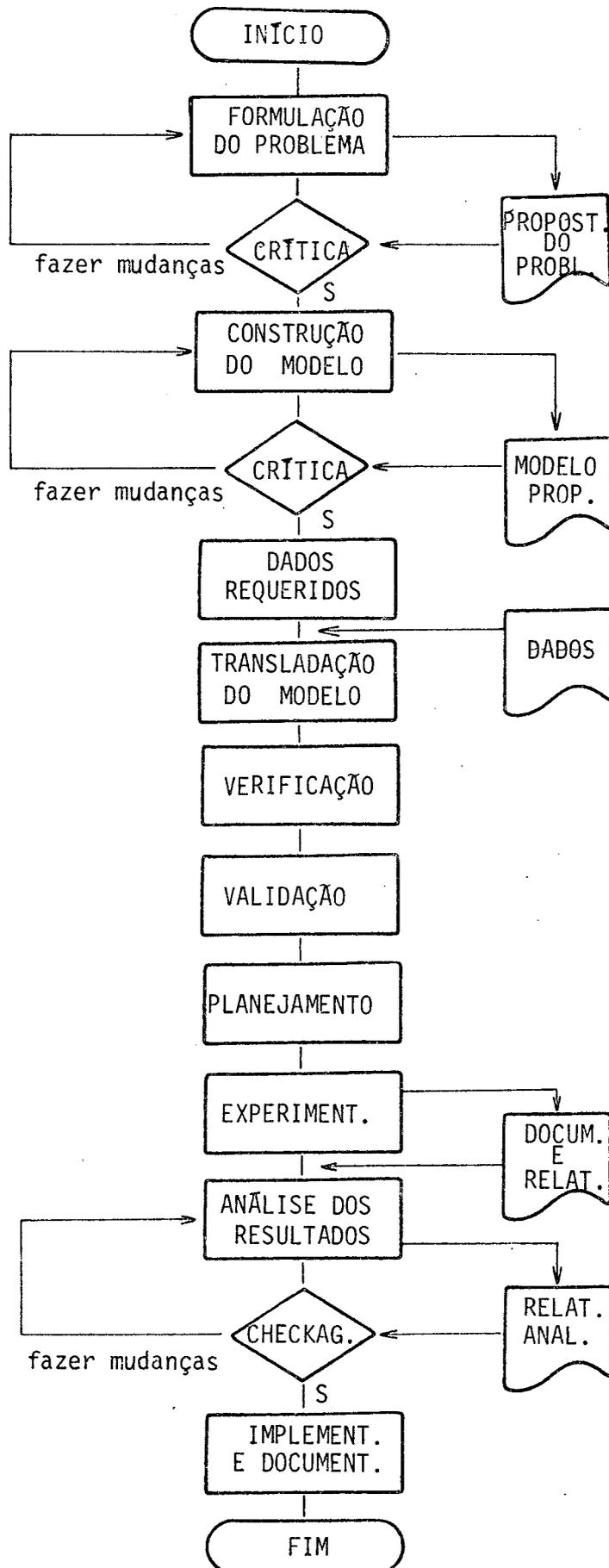


FIGURA 8 - FLUXOGRAMA DOS ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DO MODELO A SIMULAR

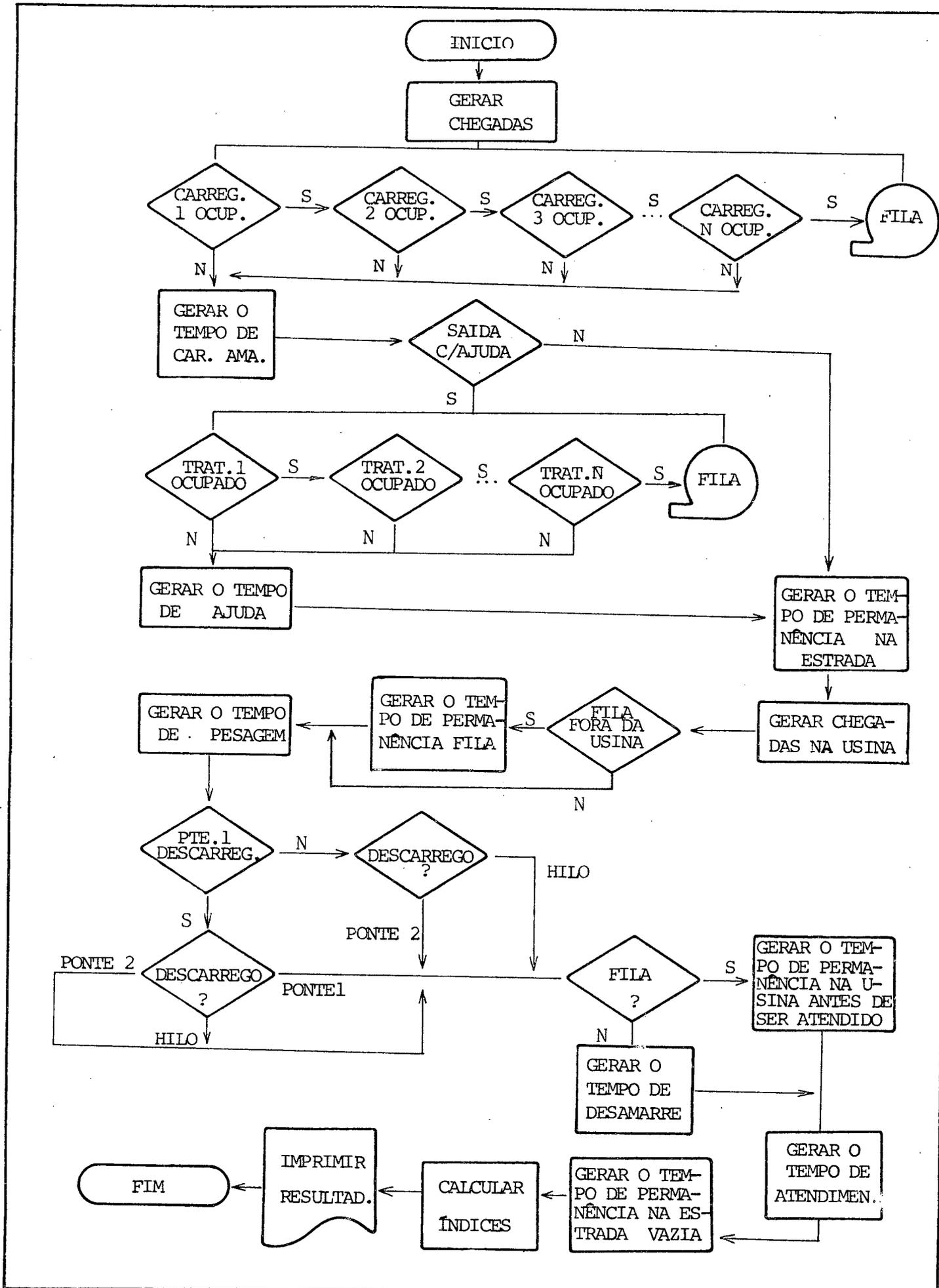


FIGURA 9 - DIAGRAMA DE BLOCOS - ATIVIDADES DESEMPENHADAS NO FLUXO DE CANA

		ESTADOS OPERACIONAIS				IMPLICAÇÕES	
		Fila não vazia	Fila vazia	Todos canais ocupados	Ao menos um canal disponível	Entra na fila	Entra no 1º canal disponível
FORMAS DE ENTRADA	1	*				*	
	2		*	*		*	
	3		*		*		*

Figura 10 - Tabela de decisão - Entradas na fila. Adaptação da dissertação do Souza²⁰.

Na figura 11, apresenta-se a dinâmica do sistema de filas, enfocando o processo da entrada de uma unidade, que necessita de uma operação específica de uma estação de serviço. E na figura 12, essa mesma dinâmica, porém sob o prisma do atendente que está numa estação de serviço.

Quando os caminhões chegam no campo, eles são atendidos por um número limitado de carregadeiras. Se não há caminhões na fila, e se tiver alguma carregadeira que não esteja em serviço, então esse é atendido, e se não tiver, ele fica aguardando até que uma se desocupe. Entretanto se tiver a fila, ele deve aguardar a sua vez, obedecendo a fila até que seja atendido.

Após serem carregados, a carga é amarrada, e esses caminhões tentam sair do canal, pois essa tarefa nem sempre é muito fácil. Muitas variáveis influem nessa tarefa

20- SOUZA, Alceu, "Análise de Maternidades usando Teoria Geral de Sistemas e Simulação Digital", Florianópolis, UFSC. EPS, 1976. Dissertação de Mestrado.

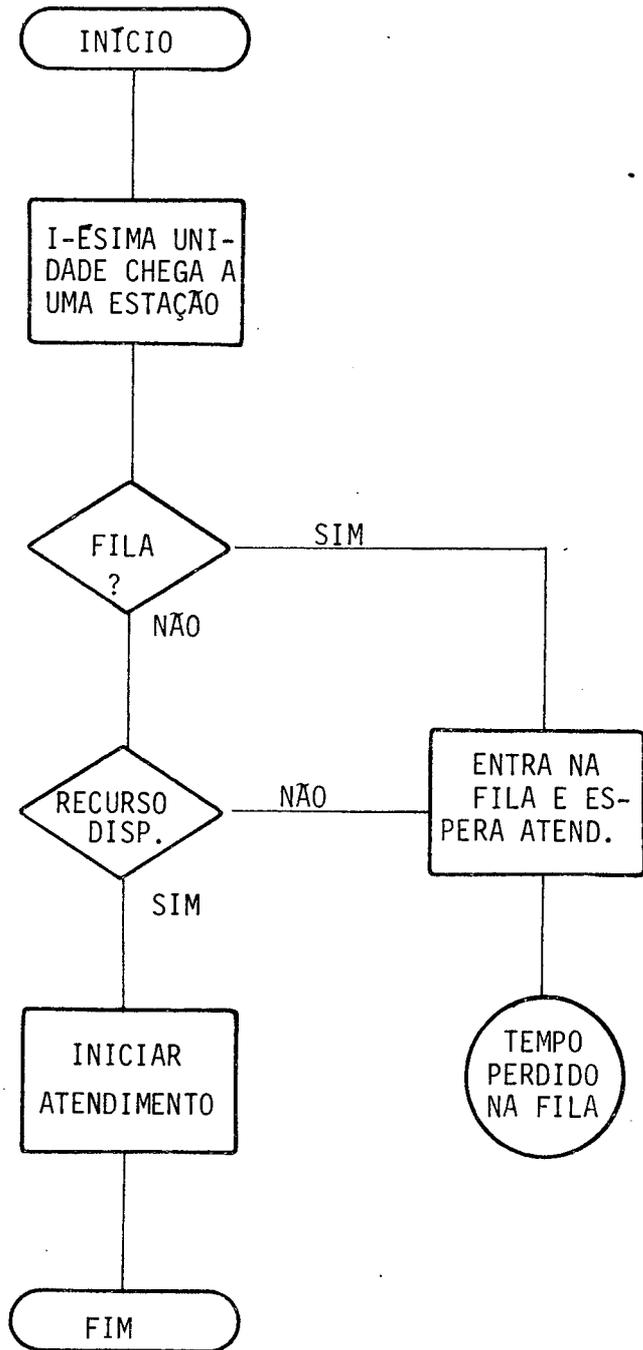


FIGURA 11 - DIAGRAMA DE BLOCOS - SOB O PRISMA DA UNIDADE DE CHEGADA

FONTE: ADAPTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO DO SOUZA ²¹

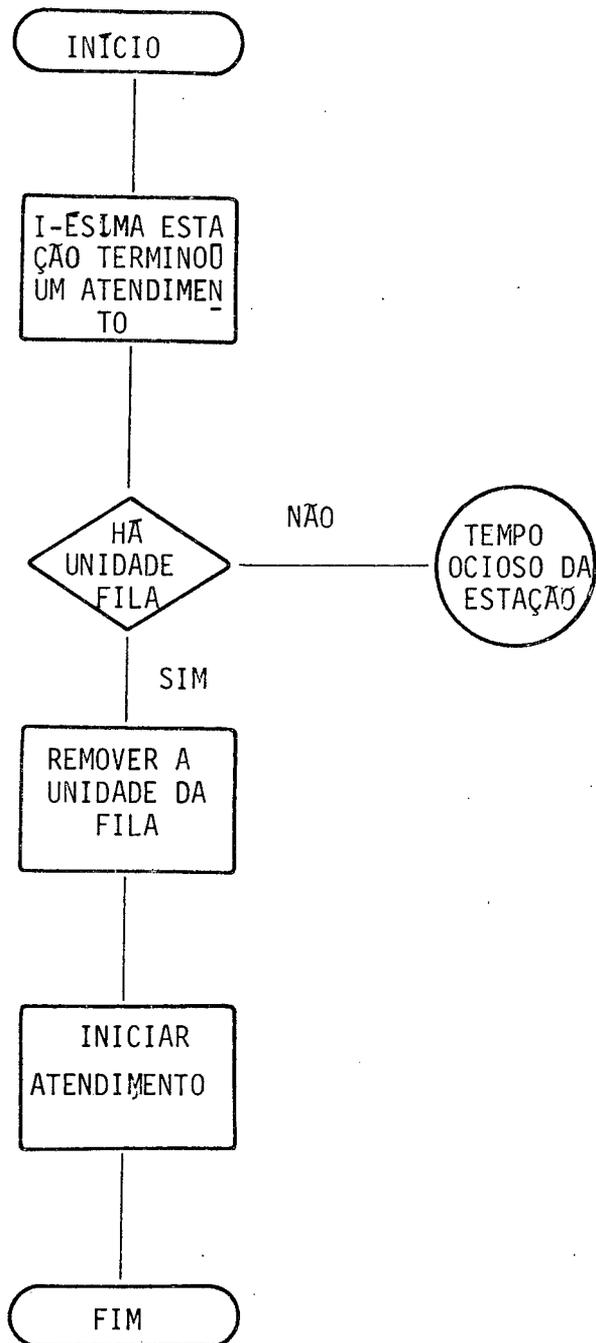


FIGURA 12 - DIAGRAMA DE BLOCOS SOB O PRISMA DO ATENDENTE.
FONTE: ADAPTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO DO SOUZA²²

como: declividade e umidade do solo, palhas de cana espalhadas e outras. Se não for possível sair sem ajuda, então o trator é solicitado para auxiliá-lo. É atendido imediatamente se tiver algum trator em disponibilidade, caso contrário, aguarda até que um desocupe e então é atendido.

Após saírem do canavial, seguem a estrada em direção à usina. Entretanto na saída do canavial, faz-se a operação de "toilete", que é a decepagem das canas que ficam fora das carrocerias, evitando dessa maneira a ocorrência de acidentes quando há o cruzamento entre dois veículos. O tempo gasto nessa operação é bastante rápido comparado dos demais, por isso esse foi incluído no tempo de permanência na estrada.

O tempo de permanência na estrada com caminhão carregado é distinto do vazio. E essa permanência não somente depende da distância, mas também do estado de conservação e do relevo onde essa estrada foi construída.

Ao chegar na usina, se tiver algum caminhão na fila deve aguardar na mesma fila até que chegue a sua vez de ser atendido. Essa fila fora da usina não se deve à operação de pesagem, que é a atividade seguinte, mas sim do acúmulo de caminhões no pátio interno da usina.

Após serem pesados na balança, seguem em direção aos descarregadores. Há três descarregadores disponíveis que são: Hilo, Ponte 1 e 2. Entretanto, nem sempre a Ponte 1 está com o balanço, isto é, em condições de descarregar o caminhão; pois o outro estado é estar com a garra, esse significa que a Ponte 1 está preparada somente para retirar a cana do depósito, a fim de alimentar a moenda por intermédio da mesa alimentadora.

Daí então, temos duas formas de descarregamento, que são: os três descarregadores em funcionamento ou somente o Hilo e a Ponte 2. O descarregador Hilo faz com que a carga de cana seja transportada direto à mesa alimentadora, que irá alimentar as moendas. Por outro lado, a ponte 2 faz com que a carga de cana seja colocada no depósito de cana, pa

ra ser usada durante a noite. Pois durante a noite não há fluxo de caminhões no interior da usina.

Quando os caminhões saem da balança, escolhem arbitrariamente com critérios bastante subjetivos, qual é o descarregador que irá exercer essa atividade, com a exceção somente de, quando a fila do descarregador Hilo tiver menos de dois caminhões. Nesse estado, o seguinte deve dirigir-se à fila do Hilo, a fim de fazer o descarregamento.

Conclui-se daí que dentro do pátio interno da usina, pode ter duas ou até três filas, conforme o funciona - mento ou não da ponte 1.

Ao chegarem, se tiver fila, esperam na fila até que sejam atendidos, caso contrário, desamarram a carga e são imediatamente atendidos. O tempo da operação de desamarre, quando tiver fila, não são computados, pois enquanto se espera o atendimento de um dos descarregadores, essa operação é execu - tada na fila de espera.

Após serem descarregados, esses tomam novamente a estrada, porém já com a carroceria vazia, até chegarem à frente de trabalho, de acordo com a determinação dos adminis - tradores do setor de transporte.

3.3- Coleta e tratamento dos dados.

3.3.1- Coleta de campo.

Para desenvolver essa etapa, utilizou as técnicas de coleta de dados como: entrevistas, análise dos documentos fonte existentes na empresa, preenchimento de formulários e outros.

Entretanto, a coleta de dados através do preen - chimento dos formulários é que demandou maiores esforços. Os formulários propostos para a coleta da ocorrência das ativida

des operacionais no transcorrer do ciclo, são mostrados no a nexo 1. Essa tarefa foi preenchida em três locais distintos: na usina e nas duas frentes de trabalho.

Os formulários foram preenchidos por vários dias consecutivos, com a finalidade de obter dados que realmente re presentem a realidade do sistema. A cada uma das atividades do ciclo, exigiu um certo intervalo de tempo para que seja execu tado. Esse tempo demandado é o que se necessita para desempe nharem cada uma das atividades operacionais.

3.3.2- Tratamento estatístico dos dados.

Utilizou para o tratamento dos dados, algumas técnicas de métodos estatísticos.

No processo de chegadas no campo, houve necessi dade de fazer um tratamento mais acurado. Por intermédio dos mapas de amostragem com os dados coletados, determinou-se o número de caminhões que chegam às duas frentes durante vários dias. A partir desses dados, verificou o número de chegadas pa ra uma dada unidade de tempo, arbitrariamente escolhido.

Fez-se o teste de qui-quadrado para averiguar se as chegadas seguem a alguma distribuição conhecida, como uma distribuição de Poisson, conforme afirma a teoria estatis tica. O resultado da análise foi compatível com a pressupos ição inicial.

Numa distribuição de Poisson, dada pela equação (3.1), a média dessa distribuição é dado por α .

$$p_X(k) = \frac{e^{-\alpha} \alpha^k}{k!} \quad \text{onde } k = 0, 1, 2, 3, \dots \quad |3,1|$$

e $\alpha > 0$

onde o α é o número médio de chegadas para uma dada unidade de tempo. Para que os dados de entrada possam ser facilmente co locados no programa, pois o GPSS possui uma distribuição deno ta

minada XPDIS que é uma distribuição exponencialmente distribuída, fez-se alguns ajustes.

Usou-se a relação existente entre a distribuição poissoniana e exponencial negativa, que é dada pela seguinte função densidade de probabilidade (3.2).

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha x} \quad x > 0 \quad |3.2|$$

Essa relação nos diz que, sempre que o número de chegadas for poissoniano, o intervalo entre chegadas será exponencialmente distribuído. Como a média dessa distribuição é função inversa do parâmetro α da distribuição de Poisson (3.3), então o seu resultado é quase imediato.

$$E(x) = \frac{1}{\alpha} \quad |3.3|$$

Com exceção do que foi mostrado acima, os outros dados foram obtidos através de probabilidades empíricas, retirados dos mapas de amostragem. No anexo 2, descreveu cada uma das funções de densidade de probabilidade empírica necessária.

Por último, teve de recorrer ao setor da administração de transporte, para obter a relação dos equipamentos, veículos e maquinários que estiveram em uso, naqueles intervalos de tempo considerados. O formulário para essa coleta, está no anexo 1.

3.4- Fluxograma do modelo em GPSS.

GPSS (General Purpose Simulation System) é uma linguagem de simulação de processo orientado, utilizado na modelagem de sistemas discretos. A escolha do GPSS para modelar o sistema proposto, se deve principalmente à sua simplicidade.

O modelo em GPSS é construído por intermédio de

um conjunto de blocos padrões, que por sua vez compõe o diagrama de blocos, da qual define a estrutura lógica do sistema. São ao todo 43 tipos de blocos, cada um representando uma ação específica do sistema. As linhas de conexão entre os blocos indicam a sequência de operações que deve ser obedecida, a fim de concretizar o ciclo do sistema.

3.4.1- Linguagem - programa GPSS.

Nas palavras do Schriber^{2 3}, o GPSS é uma linguagem de simulação e também um programa de computador.

No aprendizado do GPSS, consiste principalmente no conhecimento da operação funcional dos blocos padrões, e a combinação lógica entre esses blocos que representam um sistema dado. Os blocos padrões possuem três tipos de informações que são: localizações, operações e operandos.

As entidades dinâmicas do GPSS são denominadas de transações. No caso específico do estudo do fluxo de cana, essas transações são os caminhões, esses movem sequencialmente de bloco em bloco enquanto a simulação se processa. Essas transações são geradas pelos blocos "Generate" existentes no programa. Essas gerações são dadas de acordo com a distribuição exponencial entre os intervalos de chegada. No transcorrer da simulação, atribui-se um dado valor, em tempo, para cada transação que entra num certo bloco, a fim de receber uma atividade operacional. A transação permanece no bloco durante esse tempo dado, antes de prosseguir o seu curso. Quando as condições de avanço são impedidas, as transações que o seguem

23- SCHRIBER, T., "Simulation Using GPSS", John Wiley, 1974.

se mantêm numa fila de espera, por intermédio do bloco QUEUE.

As outras entidades como "Storages" e "Facilities", são estações de serviço em paralelo e simples, respectivamente, que podem fazer parte da simulação.

A sequência de atividades operacionais existentes no sistema em tempo real, é representado na simulação pelo "tempo de relógio simulado".

Ao terminar a simulação, o GPSS nos fornece várias informações como: número de transações que estiveram nas entidades, conteúdo máximo e médio das entidades, tempo médio das transações nos diversos recursos do sistema, porcentagem de uso e ociosidade dos recursos e outros. Todas essas informações são dados precípuos que farão parte do objeto do estudo proposto inicialmente, a fim de alcançar o objetivo final.

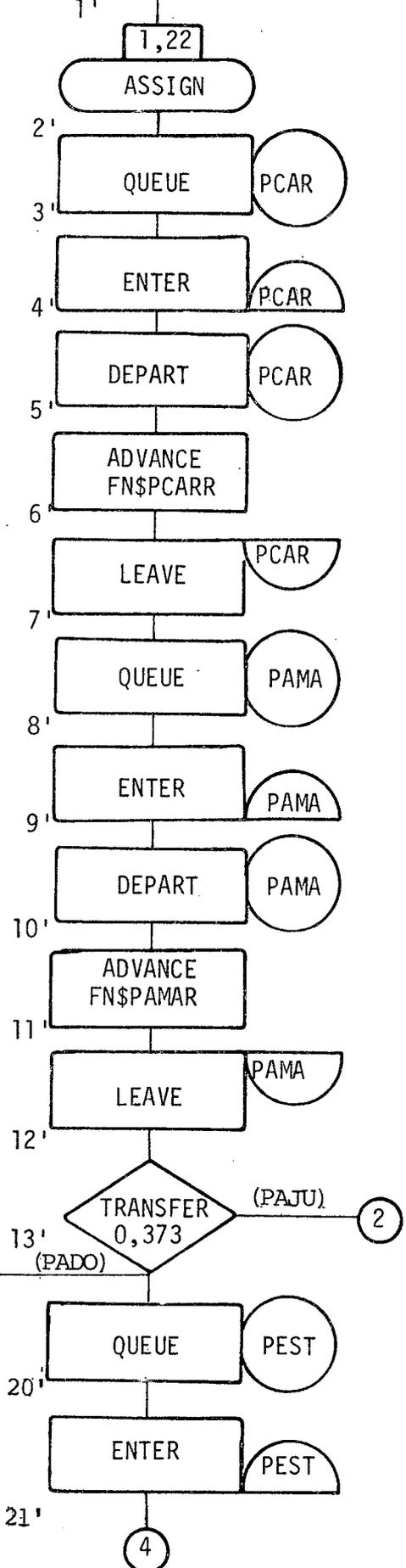
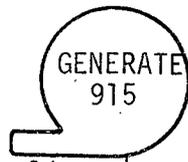
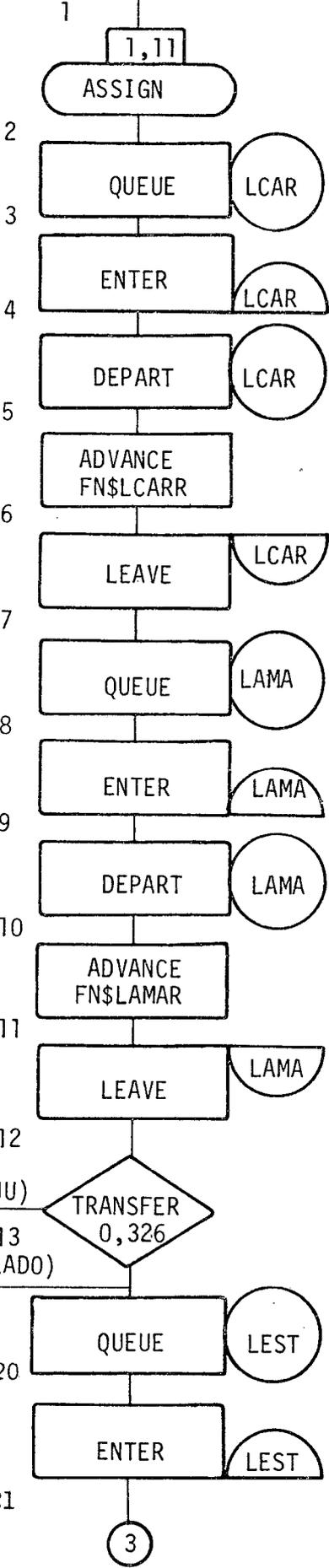
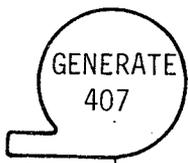
3.4.2- Análise do fluxograma em GPSS.

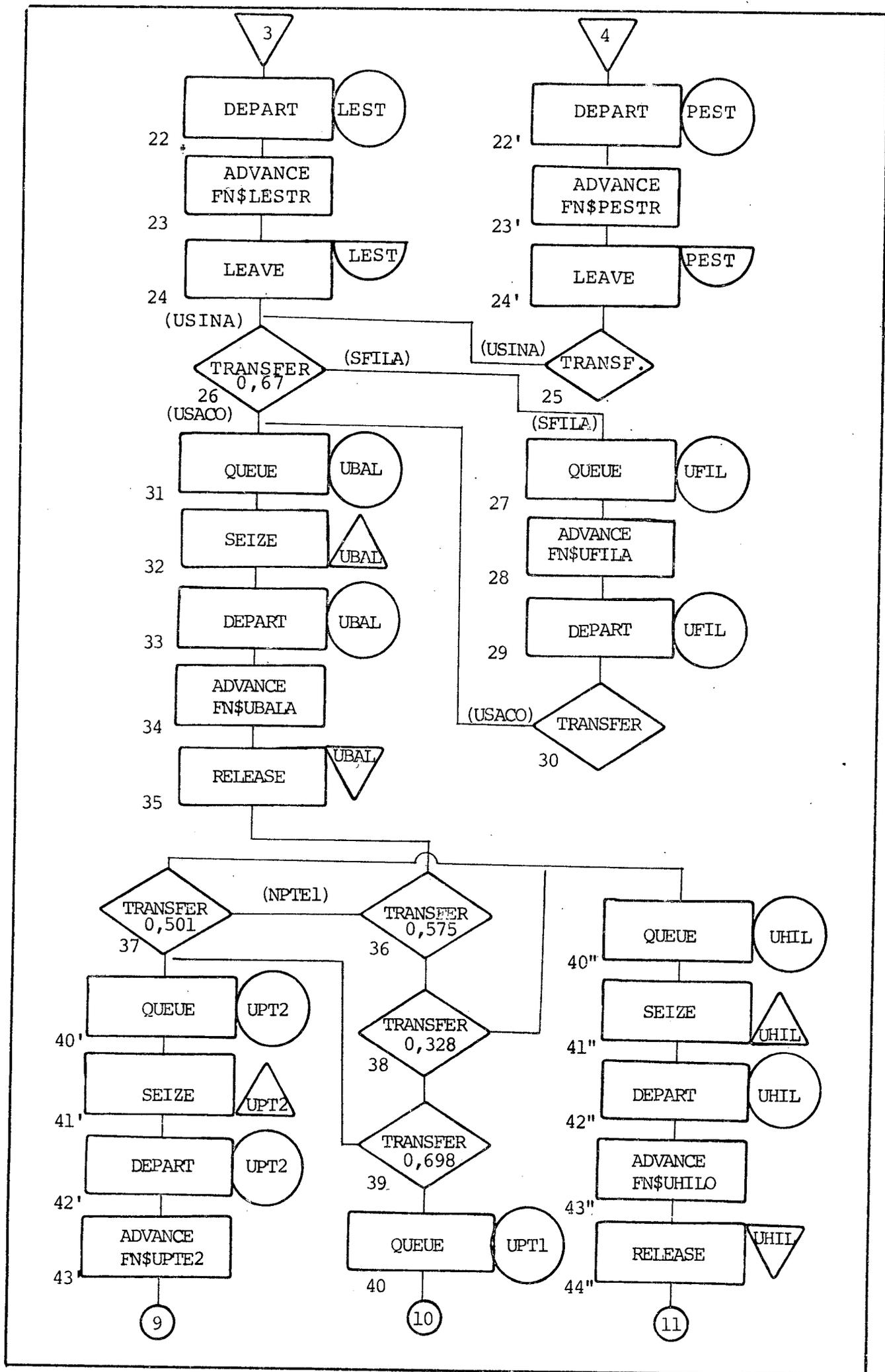
A conversão do fluxograma do modelo da seção 3.2 para o diagrama de blocos em GPSS é efetuada nessa etapa, figura 13.

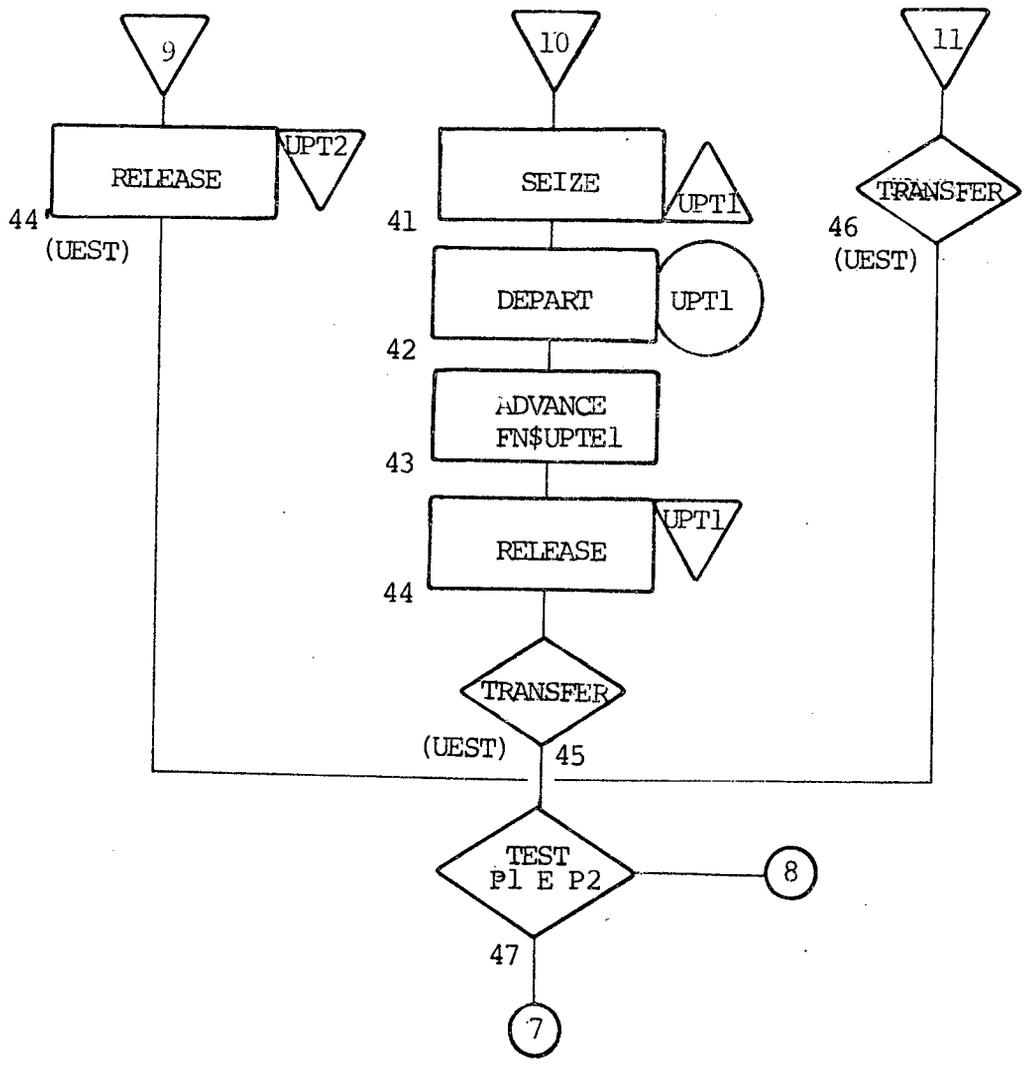
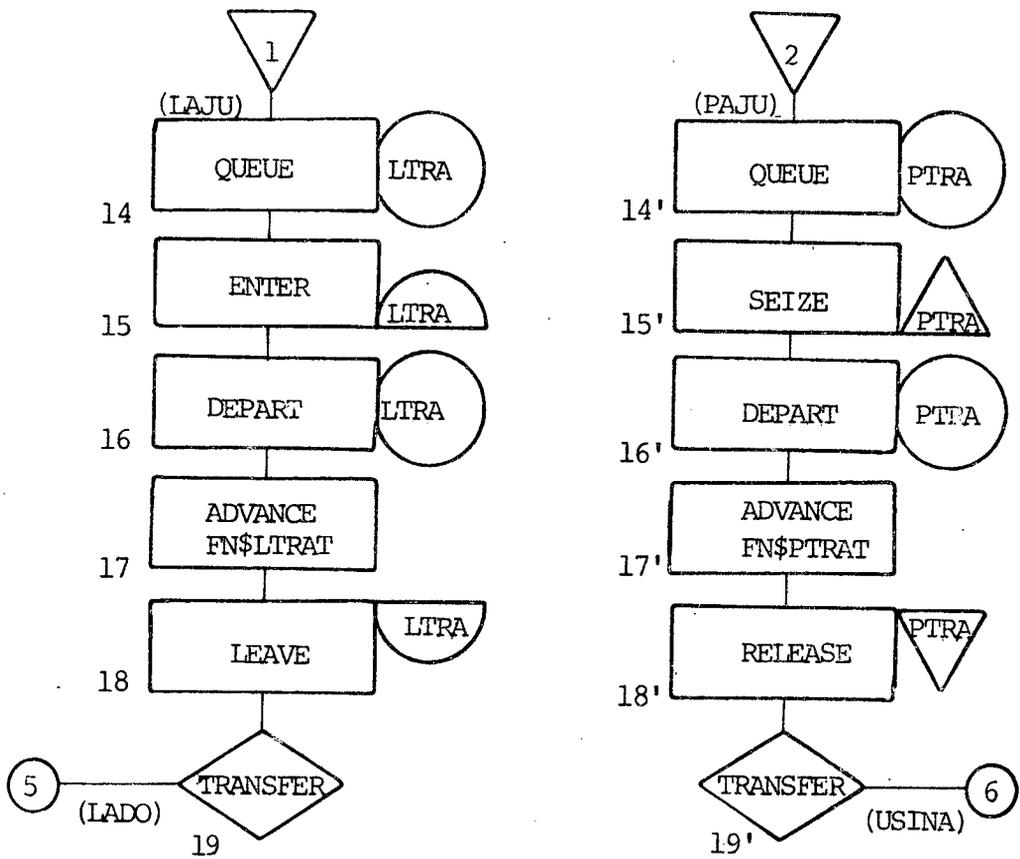
Nos blocos 1 e 1', são geradas as transações que obedecem a um intervalo de tempo exponencialmente distribuído, com a média de 407 unidades e 915 unidades de tempo respectivamente. São então, as gerações correspondentes aos caminhos da FRENTE LONGE E PERTO, feitos pelos blocos Generate. A unidade de tempo utilizado é 0,01 minuto.

Os blocos 2 e 2', atribuem às transações geradas, se são da frente longe ou perto, pois após serem descarregados na usina, necessitam retornar às suas frentes de origem.

Os blocos 3 e 3' até 7 e 7' são pertencentes à atividade de carregamento. Nesse caso, temos uma fila única com estações de serviço em paralelo, por isso usamos os blocos padrões da entidade "Storage", ou canais de serviços.







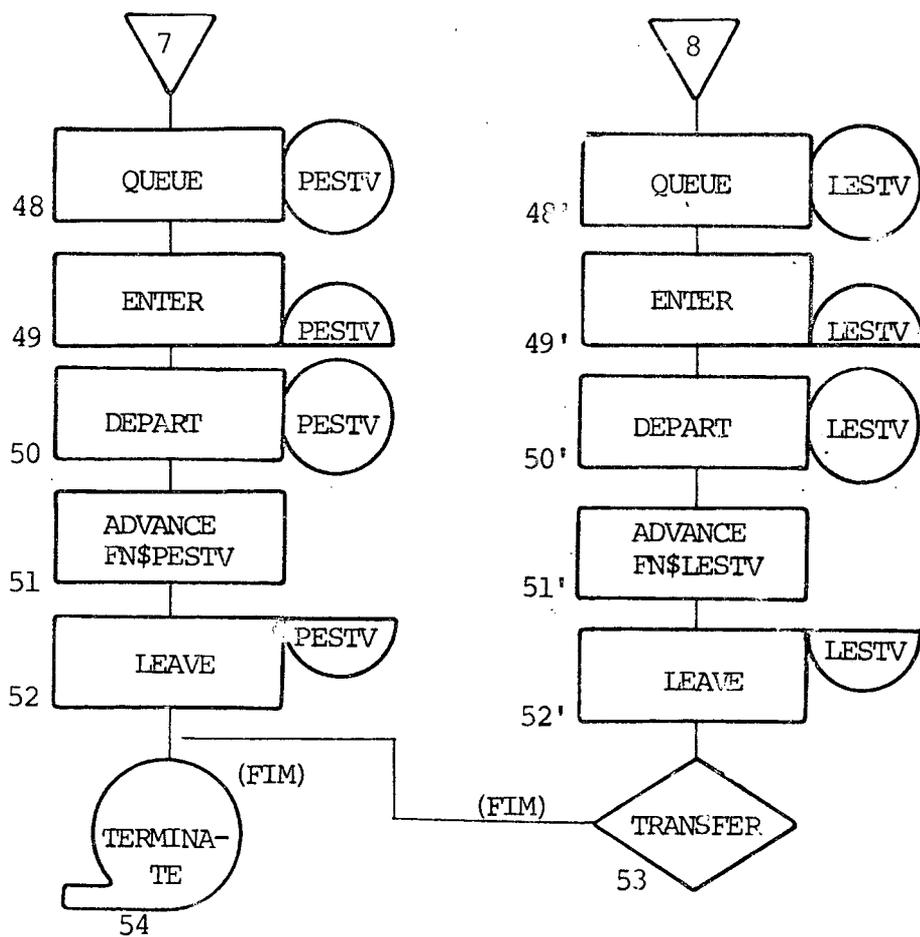


FIGURA 13 - FLUXOGRAMA EM GPSS DO FLUXO DE CANA

A seguir, dos blocos 8 e 8' a 12 e 12', temos a atividade operacional de amarração da carga.

Nos blocos 13 e 13', temos a decisão dos que são ou não ajudados pelos tratores de auxílio nas saídas do canal. As percentuais utilizadas nos blocos de transferência estatística, foram retiradas dos mapas de amostragem, por intermédio de distribuições de probabilidade empírica.

E os blocos 14 e 14' a 18 e 18', temos a atividade de auxílio prestado pelos tratores. Na frente longe existem mais de um trator de auxílio, com uma fila única, com a dinâmica de atendimento FIFO, então utilizamos os blocos da entidade "Storage". Por outro lado, a frente perto possui somente um trator de auxílio, quer dizer, fila simples com um atendente, daí usamos os blocos da entidade "Facility". Os blocos 19 e 19', são as transferências incondicionais, para dar continuidade ao processo.

Nos blocos seguintes, que são do 20 e 20' até 24 e 24', temos a atividade de permanência dos caminhões nas estradas. As estradas, tanto da frente perto como da longe, funcionam como "Storages" ou canais de serviços sem limitações de recursos. Isso porque as estradas comportam tantos caminhões quantos forem necessários. O bloco 25 é uma transferência incondicional.

O bloco 26, representa a decisão para os caminhões quando chegam a usina, encontram ou não com a fila no pátio externo da usina. De novo, temos uma transferência estatística, obtida através de uma distribuição de probabilidade empírica.

Dos blocos 27 a 29, representam a atividade de espera dos caminhões fora da usina, até que o pátio interno possa comportá-los, e então são atendidos pela balança. Nesse estágio, os caminhões das duas frentes se misturam, a fim de serem atendidos pela atividade operacional a seguir. O bloco 30, é outra transferência incondicional, que é a saída dos

que encontraram a fila fora da usina, agora necessitam continuar no processo, entrando na atividade de pesagem.

Nos blocos seguintes, que são do 31 a 35, temos a atividade de pesagem, que é de fila simples com um a tendente.

Após a saída da balança, chegam nos descarregadores. A transferência estatística do bloco 36, obtida a través da distribuição de probabilidade empírica, mostra que 57,53% das vezes a ponte 1 não está disponível para essa ta refa. Daí então, ter-se-á somente duas opções, que são o Hi lo e a ponte 1.

No bloco 37, há outra transferência estatística, que se refere ao uso da ponte 2 e o Hilo, se a ponte 1 não estiver disponível. Nas 50,12% das vezes, as transações preferem o Hilo, e o restante vai para a ponte 2.

O bloco 38, descende da opção em que os três descarregadores estão disponíveis, isso acontece 42,47% das vezes. O Hilo compartilha com 32,79% desse total, e o restante que são 67,21% é dividido entre a ponte 1 e 2, que é a soma da probabilidade conjunta dos dois descarregadores nes sa opção. No bloco 39, a ponte 2 participa com 69,27% da probabilidade conjunta acima, e o restante, que são 30,73% pertence a ponte 1.

Dos blocos 40 a 44, 40' a 44' e 40" a 44", te mos o processo de descarregamento da Ponte 1, Ponte 2 e Hi lo, respectivamente. Nessa atividade, o sistema de filas é multicanal com vários atendentes.

Os blocos 45 e 46, são de transferência incondicional, para que o ciclo de atividades continue a se proce sar.

Após serem descarregados, as transações se preparam, dirigindo-se aos campos de origem. O 47 é um bloco de teste, as transações são testadas a fim de saberem a qual frente pertencem.

Os blocos 48 a 52 e 48' a 52' representam a permanência das transações na estrada novamente, na frente perto e longe respectivamente. Porém dessa vez as carroceiras estão vazias. Usamos a entidade "Storage" ou canais de serviços sem limitações de recursos.

O bloco 53 é uma transferência incondicional, dirigindo ao bloco 54, nesse bloco as transações são retiradas do processo por intermédio do comando Terminate, daí o ciclo é completado pelas transações.

3.5- Uso do modelo proposto no computador.

No transcorrer deste capítulo, elucidou-se as diversas fases existentes na modelagem do fluxo de cana da usina. Neste último tópico, fez-se a transladação do diagrama de blocos em GPSS para o programa.

O modelo proposto foi programado para que o seu uso possa ser feito no computador IBM/370 da UFSC, com 256 k-bytes de memória. O programa produto disponível nesse computador é a versão V do GPSS, que é compatível com todas as versões anteriores.

Após ter-se estabelecido o tipo e o modelo do computador, e também a versão do GPSS a ser utilizado como programa produto, cartões de controle são naturalmente definidos.

No anexo 3, está transcrito o programa fonte em GPSS-V, que é a transladação do diagrama de blocos. Ao dar-se a entrada no computador, a conversão para o programa produto é feito automaticamente, pois há a necessidade de redefinir os endereçamentos para que o programa seja processado.

Simulou-se o programa proposto em torno de 7500 transações que corresponde a um mês de serviço, entre-

tanto por intermédio de retrospectivas estatísticas, verificou-se que o sistema entrou em regime permanente a partir de 2500 transações. A constatação deste é feita pelas figuras 14 e 15.

Além da programação e análise feitas no modelo com dados coletados no sistema, diversas mudanças foram introduzidas nos parâmetros do programa. Daí a consequente alteração nos relatórios de saída. Esses foram analisados a fim de atingir as políticas alternativas propostas no capítulo 2, item 2.2.4.

Os relatórios de saída em GPSS, nem sempre são tão claros para os administradores. Foi feito então uma elucidação desses relatórios de saída, em diversas formas, de acordo com as políticas alternativas propostas, pois desta forma, esses relatórios se tornam acessíveis a qualquer administrador, na sua tomada de decisão. Esses relatórios foram condensados no capítulo 4.

3.5.1- Programação em GPSS.

O diagrama de blocos padrão é transladado por um comando equivalente, para que seja executado pelo processador GPSS. As três categorias de informações existentes nos blocos padrões, citados no item 3.4.1, devem ocupar os campos específicos determinados pela linguagem.

O primeiro deles, que é o nome da localização simbólica, deve ocupar os campos de 2 a 6. Os campos de 8 a 18, devem ser ocupados pelas operações que foram determinadas, esta segunda categoria de informação é um verbo, que sugere a função específica do bloco. A terceira categoria de informação, são os operandos dos blocos padrões. Esses contêm as informações específicas concernentes às operações dos blocos. O número e a interpretação dos operandos dependem sobretudo do tipo do bloco padrão, e são denotados em geral pelas letras A,B,C,D,E,F e G, ocupam a partir do campo 19.

Posto de serviço	INDICES	Nº médio de entrada/dia		Tempo médio de atendimento/tran- sação (min)		Média de utilização do tempo total	
		10º	30º	10º	30º	10º	30º
Balança		83,2	82,1	0,644	0,653	0,074	0,074
Ponte 1		23,4	23,3	6,703	6,447	0,217	0,208
Ponte 2		123,4	122,2	5,198	5,120	0,890	0,869
Hilo		101,2	103,3	6,804	6,648	0,956	0,954
Trator de auxílio - Frente perto		36,3	35,6	2,987	3,110	0,150	0,153

Figura 14 - Resultados da simulação para o 10º e 30º dias. - Posto de Serviço (instalação que pode servir a um cliente de cada vez).

Canais de serviços	INDICES		Número médio de atendentes ocupados		Tempo médio de atendimento/tran-sação (min)		Média de utilização do tempo total	
	10°	30°	10°	30°	10°	30°	10°	30°
Carregadeira/longe	2,82	2,80	13,26	13,18	0,28	0,28		
Carregadeira/perto	1,60	1,55	11,57	11,45	0,40	0,39		
Trator auxílio/longe	0,38	0,38	5,48	5,71	0,095	0,094		
Amarração/longe	0,97	0,97	4,55	4,59	0,0	0,0		
Amarração/perto	0,72	0,71	5,65	5,22	0,0	0,0		
Permanência na estrada/longe	11,99	11,99	56,52	56,44	0,0	0,0		
Permanência na estrada/perto	3,00	2,95	21,72	21,88	0,0	0,0		
Permanência na estrada/vazia/longe	8,50	8,71	40,94	41,28	0,0	0,0		
Permanência na estrada/vazia/perto	2,57	2,56	18,80	19,01	0,0	0,0		

Figura 15 - Resultados da simulação para o 10° e 30° dias - Canais de serviços (instalações que podem servir simultaneamente aos clientes)

CAPÍTULO IV

4- RESULTADOS OBTIDOS/POLÍTICAS ALTERNATIVAS.

Os resultados obtidos do problema proposto no capítulo 2, que é a falta de cana, foi resolvido através da técnica de simulação no capítulo 3.

Estes resultados estão intimamente ligados com a capacidade do modelador, pois o processo de formulação de modelos é semelhante a uma produção artística. Estes evidenciam a compreensão ou não da estrutura e da interação das atividades operacionais do sistema, pelo modelador. Além disso, demonstra a capacidade deste em extrair a essência do sistema, sem incluir detalhes desnecessários. Pois os resultados evidenciarão se houve omissão de algum parâmetro ou suposição importante.

Para fazer a constatação acima, o "teste retrospectivo" foi feito, quer dizer, reconstrução do que realmente aconteceu no passado, a fim de verificar a validade do modelo, comparando o resultado obtido na simulação e o existente no sistema real. Concluiu-se que os resultados obtidos foram suficientemente compatíveis com o existente.

O segundo teste, que é o "prospectivo", quer dizer, prever desempenhos futuros do sistema, foi feito através de mudança de parâmetros. Estas mudanças foram feitas, motivadas principalmente pela flexibilidade do modelo, entretanto o modelo proposto foi desenvolvido especificamente para a usina em questão. Isto se deve ao fato de que as usinas possuem peculiaridades inerentes, nos seus fluxos de cana.

Com a análise dos resultados obtidos nos testes prospectivos, formulou-se políticas alternativas. Desta

maneira, a tomada de decisão dos administradores da usina fica bastante beneficiada.

4.1- Esquematização e análise dos resultados.

Formulou-se neste tópico, algumas observações e conclusões do atual sistema vigente. Os subsídios utilizados nesta formulação, foram retirados dos relatórios de saída, emitidos pelo GPSS. Um exemplo desse relatório está no anexo 4. Entretanto esse relatório não é tão explícito para os administradores não familiarizados. Daí apresenta-se a seguir, uma síntese amostral desse relatório.

A primeira observação e conclusão, retirada desse modelo simulado é o número de transações efetuadas num intervalo de 12 horas do dia. Esse parâmetro evidencia a compatibilidade desse modelo com o sistema real pois o número médio de transações acusado pelo modelo é em torno de 253 transações/dia, e esse dado foi verificado também no sistema real com uma precisão compatível, figura 16; mostrou também nesta, a compatibilidade de outros índices principais.

ÍNDICES	Modelo simulado	Sistema vigente
Número médio de viagens/dia	257	253
Percentagem média de caminhões atendidos por ponte 1	0,08	0,07
Percentagem média de caminhões atendidos por ponte 2	0,49	0,49
Percentagem média de caminhões atendidos por Hilo	0,43	0,44
Tempo médio de permanência na estrada/longe/cheio	55,93	56,98
Tempo médio de permanência na estrada/perto/cheio	21,76	21,51

Figura 16 - Comparação entre os índices do modelo simulado e o sistema vigente.

Fonte: resultados da simulação e mapas de amostragem.

A seguir, na figura 17, 18 e 19, apresenta-se o resultado da simulação com seus nomes reais.

Posto de atendimento	ÍNDICES	Tempo médio (min) de atendimento	Medida de utilização do tempo total
Balança		0,648	0,225
Trator de auxílio/perto		3,179	0,124
Ponte 1		6,220	0,207
Ponte 2		5,274	0,888
Hilo		6,577	0,943

Figura 17 - Posto de serviço - resultado da simulação.

Fonte: Resultado da simulação.

POSTO DE ATENDIMENTO:

a) O tempo médio de atendimento do Hilo mostra-se superior aos outros descarregadores. Entretanto sabe-se que o Hilo possui uma capacidade²⁴ de descarregamento maior do que as duas pontes. Conseqüentemente, na teoria, o tempo médio de descarrego deveria ser menor. Entretanto na prática constatou-se o oposto, mas isso é explicado pela dependência do Hilo à velocidade de moagem, porque o Hilo descarrega diretamente na mesa alimentadora.

b) O índice médio de utilização do tempo total, para o Hilo e a ponte 2 está muito elevado. Isso significa que a folga desses dois equipamentos é mínima.

24- FICHA TÉCNICA - Documentos da usina.

Canais de serviços	ÍNDICES	Nº de atendentes	Nº médio de atendentes ocupados	Tempo médio de atendimento/transação (min)	Média de utilização do tempo total	Nº máximo de atendentes ocupados
Carregadeira/longe		10	3.194	• 13.163	0.319	10
Carregadeira/perto		4	1.241	11.442	0.310	4
Trator auxílio/longe		4	0.466	6.122	0,116	4
Amarração/longe		-	1.126	4.650	-	-
Amarração/perto		-	0,570	5.264	-	-
Permanência estrada/longe		2 ³¹ - 1	13.533	55.935	-	25
Permanência estrada/perto		2 ³¹ - 1	2.352	21.764	-	9
Permanência estrada vazia/longe		2 ³¹ - 1	9.635	40.451	-	20
Permanência estrada vazia/perto		2 ³¹ - 1	2.081	19.481	-	8

Figura 18 - Canais de serviços/resultado da simulação.

Fonte: Resultados da simulação.

CANAIS DE SERVIÇOS:

- a) A capacidade dos canais de serviços, permanência nas estradas, é um número razoavelmente grande porque possuem mais recursos disponíveis do que transações, daí a média de utilização do tempo total serem nulos. E na atividade de amarração, há sempre uma correspondência única entre o motorista e a tarefa a desempenhar.
- b) O número médio de atendentes ocupados nos tratores de auxílio da frente longe, é somente 11,6% da capacidade instalada dos canais. Este índice está diretamente relacionado com o estado de saída do canavial. Enquanto isso, nos canais de atendimento das carregadeiras, o número médio de atendentes ocupados é em torno de 31% da capacidade instalada, nas duas frentes. Há pois um certo superdimensionamento.
- c) É interessante observar que o tempo demandado nas estradas, ocupa uma grande parcela do tempo no ciclo completo. Isto se deve a localização desfavorável da usina, em relação aos seus campos de cultura.
- d) A última coluna, mostra o número máximo de atendentes ocupados simultaneamente, durante a simulação do modelo.

FILAS	ÍNDICES	Nº máximo de transações na fila	Nº médio de transações na fila	% de transações que não entraram na fila	Tempo médio de permanência na fila (min)
Carregadeira/longe		1	0,0	100,0	0,0
Carregadeira/perto		1	0,0	100,0	0,0
Balança		2	0,044	72,9	0,147
Pátio externo		10	2,510	0,0	11,585
Ponte 1		2	0,034	66,6	13,872
Ponte 2		9	1,991	17,2	12,361
Hilo		11	2,108	23,8	18,073
Amarração/longe		0	0,0	100,0	0,0
Amarração/perto		0	0,0	100,0	0,0
Permanência estrada/longe		0	0,0	100,0	0,0
Permanência estrada/perto		0	0,0	100,0	0,0
Permanência estrada vazia/longe		0	0,0	100,0	0,0
Permanência estrada vazia/perto		0	0,0	100,0	0,0
Trator auxílio/longe		0	0,0	100,0	0,0
Trator auxílio/perto		0	0,0	100,0	0,0

Figura 19 - Filas no posto de serviço e canais de serviços.

Fonte: Resultados da simulação.

FILAS:

a) O "número máximo" de transações nas filas do pátio externo, Ponte 2 e Hilo estão bastante altos; a consequência imediata desse índice é o "número médio", também bastante elevado de transações nas filas. Entretanto, nas filas do campo, esses dois índices são bem pequenos.

b) A percentagem de caminhões que não necessitam de entrar nas filas da Ponte 2 e Hilo são mínimas, isto significa que, na maioria das vezes esses locais de atendimento possuem filas. Enquanto isso, as filas do campo são mínimas, pois na maioria das vezes, há algum atendente em disponibilidade.

c) A média de tempo que os caminhões gastam nas filas da Ponte 2 e Hilo, são bastante elevados. Entretanto, o tempo de permanência nas filas do campo são bem baixos.

As três observações enumeradas acima, permite concluir que está havendo uma perda de tempo muito elevado nas filas da usina, que são originados por uma sobrecarga na Ponte 2 e no Hilo.

Essas perdas desnecessárias de tempo, é que causam de alguma maneira a falta de cana. Pois quando há a perda de tempo desnecessária nas filas, o número de viagens que os caminhões podem fazer, num determinado espaço de tempo do dia, diminuirá significativamente. Daí o número total de viagens feita pela frota no transporte de cana decrescerá, provocando assim a falta de cana, tanto durante o dia quanto à noite. Mas esse efeito durante o dia, é contornado pela troca imediata do balanção da Ponte 1 pela garra, retirando com essa a cana do depósito. Quando essa retirada durante o dia for muito elevada, e a Ponte 2 manter o mesmo ritmo de trabalho durante o dia, é provável que o estoque no "barracão de cana", não seja suficiente para a moagem, durante a noite. Daí o barracão amanhecerá vazio, antes da hora prevista.

4.2- Formulação de políticas alternativas.

4.2.1- Aumento do tempo de uso da Ponte 1.

Para contornar o problema apontado, da perda de tempo desnecessário nas filas, sugere-se uma maior racionalização no uso da Ponte 1. Sabe-se que essa ponte é usada somente para fazer descarregamento dos caminhões, quando o pessoal da usina detecta, que está havendo um acúmulo excessivo de caminhões, no pátio interno e externo da usina. Daí então a Ponte 1 é solicitada. Propomos então a política alternativa 1, que é o aumento do tempo de uso da Ponte 1. Isso significa que essa deve estar sempre disponível, para efetuar a tarefa de descarrego. A garra só deve ser colocada, quando houver necessidade, pois a retirada da cana do "barração" traz consigo muitos transtornos.

Com essa mudança, obteve-se nos relatórios de saída do GPSS, um tempo de permanência nas filas, menor do que o modelo originalmente simulado.

A consequência imediata dessa alternativa, com a diminuição do tempo de permanência na fila, é o aumento do número de viagens dos caminhões. Daí o número total de viagens da frota elevará significativamente, evitando desta maneira a falta de cana, que é um problema bastante drástico.

Somado ao benefício mencionado acima, com o aumento do número de viagens da frota, a ociosidade dos veículos e equipamentos do campo deverá diminuir, pois haverá um fluxo maior de caminhões, figuras 20, 21, 22 e 23.

4.2.2- Diminuição da jornada de trabalho.

Essa política alternativa é uma consequência imediata dos benefícios advindos da primeira: aumento do tempo de uso da Ponte 1. Com esse aumento, os caminhões per

ÍNDICES	Modelo simulado com racionalização	Sistema vigente
Número médio de viagens/dia	306	253
Percentagem média de caminhões atendidos por Ponte 1	0.22	0.07
Percentagem média de caminhões atendidos por Ponte 2	0.28	0.49
Percentagem média de caminhões atendidos por Hilo	0.50	0.44

Figura 20 - Comparação do modelo simulado com racionalização de uso da Ponte 1 e sistema vigente.

Fonte: Resultados da simulação e mapas de amostragem.

Posto de atendimento	ÍNDICES	Tempo médio de atendimento (minutos)	Média de utilização do tempo total
Balança		0,645	0,271
Trator de auxílio/perto		3,236	0,172
Ponte 1		6,566	0,601
Ponte 2		5,116	0,603
Hilo		4,385	0,920

Figura 21 - Posto de serviço com racionalização de uso da Ponte 1.

Fonte: Resultados da simulação.

Canais de serviços	ÍNDICES	Número de atendentes	Número médio de atendentes ocupados	Tempo médio de atendimento transação (min)	Média de utilização do tempo total	Número máximo de atendentes ocupados
Carregadeira/longe		10	3.775	13.213	0.377	10
Carregadeira/perto		4	1.591	11.412	0.397	4
Trator auxílio/longe		4	0.540	5.807	0.135	4
Amarração/longe		-	1.294	4.535	-	-
Amarração/perto		-	0.718	5.152	-	-
Permanência estrada/longe		2 ³¹ - 1	15.948	56.011	-	31
Permanência estrada/perto		2 ³¹ - 1	3.043	21.847	-	10
Permanência estrada vazia/longe		2 ³¹ - 1	11.511	40.947	-	23
Permanência estrada vazia/perto		2 ³¹ - 1	2.705	19.593	-	8

Figura 22 - Canais de serviços com racionalização de uso da Ponte 1.

Fonte: Resultados da simulação.

FILAS	ÍNDICES	Número máximo de transações na fila	Número médio de transações na fila	% de transações que não entram na fila	Tempo médio de permanência na fila (minutos)
Carregadeira/longe		2	0.007	97.9	0.027
Carregadeira/perto		2	0.008	95.9	0.064
Pátio externo		12	3.270	0.0	12.800
Ponte 1		4	0.584	36.3	6.370
Ponte 2		5	0.668	37.3	6.420
Hilo		13	2.504	20.7	14.420

Figura 23 - Filas com racionalização de uso da Ponte 1.

Fonte: Resultados da simulação.

dem menos tempo nas filas de espera. As viagens médias diárias aumentaram de 253 para 306, porém a capacidade atual de moagem da usina está em torno de 2700 ton/dia ou 265 viagens. Conclui-se daí que, a jornada de trabalho pode ser diminuída.

Esta diminuição da jornada de trabalho não implicará em decréscimo do salário, pois esses são renumerados quase que por viagem/peso transportado. Deduz-se daí que, o tempo diminuído da jornada de trabalho é simplesmente o tempo correspondente ao tempo ocioso nas filas de espera.

Os relatórios de saída em GPSS, confirmam esta afirmação. Simulou-se para essa alternativa, jornada de 10 horas de serviço. O número médio de viagens/dia foram 265.

Essa decisão poderá trazer grandes benefícios sociais, pois normalmente as pessoas que lidam com essa tarefa, possuem pouco tempo para dedicar aos seus familiares no transcorrer da safra.

4.2.3- Aumento da frota de veículos.

Essa política alternativa foi colocada no item 2.2.4, como uma das ações possíveis. Entretanto a conclusão que obteve por intermédio dos relatórios de saída em GPSS, é que o aumento do número de veículos da frota, não implica necessariamente que haverá um incremento proporcional no número de viagens/dia.

Já foi constatado no item 4.1, na análise dos resultados obtidos do sistema vigente, que está havendo um acúmulo de serviços nos descarregadores. Daí se a frota de veículos for aumentada, o tempo médio que uma transação de manda para completar o ciclo de atividades é simplesmente au mentado. Mas esse incremento de tempo é originado pela sua permanência nas filas de espera.

O relatório, já com o maior uso da Ponte 1, mostra que com o aumento da frota em 20%, implica em uma maior sobrecarga nos descarregadores, e mais do que isso, o tempo de permanência nas filas também é maior, figura 24.

ESTATÍSTICAS INDICES DA	% MÉDIA DE UTILIZAÇÃO			TEMPO MÉDIO DE PERMANÊN- CIA NA FILA/TRANSAÇÃO (minuto)		
	Ponte 1		Hilo	Ponte 1		Hilo
	Ponte 2	Hilo	Ponte 2	Ponte 1	Hilo	
Frota com incremento de 20%	0.755	0.534	0.916	8.078	4.110	25.020
Frota atual existente	0.544	0.433	0.754	3.753	2.929	5.349

Figura 24 - Comparação entre o aumento da frota em 20% e o existente.

Fonte: Resultados da simulação e mapas de amostragem.

4.2.4- Aumento de 50% na capacidade de moagem.

Essa alternativa foi formulada por causa da perspectiva de aumento da capacidade de moagem, a curto prazo, no planejamento da usina.

Fazendo frente a essa política alternativa, houve a necessidade de fazer algumas mudanças no diagrama de blocos, na parte que concerne ao descarregamento, pois a dinâmica de recepção deve ser alterada.

A mudança feita, significa que haverá duas pontes atuando conjuntamente ao Hilo, em todo o expediente. Somado a estes, haverá um quarto descarregador que funcionará como reserva destes. Esse último, possui o objetivo de evitar congestionamentos nos períodos de maior fluxo.

Essa alteração, fez com que os blocos de números, 36, 37, 38 e 39 da figura 13, fluxograma em GPSS do fluxo de cana, sejam substituídos por outros dois somente, porém com estatísticas diferentes, figura 25.

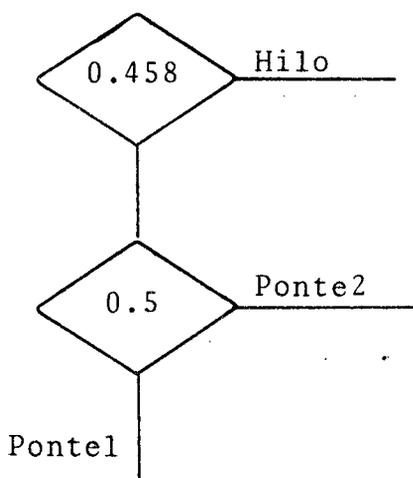


Figura 25: Alteração na recepção de cana.

Como já foi dito, a capacidade de descarrego do Hilo depende da velocidade de moagem, se este aumentar, o tempo médio demandado para o Hilo executar essa tarefa deverá diminuir. Enquanto isso, a velocidade de descarrego das duas pontes não alteram.

O aumento da capacidade de moagem, logicamente acarretará num aumento do número total de viagens/dia. Através de tentativas, alterando os valores dos intervalos de chegada nos campos, que são os blocos Generate das duas frentes, obteve o Modelo Simulado, resultados bastante compatíveis.

A figura 26, mostra o índice de utilização dos descarregadores, bem como o tempo médio que cada transação gasta nas filas de espera, nos três períodos de serviço.

ESTATÍSTICAS PERÍODOS DE SERVIÇO	DESCARREGADORES					
	% índice de uso			Tempo médio nas filas/ transação		
	Ponte 1	Ponte 2	Hilo	Ponte 1	Ponte 2	Hilo
12 horas	0.749	0.696	0.753	3.09	3.13	4.53
10 horas	0.865	0.885	0.775	6.63	16.00	7.68
8 horas	0.905	0.913	0.806	10.17	19.51	9.13

Figura 26 - Índice de uso e tempo médio nas filas.

Fonte: Resultados da simulação.

Por intermédio ainda dos relatórios de saída, é possível dimensionar adequadamente a frota de caminhões, a fim de satisfazer este incremento. Entretanto para que este dimensionamento seja pertinente, necessita-se de dados adicionais.

Na figura 27 e 28, foram mostrados os índices de utilização dos veículos de campo, e também os respectivos tempos médios nas filas. Constata-se que, ainda há uma certa folga nas atividades operacionais desempenhadas por esses veículos.

ESTATÍSTICAS PERÍODO DE SERVIÇO	% ÍNDICE MÉDIO DE UTILIZAÇÃO			
	Carregadeiras		Tratores de auxílio	
	Frente perto	Frente longe	Frente perto	Frente longe
12 horas	0.486	0.470	0.191	0.164
10 horas	0.520	0.541	0.212	0.179
8 horas	0.645	0.674	0.254	0.247

Figura 27 - Índice médio de utilização das carregadeiras e tratores de auxílio.

Fonte: Resultados da simulação.

ESTATÍSTICAS PERÍODO DE SERVIÇO	TEMPO MÉDIO NAS FILAS/TRANSAÇÃO (MIN)			
	Carregadeiras		Tratores de auxílio	
	Frente perto	Frente longe	Frente perto	Frente longe
12 horas	0.43	0.05	0.48	0.01
10 horas	0.90	0.13	0.37	0.01
8 horas	2.28	0.38	0.64	0.03

Figura 28 - Tempo médio de permanência nas filas/transação.

Fonte: resultados da simulação.

4.3- Recomendação para a implantação.

O último estágio num processo de desenvolvimento da simulação é a implementação dos resultados, a documentação do modelo simulado e o seu uso. Nas palavras do Pritsker e Pegden²⁵: "nenhum projeto de simulação pode ser considerado completo até que seus resultados sejam usados no processo de tomada de decisão". Entretanto, as dúvidas que surgem na cabeça do modelador são: será que os gerentes do sistema aceitarão os resultados da pesquisa? Será que a solução será implantada corretamente? Será que as condições anteriormente modeladas correspondem ao atual sistema vigente? Estas dúvidas podem ser minoradas, pois o sucesso dessa etapa está intimamente ligado com o grau de integração do modelador e o usuário desse modelo. No transcorrer do desenvolvimento do projeto, se essa integração não for efetiva, é provável que fique somente a admirar a elegância e a beleza do modelo simulado.

A primeira alternativa proposta no item 4.2.1, aumento do uso da Ponte 1, pode ser implantado com poucos riscos. Para que essa política tenha êxito desejado, é necessário que os dois departamentos que abarcam esse problema, tenham um bom entendimento. Este entendimento consiste em visualizar o problema do fluxo de cana como uma questão única, que interessa a ambas gerências. Associado a isso deve-se buscar uma comunicação mais eficiente que venha satisfazer a ambas, tanto na comunicação formal como na informal.

Sabe-se que a Gerência Industrial possui o interesse primordial de manter a usina em funcionamento, isto é, que a alimentação das moendas não interrompa em nenhum instan-

25- PRITSKER, A. Alan B. e PEGDEN, Claude D., op. cit.

te. Quer dizer que, o fluxo de cana por intermédio das transações não seja interrompido de dia, e que durante a noite, o barracão de cana tenha o estoque suficiente, até que se inicie o fluxo do dia seguinte.

Para garantir a alimentação contínua da moenda, essa precisa manter a Ponte 1 com garra na maioria do seu tempo e quando houver uma falha no fluxo de cana, essa possa funcionar imediatamente. Por outro lado, o interesse maior da Gerência de Macanização é que os caminhões gastem o mínimo tempo possível na usina, para que possam efetuar o maior número de viagens/dia. Por isso necessitam o uso pleno de todos os três descarregadores.

O custo ligado a essa implantação seria uma equipe de 3 pessoas, na tarefa de auxílio do descarregador. Porém esse custo é irrisório, comparado ao efeito positivo que essa alternativa poderá trazer.

Para a segunda alternativa, descreveu-se anteriormente que esta é uma decorrência direta da primeira. A relação entre essas duas é tão estreita que, se a primeira for implantada com sucesso, é provável que a segunda possa ser implementada com êxito.

Como já foi dito anteriormente, se as viagens / dia forem acrescidas, então a jornada de trabalho poderá ser diminuída sem maiores consequências. Do contrário, o estoque de cana no barracão poderá ser superior à demanda das moendas, e então haverá a perda por redução ou teor de sacarose.

A terceira alternativa, conforme a constatação do modelo simulado, deve ser descartada, pois a impressão transmitida é falsa. O número de viagens/dia não é acrescido proporcionalmente com o aumento da frota. Essa conclusão certifica que o gargalo nesse fluxo de cana não está na frota de veículos, conforme se imaginava.

A quarta alternativa demandará um estudo mais detalhado, com um planejamento e programação de atividades mais minucioso. Pois necessitará de maiores recursos e tempo.

5- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

O objetivo do estudo do fluxo de cana neste trabalho, possui a finalidade de evitar as paradas da usina por causa do fator "falta de cana". Após a investigação e tendo detectado algumas causas determinantes dessa falta, foi possível dimensionar adequadamente os recursos necessários às operações de carregamento, transporte e recepção de cana, bem como a racionalização no uso desses.

A metodologia apresentada obteve o êxito desejado. E a técnica de simulação do modelo apresentou resultados satisfatórios, pois de outra forma, por intermédio de experiências "in loco" seria difícil ou até impraticável.

O modelo de filas simulada em linguagem GPSS, estudando o congestionamento do sistema sujeito a fluxos aleatórios, trouxe resultados bastante animadores, mostrando-se que é um instrumento de grande auxílio na resolução de problemas de filas complexas.

Com os resultados obtidos, a tomada de decisão dos usuários do modelo fica grandemente facilitada. Essas decisões permitirão que os benefícios se emergiam em termos econômicos, como também sociais.

O sucesso desses estudos práticos está intimamente ligado com a integração do modelador com os usuários do sistema modelado. É imprescindível que essa inter-relação se faça presente por intermédio de reuniões informais e formais.

Verificou-se que a área agroindustrial canavieira está carente de estudos mais profundos da engenharia industrial, pois a implantação de projetos de modernização e ampliação por necessidades contextuais, fez com que essas fábricas crescessem sem um planejamento e programação adequada. Como exemplo, poderia mencionar o problema levantado no capítulo 2, "minimização do

tempo entre a queima da cana e a sua moagem", evitando ao máximo, o decréscimo do teor de sacarose, aumentando assim, o rendimento industrial.

A limitação do estudo do fluxo de cana nessa usina é por causa de questões operacionais, pois normalmente as usinas possuem características inerentes nos seus fluxos. Entretanto é possível que os passos pautados possam ser estendidos a outras usinas.

BIBLIOGRAFIA

- 1- ACKOFF, R.L. e SASIENI, M.W., "Pesquisa Operacional", Livros Técnicos e Científicos Editora, RJ, 1975.
- 2- ALMEIDA, R.C., "Perspectivas da Demanda Externa para o Açúcar Brasileiro no Período de 1979-1985", Ministério da Agricultura, Brasília, ago/1978.
- 3- BADESP, "Agroindústria e Desenvolvimento no Estado de São Paulo - Aspectos Conceituais" Vol. I, São Paulo, dez/1978.
- 4- ———, "Agroindústria e Desenvolvimento no Estado de São Paulo - Uma Análise Setorial", Vol. II, SP, dez/1978.
- 5- BAPTISTON, H.A., "Agricultura e Produção Industrial", Fundação e Matérias Primas, Ano 2, 14:41-42, dez/1979.
- 6- BARBOSA, J.C., "Administração da Colheita de Cana-de-açúcar", Brasil Açucareiro, MIC/IAA, XLVII, 5:8-14, mai/1979.
- 7- BINGHAM, J. E. e DAVIES, G.W., "Manual de Análise de Sistemas", Trad. Maria Heloisa Souza Reis, Rev. Tec. Gastão de Almeida Rocha. Livraria Interciência Ltda, RJ, 1977.
- 8- BOLETIM TÉCNICO COPERSUCAR, "Possibilidade de Ganho de Produtividade no Cultivo da Cana-de-açúcar, e na Fabricação do Açúcar", 5-77:1-5, set/1977.
- 9- BOWKER, A.H. e LIBERMAN, G.J., "Engineering Statistics", Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1972.

- 10- CARVALHO, L.C.C., "Sistema de Pesquisa no Brasil Para a Agroindústria da Cana de Açúcar", Brasil Açucareiro , MIC/IAA, XLVIII, 5:23-37, mai/1980.
- 11- CHECKLAND, P.B., "Towards A Systems-Based Methodology For Real-World Problem Solving", University of Lancaster , Department of Systems Engineering, England.
- 12- CONFIDENCIAL ECONÔMICO NE, "Açúcar; O Que Fazer Para Me lhorar a Produtividade", Ano 5, 118: 9-12, dez/1974.
- 13- CONJUNTURA ECONÔMICA, "A Agroindústria e o Desenvolvimento Econômico", RJ, 31 (11): 147-152, nov/1977.
- 14- DANTAS, Bento, "A Agroindústria Canavieira de Pernambuco: as Raízes Históricas dos seus Problemas, sua Situação Atual e suas Perspectivas", GERAN, Recife, 1971.
- 15- FAO, "Necessidade de dar Prioridade às Agroindústrias dos Países Tecnologicamente Menos Avançados", Indústria A limentar, 2:24-29, mar/abr/1976.
- 16- FREITAS, P.G.R. e LORENZETTI, J.M., "Observações Preliminares sobre Estabelecimento de Índices e Avaliação de uma Frota Mecanizada", Brasil Açucareiro, MIC/IAA, XLVII, 2:41-56, ago/1979.
- 17- FREITAS, P.G.R. et alii , "Colheita Mecanizada com Canas Inteiras", Brasil Açucareiro, MIC/IAA, XLVII, 3:19-26 , mar/1979.
- 18- GÖELZER, L., "Teoria das Filas", Escola de Engenharia , UFRGS.

- 19- GOLDBERG, R.A. e DAVIS, J.H., "Concept of Agribusiness" ,
Division of Research Graduate School of Business Admi -
nistration, Harvard University, Boston, 1957.
- 20- GORDON, Geoffrey, "System Simulation", Prentice-Hall, INC.
N.J., 1974.
- 21- GUENTHER, W.C., "Concepts of Statiscal Inference", McGraw
Hill Book Company.
- 22- HOLANDA, N. et alii, "Problemas e Perspectivas da Agroin
dústria na América Latina", BNB, Fortaleza, 1975.
- 23- HUGOT, E. "Manual da Engenharia Açucareira", Trad. Irmtrud
Miocque, Editora Mestre Jou, São Paulo, 1977.
- 24- KAUFMANN, A., "Metodos y Modelos de la Investigación de
Operaciones", 10a. Impresion, Compañia Editorial Conti-
nental S.A.
- 25- LAUSCHNER, R., "Agro-industria y Desarrollo Economico", Uni
versidade de Chile, Facultad de Ciencias Economicas, Chi
le, 1980.
- 26- MARINO, E., "Recepção e Armazenagem de Cana", Brasil Açu-
careiro, MIC/IAA, XLVII, 4:26-33, abr/1979.
- 27- MASSAU, Erli S., "Poucos Sabem de Fato o que Representam
esses Complexos", Agricultura Hoje, Ano II, 16:50-52 ,
jul/1976.
- 28- MATTOS, P.T.F. "Produtividade na Agroindústria Açucarei-
ra", Brasil Açucareiro, MIC/IAA, XLVI, 3:31-32, mar /
1978.

- 29- MENSAGEM ECONÔMICA, "As Vantagens de Produzir e Processar a Matéria Prima", Associação Comercial de Minas, Ano XXIX, 272:4-6.
- 30- MONT'ALEGRE, Omer, "Estrutura da Organização da Economia Açucareira no Brasil", Brasil Açucareiro, MIC/IAA, XLVIII 5:18-22, mai/1980.
- 31- NAYLOR, T.H. et alii, "Técnicas de Simulação em Computadores", Editora Vozes Ltda, USP, 1971.
- 32- PINAZZA, A.H., "A Agroindústria Açucareira e suas Perspectivas", Brasil Açucareiro, MIC/IAA, XLV, 4:17-25, out / 1976.
- 33- PINTO, R.T.S. "Rendimento Industrial das Usinas do Estado do Rio de Janeiro", Brasil Açucareiro, MIC/IAA, XLVI, 6:42-44, jun/1978.
- 34- PRITSKER, A.A. e PEGDEN, C.D., "Introduction To Simulation and SLAM", John Wiley & Sons, Inc. N.Y., 1979.
- 35- REIS, PEDRO Z.C. e SOUZA, R., "O Processador no Sistema Agroindustrial", Executivo, FDRH, ano 3, 13:27-30, Porto Alegre, abr/jun/1977.
- 36- RELATÓRIO ANUAL, Ministério da Indústria e do Comércio, Instituto do Açúcar e do Alcool, 1978/1979.
- 37- RENAULT, C.M., "A Cana de Açúcar e a Agroindústria Açucareira em Minas Gerais", CEPA/MG, jun/1978.

- 38- ROSS, S.M., "Introduction To Probability Models", Second Edition, Academic Press, N.Y., 1980.
- 39- SANTOS, A.B., "Estudo Comparativo de Custos de Transporte de Cana-de-Áçucar Picada e Inteira", Brasil Açucareiro, MIC/IAA, XLVI, 3:22-24, set/1978.
- 40- ———, "Transporte de Cana e sua Racionalização", Brasil Açucareiro, MIC/IAA, XLVI, 4:30-34, abr/1978.
- 41- SCHRIBER, T., "Simulation Using GPSS", John Wiley, 1974.
- 42- SOUZA, ALCEU, "Análise de Maternidades Usando Teoria Geral de Sistemas e Simulação Digital", Departamento de Engenharia de Produção de Sistemas, UFSC, 1976. Dissertação de Mestrado.
- 43- SOUZA, RENATO, "O Enfoque Sistêmico Aplicado à Agroindústria", Executivo, FDRH, ano 3, 13:24-26, Porto Alegre, abril/jun/1977.
- 44- SZMERCSENYI, T., "Agroindústria Canavieira - Avaliação do Planejamento no Brasil", Brasiliense, Cadernos Unicamp, 8, jan/1977.
- 45- WATSON, L., "Digital Simulation Modelling", University of Lancaster, Department of Systems Engineering, England.

ANEXO I
FORMULÁRIOS DE COLETA DOS DADOS

ANEXO II
FUNÇÕES EMPÍRICAS UTILIZADAS NO GPSS

XPDIS FUNCTION

Esta função encarrega de gerar a distribuição exponencial entre os intervalos de chegada. Esta já está incorporada à linguagem programa GPSS.

x	0	.104	.222	.355	.509	.69	.915	1.2	1.38
P	0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.75
x	1.6	1.83	2.12	2.3	2.52	2.81	2.99	3.2	3.5
P	.8	.84	.88	.9	.92	.94	.95	.96	.97
X	3.9	4.6	5.3	6.2	7	8			
P	.98	.99	.995	.998	.999	.9998			

LCARR FUNCTION

Esta função gera o tempo demandado para o carregamento de cana na frente longe, conforme a distribuição de probabilidade empírica. A unidade de tempo é 0.01 min.

TEMPO	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2200	3000
FREQ.	4	27	62	78	65	55	28	27	21
PE	.0109	.0736	.1689	.2125	.1771	.1499	.7630	.0736	.0572
PA	.0109	.0845	.2534	.4659	.6430	.7929	.8692	.9428	1.0

PCARR FUNCTION

O mesmo acima para frente perto

TEMPO	600	800	1000	1200	1400	1600	2200	3000
FREQ	9	30	38	40	25	20	20	4
PE	.0484	.1613	.2043	.2150	.1344	.1075	.1075	.0215
PA	.0484	.2097	.4140	.6290	.7634	.8710	.9785	1.0

LAMAR FUNCTION

Esta função gera o tempo demandado de amarração da carga na frente longe, conforme a distribuição de probabilidade empírica.

TEMPO	200	400	600	800	1000	1600
FREQ.	52	115	130	49	20	8
PE	.1387	.3067	.3467	.1307	.0533	.024
PA	.1387	.4453	.7920	.9227	.976	1.0

PAMAR FUNCTION

O mesmo para a frente perto

TEMPO	200	400	600	800	1600
FREQ	3	49	88	35	11
PE	.0161	.2634	.4731	.1881	.0591
PA	.0161	.2795	.7527	.9409	1.0

LTRAT FUNCTION

Esta função gera o tempo demandado que o trator de auxílio presta ao caminhão na frente longe, conforme a probabilidade empírica

TEMPO	200	400	600	800	1200	2800
FREQ	25	32	25	13	14	10
PE	.2101	.2689	.2101	.1092	.1176	.084
PA	.2101	.4790	.6891	.7983	.9160	1.0

PTRAT FUNCTION

O mesmo acima, para a frente perto

TEMPO	200	400	1000
FREQ	31	28	10
PE	.4493	.4058	.1449
PA	.4493	.8551	1.0

LESTR FUNCTION

É a função que gera o tempo necessário de permanência na estrada da frente longe, com carga cheia, conforme a distribuição de probabilidade empírica

TEMPO	3500	4000	4500	5000	5500	6500	7500	8500	10000	13000
FREQ	14	29	77	53	20	21	28	26	21	11
PE	.0467	.0967	.2567	.1767	.0667	.07	.0933	.0867	0.07	.0367
PA	.0467	.1433	.4	.5767	.6433	.7133	.8067	.8933	.9633	1.0

PESTR FUNCTION

O mesmo acima para a frente perto

TEMPO	1500	2000	2500	3000	4500
FREQ	13	56	48	20	13
PE	.0867	.3733	.32	.1333	.0867
PA	.0867	.46	.78	.9133	1.0

UFILA FUNCTION

Esta é a função que gera o tempo de permanência na fila fora da usina, por causa do excesso de veículos no pátio interno da usina, conforme a distribuição de probabilidade empírica

TEMPO	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2200	3000	6000
FREQ	73	34	45	44	46	47	35	32	28	40	33	40
PE	.1469	.0684	.0905	.0885	.0925	.0945	.0704	.0644	.0563	.0805	.0664	.0805
PA	.1469	.2153	.3058	.3944	.4869	.5815	.6519	.7163	.7726	.8531	.9195	1.0

UBALA FUNCTION

Gera o tempo demandado na operação de pesagem, conforme a distribuição de probabilidade empírica

TEMPO	0	100	200	400
FREQ	3	169	22	4
PE	.0151	.8535	.1111	.0202
PA	.0151	.8687	.9798	1.0

UPTE1 FUNCTION

Esta função gera o tempo necessário no descarregamento de um caminhão pela pte 1, conforme a distribuição de probabilidade empírica

TEMPO	200	400	600	800	1000	2000
FREQ	3	4	14	11	5	3
PE	.075	.1	.35	.275	.125	.075
PA	.075	.175	.525	.8	.925	1.0

UPTE2 FUNCTION

O mesmo acima para a pte 2.

TEMPO	200	400	600	800	1200	2800
FREQ	15	131	93	36	20	12
PE	.0489	.4267	.3029	.1173	.0651	.0391
PA	.0489	.4756	.7785	.8958	.9609	1.0

UHILO FUNCTION

O mesmo acima para o Hilo

TEMPO	200	400	600	800	1200	2000	3600
FREQ	14	70	87	41	33	19	7
PE	.0517	.2583	.3210	.1513	.1218	.0701	.0258
PA	.0517	.3099	.6310	.7823	.9041	.9742	1.0

LESTV FUNCTION

É a função que gera o tempo de permanência na estrada da frente longe, porém com carga vazia voltando para o campo, conforme a distribuição de probabilidade empírica

TEMPO	2500	3000	3500	4000	4500	5500	6500	8000	12000
FREQ	22	72	50	32	28	23	21	24	8
PE	.0786	.2571	.1786	.1143	.1	.0821	.075	.0857	.0286
PA	.0786	.3357	.5143	.6286	.7286	.8107	.8857	.9714	1.0

PESTV FUNCTION

O mesmo acima para a frente perto

TEMPO	1000	1500	2000	2500	3500	4500	7000
FREQ	5	34	65	11	8	5	5
PE	.0376	.2556	.4887	.0827	.0601	.0376	.0376
PA	.0376	.2932	.7819	.8647	.9248	.9624	1.0

ANEXO III
PROGRAMA EM GPSS

57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113

UH-10 FUNCTION RNL,C7 ATADIMENTC HILC
 .051661,200/.305963,400/.630596,600/.782288,800/.504059,1200
 .974170,2000/1.C,3600
 *
 LESTV FUNCTION RNL,C9 ESTRACA FRENTE LOAGE U/C
 .078571,2500/.335714,3000/.514286,3500/.628571,4000/.728571,4500
 .810714,5500/.885714,6500/.971429,8000/1.C,12000
 *
 PESTV FUNCTION RNL,C7 ESTRACA FRENTE FERIC U/C
 .037594,1000/.293233,1500/.781955,2000/.864662,2500/.924812,3500
 .962406,4500/1.0,7000
 *
 *
 *
 *
 *
 *

SEGUMENTC 1

GENERATE 4C7,FN\$XPCIS
 ASSIGN 1,11
 QUEUE LCAR
 ENTER LCAR
 DEPART LCAR
 ADVANCE FN\$LCARR
 LEAVE LCAR
 QUEUE LAMA
 ENTER LAMA
 DEPART LAMA
 ADVANCE FN\$LAMAR
 LEAVE LAMA
 TRANSFER .326,LACC,LAJU
 QUEUE LEST
 ENTER LEST
 DEPART LEST
 ADVANCE FN\$LESTR
 LEAVE LEST
 USINA TRANSFER .675,USACC,SFILA
 USACO QUEUE LBAL
 SEIZE LBAL
 DEPART LBAL
 ADVANCE FN\$URALA
 RELEASE LBAL
 TRANSFER .575,HLCC1,NPTE1
 BLOC1 TRANSFER .328,BLCC2,HILC
 BLOC2 TRANSFER .693,BLCC3,PIE2
 BLOC3 QUEUE UPT1
 SEIZE UPT1
 DEPART UPT1
 ADVANCE FN\$UPT1
 RELEASE UPT1
 TRANSFER ULEST
 GENERATE 915,FN\$XPCIS
 ASSIGN 1,22
 QUEUE PCAR
 ENTER PCAR
 DEPART PCAR
 ADVANCE FN\$PCARR
 LEAVE PCAR

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

ANEXO IV
UM EXEMPLO DO RESULTADO EM GPSS

THIS IS SNAP 1 OF 1C
 72000 ABSOLUTE CLOCK 72000
 RELATIVE CLOCK
 BLOCK COUNTS
 BLOCK CURRENT

BLOCK CURRENT	TOTAL												
1	0	182	1	182	21	235	31	1	66	41	0	74	
2	0	183	2	181	22	235	32	0	65	42	0	74	
3	0	182	3	181	23	235	33	0	65	43	0	74	
4	0	192	4	181	24	235	34	0	75	44	2	74	
5	0	183	5	181	25	235	35	0	75	45	0	72	
6	1	183	6	181	26	146	36	0	75	46	0	72	
7	0	182	7	181	27	112	37	0	75	47	0	72	
8	0	182	8	168	28	68	38	0	75	48	0	72	
9	0	182	9	240	29	66	39	1	75	49	0	72	
10	0	182	10	235	30	66	40	0	74	50	0	72	

BLOCK CURRENT	TOTAL										
51	0	72	61	71	96	81	0	208	91	12	159
52	0	72	62	72	96	82	6	70	92	0	147
53	0	54	63	73	96	83	0	64	93	0	147
54	0	54	64	74	95	84	0	64	94	0	1
55	0	54	65	75	223	85	1	64	95	0	1
56	0	54	66	76	64	86	0	63	0	0	0
57	0	54	67	77	64	87	0	63	0	0	0
58	0	54	68	78	64	88	0	159	0	0	0
59	0	26	69	79	64	89	0	159	0	0	0
60	0	26	70	80	61	90	0	159	0	0	0

 *
 * FACILITIES *
 *

FACILITY	NUMBER ENTRIES	AVERAGE TIME/TRAN	-AVERAGE UTILIZATION DURING- TOTAL TIME	AVAIL. TIME	UNAVAIL. TIME	CURRENT STATUS	PERCENT AVAILABILITY	TRANSACTION NUMBER SEIZING	PREEMPTING
UBAL	235	64.598	.212				100.0		
LPT1	66	630.697	.578				100.0		8
PTRA	26	318.038	.114				100.0		7
LPT2	96	507.196	.676				100.0		54
UHIL	64	681.328	.605				100.0		

 * CUEUES *

QUEUE	MAXIMUM CONTENTS	AVERAGE CONTENTS	TOTAL ENTRIES	ZERC ENTRIES	PERCENT ZERCS	AVERAGE TIME/TRANS	SAVERAGE TIME/TRANS	TABLE NUMBER	CURRENT CONTENTS
LCAR	2	.015	183	177	96.7	6.114	186.500		
LAMA	1	.000	182	182	100.0	.000	.000		
LEST	1	.000	181	181	100.0	.000	.000		
UBAL	3	.030	235	193	82.1	9.382	52.500		
UPTI	4	.360	69	32	47.0	381.514	720.638		2
PCAR	1	.001	75	74	98.6	1.119	84.000		
PAMA	1	.000	74	74	100.0	.000	.000		
PEST	1	.000	72	72	100.0	.000	.000		
LIRA	1	.000	54	54	100.0	.000	.000		
PTRA	2	.034	24	22	84.6	95.284	620.000		
UFIL	9	3.418	167		.0	1473.981	1473.981		5
UPT2	4	.700	97	32	32.9	520.195	776.292		1
PESTV	1	.000	64	64	100.0	.000	.000		
UHIL	7	.680	70	23	32.8	699.656	1042.642		6
LESTV	1	.000	159	159	100.0	.000	.000		

SAVERAGE TIME/TRANS = AVERAGE TIME/TRANS EXCLUDING ZERO ENTRIES

 * STORAGES *

STORAGE	CAPACITY	AVERAGE CONTENTS	ENTRIES	AVERAGE TIME/LNIT	-AVERAGE UTILIZATION DURING-	CURRENT STATUS	PERCENT AVAILABILITY	CURRENT CONTENTS	MAXIMUM CONTENTS
				ICTAL TIME	AVAIL. TIME UNAVAIL. TIME				
LCAR	10	3.514	183	.351			100.0	1	10
PCAR	4	1.116	75	.279			100.0	1	4
LIRA	4	.441	54	.110			100.0	1	4
LAMA	2147483647	1.166	182	.000			100.0	1	4
LEST	2147483647	13.440	181	.000			100.0	13	26
PAPA	2147483647	.513	74	.000			100.0	2	3
PEST	2147483647	2.164	72	.000			100.0	3	7
PESTV	2147483647	1.693	64	.000			100.0	3	5
LESTV	2147483647	8.527	159	.000			100.0	12	17