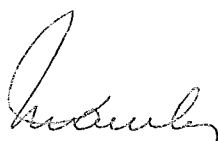


O PROBLEMA DO HORÁRIO NA ESCOLA DE SEGUNDO GRAU:
MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO

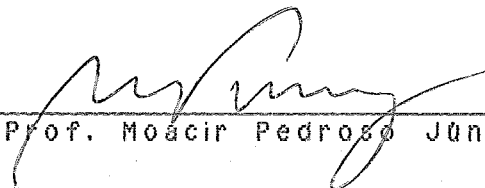
Samuel Silva da Mata

Tese submetida ao Corpo Docente da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau de mestre em ciências em Engenharia de Sistemas e Computação.

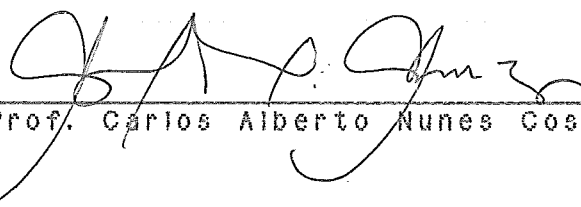
Aprovada por:



Prof. Nelson Maculan , Ph.D.
(Presidente)



Prof. Moacir Pedrosa Júnior , Ph.D.



Prof. Carlos Alberto Nunes Cosenza , L.Doc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Junho de 1989

MATA, SAMUEL SILVA DA

O Problema do Horário na Escola de Segundo Grau:
Modelagem e Implementação [Rio de Janeiro] 1989.
IX, 128 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia
de Sistemas e Computação, 1989).

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Problema de Horário, Programação Inteira.

I. COPPE/UFRJ. II. Título (série).

A minha família, e em
especial, Elenise, Heloisa,
Lorena e Thiago Henrique.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela concretização deste trabalho e por todos aqueles que de alguma forma Ele utilizou para nos dar apoio, incentivo, orientação, críticas e conselhos na realização desta pesquisa .

Ao professor Nelson Maculan pela proposição do tema e orientação no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Hilton Machado pelo incentivo e pelas discussões promovidas em torno deste tema.

Ao professor Guilhermando de Fátima Oliveira , pelas discussões no tema bem como pela realização dos testes com o modelo.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pela oportunidade concedida, pela bolsa de estudos e pelo voto de confiança em mim depositado.

Aos colegas de trabalho pelo apoio, compreensão e incentivo.

Aos colegas da COPPE , pela amizade e atenção dispensada.

Resumo da Tese apresentada a COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.).

PROBLEMA DO HORÁRIO NA ESCOLA DE SEGUNDO GRAU:

MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO

Samuel Silva da Mata

Junho de 1989

Orientador: Nelson Maculan

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Esta tese analisa o problema da tabela de horário, examinando os modelos de programação matemática apresentados por CARLSON e NEMHAUSER [06] e FERLAND e ROY [12] quanto à sua aplicabilidade na escola de segundo grau. Uma implementação de caráter heurístico é apresentada e os resultados são discutidos e comparados com uma outra implementação baseada num modelo de programação linear inteira. Os principais aspectos matemáticos do problema são analisados, bem como as características particulares do modelo que, permitiram reduzir o tempo de busca da solução ótima inteira.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

**THE TIMETABLE PROBLEM IN SECONDARY SCHOOLING:
MODELING AND IMPLEMENTATION**

Samuel Silva da Mata

June, 1989

Thesis Supervisor: Nelson Maculan

Department: Systems and Computing Engineering

This thesis analyzes the timetable problem, examining the mathematical programming models as shown by CARLSON e NEMHAUSER [06] and FERLAND and ROY [12] and their applicability to secondary schooling. A heuristic character implementation is presented and findings discussed and compared with another implementation based on an entire linear programming model. The principal mathematical aspects are analyzed, together with the special characteristics of the model which permit time reduction when optimum entire solution is sought.

INDICE

CAPITULO I - O Problema do Horário: Apresentação	
e Revisão da Literatura	01
1.1 - Introdução	01
1.2 - Apresentação Informal	03
1.3 - As Diversas Abordagens do Problema	03
1.4 - O Problema da Tabela de Horário Escolar	05
1.4.1 - Descrição Fundamental do Problema	05
1.4.2 - Fatores de Variação de Enfoque	07
CAPITULO II - A tabela de Horário Escolar como um	
Problema de Programação matemática	09
II.1 - O Modelo Preliminar de Carlson e Nemhauser ...	09
II.1.1 - Introdução	09
II.1.2 - Abordagem Matemática	09
II.1.3 - Geração de Soluções Melhoradas	12
II.1.4 - Exemplo de Aplicação do algoritmo	13
II.1.5 - Conclusão	14
II.2 - Um Modelo Quadrático Abrangente	15
II.2.1 - Introdução	15
II.2.2 - Abordagem Matemática	18
II.2.3 - Abordagem por Programação Quadrática	20
II.3 - Análise de Adequabilidade dos Modelos	23
II.3.1 - Introdução	23
II.3.2 - Análise do Modelo de Carlson e Nemhauser	23
II.3.3 - Análise do Modelo de Ferland	24
II.3.4 - Exemplo Ilustrativo	26
CAPITULO III - O Problema do Horário Escolar para a	
Escola de Segundo Grau	31
III.1 - Introdução	31

III.2 - Uma Abordagem Simplificada	33
III.2.1 - Motivação	33
III.2.2 - Terminologia	34
III.3 - O Modelo Heurístico	38
III.3.1 - Apresentação	38
III.3.2 - Simulação	40
III.4 - Formulação Matemática	41
III.5 - Pré-Condicionamento	43
III.5.1 - O Problema dos Índices	43
III.5.2 - O Problema da Amplitude das Variáveis	45
III.6 - Abordagem por Programação Quadrática	46
III.7 - Linearização do Modelo	50
III.8 - Extensão do Modelo Linear	52
III.8.1 - Intervalo entre Aulas	52
III.8.2 - Aulas Múltiplas Consecutivas	53
III.8.3 - Conflito na Demanda de Recursos	55
CAPITULO IV - Implementação e Resultados	57
IV.1 - Introdução	57
IV.2 - Implementação de um Método Heurístico	57
IV.3 - Implementação do Modelo Linear	60
IV.4 - Análise dos Resultados	63
IV.4.1 - Dados Comparativos	63
IV.4.2 - Pontos a Considerar	64
IV.4.3 - Estratégia de Abordagem	66
IV.5 - Limitações	67
IV.5.1 - Limitações do Modelo Heurístico	67
IV.5.2 - Limitações do Modelo de Programação Linear ..	68
IV.6 - Particularidades do Modelo Matemático	68
CAPITULO V - Conclusões e Sugestões para Pesquisa ...	70

V.1	- Conclusões sobre os Modelos e implementações	70
V.2	- Sugestões para Pesquisa	70
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		72
ANEXO A	76
ANEXO B	83
ANEXO C	84
ANEXO D	103

Capítulo I

O Problema do Horário: Apresentação e Revisão da Literatura

1.1. Introdução

A motivação básica deste trabalho foi a busca de um modelo matemático que traduzisse a real problemática da geração do horário nas escolas de segundo grau e que respondesse, em tempo hábil, a questão da solubilidade ou não de um problema.

Muitas das proposições apresentadas na literatura para solução do problema do horário não são aplicáveis ao contexto escolar de segundo grau, por não considerarem alguns importantes fatores restritivos, ou por tratarem de um contexto completamente adverso, ou mesmo por fazerem simplificações no modelo que inviabilizam o caráter prático de sua utilização. Sob este prisma, os modelos apresentados na revisão da literatura são analisados por um aspecto muita das vezes crítico.

Embora duas implementações sejam apresentadas, a abordagem heurística tem apenas o papel comparativo nos resultados obtidos pelo modelo matemático. Isto é, a análise dos métodos e técnicas utilizados pelo modelo heurístico não é objeto desta pesquisa, investigações nesta linha são encontradas no trabalho de DRABIK [09] e referências.

O caráter prático da implementação do modelo é observado, na simplicidade e clareza do formulário de entrada de dados bem como na elaboração dos relatórios de saída. Os aspectos matemáticos do modelo são totalmente transparentes ao usuário, todavia um módulo alternativo foi desenvolvido para listagem das equações e da matriz do problema.

A abrangência do modelo foi baseado nos dados da rede de ensino da Fundação Educacional do Distrito Federal.

Neste primeiro capítulo é feita uma apresentação do problema do horário e uma referência às principais abordagens apresentadas na literatura. Em particular, são discutidas as características básicas do problema do horário escolar e os principais termos utilizados são também aqui definidos.

O capítulo II apresenta os modelos de NEMHAUSER [06] e FERLAND e ROY [12] como proposições para a solução do problema do horário escolar por programação matemática. É feita uma análise crítica destas abordagens, principalmente quanto a abrangência das restrições consideradas e da complexidade envolvida numa possível implementação. Tais considerações são apresentadas à luz de um pequeno exemplo.

No capítulo III fazemos uma apresentação do problema do horário escolar aplicado às características da rede escolar brasileira, particularmente, à de ensino de segundo grau. O caráter prático das restrições é discutido e uma formulação do problema é apresentada visando a implementação de um sistema computadorizado para tratamento do mesmo. Adicionalmente, são apresentados um modelo heurístico e um modelo matemático para tratamento do problema do horário especificamente das escolas de segundo grau.

Particularmente no modelo matemático são analisados os aspectos de pré-condicionamento das variáveis e da transformação do modelo, inicialmente quadrático, em linear. Aspectos adicionais para extensão do modelo linear são apresentados e discutidos.

No capítulo IV são apresentadas duas implementações,

uma para o modelo heurístico e outra para o modelo linear. Adicionalmente, é feita uma análise comparativa dos resultados e uma proposição algorítmica para abordagem global do problema. Os principais aspectos limitantes do trabalho são também apresentados.

O capítulo V traz as conclusões do trabalho bem como as sugestões para outras pesquisas no assunto.

1.2. Apresentação Informal

O problema do horário é um problema de atribuição em que se procura fundamentalmente gerar uma tabela de horário que atenda as imposições técnicas ou administrativas da organização e ao mesmo tempo atenda as restrições individuais dos participantes. Tais condições se verificam em uma série de situações cotidianas como :

- escala de jogos para campeonatos;
- tabela de horário escolar;
- escala de tripulação de linhas aéreas;
- escala de vôos comerciais;
- serviços de atendimento contínuo por escala (hospitais, cias. de eletricidade, telefone, etc);
- destacamento militar.

A depender das características intrínsecas do problema, haverá uma aplicação repetitiva da solução com uma ciclagem anual, mensal, semanal ou diária. Todavia, algumas situações podem apresentar um problema para ser resolvido uma única vez sem se repetir nas mesmas condições.

1.3. As Diversas Abordagens do Problema

Dado a característica combinatória do problema, o uso do computador tornou-se indispensável em qualquer

abordagem.

Os primeiros trabalhos publicados na década de 60, utilizaram a técnica de simulação do trabalho manual (insert and remove) com a utilização de funções heurísticas para determinar a direção da pesquisa na árvore de busca. Nesta linha de pesquisa se encontram os trabalhos de BRITTAN e FARLEY [05], WOOD [30] e AUST [03].

Uma abordagem não heurística do problema surgiu a partir de 1962 com GOTLIEB [15] baseada num arranjo tridimensional da matriz de requisitos do problema. A matriz de requisitos, composta de zeros e uns, indica a possibilidade ou não do encontro dos recursos. Ela deve ser "reduzida" a cada passo do algoritmo sem contudo ferir as condições de viabilidade estabelecidas. Uma "redução" consiste em transformar uns em zeros na matriz, isto é, eliminar as associações que não poderão ser estabelecidas naquela conjuntura. Vide DRABIK [09].

Baseados no enfoque de GOTLIEB [15] seguiram-se os trabalhos de DUCAN [10], LIONS [22], GRIFFITH [16] e SMITH [27] empenhados no aperfeiçoamento do método e no melhoramento dos algoritmos.

Ainda com abordagem heurística do problema do horário, temos, mais recentemente, os trabalhos de GANS [13] e GLASSEY [14]

Uma utilização do algoritmo de backtrack para a construção de tabelas de horários foi apresentada pioneiramente por JOHNSON e WOLFENDEN [19], publicada em 1968. Maiores detalhes e referências sobre este enfoque podem ser obtidos no trabalho de DRABIK [09].

SHIMIDT e STROHLEIN [26] apresentam uma bibliografia

com mais de duzentas referências sobre as publicações disponíveis até 1979 sobre o problema do horário, abrangendo os mais diferentes enfoques, dentre eles, problema de transporte tridimensional, problema de fluxos em redes, problemas de coloração de grafos e de programação matemática.

Na pesquisa operacional, a exemplo de LAWRIE [21], a técnica de branch and bound não tem tido bons resultados no tratamento do problema pelo grande número de variáveis envolvidas bem como porque as restrições de integralidade são indispensáveis. Uma abordagem menos tradicional do problema foi apresentada por ARCIRIO e SOUZA [02] baseada em programação 0-1 estocástica.

Trabalhos recentes de FERLAND e ROY [12], com enfoque de restrição por penalidade em uma função quadrática, serão aqui apresentados e discutidos.

Associando o problema da tabela de horário com o problema da coloração de grafos, EVEN, ITAI e SHAMIR [11] demonstraram em 1979 que o problema de decisão constituído pela versão mais geral do problema da tabela de horário é NP-completo. Outros trabalhos nesta linha foram desenvolvidos mais recentemente, a exemplo de MULVEY [23], CARTER [07] e WERRA [28].

1.4 O Problema da Tabela de Horário Escolar

1.4.1 Descrição Fundamental do Problema

As diversas versões do problema de horário escolar podem ser descritas informalmente como se segue. Em primeiro lugar temos os participantes, num sentido bem amplo: professores, turmas, salas, laboratórios,

equipamentos, etc.. Em segundo lugar temos os conjuntos de horas também chamados períodos. As disponibilidades enumeram para cada participante o conjunto de horas em que este participante pode ser alocado em cada uma das aulas, exames, conferências ou genericamente, eventos, nos quais ele está envolvido. Cada evento é caracterizado pela sua duração, pelo assunto e pela coleção de participantes que devem reunir-se para a sua realização.

Assim sendo, uma tabela de horário associa a cada evento o número estipulado de horas durante as quais os respectivos participantes estão disponíveis para a sua realização, de tal forma que seja satisfeito o requisito fundamental, intrínseco ao problema do horário, de que, em cada hora, cada participante esteja vinculado a não mais do que um evento.

A tabela de horário escolar em geral se refere a uma semana, sendo mantida inalterada durante todo o período letivo. Assim, considera-se que o seu ciclo é de uma semana. O número de eventos no ciclo varia com as características de cada instituição.

A construção de tabelas de horário de exames ou de palestras em conferências, em geral, visa organizá-los de modo que possam ser realizados no menor tempo possível, considerando a quantidade e a capacidade das salas e auditórios disponíveis, o espaçamento entre exames prestados por cada aluno e outros aspectos inerentes às circunstâncias.

Um outro problema importante no âmbito do horário escolar é a distribuição dos alunos de uma universidade pelas múltiplas turmas correspondentes a cada uma das

várias disciplinas em que se inscrevem em cada período letivo. Para cada disciplina são oferecidas diversas alternativas de horários, estabelecidas a priori pela administração acadêmica. Os alunos devem ser distribuídos pelas turmas levando-se em conta fatores tais como a capacidade das salas disponíveis para a realização das aulas, as preferências eventualmente expressas pelo aluno quanto ao professor que vai lecionar a matéria ou mesmo da hora do dia em que a mesma será ministrada.

1.4.2. Fatores de Variação de Enfoque

O problema da tabela de horário escolar tem a sua definição bastante diversificada de acordo com as características intrínsecas de cada instituição e o grau de abrangência do problema que se pretende resolver. Basicamente, os pontos de variação são os seguintes :

- uniformidade ou não no tempo de duração das aulas;
- número de aulas por disciplina no ciclo de repetição da tabela de horário;
- a demanda dos alunos por disciplina é pré-estabelecida ou não;
- a satisfatibilidade da solução é medida também do ponto de vista dos alunos ou só dos professores;
- pretende-se também resolver a questão da alocação adequada das salas quanto ao tipo, tamanho, etc, ou isto é resolvido à parte;
- há restrição quanto à disponibilidade de recursos materiais (salas, equipamentos, etc) ou não;

- exigência ou não de um intervalo mínimo de tempo entre a realização de duas aulas de uma mesma disciplina para uma mesma turma;
- diferenciação de custos ou não entre as aulas realizáveis por um mesmo professor;
- considerações ou não de custos provenientes da sequência de eventos. Por exemplo: custo de deslocamento do aluno ou professor, custo de realocação de equipamentos, etc.

Capítulo II

A Tabela de Horário Escolar como um Problema de Programação Matemática

II.1. O Modelo Preliminar de Carlson e Nemhauser

II.1.1. Introdução

Um modelo para o problema do horário escolar, com uma abordagem de programação quadrática, foi apresentado preliminarmente por CARLSON e NEMHAUSER [06] em 1965, o qual serviu de base para as recentes publicações de FERLAND e ROY [12].

O modelo foi desenvolvido para tratar do problema onde existam várias atividades competindo por um recurso limitado. Assume-se que cada atividade deve ser alocada a um único recurso e que existe um custo de interação quando duas atividades competem pelo mesmo recurso.

O problema foi motivado pela geração da tabela de horário na universidade, onde as atividades são as aulas a serem ministradas e os recursos são os períodos de tempo em que as aulas devem ser dadas.

II.1.2. Abordagem Matemática

Dada uma matriz quadrada de custos, $A_{m \times m}$; encontrar uma matriz $X_{m \times n}$ tal que:

(MPN)

$$\min(z) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m a_{ijk} x_{ij} x_{kj} \quad (2.1)$$

s. a

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (2.2)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \quad (2.3)$$

onde:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{- se a aula } i \text{ é atribuída ao período } j \\ 0 & \text{- caso contrário} \end{cases}$$

a_{ik} = custo das aulas i e k serem dadas simultaneamente;
 $a_{ij}=0$; m =Número de aulas; n =Número de períodos.

Considera-se no modelo que $m > n$ (para uma solução não trivial).

Teorema 2.1. Se a restrição (2.3) for trocada por $x_{ij} \geq 0$, para todo ij , e existir uma solução real ótima, então existe uma solução ótima inteira.

Demonstração: Ver CARLSON e NEMHAUSER [06]

Então o problema passou a ser:

$$\min(z) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{ik} x_{ij} x_{kj} \quad (2.1)$$

s . a

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (2.2)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \quad (2.4)$$

Teorema 2.2. As condições necessárias para que x_{ij} minimize (2.1) sujeito a (2.2) e (2.4) é que existam escalares b_i , tais que:

$$r_{ij} - b_i \geq 0 \quad \forall i,j; \quad (2.5)$$

onde:

$$r_{ij} = \sum_{k=1}^n a_{ik} x_{kj} \quad \forall i,k; \quad ;$$

$$r_{ij} = b_i \text{ quando } x_{ij} > 0 \quad \forall i,j; \quad (2.6)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i,j; \quad (2.4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i; \quad (2.2)$$

Demonstração: Estas são as condições de Kuhn-Tucker [20] tendo b_i como multiplicadores de Lagrange.

Note que, pela condição (2.6), se $x_{ip}=1$, $b_i=r_{ip}$. Então, por (2.5), é necessário para existência de um mínimo, que: $b_i = \min_j(r_{ij})$ para todo i .

Estas condições são suficientes se z for convexa ou, equivalentemente, se $A_{m \times m}$ é semidefinida positiva. Entretanto, $A_{m \times m}$ é indefinida.

Sabemos que se M é uma matriz quadrada com diagonal, $m_{ii} = 0$ tal que $m_{ij} + m_{ji} \neq 0$ para algum j , então M é indefinida.

A matriz $A_{m \times m}$ pode se tornar semidefinida positiva pela adição de uma constante suficientemente grande em toda diagonal principal. Infelizmente isto causa a falência do teorema 2.1. Todavia, isto pode ser usado para fornecer um limite inferior para o valor da solução.

Teorema 2.3. Uma condição suficiente para que uma solução que satisfaça (2.2), (2.3), (2.5) e (2.6) seja um mínimo local é que no máximo m das inequações $r_{ij} - b_i \geq 0$ sejam satisfeitas como igualdades.

Demonstração: Ver DORN, [08] teorema 2.

Como consequência do teorema 2.3 temos que, se X é viável e $x_{ip} = 1$, e $b_i = r_{ip} = \min_{j \in P} (r_{ij})$ para todo i , então X é um mínimo local.

Por outro lado, quando existem limitações por linha mínima na matriz $R = (r_{ij})$, então pode ser que não se consiga que no máximo m das equações de desigualdades sejam satisfeitas como igualdades. Neste caso, as condições necessárias são satisfeitas mas não são suficientes.

Vemos que é necessário que cada b_i corresponda ao menor r_{ij} na linha. De fato, como veremos no teorema 2.4, a soma dos multiplicadores iguala ao valor da função objetivo para a correspondente solução viável.

Teorema 2.4. Para alguma solução satisfazendo (2.2), (2.3) e (2.6) temos:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m a_{ik} x_{ij} x_{kj} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r_{ij} x_{ij} = \sum_{i=1}^m b_i$$

Demonstração: Ver CARLSON e NEMHAUSER [12], teorema 4.

Como consequência do teorema 2.4, a solução minimizante de $\sum_{i=1}^m b_i$ é uma solução ótima de z .

II.1.3. Geração de Soluções Melhoradas

Suponha que uma solução viável X tenha sido encontrada com $x_{sp} = 1$ e $b_s = r_{sp}$, mas $r_{sp} \neq \min_j(r_{sj})$. A solução não satisfaz as condições necessárias e um melhoramento deve ser feito. Um melhoramento na função objetivo pode ser feito com uma simples troca de atribuições, como veremos no teorema 2.5, o que é a base do algoritmo para um tratamento computacional.

Teorema 2.5. Uma troca de $2(r_{sq} - b_s)$ na função objetivo é o resultado de uma troca de atribuição da atividade s com o recurso p , para o recurso q .

Pelo teorema 2.5, podemos fazer um melhoramento máximo na função objetivo encontrando o $\max_j(b_i - r_{ij})$.

Se:

- O máximo é positivo e ocorre para $i=s$ e $j=q$ com $b_s = r_{sp}$, então trocaremos $x_{sp} = 1$ para $x_{sq} = 1$.
- O máximo é igual a zero e $b_i = \min_j(r_{ij})$ é único em cada linha, nenhum melhoramento pode ser feito com uma simples troca. A solução atual é um mínimo local (teorema 2.3).
- O máximo é igual a zero mas $b_i = \min_j(r_{ij})$ não é único em pelo menos uma linha. Isto é, $b_s = r_{sp}$ e $r_{sp} = r_{sq}$. Trocar $x_{sp} = 1$ para $x_{sq} = 1$ que

deve levar para (a) no próximo passo. Se um esforço tem sido feito para quebrar todas as limitações sem sucesso, podemos somente concluir que todas as soluções alcançadas correspondem a mínimos locais.

II.1.4. Exemplo de aplicação do Algoritmo

O exemplo discorre sobre todas as possíveis ocorrências no algoritmo. Uma limitação que não pode ser desfeita elimina a hipótese de mínimo global e um mínimo local é então revelado. A experiência computacional mostra que limitações inquebráveis são raras e que o mínimo global é frequentemente obtido.

Seja a matriz de custo $A =$

0	0	2	4	3
0	0	6	2	3
2	6	0	5	3
4	2	5	0	3
3	3	3	3	0

e $n = 3$. Uma possível solução viável com a correspondente matriz R é :

$X =$	1	0	0			
	1	0	0			
	0	1	0	$R =$	0*	6
	0	1	0		0*	8
	0	0	1		8	5*
					6	5*
					6	6
						0*

onde $r_{ij} = \sum_{k=1}^m a_{ik} x_{kj} \quad \forall i, j$ (Teorema 2.2)

Por exemplo:

$$r_{31} = a_{31} x_{11} + a_{32} x_{21} + a_{33} x_{31} + a_{34} x_{41} + a_{35} x_{51} \\ = 2 * 1 + 6 * 1 + 0 * 0 + 5 * 0 + 3 * 0 = 8$$

As marcas (*) identificam os r_{ij} correspondentes aos $x_{ij}=1$ que, pelo teorema 2.2, são os b_i . Assim sendo, pelo teorema 2.4 temos que :

$$z = \sum_{i=1}^m b_i = 10$$

O $\max_{ij} (b_i - r_{ij}) = (b_3 - r_{33}) = (b_4 - r_{43}) = 2$ indica, pelo teorema 2.5,

que temos duas alternativas de melhora da função objetivo por mudança de atribuição em X (caso a)

Escolhendo arbitrariamente, entre as duas opções, a linha 4 para fazer a troca, temos:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{ccc}
 1 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 1 \\
 0 & 0 & 1
 \end{array}
 & X = &
 \begin{array}{ccc}
 0* & 2 & 7 \\
 0* & 6 & 5 \\
 8 & 0* & 8 \\
 6 & 5 & 3* \\
 6 & 3 & 3*
 \end{array}
 & z = 6
 \end{array}$$

O $\max_{i,j}(b_i - r_{ij}) = (b_5 - r_{52}) = 0$ indica que uma nova tentativa de melhora da função objetivo não surtirá efeito (caso b), como veremos:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{ccc}
 1 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 1 \\
 0 & 1 & 0
 \end{array}
 & X = &
 \begin{array}{ccc}
 0* & 5 & 4 \\
 0* & 9 & 2 \\
 8 & 3* & 5 \\
 6 & 8 & 0* \\
 6 & 3* & 3
 \end{array}
 \end{array}$$

Como $z=6$, não foi possível melhorar a função objetivo. O algoritmo termina.

Verifica-se, por inspeção que, para este pequeno exemplo, as duas soluções acima são mínimos globais.

Um mínimo local que não é um mínimo global pode ocorrer, como é ilustrado a seguir:

Consideramos a seguinte solução viável inicial para o problema acima:

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{ccc}
 0 & 1 & 0 \\
 1 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 \\
 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1
 \end{array}
 & X = &
 \begin{array}{ccc}
 4 & 2* & 3 \\
 2* & 6 & 3 \\
 11 & 2* & 3 \\
 2* & 9 & 3 \\
 6 & 6 & 0*
 \end{array}
 \end{array}$$

Como $b_i = \min_j(r_{ij}) \quad \forall i$, é único em cada linha, então trata-se de um mínimo local com $z=8$ (teorema 2.4). Todavia, a solução ótima do problema é $z=6$ como já vimos anteriormente.

II.1.5. Conclusão

É possível modificar o algoritmo para que após esgotar

a pesquisa com remanejamentos simples, remanejamentos duplos sejam considerados, entretanto o algoritmo se torna bem mais complicado. Igualmente, depois de esgotados os remanejamentos duplos não se pode concluir ainda que o mínimo local é um mínimo global e triplos remanejamentos podem ser requeridos. Se serve de consolo, não mais que n remanejamentos simultâneos serão requeridos.

Embora seja difícil encontrar um mínimo global, é fácil identificar um mínimo local usando o algoritmo acima. O problema de identificar um ótimo global entre múltiplos ótimos locais ainda não tem sido satisfatoriamente resolvido (1965). Partir de várias soluções iniciais gerando diferentes ótimos locais pelo algoritmo acima, pode ser um método para se obter uma boa solução, mas não necessariamente a melhor (ótimo global).

II.2. Um Modelo Quadrático Abrangente

II.2.1. Introdução

Uma abordagem matemática mais ampla e mais recente do problema da tabela de horário foi apresentada por FERLAND e ROY [12] em 1983, baseada nas necessidades da Universidade de Montreal, Canadá.

A abordagem divide o problema em dois subproblemas a serem resolvidos sequencialmente. Ambos os subproblemas possuem a mesma estrutura, a qual consiste de um problema de atribuição 0-1 para atividades em conflito na demanda de recursos. O método solução é uma relaxação do equivalente problema de programação quadrática 0-1 que é apresentado como uma extensão do modelo preliminar de CARLSON e NEMHAUSER [06].

Nesta seção faremos uma discussão detalhada do modelo de FERLAND e ROY [12]. Para isto, apresentaremos agora os principais conceitos utilizados por ele, que têm, muitas das vezes, um significado diferente em outros contextos. Uma disciplina envolve um determinado número de sessões de aula na semana que não são obrigatoriamente uniformes, isto é, uma aula pode durar três horas e outra apenas uma hora. Chamemos de **período** o tempo de duração da mais longa das aulas e **F** o número de vezes que o período é maior que a menor das aulas. Assim sendo, podemos definir tantos períodos quantos forem as possíveis sessões de aula com diferenciação de tempo. Por exemplo: seja a sessão mínima de aula com duração de uma hora e a sessão máxima de aula com duração de três horas e que o expediente para aulas dure de 8 às 18 horas. Assim sendo teremos dez possíveis períodos no dia com tamanho de três horas e $F = 3$ como exemplificado abaixo:

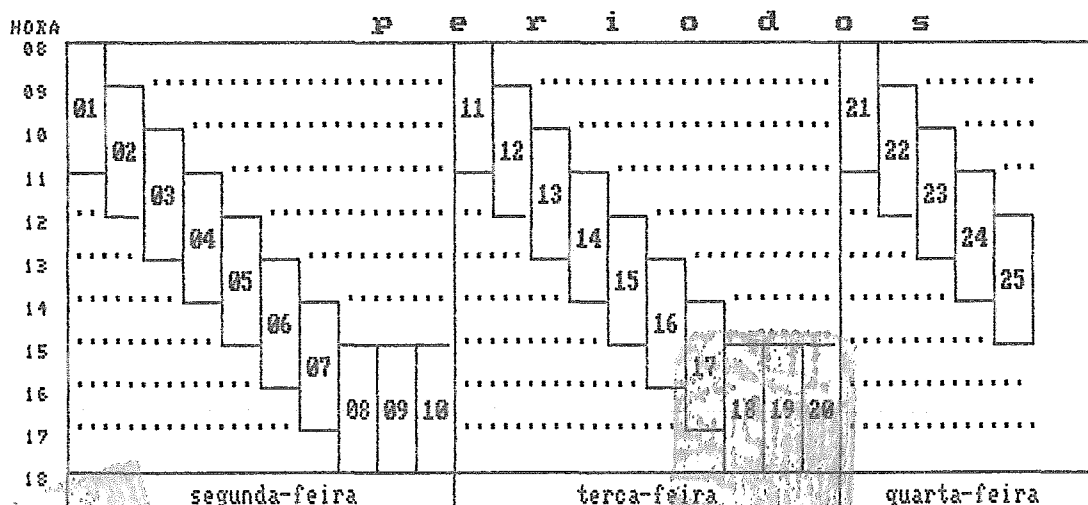


Figura 2.1.

Para $F=3$, podemos ter até três sessões de aula, sem sobreposição de tempo, no intervalo de 15 às 18 horas, por isso temos três períodos distintos iniciando às 15 horas.

Consideramos agora o conceito de conflito. Duas aulas estão em conflito se há entre elas sobreposição de horário e possuem alunos em comum ou demandem algum recurso em comum, tais como professor, sala de aula, equipamentos, etc. Observe que o fato de haver sobreposição de tempo nos períodos atribuídos a duas aulas não implica que estas sessões de aula estejam com sobreposição de tempo. Por outro lado, o fato de em duas sessões de aula haver sobreposição de tempo não implica em conflito, uma vez que os recursos demandados e alunos podem ser distintos.

Considera-se também, que duas aulas estão em conflito quando não há tempo suficiente entre elas para o deslocamento dos alunos de uma sala para outra.

O primeiro subproblema da abordagem de FERLAND e ROY [12] consiste em construir uma tabela de horário, atribuindo um período à cada sessão de aula, de forma a minimizar o número de conflitos gerados e ao mesmo tempo atender as preferências dos professores tanto quanto possível. Construída a tabela de horário, o segundo subproblema é acionado para fazer a alocação adequada das salas de aulas à cada uma das sessões de aulas estabelecidas, atendendo aos seus respectivos requerimentos de tamanho, equipamento, etc.

Se em algum período a demanda de um tipo de sala de aula for maior que a disponibilidade, então uma situação de conflito de alocação é detectada. Neste caso, o primeiro subproblema é resolvido novamente com informações adicionais sobre conflitos gerados na segunda fase. O procedimento se repete até que uma atribuição de salas de aula adequada seja estabelecida.

II.2.2. Abordagem Matemática

Para cada aula i e período j ; $1 \leq i \leq n$, $1 \leq j \leq m$, define-se a variável x_{ij} , onde:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se a aula } i \text{ é atribuída ao período } j \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

O custo de se atribuir a aula i ao período j , definido pelo símbolo c_{ij} , é definido pelo professor da disciplina i estabelecendo a ordem de suas preferências e disponibilidades, sendo:

$$c_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{(mais alta preferência)} \\ 2 \\ 3 \\ M = n \times m + 1 & \text{(indisponibilidade)} \end{cases}$$

O modelo matemático pode agora ser especificado:

(AP)

$$\min(z) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (2.7)$$

s.a

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2.8)$$

$$x_{ij} + x_{kg} \leq 1 \quad g \in W_{ijk} \quad k > i; (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (2.9)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (2.10)$$

onde W_{ijk} é o conjunto dos períodos nos quais, se a aula k for dada, criará conflito com a aula i ministrada no período j .

Observe que a equação (2.8) garante que haverá uma única aula por disciplina no ciclo. A equação (2.9) garante que se $g \in W_{ijk}$, no máximo um dos eventos x_{ij} ou x_{kg} irá ocorrer.

Resolvido o problema da tabela de horário, passa-se então para o problema da locação ótima das salas de aula.

Seja:

$$y_{ir} = \begin{cases} 1 & \text{- se a aula } i \text{ é atribuída a sala } r \\ 0 & \text{- caso contrário} \end{cases} \\ (i=1,2,\dots,n \quad ; \quad r=1,2,\dots,s) \quad ;$$

onde s é o número total de salas disponíveis.

Seja d_{ir} é o custo da atribuição da aula i para a sala r , o qual pode ser especificado como se segue:

$$d_{ir} = \begin{cases} - & \text{número de assentos vazios se a aula } i \\ & \text{for dada na sala } r. \\ n+T+1 & \text{se a aula } i \text{ possui mais alunos} \\ & \text{que a capacidade da sala } r. \end{cases} \\ (i=1,2,\dots,n \quad ; \quad r=1,2,\dots,s) \quad ;$$

onde T é maior que o número de assentos da maior sala de aula, então temos:

(AC)

$$\min(z) = \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^s d_{ir} y_{ir} \quad (2.11)$$

s.a

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} = 1 \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2.12)$$

$$y_{ir} + y_{kr} \leq 1 \quad k \in R_i, \quad k > i; \quad (i=1,2,\dots,n; r=1,2,\dots,s) \quad (2.13)$$

$$y_{ir} \in \{0,1\} \quad (i=1,2,\dots,n; r=1,2,\dots,s) \quad (2.14)$$

onde R_i é o conjunto de todas as aulas que demandam a mesma sala que a aula i , e cujo os períodos fazem uma sobreposição de horário.

A equação (2.12) garante que cada aula ocupa uma única sala. A equação (2.14) garante que no máximo uma entre duas aulas em conflito de alocação de sala será realizada.

Ambos os problemas, (AP) e (AC), têm a mesma estrutura, portanto um mesmo algoritmo pode ser usado na resolução dos mesmos. A abordagem global é a seguinte:

1 - Resolve-se o problema (AP) de atribuição dos períodos

gerando-se uma tabela de horários.

- 2 - Para a tabela de horário constituída no passo 1 tenta-se resolver o problema de atribuição de salas (AC). Se achar uma solução, pare; caso contrário, os parâmetros do problema (AP) são modificados convenientemente e volta-se ao passo 1.

II.2.3. Abordagem por Programação Quadrática

Pelo grande número de restrições que podem ser geradas pelos conjuntos W_{ijk} em (AP) ou pelo conjunto R_i em (AC) pode ser vantajoso incluir estas restrições na função objetivo via uma abordagem de penalidade, obtendo o seguinte modelo:

$$(QP) \quad \min(z) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |c_{ij} x_{ij} + (1/2) \sum_{k=1}^n \sum_{g=1}^m P_{ijk g} x_{ij} x_{kg}| \quad (2.15)$$

s.a

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2.16)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (2.17)$$

onde:

$$P_{ijk g}^{(x)} = \begin{cases} T=(n \times m + 1) \times n + 1 & \text{se a atribuição do período } g \\ & \text{para a disciplina } k \text{ gera conflito com a} \\ & \text{atribuição do período } j \text{ para a disciplina } i. \\ \\ & \text{O caso contrário.} \end{cases}$$

Observe que (AP) e (QP) são equivalentes e que, se (AP) é viável, então (AP) e (QP) tem o mesmo conjunto de soluções ótimas. Idêntica transformação de equivalência é feita em (AC) para (QC).

(*) Note a correspondência entre $P_{ijk g}$ e W_{ijk} . W_{ijk} era um conjunto de variáveis booleanas que indicava em quais períodos a atividade k geraria conflito com a atividade i no período j . Por outro lado, $P_{ijk g}$ é uma variável também booleana que assume o valor T para cada período g em que a atividade k é conflitante com a atividade i no período j .

Considerando que o problema (QP) é uma correta extensão do problema proposto por CARLSON e NEMHAUSER [06] alguns resultados estendidos são apresentados, mas suas provas se acham nos trabalhos de FERLAND e ROY [12] e referências.

Um primeiro resultado indica que a restrição de integralidade de x_{ij} em (QP) pode ser relaxada.

Teorema 2.6. Suponha que as restrições de integralidade $x_{ij}=0$ ou 1 são trocadas por $x_{ij} \geq 0$ gerando a versão relaxada do problema (QP), (RQP). Existe uma solução ótima X^* para (RQP) tal que as restrições de integralidade $X^*_{ij}=0$ ou 1 são satisfeitas para todo ij .

Para analisar as condições de otimalidade de (RQP), usemos as condições Kuhn-Tucker [20]:

$$c_{ij} + \sum_{k=1}^n \sum_{g=1}^m P_{ijk} x_{kg} - b_i \geq 0 \quad \forall ij;$$

$$x_{ij} | c_{ij} + \sum_{k=1}^n \sum_{g=1}^m P_{ijk} x_{kg} - b_i | = 0 \quad \forall ij;$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$$

Seja, para facilitar a notação:

$$r_{ij} = \sum_{k=1}^n \sum_{g=1}^m P_{ijk} \quad \forall ij;$$

Estas condições são necessárias mas não são suficientes pois a função objetivo não é convexa. Felizmente é possível derivar condições adicionais para um vetor X satisfazendo as condições de Kuhn-Tucker [20] afim de se obter um mínimo local para (RQP).

Teorema 2.7. se $X \in H_1 \times H_n$ e $b \in H_n$ satisfazendo as condições de Kuhn-Tucker [20] para o

problema (RQP), e se no máximo n das desigualdades $r_{ij} - b_i \geq 0$ possam ser mantidas como igualdades então X é um mínimo local para (RQP).

Disto segue que se X é uma solução viável para (RQP) tal que para todo $1 \leq i \leq n$, exista um índice j' tal que: $b_i = r_{ij'} < r_{ij}$; $1 \leq j \leq m$; $j \neq j'$ e $x_{ij'} = 1$, então X é um mínimo local para (RQP).

Teorema 2.8 Seja x uma solução viável para (RQP) tal que a atividade i seja assinalada para o recurso j' (isto é $x_{ij'} = 1$). Se em vez disto a atividade i for assinalada para o recurso j , a modificação introduzida na função objetivo é igual a $(r_{ij} - r_{ij'})$.

Disto segue que se a atividade i está atribuída ao recurso j' mas $r_{ij'} > \min(r_{ij})$, então a função objetivo pode ser reduzida pela reatribuição da atividade i . Esta operação é denominada no algoritmo como um remanejamento simples.

Uma vez que a função objetivo não puder ser mais melhorada com remanejamentos simples então o algoritmo executa remanejamentos duplos onde as atribuições de duas atividades são modificadas simultaneamente.

Um esboço do algoritmo é agora apresentado:

Passo 0 - Determine uma solução viável para (RQP)

Passo 1 - Melhore a função objetivo com remanejamentos simples

Passo 2 - Melhore a função objetivo com remanejamentos duplos

Passo 3 - Se a solução é um mínimo local, então fim.

Passo 4 - execute remanejamento simples sem melhoramento na função objetivo. Se for possível melhorar a

função objetivo então volte ao passo 1 ou 2. Caso contrário, fim.

Maiores detalhes sobre implementação, fundamentação teórica do modelo e resultados obtidos são encontrado no trabalho de FERLAND e ROY [12] e referências.

II.3. Análise de Adequabilidade dos Modelos

II.3.1. Introdução

A maior dificuldade de uma abordagem de programação matemática para modelagem do problema do horário é que ela ou não traduzirá devidamente a realidade representada ou apresentará um número exacerbado de variáveis e restrições que inviabiliza o caráter prático de uma implementação. Sob este prisma, faremos agora uma análise crítica dos modelos de CARLSON e NEMHAUSER [06] e o de FERLAND e ROY [12], já apresentados neste capítulo.

Em primeiro lugar, as abordagens quadráticas apresentadas, permitem a geração de soluções ótimas do ponto de vista matemático, mas que podem ser inviáveis na sua implementação, por trazerem consigo custos inaceitáveis pelo usuário. Tal fato se verifica porque o ferimento de restrições, que implicaria em inviabilidade numa abordagem linear, é agora aceito no modelo apenas como uma penalização da função objetivo. Em segundo lugar, as equações (2.2) e (2.8) não tem sentido prático, pelo menos no contexto do horário escolar brasileiro, uma vez que aqui as aulas se repetem pelo menos uma vez no ciclo.

II.3.2. Análise do Modelo de Carlson e Nemhauser

Observa-se no modelo de CARLSON e NEMHAUSER [06] que se considerou apenas o custo de eventos simultâneos, isto

é, que podem demandar algum recurso em comum. Nenhuma referência é feita quanto as impossibilidades ou preferências de professores e alunos bem como à alocação adequada das salas de aulas.

Pela simplificação do modelo quanto aos aspectos acima referidos bem quanto ao número de aulas no ciclo e a uniformidade no tempo de duração das aulas esta abordagem não tem uma utilização prática, pelo menos no contexto da geração de horário escolar.

II.3.3. Análise do Modelo de Ferland

O modelo de FERLAND e ROY [12], bem mais recente e mais completo que o de CARLSON e NEMHAUSER [06], apresenta uma discussão ampla sobre a variedade de condições a serem consideradas na geração de uma tabela de horário escolar para uma universidade. Todavia, alguns aspectos devem ser considerados quando se tem em vista a utilização prática do modelo.

Em primeiro lugar, a unicidade de aula no ciclo por disciplina é um fator extremamente limitante. Regra geral, as disciplinas no Brasil utilizam uma a duas repetições.

O custo da alocação de uma aula a um período é medido em termos das preferências do professor que a ministra. Todavia, no contexto universitário onde geralmente se procura conhecer a demanda de alunos por disciplina e períodos, é conveniente que se considere um componente de custo que meça também a preferência dos alunos que cursarão a disciplina pelo horário da sua realização.

O custo de alocação de uma sala de aula, equação (2.13), e a definição de conflito levam em consideração o

número de alunos e assentos disponíveis. Entretanto, não foi considerada a quantidade disponível deste recurso por tipo (laboratórios, anfiteatros, etc). Em outras palavras, falta uma dimensão na variável que qualifique o tipo de recurso demandado pela disciplina e, da mesma forma, falta restrições que limitem a alocação de cada um destes recursos à suas disponibilidades.

A definição de período, como o tempo de duração da mais longa das aulas, implica primeiramente na indeterminação do horário exato de realização daquelas aulas que não ocupam todo o período, o que na prática é a maioria delas. Tal fato implica na impossibilidade de determinar se haverá ou não conflito na alocação de duas ou mais destas aulas em períodos que se sobrepõem. De fato, a geração ou não de conflito na alocação de uma aula estará condicionada à real localização das aulas alocadas anteriormente. Assim sendo, não há como definir a priori, como estabelece o modelo, se estes eventos irão ou não produzir conflitos na sua realização.

A alta taxa de sobreposição entre os períodos (ver figura 2.1) aumenta demasiadamente o número de possíveis períodos em conflitos para cada par de aulas analisado. Alia-se a isto o fato de que, para se determinar a existência ou não de conflitos, múltiplos aspectos têm de ser analisados, tais como alunos em comum, equipamentos demandados, tipo de sala utilizada, etc. Considerando o volume de dados envolvidos e todas as possíveis combinações de eventos, a análise preliminar da geração de conflito se torna inviável na prática. Demonstraremos tal fato num exemplo com dados hipotéticos que se segue.

II.3.4 Exemplo Ilustrativo

Consideremos, para efeito de análise da abordagem de FERLAND e ROY [12], uma escola hipotética com os seguintes dados : 8 disciplinas, 3 linhas de pesquisa, 6 professores e ciclo de dois dias, estabelecidos da seguinte forma:

Disciplinas	Linha	Professor	Tipo de sala	Duração (horas)
D1	01	P1	T1	2
D2	01	P2	T1	2
D3	01	P3	T2	1
D4	02	P1	T3	2
D5	02	P4	T2	2
D6	02	P5	T1	2
D7	03	P6	T2	1
D8	03	P4	T3	1

Tabela 2.1

Suponha, para compatibilidade com a especificação do modelo, só haver uma sala disponível de cada tipo.

Pela definição do modelo, haverá conflito em (AP) quando as disciplinas forem ministradas com sobreposição de horário, e:

- forem da mesma linha (alunos comuns), ou
- forem dados pelo mesmo professor, ou
- ocuparem o mesmo tipo de sala

Como o ciclo é de dois dias e $F=2$ (maior aula) temos vinte períodos assim definidos:

FAÇA para i variando de 1 até 8

FAÇA para j variando de 1 até 20

FAÇA para k variando de 1 até 8

FAÇA para p variando de 1 até 20

SE aula(i,j) sobrepõe aula(k,p)

SE professor(aula(i,j)) = professor(aula(k,p)) => p ∈ a W_{ijk}

SE linha(aula(i,j)) = linha(aula(k,p)) => p ∈ a W_{ijk}

SE sala(aula(i,j)) = sala(aula(k,p)) => p ∈ a W_{ijk}

FIMSE

FIMFAÇA

FIMFAÇA

FIMFAÇA

FIMFAÇA

Seja G o número de conjuntos gerados por W_{ijk} , então G é definido pela seguinte expressão: Número de disciplinas * Número de períodos * Número de disciplinas com número de ordem superior ao da disciplina do primeiro termo. Ou seja, $G = i * j * i / 2$. Lembremos de que F representa a proporção de tempo entre a duração da maior das aulas em relação a menor delas (Seção 11.2.1). Assim sendo, tendo uma aula fixada, a alocação de uma outra implicará na análise de conflito para $F + 1$ períodos (exceto nos extremos). Por exemplo: se na ilustração da figura 2.3 uma aula i está fixada no segundo período, então a alocação de uma outra aula k poderá gerar conflito com i se for alocada nos períodos 1, 2 ou 3. Seja f o número de fatores considerados quanto a geração ou não de conflitos. No exemplo 2.1 temos $f = 4$ (linha de pesquisa, professor da disciplina, tipo de sala, tempo de duração da aula).

Das definições acima, podemos observar que o número

de considerações a serem feitas na determinação dos elementos dos conjuntos W_{ijk} é aproximadamente igual a $6 \times (F+1) \times f$. No exemplo 2.1, muito aquém da realidade, isto representa cerca de 7.680 análises. Em uma faculdade oferecendo 100 disciplinas, com um ciclo semanal diurno (50 períodos) e com o fator de proporção entre aulas $F = 3$, teremos 250.000 conjuntos W_{ijk} e faríamos cerca de 5.000.000 de análises.

Se a matriz de conflitos puder ser gerada e modificada pelo sistema em tempo de execução do algoritmo, então o problema da existência ou não de sobreposição de horário na alocação de uma aula estará resolvido. Neste caso, tabelas têm de ser construídas, pesquisadas e alteradas eficientemente de forma que o algoritmo possa identificar rapidamente a geração ou não de conflito para cada um dos múltiplos fatores considerados. Porém, como a cada mudança de atribuição alteram-se também as relações de dependências, a convergência do algoritmo estará seriamente comprometida.

Consideremos agora, apenas para efeito de clareza da abordagem, uma matriz de custos ou prioridades relacionada com o exemplo hipotético da Tabela 2.1

DISCIPLINAS	p e r i o d o s																			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D1	M	2	3	3	2	M	M	M	M	M	2	M	2	1	2	3	M	3	2	M
D2	M	3	2	1	2	3	M	M	2	3	M	2	3	M	3	M	M	M	M	3
D3	M	2	M	M	M	2	3	2	3	M	2	3	3	1	2	M	M	2	M	M
D4	2	M	M	1	M	1	M	M	3	2	M	M	M	2	1	M	3	M	M	3
D5	3	3	2	1	M	2	M	2	2	M	3	3	1	M	2	2	3	M	M	2
D6	M	2	1	1	M	3	3	2	M	3	M	M	2	1	1	3	2	M	2	3
D7	M	1	3	M	2	M	M	2	M	M	2	M	3	2	M	2	3	3	M	2
D8	3	M	M	2	3	1	M	3	M	M	3	3	3	3	M	3	M	2	M	M
	primeiro dia										segundo dia									

Tabela 2.2

Fazendo uma análise manual dos conflitos e preferências podemos, neste exemplo, gerar uma matriz de atribuição $X = (x_{ij})$ do tipo:

DISCIPLINAS	P e r i o d o s																				Σ	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
D2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
D3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
D4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
D5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
D6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
D7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
D8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tabela 2.3

Como uma solução viável do problema proposto.

Capítulo III

O Problema do Horário Escolar para a Escola de Segundo Grau

III.1. Introdução

O problema do horário escolar na rede de ensino de segundo grau bem como em um grande número de estabelecimentos de ensino superior apresenta um conjunto de características que o diferencia substancialmente do contexto universitário convencional. Por outro lado, na rede de ensino de primeiro grau o problema da tabela de horário é praticamente inexistente, uma vez que, geralmente um único professor leciona todas as disciplinas para uma única turma.

Particularmente, para a problemática do horário na escola secundária em outros países alguns trabalhos foram apresentados a partir da década de 60, os quais são relacionados na vasta bibliografia do trabalho de STROHLEIN [26]. Um trabalho mais recente e com uma abordagem heurística detalhada foi publicado em 1981 por GANS [13] sobre o problema do horário na escola secundária de Netherland, Holanda.

As características básicas do problema da tabela de horário no ensino de segundo grau são:

- ciclo de aplicação da tabela de horário semanal;
- a carga diária de aulas se resume a um expediente de quatro a cinco horas de duração;
- a cada professor é associado primariamente um conjunto de pares ordenados estabelecendo as relações de disciplinas e turmas às quais ele lecionará;
- a cada conjunto disciplina-turma está associada uma carga horária semanal bem como um número mínimo e um

número máximo de sessões de aulas pelas quais a carga horária deve ser distribuída;

- a cada turma está associada um conjunto de alunos (pré-fixação da demanda) e um espaço físico definido (salas de aula);
- algumas sessões de aulas podem demandar um ou mais recursos externos (laboratórios, projetor de slides, etc.) para as quais podem haver situações de conflito, as quais devem ser eliminadas;
- algumas atividades, como palestras e educação física, exigem para a sua realização que um conjunto definido de turmas esteja com a mesma disciplina alocada simultaneamente;
- cada disciplina, deve permitir ou não a realização de sessões de aulas disjuntas, isto é, duas aulas da mesma disciplina ocorrendo no mesmo dia para a mesma turma, porém com intervalo de tempo entre elas;
- cada disciplina, deve estabelecer o número desejado de ocorrências de duas ou mais sessões de aulas consecutivas (aulas duplas, triplas, etc);
- geralmente se trabalha com turmas com carga horária completa, isto é, não há ocorrência de períodos sem alocação de aula. Todavia, algumas situações administrativas fazem com que turmas fiquem com carga horária incompleta, nestes casos, geralmente se deseja que os períodos vagos ocorram nos extremos do expediente;
- algumas sessões de aula, por razões técnicas ou administrativas, exigem que a sua realização ocorra em um período ou faixa de períodos definida. Por exemplo,

exige-se que a aula de educação física ocorra nos dois últimos tempos da segunda, quarta ou sexta-feira;

- geralmente, exige-se que professores de disciplinas afins tenham um dia comum de não-alocação de aulas para efeito de reuniões de planejamento disciplinar (reunião de coordenação);
- normalmente, os professores de disciplinas com baixa carga horária semanal são alocados a mais de um programa de cursos diferentes para complemento da carga horária contratual. Em se tratando de tabelas de horário independentes, as informações de não disponibilidade do professor devem ser trocadas entre eles;
- geralmente, deseja-se respeitar ao máximo possível as preferências dos professores quanto à forma de distribuição da sua carga horária estabelecida.

III.2. Uma Abordagem Simplificada

III.2.1. Motivação

Entre a instalação de uma solução eficiente do problema do horário no contexto de segundo grau e a implementação de uma solução muita das vezes inadequada, existe uma série de fatores a serem considerados, entre eles temos:

- o tempo de geração de uma solução mais eficiente;
- disponibilidade de computadores e modelos simples e eficientes para tratamento do problema; e
- o problema de responder se existe ou não uma solução que atenda a um conjunto determinado de restrições.

Da imposição de uma tabela de horário escolar inadequada decorre a insatisfação do corpo docente, a má distribuição da carga horária de determinadas disciplinas e

custos desnecessários pela contratação excessiva de professores. Além disto, determinadas situações, como a substituição de um professor, exigem que uma reconfiguração da tabela de horário seja feita, em tempo hábil, pela alteração do conjunto de restrições básicas do problema.

Dado aos fatores relacionados acima, uma formulação do problema é agora apresentada de forma a permitir a construção de um sistema de informação que faça a captação eficiente do conjunto de restrições da escola e ao mesmo tempo seja claro, simples e de fácil interação com o usuário.

III.2.2. Terminologia

As diversas abordagens e publicações tem dado ao problema do horário uma terminologia diversificada e às vezes com sentido ambíguo entre si. Para efeito de clareza na interpretação, apresentaremos agora alguns conceitos que serão utilizados no decorrer do trabalho e que ao mesmo tempo estabelecem uma representação para uma definição da entrada de dados (Anexo A).

Primeiramente, salientamos que o conceito de período, discutido anteriormente no capítulo II, é aqui substituído pelo termo horário ou tempo, para efeito de padronização com a expressão usual nas escolas brasileiras. Assim sendo, um horário ou tempo significa o espaço de tempo que perdura uma sessão de aula.

Em segundo lugar, o termo "aula" traz em si também a idéia da unidade de tempo. Isto é, não se concebe aqui a existência de uma aula com duas unidades de tempo de duração, mas sim de duas aulas conjuntas, ou aula dupla, com uma unidade de tempo de duração para cada uma delas.

A constante NP indica o número de professores a serem considerados como participantes da tabela de horário do turno em questão. Lembremo-nos que geralmente o problema do horário no contexto de segundo grau envolve apenas um turno ou expediente.

A constante NT indica o número de turmas a serem consideradas na tabela de horário.

A cada turma está associada um "label" de dois caracteres que a identifica. Exemplos: 1A, 3B, etc.

Chamemos de FB; folga básica, um vetor que relaciona a cada professor o dia de sua coordenação, ou seja, o dia em que ele não ministrará aulas para efeito de programação conjunta da disciplina. (Ver item III.1). Da mesma forma FS é um vetor que a cada professor relaciona um outro dia de não alocação de aulas, caso assim o deseje.

A folga básica deve ser utilizada para fixação dos dias de coordenação, ou para garantir a não alocação de aulas, em um determinado dia da semana, para o respectivo professor. Este último caso se aplica, por exemplo, aos professores que lecionam em mais de um colégio.

A folga suplementar funciona como uma complementação da folga básica, e/ou como a representação da necessidade de uma folga sem a pré-definição do dia da semana.

Uma matriz CH, vincula a cada turma uma carga horária semanal obrigatória por disciplina.

Um conjunto de restrições complementares, RC são "strings" que vinculam individualmente a cada professor uma restrição para uma específica unidade de tempo na qual se pretende prefixar uma aula, ou uma "folga" (não-alocação de

aula), ou mesmo cancelar o efeito de uma restrição global do tipo FB ou FS. Por exemplo: P01SEG1HFF significa que o professor P01 na segunda-feira no primeiro horário ou tempo estará de folga. Da mesma sorte, temos P03QUA5H3B para dizer que o professor P03, na quarta-feira no quinto tempo estará ministrando obrigatoriamente uma aula para a turma 3B e, P04TER2HCF implica no cancelamento do efeito de uma folga diária (FB ou FS) do professor P04 na terça-feira, no segundo horário.

As restrições complementares visam atender as necessidades específicas de cada professor ou turma para um horário e dia da semana determinado, por exemplo: se o professor P04 não pode dar aula no primeiro horário das quartas-feiras, preenche-se: P04QUAIHFF (professor P04 nas quartas-feiras no primeiro horário estará de folga). Tal exemplo se ajusta ao horário de um professor de educação física do turno vespertino por achar que, no primeiro horário, os alunos ainda não fizeram a digestão do almoço.

Um professor lecionando em dois colégios pode ter que pré-fixar as suas aulas (poderia ,alternativamente, pré-fixar as folgas); por exemplo: P03SEG3H2A (o professor P03 nas segundas-feiras no terceiro horário dará aula para a turma 2A). Em um dia de folga básica ou suplementar (pré-fixado), pode-se querer permitir ao sistema, alocar uma aula a uma turma qualquer, por exemplo: se a terça-feira for folga básica do professor P08, tem-se: P08TER3HCF (cancele a folga do professor P08 nas terças-feiras no terceiro horário, isto é, pode-se alocar aula nas terças-feiras no terceiro horário).

Adicionalmente, chamamos DU a matriz que vincula a

cada professor o número máximo de aulas duplas desejado por turma.

Entende-se por aula dupla a realização de duas sessões de aulas consecutivas e no mesmo dia. Da mesma forma a matriz LI e a matriz DI vinculam, a cada par professor-turma, o limite máximo de aulas diário e a permissão ou não da formação de aulas disjuntas, respectivamente. Entende-se por aulas disjuntas a ocorrência em um mesmo dia de duas aulas, de um mesmo professor, para uma mesma turma, e separadas por pelos menos um intervalo de tempo.

A combinação das diferentes formas de restrições permite ao usuário adequar o seu horário às mais diversas situações. Além disso, algumas situações que não podem ser previstas diretamente pelo sistema, podem ser contornadas pela criatividade do usuário, por exemplo: se as turmas 3A e 3B devem ser agrupadas para aulas de educação física ou laboratório nas sextas-feiras no quinto horário. Tal restrição não pode ser feita diretamente por restrição complementar do tipo P04SEX5H3A e P04SEX5H3B, isto é, o professor P04 não pode estar fisicamente alocado a duas turmas diferentes no mesmo instante e, não há como indicar ao sistema que, neste caso, o espaço físico é único. Esta situação pode ser resolvida acrescentando aos dados um professor a mais, por exemplo: P09, que na verdade é o mesmo professor de educação física. Sendo assim teremos: P04SEX5H3A e P09SEX5H3B.

Para as turmas de carga horária incompleta, pode-se desejar que as "janelas" ocorram no último horário sem se fixar o dia. Neste caso, completa-se a carga horária com

um pseudo-professor, para o qual não se permitirá aulas que não estejam no último horário, através de folga básica ou suplementar e restrições complementares.

Como a cada professor está associado um label, por exemplo: P01, foi acrescentado às constantes definidas, uma matriz de identificação ID, a qual associa a cada label, o nome, matrícula, disciplina e carga horária contratual do professor.

Para cada horário ou tempo e para cada professor está associado um custo que mede a preferência do professor pela realização das suas aulas naquele horário.

Preferencialmente, e para diminuir o risco de inviabilidade do problema, as preferências devem ser apresentadas como diferenciação dos custos e as restrições do tipo FB, FS, RC só serem utilizadas para expressar condições indispensáveis para a implantação de uma provável solução.

III.3. O Modelo Heurístico

III.3.1. Apresentação

A maioria das aplicações práticas de modelos que eventualmente se encontram em uso se baseia em modelos heurísticos. Tal fato se deve, principalmente, ao grande número de restrições e variáveis envolvidas que faz com que as abordagens mais exatas como programação linear inteira, problema de transporte e problema de fluxos em redes, tenham na sua maioria uma implementação impraticável.

A presente abordagem, como muitas outras, ver STROHLEIN [26] e GANS [13], simula a realização do trabalho manualmente executado. Em um conjunto de tabelas, o algoritmo trabalha na inserção e remoção de atribuições de

recursos (backtracking), orientado por funções heurísticas de avaliação, procurando identificar e podar caminhos inviáveis de atribuição bem como identificar e dirigir o sistema para os mais promissores.

Baseado no conjunto de restrições apresentado, uma matriz é construída de forma a identificar o número de candidatos disponíveis para a atribuição em cada horário ou período de tempo. A estratégia inicial consiste em que a ordem de prioridade de alocação dos horários seja definida segundo a ordem crescente do número de alternativas dos mesmos. Entende-se por número de alternativas de um horário a quantidade de professores que podem lecionar naquele intervalo de tempo. Uma outra estratégia adotada é a de atender prioritariamente as atribuições dos professores que tenham maior carga horária pendente, e acima de tudo, os que pleiteiam maior número de aulas duplas.

Nos mecanismos de atribuição e remoção procura-se sempre remover uma atribuição simples em detrimento da geração de uma aula dupla quando solicitada e, por outro lado, desfazer preferencialmente as atividades de aulas duplas quando estas são indesejáveis. Uma estrutura especial para quantificação do número de remoções é definida de forma a identificar situações de intransponibilidade do algoritmo para que novos caminhos sejam forçosamente tomados bem como para que situações de ciclagem não aconteçam.

Evidentemente, à cada atribuição, as tabelas de restrições são verificadas de forma que, se a carga horária global pendente em algum instante for reduzida a zero, uma solução viável foi identificada. Por outro lado, se a aula

a ser atribuída correntemente não for alocada após um número limite de iterações, o algoritmo considera o problema inviável e lista ao usuário a configuração do ponto de estrangulamento

A linha básica do algoritmo é que as alocações são feitas sequencialmente segundo a ordem decrescente do grau estimado de dificuldade de cada atribuição. Por exemplo, se a atribuição mais restrita é inconsistente, o algoritmo já pára na primeira iteração. Por outro lado, se uma atribuição foi conseguida a próxima estará condicionada à atribuição anterior.

III.3.2. Simulação

Na prática, verifica-se que existe uma série de restrições equipotentes do ponto de vista do usuário. Por exemplo, pode ser que um professor deseje um dia de folga suplementar, mas seja indiferente quanto ao dia em que ela ocorra. Daí, a fixação preliminar do dia da folga desejada pode implicar na inviabilidade de um problema que, se equacionado de outra forma, teria solução. Por outro lado, algumas condições que a priori são inaceitáveis pelo usuário, após uma situação de insolubilidade do problema se tornam agora em condições toleráveis. Por exemplo, pode-se permitir gerar uma aula disjunta para o professor P01, inaceitável inicialmente, para que uma solução alternativa seja apresentada.

A necessidade do cumprimento de prazos para a instalação da tabela de horário e o risco de que a multiplicidade de restrições implique na inviabilidade do problema sugerem uma evolução gradual na introdução das

restrições. Por outro lado, depois de instalada uma tabela de horário atendendo a condições administrativas e técnicas indubitáveis, outras restrições adicionais podem ser acrescentadas, já se testando a priori o seu efeito na solução.

A estratégia de se começar com o problema excessivamente restrito e ir relaxando gradativamente as restrições até atingir uma solução viável, não é a mais adequada. Se uma inconsistência ocorre no nível primário das restrições ela poderá, muita das vezes, só ser identificada após um número exaustivo de aplicações do algoritmo.

III.4. Formulação Matemática

Consideremos a variável de decisão tetradimensional seguinte:

$$x_{ptdh} = \begin{cases} 1 & \text{- se o professor } p \text{ leciona para a turma } t \text{ no} \\ & \text{dia } d \text{ e no horário } h. \\ 0 & \text{- caso contrário.} \end{cases}$$

Seja c_{ptdh} a constante que associa à cada professor uma medida do custo de realização de uma aula no dia d e horário h , para qualquer turma t , sendo:

$$c_{ptdh} = \begin{cases} 1 & \text{- (horário de maior preferência)} \\ 3 & \text{- (indiferente)} \\ M & \text{- (horário indesejável)} \end{cases}$$

M suficientemente grande

Seja também NH o número de horários ou tempos por dia, ND o número de dias do ciclo e B o conjunto de

pares ordenados (professor, turma) para os quais não se permite aulas disjuntas. Assim sendo, podemos definir o seguinte modelo preliminar :

(MP)

$$\min(z) = \sum_{\substack{p=1, NP \\ t=1, NT \\ d=1, ND \\ h=1, NH}} c_{ptdh} x_{ptdh} \quad (3.1)$$

s.a

$$x_{ptdh} + x_{p'tdh} \leq 1 \quad ; \quad (p=1, NP ; p \neq p' ; t=1, NT ; d=1, ND ; h=1, NH) \quad (3.2)$$

$$x_{ptdh} + x_{pt'dh} \leq 1 \quad ; \quad (p=1, NP ; t=1, NT ; t \neq t' ; d=1, ND ; h=1, NH) \quad (3.3)$$

$$\sum_{d=1}^{ND} \sum_{h=1}^{NH} x_{ptdh} \geq CH_{pt} \quad (p=1, NP ; t=1, NT) \quad (3.4)$$

$$\sum_{h=1}^{NH} x_{ptdh} \leq LI_{ptd} \quad (p=1, NP ; t=1, NT ; d=1, ND) \quad (3.5)$$

$$\sum_{d=1}^{ND} \sum_{h=1}^{NH-1} x_{ptdh} x_{ptd,h+1} \geq DU_{pt} \quad (p=1, NP ; t=1, NT) \quad (3.6)$$

$$\sum_{h=1}^{NH-2} x_{ptdh} + x_{ptd,h+1} \leq 1 \quad (p=1, NP ; t=1, NT ; d=1, ND ; h > h+1 \text{ e } (p,t) \in \emptyset) \quad (3.7)$$

$$x_{ptdh} \in \{0,1\} \quad (p=1, NP ; t=1, NT ; d=1, ND ; h=1, NH) \quad (3.8)$$

A equação (3.2) requer que somente um professor possa estar dando aula para uma turma no mesmo dia e horário. Da mesma sorte, a equação (3.3) requer que um professor não possa estar dando aulas em turmas diferentes no mesmo dia e horário.

A equação (3.4) garante que o número de aulas dadas na semana irá satisfazer a carga horária mínima estabelecida para o professor naquela turma. A restrição (3.5) impõe que seja respeitado o limite desejado de aulas por dia.

As equações (3.6) e (3.8) garantem que o número

mínimo de aulas duplas desejado seja atendido. Caso um professor não deseje aulas duplas a restrição (3.6) não precisa ser acionada uma vez que a equação (3.5) pode garantir esta questão. Da mesma forma para a opção de indiferença quanto a ocorrência ou não de aulas duplas basta não ativar a restrição (3.6).

Maiores detalhes sobre encadeamento lógico de restrições com variáveis binárias pode ser obtido em [01].

As constantes CH_{pt} , LI_{pt} e DU_{pt} são captadas diretamente das matrizes do formulário de entrada (Anexo A).

Quanto a não ocorrência de aulas disjuntas, a equação (3.7) garante que as combinações de aulas que poderiam eventualmente gerar aulas disjuntas sejam eliminadas.

III.5. Pré-Condicionamento

III.5.1. O Problema dos Índices

Trabalhar com variáveis de quatro índices implica em dificuldades de notação e de visualização de aspectos matemáticos tais como simetria e convexidade da matriz de custos numa abordagem quadrática. Todavia, este aspecto pode ser contornado da seguinte forma:

Seja a variável de decisão definida como se segue:

$$x_r = \begin{cases} 1 & - \text{ se o evento } r \text{ ocorre} \\ 0 & - \text{ caso contrário} \end{cases}$$

onde, r corresponde a uma aula do professor P para a turma t no dia d e horário h . Dentro da abrangência mais comum do problema podemos expressar r pela seguinte função: $r = (P \times 10000) + (t \times 100) + (d \times 10) + h$,

onde $r = 281541$ se refere ao evento professor 28, décima-quinta turma, quarta-feira e primeiro horário.

Idêntica interpretação pode ser dada aos índices das constantes de custo, ou seja: C_{301413} significa o custo dimensionado pelo professor P30 para dar aulas na décima-quarta turma, na segunda-feira e terceiro horário.

Consideremos agora as seguintes funções:

$P(r)$ devolve o professor relacionado com o evento r ; $T(r)$ devolve a turma relacionada ao evento r ; $D(r)$ retorna o dia relacionado ao evento r e $H(r)$ retorna o horário relacionado ao evento r .

Sejam também aqui definidos os seguintes conjuntos:

$$B1 = \{x_i \mid P(i) = p \text{ e } T(i) = t\} ;$$

$$B2 = \{x_i \mid P(i) = p, T(i) = t \text{ e } D(i) = d\} \quad \text{e seja}$$

$R = NP * NT * ND * NH$. Assim sendo, uma forma unidimensional alternativa e equivalente a (MP) é agora apresentada:

(MPU)

$$\min(z) = \sum_{i=1}^R c_i x_i \quad (3.9)$$

s.a

$$x_i + x_{i_0} \leq 1 \text{ se } T(i_0) = T(i), D(i_0) = D(i) \text{ e } H(i_0) = H(i); (i=1, \dots, R; i \neq i_0) \quad (3.10)$$

$$x_i + x_{i_1} \leq 1 \text{ se } P(i_1) = P(i), D(i_1) = D(i) \text{ e } H(i_1) = H(i); (i=1, \dots, R; i \neq i_1) \quad (3.11)$$

$$\sum_{i \in B1} x_i \geq CH_{pt} \quad (i=1, \dots, R) \quad (3.12)$$

$$\sum_{i \in B2} x_i \leq LI_{ptd} \quad (i=1, \dots, R) \quad (3.13)$$

$$\sum_{\substack{i \in B2 \\ j \in B2}} x_i x_j \geq DU_{pt} \quad \text{se } |i-j|=1 \quad (i=1, \dots, R; j=1, \dots, R) \quad (3.14)$$

$$\sum_{\substack{i \in B2 \\ r \in B2}} x_i + x_r \leq 1 \quad \text{se } H(i) > H(r) + 1 \quad ; \quad (i=1, \dots, R) \quad (3.15)$$

$$x_i \in \{0, 1\} \quad (i=1, \dots, R) \quad (3.16)$$

III.5.2. O Problema da Amplitude das Variáveis

Analisando amplitude da variável X_r em (MPU), verifica-se que as suas reais ocorrências estão limitadas preliminarmente pelo conjunto de restrições impostas ao problema. Isto é, r não estará definido para muitas das ocorrências de p , t , d e h . Por exemplo, se o professor P05 está em coordenação na terça-feira então nenhuma ocorrência da variável do tipo $X_{5??2?}$ estará definida. Fato semelhante ocorre com todos os professores em relação às turmas nas quais suas cargas horárias são nulas.

Na prática, verifica-se que a carga horária média de um professor por turma é de cerca de três sessões de aulas semanais. Considerando o dia de coordenação (FB) e um ciclo de cinco dias, teremos que, em média, um professor dará aula para no máximo seis turmas, uma vez que a carga horária contratual é de vinte horas e uma sessão de aula dura cerca de cinquenta minutos. Assim sendo, podemos fazer uma estimativa do número máximo de variáveis definidas para um problema completo, segundo os limites estabelecidos no formulário de entrada (Anexo A), isto é, cinquenta professores e trinta e cinco turmas:

$$|x| \approx 50 * 6 * 4 * 5 = 6000$$

Consideremos ainda o fato de que a cada evento de pré-definição de folga ou pré-alocação de aula de um professor implica na eliminação da possibilidade de ocorrência de muitos outros o que, na prática, reduz substancialmente a amplitude do problema.

Do ponto de vista das restrições do modelo, o número de equações a serem geradas toma aparentemente uma amplitude astronômica. Todavia, as equações de uma restrição só

precisam ser geradas para os casos em que elas realmente se fazem necessárias. Por exemplo, nenhuma restrição de aula dupla ou disjunta precisa ser gerada, para um caso onde o limite diário de aula já foi determinado com um ou onde a carga horária semanal é igual a zero ou um.

Tais considerações para eliminação de variáveis são perfeitamente executáveis por um programa gerador de matriz, uma vez que todas as restrições são estabelecidas a priori. Todavia, mesmo com as considerações acima, estaremos trabalhando com um problema de programação 0-1 com cerca de cinco mil variáveis inteiras nos casos extremos e acima de trezentas nos casos práticos mínimos.

III.6. Abordagem por Programação Quadrática

As restrições (3.6) ou (3.14), indubitáveis ao equacionamento do problema, são de característica quadrática o que nos sugere uma transformação para a abordagem de penalidade na função objetivo, conforme o enfoque de FERLAND e ROY [12] visto no capítulo II.

Consideremos agora as características conceituais básicas da restrição (3.6). De acordo com as especificações do formulário de entrada (Anexo A) esta restrição tem a seguinte definição:

$$DU_{pt} = \begin{cases} 0 - & \text{se o professor } p \text{ não deseja} \\ & \text{aula dupla para a turma } t. \\ 1 - & \text{se o professor } p \text{ é deseja dar pelo} \\ & \text{menos uma aula dupla para a turma } t \\ 2 - & \text{se o professor } p \text{ deseja dar pelo} \\ & \text{menos duas aulas duplas para a turma } t. \\ 9 - & \text{se o professor } p \text{ é indiferente quan} \\ & \text{to ao número de aulas duplas para a turma } t \end{cases}$$

Daí, podemos definir uma variável de custo para duas aulas sucessivas de um mesmo professor, para uma mesma turma e em um mesmo dia, da seguinte maneira:

$$(1) \quad Q_{pt} = \begin{cases} K & \text{se } DU_{pt} = 2 \\ MK & \text{se } DU_{pt} = 1 \\ M^2 K & \text{se } DU_{pt} = 0 \\ M^3 K & \text{se } DU_{pt} = 0 \end{cases}$$

A proporção de custo entre as preferências aulas duplas estabelecidas pelo fator M , foi definida heurísticamente de forma a priorizar a maior demanda. Todavia, os valores de M e K devem ser definidos experimentalmente de acordo com as particularidades de cada curso ou estabelecimento de ensino.

Voltemos a notação unidimensional estabelecida em III.5.1 e analisemos a matriz Q_{ij} . Então Q_{ij} é agora o custo do evento j ser uma continuação do evento i , isto é, o evento i e j formarem uma aula dupla. Segundo a transformação do enfoque tetradimensional para um enfoque unidimensional definido na seção III.5.1, podemos considerar r com uma função que corresponde a uma quádrupla de índices um único valor. Por exemplo: $r(12,5,3,2) = 120532$. Assim sendo, lembremo-nos de que a condição para que o evento i seja contínuo ao evento j é que $r(i) = r(j) + 1$, ou $r(j) = r(i) + 1$. Logo podemos redefinir a matriz de custo de aula dupla da forma seguinte:

(*) Q_{pt} é considerado bidimensional apenas para efeito de simplicidade. Na verdade, $Q_{pt} = k$ implica em que $Q_{pt,dh} = k$ para todas as ocorrências de d e h .

$$Q_{ij} = \begin{cases} \infty & - & \text{se } i = j \\ 0 & - & \text{se } |r(i) - r(j)| > 1 \\ K & - & \text{se } |r(i) - r(j)| = 1 \text{ e } DU_{pt} = 2 \\ MK & - & \text{se } |r(i) - r(j)| = 1 \text{ e } DU_{pt} = 1 \\ M^2K & - & \text{se } |r(i) - r(j)| = 1 \text{ e } DU_{pt} = 9 \\ M^{10}K & - & \text{se } |r(i) - r(j)| = 1 \text{ e } DU_{pt} = 0 \end{cases}$$

sendo M e K constantes inteiras e positivas, definidas segundo a ponderação das prioridades de atendimento estabelecidas pelo usuário.

sendo $B2 = \{ i \mid P(i)=p, T(i)=t \text{ e } D(i)=d \}$. Temos que, se $|r(i) - r(j)| = 1$ então $i \in B2$ e $j \in B2$, ou seja, ambos os eventos se referem ao mesmo professor, à mesma turma e ao mesmo dia.

Diante do acima exposto podemos agora definir um modelo quadrático para tratamento do problema (MP), pela inserção da restrição (3.6) na função objetivo em um enfoque de penalidade, ou seja:

(MQP)

$$\min(z) = \sum_{\substack{p=1, NP \\ t=1, NT \\ d=1, ND \\ h=1, NH}} x_{ptdh} + (1/2) \sum_{p=1, NP} \sum_{d=1, ND} \sum_{h=1}^{NH-1} Q_{ptdh} x_{ptdh} x_{ptdh+1} \quad (3.17)$$

s . a

$$x_{ptdh} + x_{p't'dh} \leq 1 \quad ; \quad (p=1, \dots, NP ; p \neq p' ; t=1, \dots, NT ; d=1, \dots, ND ; h=1, \dots, NH) \quad (3.2)$$

$$x_{ptdh} + x_{pt'd'h} \leq 1 \quad ; \quad (p=1, \dots, NP ; t=1, \dots, NT ; t \neq t' ; d=1, \dots, ND ; h=1, \dots, NH) \quad (3.3)$$

$$\sum_{d=1}^{ND} \sum_{h=1}^{NH} x_{ptdh} \geq CH_{pt} \quad (p=1, \dots, NP ; t=1, \dots, NT) \quad (3.4)$$

$$\sum_{h=1}^{NH} x_{ptdh} \leq LI_{ptd} \quad (p=1, \dots, NP ; t=1, \dots, NT ; d=1, \dots, ND) \quad (3.5)$$

$$\sum_{h=1}^{NH-2} x_{ptdh} + x_{ptd'h'} \leq 1 \quad (p=1, \dots, NP ; t=1, \dots, NT ; d=1, \dots, ND ; h' > h+1 \text{ e } (p, t) \in B) \quad (3.7)$$

$$x_{ptdh} \in \{0, 1\} \quad (p=1, \dots, NP ; t=1, \dots, NT ; d=1, \dots, ND ; h=1, \dots, NH) \quad (3.8)$$

onde \mathbb{D} é o conjunto dos pares ordenados (professor, turma) para os quais não se permite aulas disjuntas.

Vemos que $n > n+1$ implica em $|r(i)-r(j)| > 1$ e traduz a ocorrência de dois eventos disjuntos, isto é, eventos que ocorrem em períodos de tempo descontínuos. Assim sendo, os mesmos não podem gerar aulas duplas o que implica em um custo nulo.

Como não está definido o fato de um evento ser contínuo a si mesmo, o custo desta ocorrência deve ser suficientemente grande em relação a todos os outros.

Como a relação de continuidade de eventos é biunívoca, temos que Q_{ij} é uma matriz quadrada, simétrica inteira, e com diagonal principal estritamente dominante.

Teorema 3.1. A matriz Q_{ij} como definida acima é simétrica definida positiva.

Demonstração: Sejam os elementos da diagonal idênticos e iguais a d , e os demais iguais a x , $x < d$. Então no cálculo do determinante de qualquer menor principal MP de tamanho n , $\det(MP_n)$ temos :

Seja P a soma dos termos com coeficientes positivos e seja N a soma máxima dos termos com coeficientes negativos, logo :

a) $1 \leq n \leq 2$ (Trivial)

b) $n \geq 3$

$$b.1) \quad n \text{ ímpar: } P = d^n + (n-1) x^n$$

$$N = n x^{n-1} d$$

$$b.2) \quad n \text{ par: } P = d^n + (n-1) x^n$$

$$N = (n/2) (x^n + d^2 x^{n-2})$$

Como d é suficientemente grande em relação a x , o primeiro termo de P , ou seja d^n , garante que $P > N$

e, portanto $\det(MP_n) > 0$.

A condição necessária e suficiente para que um mínimo local de uma função seja também um mínimo global é a de que ela seja convexa, o que, no caso da função quadrática acima, equivale a condição de que a matriz seja simétrica definida positiva, o que já foi provado pelo Teorema 3.1.

O conjunto de restrições apresentadas no modelo (MPQ) não permite que uma relaxação das condições de integralidade seja efetuada, conforme a abordagem apresentada por FERLAND e ROY [12]. Por outro lado, embora muito esforço de pesquisa tenha sido dirigido para métodos de resolução de problemas de programação 0-1 não linear, não se tem ainda algoritmos para tratamento de problemas quadráticos inteiros eficientes disponíveis. Um sumário destas abordagens até 1979 pode ser encontrado no trabalho de HANSEN [17].

III.7. Linearização do Problema

A abordagem quadrática de penalidade apresenta o inconveniente da geração de soluções ótimas impraticáveis como já discutimos na seção II.3.1. Além disto, a disponibilidade computacional de algoritmos que tratem eficientemente o problema ainda é restrita quando comparada com a abordagem linear. Diante disto, discutiremos agora a transformação da abordagem quadrática em linear como proposta por PHILLIPS [25].

Consideramos as variáveis binárias X_1 , X_2 e X_3 . Temos que o produto $X_1.X_2$ será sempre 0 ou 1. Introduzindo uma variável binária $Y_{12} = X_1.X_2$ temos que $Y_{12} = 1$ se $X_1=X_2=1$ e, $Y_{12}=0$ para qualquer outra combinação de valores

de X_1 e X_2 . Assim sendo, uma restrição do tipo $X_1.X_2 + X_3 \geq W$; X_1, X_2 e $X_3 \in \{0,1\}$ pode ser substituída pelas seguintes equações:

$$\begin{aligned} X_1 + X_2 - Y_{12} &\leq 1 \\ -X_1 - X_2 + 2Y_{12} &\leq 0 \\ Y_{12} + X_3 &\geq W \\ X_1, X_2, X_3 \text{ e } Y_{12} &\in \{0,1\} \end{aligned}$$

Todavia, a presente transformação implica na adição de mais variáveis binárias no modelo, o qual, como vimos na seção III.5.2., já tem uma quantidade muito grande das mesmas.

Sabemos que o fator limitante nos problemas de programação 0-1 é o número de variáveis binárias e não o número de equações. Diante disto a transformação seguinte é bem mais vantajosa:

$$\begin{array}{ll} X_1.X_2 + X_3 \geq W & \text{por:} \\ X_1, X_2, X_3 \in \{0,1\} & \begin{aligned} X_1 + X_2 - Y_{12} &\leq 1 \\ Y_{12} &< X_1 \\ Y_{12} &< X_2 \\ Y_{12} + X_3 &\geq W \\ X_1, X_2, X_3 &\in \{0,1\} \\ Y_{12} &\geq 0 \end{aligned} \end{array}$$

Desta forma, o modelo preliminar (MP) da seção III.4. pode agora assumir a seguinte estrutura linear:

(MPL)

$$\min(z) = \sum_{\substack{p=1, NP \\ t=1, NT \\ d=1, ND \\ h=1, NH}} c_{ptdh} x_{ptdh} \quad (3.18)$$

s. a

$$x_{ptdh} + x_{p't'dh} \leq 1 \quad ; \quad (p=1, \dots, NP ; p \neq p' ; t=1, \dots, NT ; d=1, \dots, ND ; h=1, \dots, NH) \quad (3.19)$$

$$x_{ptdh} + x_{pt'd'h} \leq 1 \quad ; \quad (p=1, \dots, NP ; t=1, \dots, NT ; t \neq t' ; d=1, \dots, ND ; h=1, \dots, NH) \quad (3.20)$$

$$\sum_{d=1}^{ND} \sum_{h=1}^{NH} x_{ptdh} \geq CH_{pt} \quad (p=1, \dots, NP ; t=1, \dots, NT) \quad (3.21)$$

$$\sum_{h=1}^{NH} x_{ptdh} \leq L_{ptd} \quad (p=1, \dots, NP; t=1, \dots, NT; d=1, \dots, ND) \quad (3.22)$$

$$x_{ptdh} + x_{ptd+h} - y_{ptdh} \leq 1 \quad ; \quad (p=1, \dots, NP; t=1, \dots, NT; d=1, \dots, ND; h=1, \dots, NH-1) \quad (3.23)$$

$$-x_{ptdh} + y_{ptdh} \leq 0 \quad ; \quad (p=1, \dots, NP; t=1, \dots, NT; d=1, \dots, ND; h=1, \dots, NH-1) \quad (3.24)$$

$$-x_{ptd+h} + y_{ptdh} \leq 0 \quad ; \quad (p=1, \dots, NP; t=1, \dots, NT; d=1, \dots, ND; h=1, \dots, NH-1) \quad (3.25)$$

$$\sum_{h=1}^{NH-2} x_{ptdh} + x_{ptd+h} \leq 1 \quad (p=1, \dots, NP; t=1, \dots, NT; d=1, \dots, ND; h' > h+1 \text{ e } (p, t) \in B) \quad (3.26)$$

$$x_{ptdh} \in \{0, 1\} \quad (p=1, \dots, NP; t=1, \dots, NT; d=1, \dots, ND; h=1, \dots, NH) \quad (3.27)$$

$$y_{ptdh} \geq 0 \quad (p=1, \dots, NP; t=1, \dots, NT; d=1, \dots, ND; h=1, \dots, NH-1) \quad (3.28)$$

onde, as equações (3.23), (3.24), (3.25) e (3.28) substituíram a equação (3.6) de (MP).

III.8. Extensão do Modelo Linear

III.8.1. Intervalo Entre Aulas

Uma consideração razoável e que não foi implementada no modelo linear (MPL) é a de que algumas disciplinas podem exigir um intervalo mínimo entre as suas sessões de aulas, geralmente, para se considerar o tempo de realização de exercícios extra-classe.

Seja S_{pt}^{ij} o somatório das ocorrências de aula do dia i até ao dia j pelo professor p para a turma t . Por exemplo:

$$S_{56}^{12} = x_{5611} + x_{5612} + x_{5613} + x_{5614} + x_{5615} + x_{5621} + x_{5622} + x_{5623} + x_{5524} + x_{5625}$$

Desta forma a unicidade de aula no período de i até j pode ser garantida pela restrição $S_{pt}^{ij} \leq 1$.

Para cada par ordenado (professor, turma) deve-se gerar tantas restrições do tipo S quantas se fizerem necessárias, com as devidas sobreposições nos dias de

acordo com o intervalo desejado. Por exemplo: digamos que o professor P deseja dar aulas, duplas ou simples, para a turma T com no mínimo dois dias de intervalo entre as aulas, considerando também o fim de semana. Então as restrições do problema serão:

$$S_{pt}^{13} \leq LI_{pt}; S_{pt}^{24} \leq LI_{pt}; S_{pt}^{35} \leq LI_{pt}$$

Porém, se o intervalo desejado for de no mínimo um dia, então teremos:

$$S_{pt}^{12} \leq LI_{pt}; S_{pt}^{23} \leq LI_{pt}; S_{pt}^{34} \leq LI_{pt}; S_{pt}^{45} \leq LI_{pt}$$

A implementação deste tipo de restrição num modelo heurístico é quase impraticável, todavia, num modelo de programação linear como o da seção III.7, isto é muito simples.

III.8.2. Aulas Múltiplas Consecutivas

Algumas atividades escolares como estágio, por exemplo, exigem a alocação de um número maior de aulas consecutivas contínuas do que o implementado no modelo (MPL), a saber, dois. Daí, partimos para a definição seguinte:

Seja M_{pt}^k o número mínimo de k aulas contínuas que se deseja alocar para o professor p na turma t , num ciclo de ND dias. Então, temos a seguinte restrição não-linear:

$$R = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & & 1 & 1 & & & \\ x_1 & * & x_2 & * & \dots * & x_k & + & x_2 & * & x_3 & * & \dots * & x_{k+1} & + & \dots & + & x_m & * & x_{m+1} & * & \dots * & x_N & + \\ \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & & 2 & 2 & & & 2 & 2 & & & & 2 & 2 & & & & & 2 & \\ x_1 & * & x_2 & * & \dots * & x_k & + & x_2 & * & x_3 & * & \dots * & x_{k+1} & + & \dots & + & x_m & * & x_{m+1} & * & \dots * & x_N & + \\ \\ & \\ & \\ ND & ND & ND & ND & ND & & ND & ND & & & ND & ND & & & & ND & ND & & & & & ND & k \\ x_1 & * & x_2 & * & \dots * & x_k & + & x_2 & * & x_3 & * & \dots * & x_{k+1} & + & \dots & + & x_m & * & x_{m+1} & * & \dots * & x_N & >= & M_{pt}^k \end{matrix}$$

o n d e :

$$x_i^d = \begin{cases} 1 & \text{- se o evento } i \text{ ocorre no dia } d. \\ 0 & \text{- caso contrário} \end{cases}$$

N = número máximo de sessões de aula por dia.

m = número de tuplas de x com tamanho k com índices consecutivos, igual a $N - k + 1$.

R = soma total das tuplas de tamanho K , cujo produto é não nulo e, para cada tupla considerada, os K elementos pertençam a B_2 , isto é, se referem ao mesmo professor, mesma turma e mesmo dia (vide seção III.5.1).

Por exemplo:

Seja $k=3$; $N=8$; $M_{pt}^k=2$ e o ciclo de 5 dias logo: $m = 8 - 3 + 1 = 6$, então :

$$R = \begin{matrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x \\ 1 & 2 & 3 & 2 & 3 & 4 & 3 & 4 & 5 & 4 & 5 & 6 & 5 & 6 & 7 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} +$$

$$\begin{matrix} 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x \\ 1 & 2 & 3 & 2 & 3 & 4 & 3 & 4 & 5 & 4 & 5 & 6 & 5 & 6 & 7 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} +$$

.....+.....+.....

$$\begin{matrix} 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 \\ x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x & x \\ 1 & 2 & 3 & 2 & 3 & 4 & 3 & 4 & 5 & 4 & 5 & 6 & 5 & 6 & 7 & 6 & 7 & 8 \end{matrix} \geq 2$$

Como uma extensão da transformação dos termos quadráticos em lineares vista no item III.7., façamos o seguinte: Cada termo não-linear de R , representando o produto das K variáveis de atribuição de aulas dos horários i até j no dia d , para um mesmo professor e uma mesma turma, pode ser transformado em $K + 1$ restrições lineares, a saber:

As equações:

$$x_i^d * x_{i+1}^d * \dots * x_j^d$$

$$x_s^d \in \{0,1\} \quad s=i,i+1,\dots,j$$

equivalem a:

$$x_i^d + x_{i+1}^d + \dots + x_j^d - y_{ij}^d \leq k-1$$

$$y_{ij}^d - x_i^d \leq 0$$

$$y_{ij}^d - x_{i+1}^d \leq 0$$

⋮

$$y_{ij}^d - x_j^d \leq 0$$

$$x_s^d \in \{0,1\} \quad s=i,i+1,\dots,j$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall i,j$$

onde y_{ij} é uma variável unidimensional que representa o produto de k variáveis, a saber :

$$y_{ij}^d = x_i^d * x_{i+1}^d * \dots * x_j^d \quad ; \text{ onde } j-i+1 = k ,$$

ou seja, $y_{ij}^d = \prod_{s=i}^j x_s^d$ e portanto $y_{ij}^d \in \{0,1\}$

Assim sendo, temos :

$$R = \sum_{\substack{i=1, N-k \\ j=k, N \\ d=1, ND}} y_{ij}^d \geq M_k^{pt}$$

III.8.3. Conflito na Demanda de Recursos

A idéia de conflito entre recursos físicos é pouco considerada, no contexto do problema da tabela de horário escolar de segundo grau, dado a pré-alocação de uma sala de aula a cada turma. Todavia, duas aulas simultâneas de professores diferentes podem demandar um mesmo recurso, como um retroprojeter, por exemplo, gerando conflito.

Uma extensão do modelo linear da seção III.7. é

acrescentar ao modelo restrições que impeçam a ocorrência simultânea de disciplinas que demandem algum recurso em comum. Por exemplo: se as aulas de biologia pelo professor P01 e as aulas de química dadas pelo professor P05 demandam um único laboratório existente, então temos que:

$$x_{1tdh} + x_{5tdh} \leq 1 \quad t=1,2,\dots,NT; d=1,2,\dots,ND; h=1,2,\dots,HH$$

Desta forma, desde que a carga horária conjunta não exceda as disponibilidades, o problema estará resolvido. Isto é, tem de haver condições para que as duas disciplinas coexistam sem sobreposição de horário.

Geralmente, a forma mais simples de se resolver este problema, segundo a definição da seção III.2.2, é garantir a ambos os professores dias de folga desencontrados ou fixar as aulas por pré-alocação .

Capítulo IV

Implementação e Resultados

IV.1. Introdução

Neste capítulo apresentaremos uma descrição de duas implementações baseadas nos modelos heurístico e de programação linear inteira, respectivamente, dos quais foram apresentados os fundamentos teóricos no Capítulo III.

IV.2. Implementação de Um Método Heurístico

Tendo como base o modelo heurístico apresentado na seção III.3., um programa para geração da tabela de horário escolar foi desenvolvido visando atender o conjunto de restrições discutidas na seção III.1. e apresentadas esquematicamente no formulário de entrada (Anexo A).

O algoritmo foi implementado em linguagem de programação FORTRAN IV e instalado em micro-computador compatível com IBM-PC de 256K de memória, no mínimo. A abrangência da implementação teve como base os dados da rede de ensino da Fundação Educacional do Distrito Federal dimensionando o atendimento máximo a 50 professores e 35 turmas por turno e até 240 restrições complementares, dentre as outras.

Da necessidade do usuário de modificar gradativamente o conjunto de restrições de um problema, foi desenvolvido para o programa um sistema gerador de tabelas de horários por simulação. A característica básica do método é a modificação do comportamento do algoritmo, em algumas situações de estrangulamento, pela presença de determinados parâmetros informados pelo usuário. Assim sendo, várias reconfigurações do conjunto de restrições do problema são

submetidas automaticamente ao sistema sem que haja necessidade de interrupção do processamento.

Dado as características combinatórias da simulação, o tempo de processamento de um problema pode atingir uma amplitude realmente crítica. Todavia, a reconfiguração automática do problema representa uma economia de tempo ao usuário bem como o encontro de um conjunto viável de restrições satisfáveis que dificilmente seria detectado.

Um módulo para "restart" do sistema foi desenvolvido e implementado para que os resultados de cada iteração sejam armazenados a fim de que, em caso de interrupção do programa, o sistema recomece a pesquisa a partir dos resultados da última iteração executada.

Opcionalmente, o usuário pode modificar os parâmetros de "restart" do sistema a fim de que a pesquisa recomece a partir de uma determinada configuração. Isto é, pode-se fazer o sistema começar a pesquisa a partir de uma solução definida pelo usuário, ainda que inviável.

Os principais parâmetros de simulação são agora apresentados:

ALOC- O usuário pode definir o dia da semana de uma folga suplementar (FS) desejada ou simplesmente estabelecê-la como livre para que a escolha seja feita pelo sistema. Se a FS é livre, o parâmetro $ALOC=0$ indica ao sistema para varrer sequencialmente os dias da semana, nos quais a FS possa ocorrer, até achar uma solução viável do problema, se possível. O parâmetro $ALOC=1$ indica que o dia FS deve ser escolhida e pré-fixada pelo sistema segundo o dia de maior número de professores disponíveis.

STEP- Algumas situações globais de inconsistência não são passíveis de identificação devido ao alto grau de interdependência nas restrições do problema. A presença do parâmetro STEP faz com que o conjunto das restrições de cada professor seja incrementado passo a passo no modelo de forma que o ponto de estrangulamento possa ser identificado.

FLOW- Em uma condição de inviabilidade do problema o usuário pode permitir, por este parâmetro, que em tempo de execução as restrições LI, DU e DI sejam gradativamente relaxadas de forma a gerar e listar soluções alternativas.

NSOL- Quando existe uma série de soluções viáveis, estas podem ser encontradas e listadas, cabendo ao usuário escolher a qual delas implementar. O parâmetro NSOL=K indica que K soluções devem ser apresentadas, se for possível encontrá-las.

TRACE- Nesta opção todas as modificações da tabela de horário são listadas passo a passo bem como os valores das funções de avaliação a cada iteração. Tal opção se presta a operações de manutenção e alteração do algoritmo.

NCOP- Número de cópias dos relatórios de soluções, caso existam.

A entrada de dados, bem como os relatórios de saída procura apresentar ao máximo uma linguagem comum ao usuário para que não haja a necessidade de especialistas intermediários entre o usuário e o sistema.

Os documentos e informações do sistema são:

- Formulário de entrada de dados (Anexo A)
- Espelho dos dados de Entrada (imagem dos dados de entrada para conferência.)

- Relatório de crítica e inconsistência
- Relatório de solução do ponto de vista de cada turma.
- Relatório de solução do ponto de vista de cada professor.
- Relatório de identificação dos professores
- Display na tela da posição atual pesquisada na árvore de busca para orientação do operador.

Graficamente o método heurístico pode ser descrito como na figura do anexo B.

Um exemplo completo da implementação heurística pode ser visualizada no Anexo C.

O grande problema deste método, como o de toda a abordagem heurística, é de que a função de avaliação é intuitiva e, para alguma situação particular pode tomar caminhos divergentes da solução, caso exista. Desta forma, quando uma solução viável não é encontrada fica sempre a questão se o problema é realmente inconsistente ou se foi o algoritmo que falhou. Todavia, na grande maioria dos problemas reais o algoritmo tem achado uma solução viável em menos de 10 minutos de execução. Casos extremos, foram verificados quando experimentalmente se procurou restringir quase todas as alternativas para 50 professores e 20 turmas. Neste caso uma solução viável foi detectada após muitas horas de processamento, dado o caráter combinatório das folgas suplementares livres.

IV.3. Implementação do Modelo Linear

A grande motivação da implementação desta abordagem, fundamentada no modelo matemático (MPL) da seção

III.4, foi a questão da solubilidade ou não de um problema, a qual não pode ser resolvida pelo modelo heurístico. Isto é quando uma solução não pode ser encontrada pelo algoritmo heurístico não se pode afirmar que tal solução existe ou não.

Baseado no mesmo conjunto de dados do modelo heurístico, ou seja, 50 professores, 35 turmas e 240 restrições complementares dentre as outras, e atendendo a todos os níveis de restrições estipuladas no modelo (MPL), uma implementação de programação linear inteira pelo método de branch and bound foi realizada em um computador IBM/4341 da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. O software de programação linear utilizado foi o MPSX/370 da IBM [18] e um sistema de informação foi construído, com os seguintes módulos:

- 1 - Entrada de dados (Anexo A)
- 2 - Emissão do relatório "Espelho dos Dados"
- 3 - Verificação de consistência física e lógica dos dados
- 4 - Relatórios de crítica
- 5 - Geração da matriz de entrada para o MPSX
- 6 - Listagem das equações matemáticas do problema (optativo)
- 7 - Classificação da matriz de entrada para o MPSX
- 8 - Listagem da matriz de entrada para o MPSX
- 9 - Resolução do problema pelo MPSX
- 10 - Relatório da tabela de horário para as turmas
- 11 - Relatório da tabela de horário para os professores
- 12 - Relatórios opcionais do MPSX/370 [18]

A geração da matriz, a entrada e crítica dos dados, a geração e listagem das equações do problema bem como a formatação dos relatórios das tabelas de horários foram desenvolvidas em linguagem de programação FORTRAN-G. A classificação da matriz de entrada para o MPSX foi executada utilizando o utilitário da IBM, OS/VS SORT/MERGE [24].

Para que os resultados encontrados na execução do modelo matemático pudessem ser comparados com os resultados obtidos pelo modelo heurístico, os custos de preferências dos professores foram considerados, na implementação, como equipotentes e unitários. No modelo heurístico não há diferenciação de custo por preferências, apenas as impossibilidades são consideradas e com um custo infinito. Lá, as alocações viáveis são todas equipotentes. Todavia, uma implementação do modelo matemático sem o propósito de comparação dos resultados com o modelo heurístico, pode utilizar na entrada de dados uma matriz de custo do tipo exemplificado abaixo, para dez professores, ciclo de 5 dias e seis períodos de tempo diários para a alocação de aulas.

Matriz de Custos

C_{ptdh}

	s e g						t e r						q u a						q u i						s e x					
	1H	2H	3H	4H	5H	6H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	1H	2H	3H	4H	5H	6H
P01																														
P02																														
P03																														
P04																														
P05																														
P06																														
P07																														
P08																														
P09																														
P10																														

Tabela 4.1

$$C_{ptdh} = \begin{cases} 1 & \text{(preferência máxima)} \\ 2 & \text{(preferência média)} \\ 3 & \text{(preferência mínima)} \\ M & \text{(horário indesejável)} \end{cases}$$

M suficientemente grande

onde supõe-se que o custo de preferência do professor por um horário é independente da turma a que se refere a alocação.

Um exemplo completo de implementação de programação linear inteira pode ser visualizado no Anexo D.

IV.4. Análise dos Resultados

IV.4.1. Dados Comparativos

Para efeito de análise comparativa entre os resultados do modelo heurístico e da programação linear apresentamos alguns exemplos resumidos na tabela abaixo:

EXEMPLO	NP	NT	NRC	NEB	NESP	NEFL	NTDS	NDPD	NUB	NLM	RESULTADOS			
											SIMULADOR		PROG. LINEAR	
											SOLUÇÃO	CPU(min)	SOLUÇÃO	CPU(min)
01	08	03	15	08	04	00	21	01	339	858	1 alter.	001	ótima	010
02	08	03	15	08	06	00	21	01	309	806	inviável	001	ótima	011
03	08	03	15	08	04	02	21	01	-	-	5 alter.	001	-	-
04	08	03	16	08	06	00	21	01	309	798	inviável	001	inviável	001
05	08	03	16	08	00	07	21	01	-	-	ótima	005	-	-
06	08	03	15	08	08	00	00	08	276	275	inviável	001	inviável	001
07	08	03	15	08	00	08	00	08	-	-	ótima	001	-	-
08	16	08	03	16	03	02	04	00	-	-	ótima	001	-	-
09	16	08	03	16	05	00	00	00	1253	1011	2 alter.	004	ótima	231
10	45	17	124	45	03	00	00	00	2605	1896	inviável	005	inviável	020

(*) T a b e l a 4.2

(*) Os exemplos 08, 09 e 10 foram executados com dados reais de dois colégios da Fundação Educacional do Distrito Federal no ano de 1985.

onde:

NP = Número de professores

NT = Número de turmas

NRC = Número de restrições complementares

NFB = Número de folgas básicas

NFSP = Número de folgas suplementares pré-fixadas

NFSL = Número de folgas suplementares livres

NTDS = Número total de aulas duplas solicitadas

NDPD = Número de disciplinas que permitem aulas
disjuntas

NVB = Número de variáveis binárias 0-1

NLM = Número de linhas da matriz do problema

Uma explicação mais detalhada dos parâmetros acima é encontrada na seção III.5 .

IV.4.2. Pontos a Considerar

Dado as diferenças nas características intrínsecas a cada um dos modelos implementados uma análise comparativa dos resultados é apresentada para cada um dos diferentes aspectos:

Diferenciação dos Custos - Como vimos na seção IV.3, uma diferenciação gradativa das preferências dos professores só poderá ser feita na abordagem de programação linear.

Precisão - A abordagem heurística não permite garantir a inexistência de uma solução ótima, o modelo matemático sim.

Varredura - O modelo heurístico permite analisar em cada execução as diversas configurações equipotentes do problema mas o modelo matemático analisa apenas uma.

Porte - A amplitude do problema não permite que o modelo matemático seja implementado nos micro-computadores disponíveis, geralmente IBM-PC, mas a versão heurística sim.

Independência - O modelo matemático depende da disponibilidade de software de programação linear inteira de grande capacidade, os quais geralmente são alugados. O simulador é autosuficiente

Continuidade - O módulo de "restart" do simulador permite que o processo de busca da solução seja dividido em diversas etapas, já no modelo matemático esta tarefa tem que ser contínua.

Versatilidade - O incremento de novos tipos de restrição no modelo heurístico é extremamente complicado e às vezes até impraticável. Já no modelo linear, restrições adicionais são mais facilmente implementadas.

Análise de Conflito - Conforme discutido na seção III.4 o modelo matemático permite a análise dinâmica de conflito na demanda de recursos físicos, no modelo heurístico esta análise é estática, isto é, tem de ser prevista por pré-alocação.

Número de Soluções - O modelo heurístico permite ao usuário solicitar a apresentação de várias soluções do problema quando elas existem. O modelo matemático lista apenas uma.

Tempo de CPU - Como o caminho de busca do modelo heurístico é intuitivo, não se pode afirmar que uma solução ótima, de um problema, se ela existir, poderá ser encontrada pelo método heurístico em mais ou menos tempo que pelo modelo matemático.

Ponderação de Custos - No modelo heurístico, as preferências e custos só assumem valores bipolares, ou seja, são sempre tratadas como "pode" ou "não-pode". Já no modelo matemático existe uma maior flexibilidade na ponderação das preferências, as quais são estabelecidas na matriz de custo e alocadas no sistema como fator de penalidade da função objetivo.

IV.4.3. Estratégia de Abordagem

Regra geral, da maneira como está definido o problema, podemos dizer que o conjunto de aspirações do usuário, no que se refere às suas reais indisponibilidades e preferências é quase sempre um problema solúvel. Todavia, o que de fato implica em inviabilidade de muitos problemas propostos é a dificuldade de se escolher uma proposição viável entre um conjunto de restrições equipotentes.

Um paradoxo existente entre as duas abordagens apresentadas é que o modelo heurístico consegue varrer um vasto conjunto de proposições equivalentes, porém não apresenta confiabilidade quanto a inexistência de soluções. Por outro lado, o modelo linear é preciso quanto a existência ou não de soluções, mas apresenta por sua vez, uma incapacidade de análise encadeada de configurações alternativas.

A estratégia mais eficiente para a abordagem do problema, utilizando as implementações acima pode ser descrita nos seguintes passos algorítmicos.

- 1 - Limite as restrições do problema a aquelas indubitáveis às reais necessidades técnicas e administrativas da instituição (configuração básica)

- 2 - Transforme, tanto quanto possível, As restrições fixas em restrições livres .
- 3 - Submeta o problema ao algoritmo de simulação para encontrar a configuração viável. Se encontrou vá para o passo 7 .
- 4 - Submeta a configuração básica do sistema de programação linear. Se achou solução vá para o passo 7
- 5 - Defina uma configuração equipotente do problema. Se existir vá para o passo 4.
- 6 - Problema inviável, fim.
- 7 - Problema viável. Acrescente ao problema, as demais reivindicações em forma de quantificação de preferências e submeta o problema ao sistema de programação linear encontrando a solução ótima.

IV.5. Limitações

IV.5.1. Limitações do Modelo Heurístico

Em primeiro lugar, considerando os diversos trabalhos publicados sobre avaliação de convergência dos métodos heurísticos, como os de GOTILIEB [15] e outros, acreditamos que um mecanismo de busca mais eficiente pode ser implementado no modelo heurístico de forma a aumentar o grau de convergência do sistema.

Em segundo lugar, a linguagem de implementação do modelo, FORTRAN IV, exige um programa fonte com cerca de 1.500 registros e uma alocação primária de área de memória muito grande. Se uma linguagem mais eficiente for utilizada e uma outra estrutura de alocação de memória, o software poderá possivelmente rodar em micros de menor porte e consumir menos tempo na pesquisa.

IV.5.2. Limitações do Modelo de Programação Linear

A principal limitação do modelo matemático implementado é a dependência do software de programação linear o que não permite uma maior interação do sistema com o modelo em tempo de execução. Aliando-se a isto, os softwares de programação linear inteira disponíveis para micro computadores são muito limitados em abrangência e quase sempre lentos e ineficientes. O modelo matemático implementado exige para resolução de casos práticos que o software seja capaz de tratar eficientemente problemas com cerca de até 5.000 variáveis 0-1 e milhares de equações.

Uma análise comparativa da utilização das técnicas de "branch and bound" com a de planos de corte para resolução de problemas de scheduling foi apresentada por WOLF [29] em 1983, na qual se demonstra uma vantagem do uso do método do plano de corte quando se trata de problemas muito grandes. Todavia, pela limitação na disponibilidade de software, uma implementação do modelo com o uso deste método, para efeito de comparação, não pode ser realizada.

IV.6. Particularidade do Modelo Matemático

O modelo matemático de programação linear (MPL) apresentado na seção III.5 foi implementado para ser resolvido pelo software MPSX/370 da IBM [18] o qual utiliza a técnica de brand and bound.

Os coeficientes da função objetivo foram pré-fixados como sendo todos unitários para que os resultados obtidos sejam comparáveis com os do simulador.

Como a carga horária total das disciplinas é uma constante pré-estabelecida no problema e os custos de pre-

ferências não foram diferenciados, supunha-se que a pré-fixação da função objetivo poderia melhorar o desempenho do algoritmo, uma vez que na técnica de branch and bound ela é avaliada inúmeras vezes. Uma alteração da implementação do modelo foi efetuada com este objetivo, mas não se verificou nenhuma alteração significativa nos resultados. Tal fato se verifica porque o fator crítico do problema é a viabilidade do conjunto de restrições pois a primeira solução viável encontrada já é a ótima.

Capítulo V **Conclusões e Sugestões Para Pesquisa**

V.1. Conclusões Sobre a Teoria e Prática das Implementações

a) O modelo linear apresentado traduz eficientemente o conjunto de requisições apresentadas pela grande maioria dos colégios de ensino de segundo grau no Brasil.

b) A estratégia de abordagem apresentada na seção IV.5 pode ser adotada para a geração de tabelas de horário nas escolas brasileiras, uma vez que só requerem o uso de computadores de grande porte esporadicamente.

c) Os modelos apresentados, tanto o linear como o heurístico, para o tratamento do problema da tabela de horário na escola de segundo grau, levam vantagens sobre a abordagem de FERLAND e ROY [12] porque todas as soluções encontradas são também satisfatórias. Isto é, aqui os custos não traduzem conflitos ou inadequações mas sim preferências.

d) O Sistema de Geração do Horário Escolar implementado possui um grau considerável de complexidade matemática mas isto é completamente transparente ao usuário, quer na alimentação dos dados do sistema, como na interpretação dos resultados obtidos. Tal fato possibilita a utilização do sistema por usuários sem nenhum conhecimento do modelo.

V.2. Sugestões para Pesquisa

a) O modelo linear inteiro implementado (MPL) apresenta um conjunto de restrições que caracteriza uma condição especial, a saber, variáveis SOS, na qual o algoritmo de branch and bound implementado pelo MPSX/370 IBM [18] pode aumentar substancialmente a velocidade de

tratamento do problema. Um estudo desta condição pode ser realizado na tentativa de melhorar a eficiência da implementação apresentada.

b) Estudar a viabilidade de se estender o modelo linear apresentado, para o tratamento do problema da tabela de horário nas universidades.

c) O MPSX/370 da IBM apresenta uma série de parâmetros opcionais que visam acelerar o processo de busca quando já se conhece alguns aspectos da solução. Entre eles temos : XMDROP, XMXMAXNO, etc [18]. Um estudo pode ser realizado para medir o efeito destes parâmetros na presente implementação.

d) A exemplo do trabalho de WOLF [29], fazer uma implementação do modelo linear com utilização de plano de corte para análise comparativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] - An Introduction to Modelling Using Mixed Integer Programming, IBM - Application Description Manual, 3 ed., pp.26, julho, (1975)
- [02] - ARCÍRIO, R. e SOUZA, G.S., " Geração Ótima da Oferta Disciplinar - Programacao 0-1 Estocástica", Revista Brasileira de Educação, vol.13, pp.17-22, (1976)
- [03] - AUST, R.J., " An Provement Algorithm for School Timetabling", The Computer Journal, vol.19, no.4, pp.339-343, (1976)
- [04] - BOLDRINI, J.L.; COSTA, S.T.R.; RIBEIRO, V.L.F. e WETZLER, H.G., Algebra Linear, Campinas, UNICAMP, ed. Haper e Row do Brasil Ltda., São Paulo, 1978, pp.58
- [05] - BRITTAN, J.N.G. e FARLEY, F.J.M., "College Timetable Construction by Computer", The Computer Journal, vol.11, no.4, pp.361-365, (1971)
- [06] - CARLSON, C.R. e NEMHAUSER, G.L., "Scheduling to Minimize Interaction Cost", Operations Research, vol14, pp.52-58, (1966)
- [07] - CARTER, W.M., "A Survey of Practicial Applications of Examination Timetabling Algorithms", Operations Research, vol.34, no.2, pp.193-202, (1986)
- [08] - DORN, W.S., "On Lagrange Multipliers and inequalities", Operations Research, vol 9, pp.95-104, (1961)
- [09] - DRABIK, W.R., "Algoritmo de Backtrack e o Problema do Horário", Rio de Janeiro, UFRJ, 1984, 138p. Tese Mestrado.

- [101] - DUCAN, A.K., "Further Results on Computer Construction of School Timetables", Comm. of the ACM, vol.7, no.6, pp.160-163, (1964)
- [111] - EVEN, S., ITAI, A., SHAMIR, A. "On the Complexity of School Timetables and Multicommodity Flow problems", SIAM J.Comput., vol,5, no.4, (1976)
- [121] - FERLAND, J.A. e ROY, S., "Timetabling Problem for University as Assignment of Activities to Resources", Computer and Operations Research, vol.12, pp.207-218, (1985)
- [131] - GANS, O.B., " A Computer Timetabling System for Secondary Schools in the Netherlands", European Journal of Operational Research, vol.7, pp.175-182, (1981)
- [141] - GLASSEY, C.R. e MIZRACH, M. "A Decision Support System for Assigning Classes to Rooms", Interfaces, vol.16, no.5, pp.92-100, (1986)
- [151] - GOTLIEB, C.C., " The Construction the Class-Teacher Timetables", in: Popplewel, C.M.(ed): Information Processing 1962, Proc. IFIP Congress 62, pp.73-77, Amsterdam:North-Holland pub.Co.1963; cr vol.4, pp.49, (1962)
- [161] - GRIFFITH, B.A., "Remarks on a Computer Program for the Construction of School Timetables", Comm.of the ACM, vol.9, no.1, pp.35, (1966)
- [171] - HANSEN, P., " Methods of Nonlinear 0-1 Programing", Annals of Discrete Mathematics, vol.5, pp.53-70, (1979)
- [181] - IBM Mathematical Programing System Extended/370 (MPSX/370), Mixed Integer Programing/370

(MIP/370), Programing Reference Manual, 2 ed., no. SH19-1099-1, pp. 2-60, novembro, (1975).

- [19] - JOHNSON, H.C. e WOLFENDEN, K., "Computer Aided Construction of School Timetables", Information Processing 68, Proc. IFIP Congress 1968, pp. 1368-1376, Amsterdam, North-holland Pub. co., 1969.
- [20] - KUHN, H.W. e TUCKER, A.W., "Nonlinear Programming", Proc. 2d, Berkerley Symposium on Math. Stat. and Prob., agosto 1950, pp. 481-492, University of California Press, Berkerley, (1951).
- [21] - LAWRIE, N.L., "An Integer Linear Programing Model for a School Timetabling", The Computer Journal, vol. 12, pp. 307-316, (1969)
- [22] - LIONS, J., "Some Results Concerning the Reduction of Binary Matrices", J. of the ACM, vol. 18, no. 3, pp. 124-430, (1971)
- [23] - MULVEY, J.M., "A Classroom/time Assignment Model", European Journal of Operations Research, vol. 9, pp. 64-70, (1982)
- [24] - OS/VS SORT/MERGE, Programmer's Guide, release 5, IBM, Program Number 5740-SM1, pp. 32-72, (1979)
- [25] - PHILLIPS, D.T.; RAVIDRAN, A. e SOLBERG, J., "Operations Research : Principles and Practice, ed. Jhon Wiley e Sons, New York, 1976, pp. 181
- [26] - SCHMIDT, G. e STROHLEIN, T., "Timetable Construction - An Annotated Bibliography", The Computer Journal, vol. 23, no. 4, pp. 307-315, (1980)
- [27] - SMITH, G., "On Maintenance of the Opportunity List of School Class-Teacher Timetable Problem", Comm. of the ACM, vol. 18, no. 4, pp. 203-208, (1975)

- [28] - WERRA, D.; PASCHE, C. e PETTER, A., "Timetables Problems: Should They Be Canonical?", *Infor*, vol. 24, no. 4, pp. 304-308, (1986)
- [29] - WOLFE, C.S., "Cutting Plane and Branch and Bound for Solving a Class of Scheduling Problems", *IIE Transactions*, vol. 16, no. 1, pp. 50-58, (1984)
- [30] - WOOD, D.C., "A System for Computer University Examination Timetables", *The Computer Journal*, vol. 11, pp. 41-47, (1968).

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DO DISTRITO FEDERAL
 D.E.F. - ASSESSORIA DE INFORMÁTICA
 SISTEMA HORÁRIO ESCOLAR-RESTRIÇÕES COMPLEMENTARES

DOCUMENTO
 317

	PROF.	DIA	HOR.	REST.
R ₁ C ₁ :				
R ₁ C ₂ :				
R ₁ C ₃ :				
R ₁ C ₄ :				
R ₁ C ₅ :				
R ₁ C ₆ :				
R ₁ C ₇ :				
R ₁ C ₈ :				
R ₁ C ₉ :				
R ₁ C ₁₀ :				
R ₁ C ₁₁ :				
R ₁ C ₁₂ :				
R ₁ C ₁₃ :				
R ₁ C ₁₄ :				
R ₁ C ₁₅ :				
R ₁ C ₁₆ :				
R ₁ C ₁₇ :				
R ₁ C ₁₈ :				
R ₁ C ₁₉ :				
R ₁ C ₂₀ :				
R ₁ C ₂₁ :				
R ₁ C ₂₂ :				
R ₁ C ₂₃ :				
R ₁ C ₂₄ :				
R ₁ C ₂₅ :				
R ₁ C ₂₆ :				
R ₁ C ₂₇ :				
R ₁ C ₂₈ :				
R ₁ C ₂₉ :				
R ₁ C ₃₀ :				
R ₁ C ₃₁ :				
R ₁ C ₃₂ :				
R ₁ C ₃₃ :				
R ₁ C ₃₄ :				
R ₁ C ₃₅ :				
R ₁ C ₃₆ :				
R ₁ C ₃₇ :				
R ₁ C ₃₈ :				
R ₁ C ₃₉ :				
R ₁ C ₄₀ :				
R ₁ C ₄₁ :				
R ₁ C ₄₂ :				
R ₁ C ₄₃ :				
R ₁ C ₄₄ :				
R ₁ C ₄₅ :				
R ₁ C ₄₆ :				

OBS.: A RESTRIÇÃO É O NOME DA TURMA OU "FF" PARA FOLGA OU "CF" PARA CANCELAR A FOLGA NAQUELE HORÁRIO.

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DO DISTRITO FEDERAL
 DEx. - ACESSORIA DE INFORMÁTICA
 SISTEMA HORÁRIO ESCOLAR - IDENTIFICAÇÃO DOS PROFESSORES

DOCUMENTO

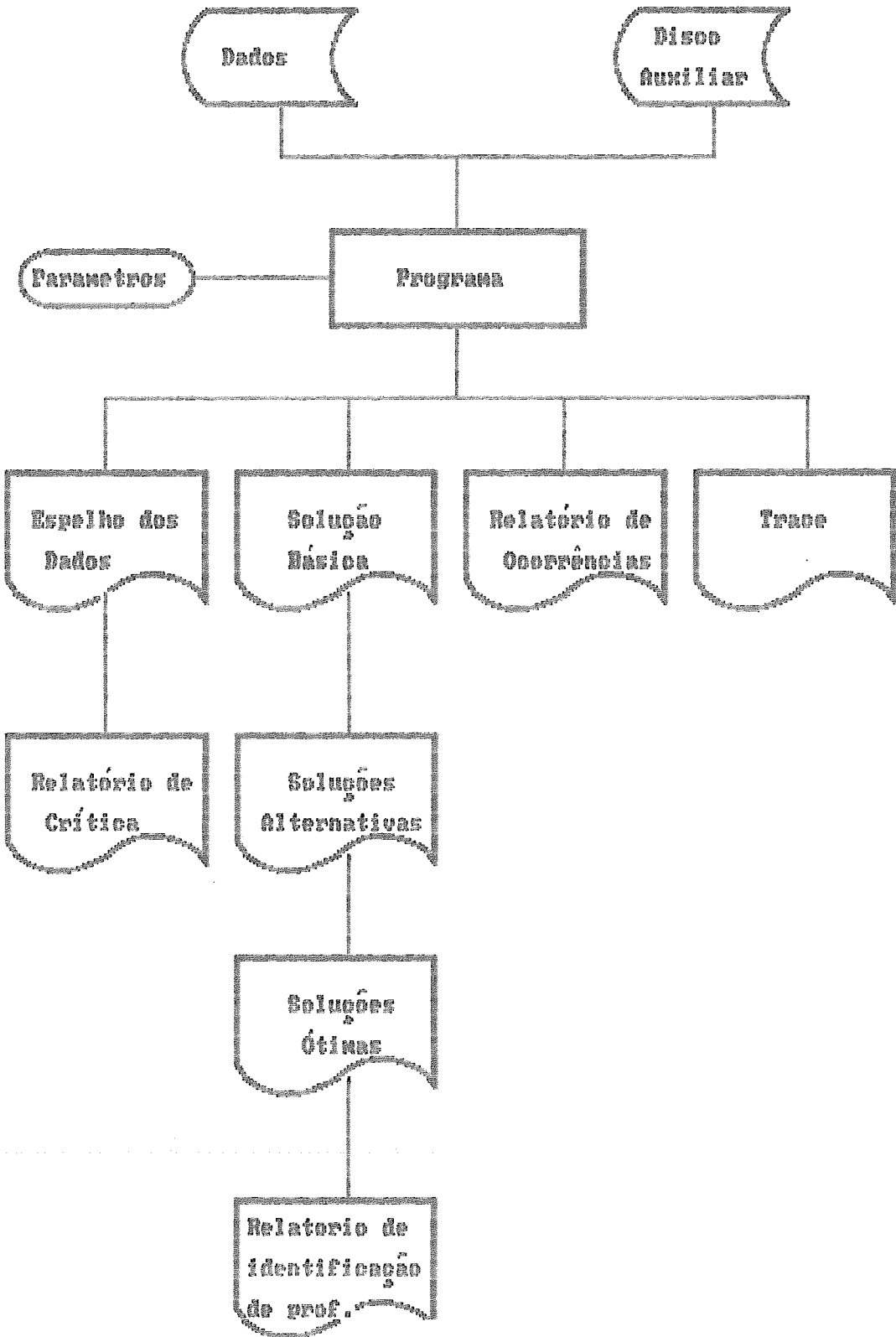
7/7

PROFESSOR	MATRÍCULA	NOME DO PROFESSOR	DISCIPLINA	CH ^o
I,D, P,0,1				
I,D, P,0,2				
I,D, P,0,3				
I,D, P,0,4				
I,D, P,0,5				
I,D, P,0,6				
I,D, P,0,7				
I,D, P,0,8				
I,D, P,0,9				
I,D, P,1,0				
I,D, P,1,1				
I,D, P,1,2				
I,D, P,1,3				
I,D, P,1,4				
I,D, P,1,5				
I,D, P,1,6				
I,D, P,1,7				
I,D, P,1,8				
I,D, P,1,9				
I,D, P,2,0				
I,D, P,2,1				
I,D, P,2,2				
I,D, P,2,3				
I,D, P,2,4				
I,D, P,2,5				
I,D, P,2,6				
I,D, P,2,7				
I,D, P,2,8				
I,D, P,2,9				
I,D, P,3,0				
I,D, P,3,1				
I,D, P,3,2				
I,D, P,3,3				
I,D, P,3,4				
I,D, P,3,5				
I,D, P,3,6				
I,D, P,3,7				
I,D, P,3,8				
I,D, P,3,9				
I,D, P,4,0				
I,D, P,4,1				
I,D, P,4,2				
I,D, P,4,3				
I,D, P,4,4				
I,D, P,4,5				
I,D, P,4,6				
I,D, P,4,7				
I,D, P,4,8				
I,D, P,4,9				
I,D, P,5,0				

OBS.: CH = CARGA HORÁRIA (20 / 40 / EX) .

ANEXO B

DESCRIÇÃO DO SIMULADOR



ANEXO C

```
//DEP017 JOB (PAJAA), 'DEP017',                00
//          CLASS=G,                            00
//          TIME=(30),PRTY=01                   00003000
LOG IEF403I DEP017  STARTED TIME=11.46.47
LOG *****
LOG *      ENBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA *
LOG *      D N Q - C C E *
LOG * *
LOG *  TEMPO DE CPU: 00:05:44.19   TEMPO DE EXECUCAO: 00:12:43.90 *
LOG *  HORA DE INICIO: 11:46:27.00   HORA DE TERMINO: 11:59:10.90 *
LOG * *
LOG *      CUSTOS DO JOB *
LOG * *
LOG *  TAXA DE EXECUCAO DE JOB .....CZ%      13,45 *
LOG *  C P U .....CZ%      1.295,53 *
LOG *  MEMORIA .....CZ%      664,97 *
LOG *  ACESSO EM DISCO .....CZ%      13,91 *
LOG *  ACESSO EM FITA .....CZ%      0,00 *
LOG *  CARTAO IN STREAM .....CZ%      4,73 *
LOG *      TOTAL .....CZ%      1.992,59 *
LOG * *
LOG *  OBS:  OS VALORES ACIMA REFEREM-SE APENAS AO OSVS1. *
LOG *      OS ITENS CARTAO LIDO, CARTAO PERFURADO, LINHA IMPRESSA *
LOG *      E FORMULARIO CONTINUO SERAO APROPRIADOS EM SEPARADO *
LOG *****
LOG IEF404I DEP017  ENDED  TIME=11.59.12
*****00000050
***      ANEXO C
***      EXEMPLO DE PRE-ALOCAO POR OPCAO SIMPLES E DUPLA
*****00000050
//STEP1 EXEC PGM=PAJAAHOR                        00000050
*****00000050
***
//FT04F001 DD DSN=22AUX,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(TRK,(1,1)),      000000
//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=1600)                        000000
//FT06F001 DD SYSOUT=A,DCB=(RECFM=FA,LRECL=133,BLKSIZE=133)           00000050
//FT05F001 DD *                                                           000000
//          *                                                           00000050
IEF236I ALLOC. FOR DEP017  STEP1
IEF237I 164 ALLOCATED TO FT04F001
IEF142I - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF205I SYS09118.T114534.RF107.DEP017.AUX      PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PASY52.
IEF373I STEP /STEP1 / START 09118.1146
IEF374I STEP /STEP1 / STOP 09118.1159 CPU 5MIN 44.19SEC STOR VIRT 192K
IEF205I SYS09118.T114534.RF107.DEP017.AUX      DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PASY52.
IEF298I DEP017  SYSOUT=A.
IEF375I JOB /DEP017 / START 09118.1146
IEF376I JOB /DEP017 / STOP 09118.1159 CPU 5MIN 44.19SEC
```

E S P E L H O D O S D A D O S

C* EXEMPLO DE PRE-ALOCAÇÃO POR OPÇÃO SIMPLES E DUPLA

TRAC:1

NCOP:1

NSOL:2

ALOC:0

NP:00

NT:03

INSTITUICAO:TRABALHO DE TESE - UFRJ/COPPE/SISTEMAS - SAMUEL DA MATA-1989

TITULO: EXEMPLO DIDÁTICO - DADOS RESTRITOS - (FICTÍCIOS)

TURNAS: T1 T2 T3

CH P01 3 3 3

CH P02 5 5 0

CH P03 3 3 3

CH P04 3 3 3

CH P05 0 5 5

CH P06 4 4 4

CH P07 5 0 5

CH P08 2 2 2

C* P01P02P03P04P05P06P07P08

 P01 P02 P03 P04 P05 P06 P07 P08

FB1 QUA SEX QUI TER SEG QUA TER QUI

FS1 XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX

RC: P05 SEG 1H CF

RC: P03 SEG 1H FF P03 QUA 1H FF P03 SEX 1H FF

RC: P03 SEG 2H FF P04 SEG 1H T1 P06 QUA 5H CF

RC: P08 SEG 1H FF P08 TER 1H FF P08 SEX 1H FF

RC: P08 SEG 2H FF P08 TER 2H FF P08 SEX 2H FF

RC: P08 SEG 3H FF P08 TER 3H FF P08 SEX 3H FF

T1 T2 T3
LI P01 2 2 2

LI P02 2 2 0

LI P03 2 2 2

LI P04 1 1 1

LI P05 0 2 2

LI P06 2 2 2

LI P07 2 0 2

LI P08 2 2 2

T1 T2 T3
DU P01 1 1 1

DU P02 2 2 9

DU P03 9 9 9

DU P04 0 0 0

DU P05 9 2 2

DU P06 1 1 1

DU P07 2 9 2

DU P08 1 1 1

T1 T2 T3
DI P03 X X X

PROF	MATRIC	NOME	DISCIPLINA	CH
ID P01	010101	JOSE SERAFIN DA SILVA	MATEMATICA	20
ID P02	020202	AMBROSIO JOSE DE OLIVEIRA	QUIMICA	20
ID P03	030303	SINONE CABRAL ARRUDA	PORTUGUES	EX
ID P04	040404	RUBISTERIO DIAS NETO	DIREITO	20
ID P05	050505	AGAMENON DIOGENES COUTO	FISICA	20
ID P06	060606	ANGETRINA PONTES VILA	MUSICA	20
ID P07	070707	AMARILDO GUILARTE CALVARIO	DESENHO	20
ID P08	080808	ESMERALDA DOS PRAZERES FILHA	ED.FISICA	20

TRABALHO DE TESE - UFRJ/COPPE/SISTEMAS - SAUUEL DA NATA-1989

EXEMPLO DIDATICO - DADOS RESTRITOS - (FICTICIOS)

*** SOLUCAO BASICA ***

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P01-JOSE MATEMATICA					P02-AMBROSIO QUIMICA					P03-SINONE PORTUGUES					P04-RUBISTENIO DIREITO					P05-AGAMENON FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	-	T1	-	-	-	T2	T2	T1	-	-	FF	FF	T3	T2	-	T1	-	-	-	T2	-	FF	FF	FF	FF
TER	-	T3	T3	-	-	T1	T1	T2	-	-	-	T2	-	-	T1	FF	FF	FF	FF	FF	T3	-	-	T2	T2
QUA	FF	FF	FF	FF	FF	-	-	T1	T1	T2	FF	-	-	-	T3	T3	T2	-	-	-	T2	T3	-	-	-
QUI	T1	T1	T2	T2	T3	-	-	-	-	T2	FF	FF	FF	FF	FF	-	T2	-	T3	T1	T2	T3	T3	-	-
SEX	-	-	-	-	T2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T1	T1	T2	T3	-	-	-	T3	T1	T2	-	T3	-	-

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P06-ANGETRINA MUSICA					P07-AMARILDO DESENHO					P08-ESMERALDA ED.FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	-	-	T2	T3	T3	T3	T3	-	-	T1	FF	FF	FF	T1	-
TER	T2	-	T1	T1	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T3
QUA	FF	FF	FF	FF	-	T1	T1	T3	T3	-	-	-	T2	T2	T1
QUI	T3	-	-	T1	-	-	-	T1	-	-	FF	FF	FF	FF	FF
SEX	T3	T2	T2	T1	-	T1	T3	-	-	-	FF	FF	FF	-	-

HORARIO DAS TURNAS (TURN,DIA,HORA)

	T1					T2					T3				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	P04	P04	P02	P00	P07	P02	P02	P06	P03	P04	P07	P07	P03	P06	P06
TER	P02	P02	P06	P06	P03	P06	P03	P02	P05	P05	P05	P01	P01	P00	P00
QUA	P07	P07	P02	P02	P00	P05	P04	P00	P00	P02	P04	P05	P07	P07	P03
QUI	P01	P01	P07	P06	P04	P05	P04	P01	P01	P02	P06	P05	P05	P04	P01
SEX	P07	P03	P03	P06	P04	P05	P06	P06	P03	P01	P06	P07	P05	P04	P03

NUMERO DE RECONFIGURACOES: 120.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P01 NA SEG-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 128.
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 2 SEG-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 388.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P02 NA TER-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 116.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P03 NA TER-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 506.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P01TER1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER2HT1 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 4 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 514.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P01TER1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER2HT1 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 4 QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 790.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P01TER1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER2HT1 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 4 SEX-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 505.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P02 NA QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 92.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P03 NA TER-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 306.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P04 NA QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 340.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P07QUA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P05QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 5 TER-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 478.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P07QUA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P05QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 5 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 740.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P07QUA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P05QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P05 NA QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 230.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P07QUA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P050UA1HT2 POR OPCAO DUPLA

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA SEG-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 194.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P070UA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P050UA1HT2 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P05SEG1HT3 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P04SEG2HT3 POR OPCAO DUPLA
NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 396.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P070UA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P050UA1HT2 POR OPCAO DUPLA

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA QUA-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 218.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P080UA1HT1 POR OPCAO UNICA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P050UA1HT2 POR OPCAO UNICA
NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 0.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P070UA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P050UA1HT2 POR OPCAO DUPLA
NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 7 QUI-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 496.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P070UA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P050UA1HT2 POR OPCAO DUPLA
NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 7 SEX-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 555.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P070UA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P050UA1HT2 POR OPCAO DUPLA

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P05 NA SEX-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 642.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P070UA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P050UA1HT2 POR OPCAO DUPLA

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA SEG-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 530.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P070UA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P050UA1HT2 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P05SEG1HT3 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P04SEG2HT3 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 784.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P07QUA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P05QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 208.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P00QUA1HT1 POR OPCAO UNICA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P05QUA1HT2 POR OPCAO UNICA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 0.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P07QUA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P05QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 136.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P07QUA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P05QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 741.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P07QUA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P05QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA SEX-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 100.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P07QUA1HT1 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P05QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 453.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P04 NA QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 140.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P05 NA TER-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 596.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P01TER1HT3 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER2HT3 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 7 SEG-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 851.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P01TER1HT3 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER2HT3 POR OPCAO DUPLA
NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENTAR PARA O PROF. 7 QUA-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 012.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER1HT3 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER2HT3 POR OPCAO DUPLA

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA QUI-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 194.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER1HT3 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER2HT3 POR OPCAO DUPLA

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENTAR PARA O PROFESSOR P08 NA QUA-FEIRA

NUMERO DE RECONFIGURACOES: 242.

TRABALHO DE TESE - UFRJ/COPPE/SISTEMAS - SAMUEL DA NATA-1989

EXEMPLO DIDÁTICO - DADOS RESTRITOS - (FICTÍCIOS)

*** SOLUCAO 1 - OTIMA ***

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P01-JOSE MATEMATICA					P02-AMBROSIO QUIMICA					P03-SIMONE PORTUGUES					P04-RUBISTENIO DIREITO					P05-AGANEMOM FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	FF	FF	FF	FF	FF	T2	T2	-	T1	-	FF	FF	T3	T3	T1	T1	T3	T2	-	-	-	FF	FF	FF	FF
TER	T2	T2	T3	T1	T1	T1	T1	T2	T2	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF
QUA	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T1	T2	T2	T3	-	T2	T1	-	T2	T2	-	-	T3
QUI	T1	-	T2	T3	T3	-	T1	T1	-	T2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T3	-	T2	-
SEX	-	-	-	-	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	-	T1	-	T2	T1	T2	T3	-	-	T3	T3	T2	T2	-

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P06-ANGETRINA MUSICA					P07-AMARILDO DESENHO					P08-ESMERALDA ED.FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	-	-	-	-	T3	T3	T1	T1	-	-	FF	FF	FF	T2	T2
TER	T3	T3	T1	-	T2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T3
QUA	FF	FF	FF	FF	T1	T1	T1	T3	T3	-	FF	FF	FF	FF	FF
QUI	T2	T2	T3	T1	T1	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF
SEX	T2	-	-	-	-	-	T1	-	T3	T3	FF	FF	FF	T1	T1

HORARIO DAS TURMAS (TURN,DIA,HORA)

	T1					T2					T3				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	P04	P07	P07	P02	P03	P02	P02	P04	P08	P08	P07	P04	P03	P03	P06
TER	P02	P02	P06	P01	P01	P01	P01	P02	P02	P06	P06	P06	P01	P08	P08
QUA	P07	P07	P03	P04	P06	P05	P05	P04	P03	P03	P04	P03	P07	P07	P05
QUI	P01	P02	P02	P06	P06	P06	P06	P01	P05	P02	P05	P05	P06	P01	P01
SEX	P04	P07	P03	P08	P08	P06	P04	P05	P05	P03	P05	P05	P04	P07	P07

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P01TER1HT3 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER2HT3 POR OPCAO DUPLA

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA SEX-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 278.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P01TER1HT3 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P06TER2HT3 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 792.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P05 NA QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 202.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P04QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 7 SEG-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 534.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P04QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 7 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 781.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P04QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 7 QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 378.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P04QUA1HT2 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 7 SEX-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 331.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P05 NA QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 118.

NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 7 SEG-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 665.

NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 7 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 544.

NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 7 QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 623.

NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 7 SEX-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 545.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P05 NA SEX-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 290.

NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 7 SEG-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 584.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 362.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P04QUA1HT1 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 523.

NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROF. 7 QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 584.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA SEX-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 306.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLENENTAR PARA O PROFESSOR P08 NA QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 290.

TRABALHO DE TESE - UFRJ/COPPE/SISTEMAS - SAUUEL DA NATA-1989

EXEMPLO DIDATICO - DADOS RESTRITOS - (FICTICIOS)

*** SOLUCAO 2 - ALTERNATIVA ***

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P01-JOSE MATEMATICA					P02-ANDROSIO QUIMICA					P03-SIMONE PORTUGUES					P04-RUBISTERIO DIREITO					P05-AGAMENON FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	FF	FF	FF	FF	FF	-	-	T2	-	T1	FF	FF	-	-	T3	T1	T2	T3	-	-	T2	FF	FF	FF	FF
TER	-	T2	T3	T1	T1	T1	T1	T2	T2	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T2	-	-	-	T3
QUA	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T2	T2	T1	T1	T3	-	T1	T2	-	T2	T3	T3	-	-
QUI	-	-	T2	-	-	-	T1	T1	T2	T2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T2	T2	-	T3	T3
SEX	T1	-	T3	T3	T2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T1	T2	T3	T3	T1	T2	-	-	FF	FF	FF	FF	FF

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P06-ANGETRINA MUSICA					P07-AMARILDO DESENHO					P08-ESMERALDA ED.FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	T3	T1	-	T2	-	-	T3	T1	T1	-	FF	FF	FF	T3	T2
TER	T3	T3	T1	-	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T2
QUA	FF	FF	FF	FF	T2	T1	T1	-	T3	T3	FF	FF	FF	FF	FF
QUI	T3	-	-	T1	T1	T1	T3	T3	-	-	FF	FF	FF	FF	FF
SEX	T2	T2	-	-	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T1	T1

HORARIO DAS TURMAS (TURM,DIA,HORA)

	T1					T2					T3				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	P04	P06	P07	P07	P02	P05	P04	P02	P06	P08	P06	P07	P04	P08	P03
TER	P02	P02	P06	P01	P01	P05	P01	P02	P02	P03	P06	P06	P01	P08	P05
QUA	P07	P07	P04	P03	P03	P05	P03	P03	P04	P06	P04	P05	P05	P07	P07
QUI	P07	P02	P02	P06	P06	P05	P05	P01	P02	P02	P06	P07	P07	P05	P05
SEX	P01	P04	P03	P08	P08	P06	P06	P04	P03	P01	P04	P03	P01	P01	P03

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P04 NA SEX-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 230.
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 5 TER-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 547.
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 5 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 559.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P05 NA QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 488.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA SEG-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 376.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P05SEG1HT3 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P04SEG2HT3 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 853.
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 7 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 1003.
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 7 QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 345.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA SEX-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 168.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P01SEX1HT1 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 339.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P05 NA SEX-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 252.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P01SEX1HT2 POR OPCAO DUPLA

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA SEG-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 175.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P01SEX1HT2 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P05SEG1HT3 POR OPCAO DUPLA

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P04SEG2HT3 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 1003.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P01SEX1HT2 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 7 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 676.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P01SEX1HT2 POR OPCAO DUPLA

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA QUI-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 349.

PRE-ALOCACAO DE AULA PELO SISTEMA => P01SEX1HT2 POR OPCAO DUPLA
 NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
 NUMERO DE RECONFIGURACOES: 567.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P01SEX1HT2 POR OPÇÃO DUPLA
 NÃO FOI POSSÍVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 7 SEX-FEIRA
 NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 661.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P02 NA QUI-FEIRA
 NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 148.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P03 NA TER-FEIRA
 NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 130.
 NÃO FOI POSSÍVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 4 QUA-FEIRA
 NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 1002.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P04 NA QUI-FEIRA
 NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 206.
 NÃO FOI POSSÍVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 5 TER-FEIRA
 NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 619.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P05 NA QUA-FEIRA
 NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 658.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA SEG-FEIRA
 NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 384.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P05SEG1HT3 POR OPÇÃO DUPLA

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P04SEG2HT3 POR OPÇÃO DUPLA

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P08 NA QUA-FEIRA
 NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 352.

TRABALHO DE TESE - UFRJ/COPPE/SISTEMAS - SAMUEL DA MATA-1989

EXEMPLO DIDÁTICO - DADOS RESTRITOS - (FICTÍCIOS)

*** SOLUCAO 3 - ALTERNATIVA ***

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P01-JOSE MATEMATICA					P02-ANDROSIO QUIMICA					P03-SIMONE PORTUGUES					P04-RUBISTERIO DIREITO					P05-AGAMENON FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	FF	FF	FF	FF	FF	T2	T2	T1	T1	-	FF	FF	T2	-	T1	T1	T1	-	T2	T3	T3	FF	FF	FF	FF
TER	T3	T3	T1	T2	-	T1	T1	T2	-	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T2	T2	-	-	T3
QUA	FF	FF	FF	FF	FF	T1	-	-	T2	T2	FF	T2	T2	T3	T3	T2	T1	T3	-	-	FF	FF	FF	FF	FF
QUI	T3	T2	T2	T1	T1	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T2	-	-	T3	T3
SEX	-	-	-	-	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T1	T1	T3	-	T2	-	-	-	T3	T3	-	-	T2	T2

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P06-ANGETRINA MUSICA					P07-AMARILDO DESENHO					P08-ESMERALDA ED.FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	-	T3	T3	-	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T2
TER	-	-	T3	T1	T1	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T2
QUA	FF	FF	FF	FF	T1	T3	T3	T1	T1	-	FF	FF	FF	FF	FF
QUI	-	T3	T1	T2	T2	T1	T1	T3	-	-	FF	FF	FF	FF	FF
SEX	-	T2	T2	-	-	T1	T3	T3	-	-	FF	FF	FF	T1	T1

HORARIO DAS TURMAS (TURN,DIA,HORA)

	T1					T2					T3				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	P04	P04	P02	P02	P03	P02	P02	P03	P04	P08	P05	P06	P06	P08	P04
TER	P02	P02	P01	P06	P06	P05	P05	P02	P01	P08	P01	P01	P06	P08	P05
QUA	P02	P04	P07	P07	P06	P04	P03	P03	P02	P02	P07	P07	P04	P03	P03
QUI	P07	P07	P06	P01	P01	P05	P01	P01	P06	P06	P01	P06	P07	P05	P05
SEX	P07	P03	P03	P08	P08	P04	P06	P06	P05	P05	P05	P07	P07	P03	P04

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA QUA-FEIRA
NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 272.

PRE-ALOCAÇÃO DE AULA PELO SISTEMA => P@4QDAIHT3 POR OPCAO DUPLA
NÃO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 8 QUA-FEIRA
NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 508.

NÃO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROF. 7 QUI-FEIRA
NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 562.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA SEX-FEIRA
NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 242.

ALOCAÇÃO DE UMA FOLGA SUPLEMENTAR PARA O PROFESSOR P08 NA QUA-FEIRA
NÚMERO DE RECONFIGURAÇÕES: 354.

TRABALHO DE TESE - UFRJ/COPPE/SISTEMAS - SAUDEL DA MATA-1989

EXEMPLO DIDÁTICO - DADOS RESTRITOS - (FICTÍCIOS)

*** SOLUCAO 4 - ALTERNATIVA ***

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P01-JOSE MATEMATICA					P02-AMBROSIO QUIMICA					P03-SIMONE PORTUGUES					P04-RUBISTENIO DIREITO					P05-AGAMENON FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	FF	FF	FF	FF	FF	T2	T1	T1	-	-	FF	FF	T2	T1	T3	T1	T2	-	T3	-	T3	FF	FF	FF	FF
TER	-	-	T3	-	T1	T1	T1	T2	T2	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T2	T2	-	-	-
QUA	FF	FF	FF	FF	FF	T1	-	T2	T2	-	FF	T2	T3	T3	T1	T2	T1	-	-	T3	FF	FF	FF	FF	FF
QUI	T3	T3	T1	T2	T2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T2	T2	T3	T3	-
SEX	T1	-	T2	-	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	-	T1	T2	-	T3	T1	-	-	T2	T2	T3	T3	-	-

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P06-ANGETRINA MUSICA					P07-ANARILDO DESENHO					P08-ESMERALDA ED.FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	-	-	-	-	-	-	T3	T3	-	T1	FF	FF	FF	T2	T2
TER	T3	T3	T1	T1	T2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T3
QUA	FF	FF	FF	FF	T2	T3	T3	T1	T1	-	FF	FF	FF	FF	FF
QUI	-	-	T2	T1	T1	T1	T1	-	-	T3	FF	FF	FF	FF	FF
SEX	-	T2	-	T3	T3	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T1	T1

HORARIO DAS TURMAS (TURN,DIA,HORA)

	T1					T2					T3				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	P04	P02	P02	P03	P07	P02	P04	P03	P08	P08	P05	P07	P07	P04	P03
TER	P02	P02	P06	P06	P01	P05	P05	P02	P02	P06	P06	P06	P01	P08	P08
QUA	P02	P04	P07	P07	P03	P04	P03	P02	P02	P06	P07	P07	P03	P03	P04
QUI	P07	P07	P01	P06	P06	P05	P05	P06	P01	P01	P01	P01	P05	P05	P07
SEX	P01	P04	P03	P08	P08	P05	P06	P01	P03	P04	P04	P05	P05	P06	P06

NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENTAR PARA O PROF. 5 QUI-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 334.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENTAR PARA O PROFESSOR P05 NA SEX-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 216.

NAO FOI POSSIVEL ALOCAR FOLGA SUPLENTAR PARA O PROF. 7 SEG-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 603.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENTAR PARA O PROFESSOR P07 NA QUA-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 202.

ALOCACAO DE UMA FOLGA SUPLENTAR PARA O PROFESSOR P08 NA QUA-FEIRA
NUMERO DE RECONFIGURACOES: 192.

TRABALHO DE TESE - UFRJ/COPPE/SISTEMAS - SAMUEL DA NATA-1989

EXEMPLO DIDÁTICO - DADOS RESTRITOS - (FICTÍCIOS)

*** SOLUÇÃO 5 - ÓTIMA ***

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P01-JOSE MATEMATICA					P02-AMBROSIO QUIMICA					P03-SIWONE PORTUGUES					P04-RUBISTENIO DIREITO					P05-AGAMENON FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	FF	FF	FF	FF	FF	T2	T2	-	T1	-	FF	FF	T1	-	T3	T1	T3	T2	-	-	-	FF	FF	FF	FF
TER	-	-	T3	T1	T1	T1	T1	T2	T2	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T3	-	-	T2
QUA	FF	FF	FF	FF	FF	T1	T1	-	-	T2	FF	T2	T3	T1	T1	T2	-	T1	T3	-	T3	T3	T2	T2	-
QUI	T3	T3	T1	T2	T2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T2	T2	-	-	T3
SEX	-	-	-	-	T2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T2	T2	-	T3	T2	T1	-	-	FF	FF	FF	FF	FF

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P06-ANGETRINA MUSICA					P07-AMARILDO DESENHO					P08-ESMERALDA ED.FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	-	-	T3	T3	T1	T3	T1	-	-	-	FF	FF	FF	T2	T2
TER	T2	T2	T1	-	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	T3	T3
QUA	FF	FF	FF	FF	T3	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF
QUI	-	-	T2	T1	T1	T1	T1	T3	T3	-	FF	FF	FF	FF	FF
SEX	T2	-	-	-	T3	T1	T1	T3	T3	-	FF	FF	FF	T1	T1

HORARIO DAS TURMAS (TURM,DIA,HORA)

	T1					T2					T3				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	P04	P07	P03	P02	P06	P02	P02	P04	P08	P08	P07	P04	P06	P06	P03
TER	P02	P02	P06	P01	P01	P06	P06	P02	P02	P05	P05	P05	P01	P08	P08
QUA	P02	P02	P04	P03	P03	P04	P03	P05	P05	P02	P05	P05	P03	P04	P06
QUI	P07	P07	P01	P06	P06	P05	P05	P06	P01	P01	P01	P01	P07	P07	P05
SEX	P07	P07	P04	P08	P08	P06	P04	P03	P03	P01	P04	P03	P07	P07	P06

TRABALHO DE TESE - UFRJ/COPPE/SISTEMAS - SAMUEL DA MATA-1989

EXEMPLO DIDÁTICO - DADOS RESTRITOS - (FICTÍCIOS)

RELATÓRIO DE IDENTIFICAÇÃO E CARGA HORÁRIA DOS PROFESSORES

PROF	MATRICULA	NOME	DISCIPLINA	CARG.HOR.	AULAS/SEM.
P01	010101	JOSE SERAFIN DA SILVA	MATEMATICA	20	9
P02	020202	AMBROSIO JOSE DE OLIVEIRA	QUIMICA	20	10
P03	030303	SIMONE CABRAL ARRUDA	PORTUGUES	EX	9
P04	040404	RUBISTENIO DIAS NETO	DIREITO	20	9
P05	050505	AGANENOM DIOGENES COUTO	FISICA	20	10
P06	060606	ANGETRINA PORTES VILA	MUSICA	20	12
P07	070707	AMARILDO GULARTE CALVARIO	DESENHO	20	10
P08	080808	ESMERALDA DOS PRAZERES FILHA	ED.FISICA	20	6

ANEXO D

```

//DEP017 JOB (PAJAA), 'DEP017', CLASS=G, TIME=400, PRTY=01, TYPRUN=HOLD      00640000
LOG IEF403I DEP017  STARTED TIME=19.24.06
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR PROFILE
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR PROFILE
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR SCRATCH1
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR SCRATCH1
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR MATRIX1
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR ETA1
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR ETA2
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR SCRATCH1
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR SCRATCH2
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR MIXWORK
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR MATRIX1
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR ETA1
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR ETA2
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR SCRATCH1
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR SCRATCH2
LOG IEC137I TRACK OVERFLOW RESET FOR MIXWORK
LOG *****
LOG *      ENBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA      *
LOG *              D N Q - C C E                                     *
LOG *                                                                 *
LOG *  TEMPO DE CPU: 04:26:37.04    TEMPO DE EXECUCAO: 00:31:05.07    *
LOG *  HORA DE INICIO: 19:24:06.67   HORA DE TERMINO: 03:55:12.54    *
LOG *                                                                 *
LOG *              CUSTOS DO JOB                                       *
LOG *                                                                 *
LOG *  TAXA DE EXECUCAO DE JOB .....CZ%      13,45                    *
LOG *  C P U .....CZ%      60.216,17                    *
LOG *  MEMORIA .....CZ%      329.094,72                    *
LOG *  ACESSO EM DISCO .....CZ%      29.031,20                    *
LOG *  ACESSO EM FITA .....CZ%      0,00                    *
LOG *  CARTAO IN STREAM .....CZ%      8,36                    *
LOG *              TOTAL .....CZ%      410.363,90                    *
LOG *                                                                 *
LOG *  OBS:  OS VALORES ACIMA REFEREN-SE APENAS AO OSUS1.            *
LOG *              OS ITENS CARTAO LIDO, CARTAO PERFURADO, LINHA IMPRESSA *
LOG *              E FORMULARIO CONTINUO SERAO APROPRIADOS EM SEPARADO *
LOG *****
LOG IEF404I DEP017  ENDED  TIME=03.55.13
*** MEMORIA = 2040K  TIME = 400  EXECUCAO = 06 HORAS
***** 00000050
***          PROCOR #PSXPOLI
*** EXEMPLO : COLEGIO POLIVALENTE - MATUTINO - 1985( DADOS REAIS)
***** 00000050
//STEP1 EXEC PGM=PAJAGER      00000050
***
//FT01F001 DD DSN=88CDL,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)),      000000
//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=00,BLKSIZE=1600)                      000000
//FT02F001 DD DSN=88AUX,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)),      000000
//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=00,BLKSIZE=1600)                      000000
//FT03F001 DD DSN=88ROW,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)),      000000
//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=00,BLKSIZE=1600)                      000000
//FT04F001 DD DSN=88EQUA,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)),      000000
//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=00,BLKSIZE=1600)                      000000
//FT06F001 DD SYSOUT=A,DCB=(RECFM=FA,LRECL=133,BLKSIZE=133)            00000050
//FT08F001 DD DSN=88RHS,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)),      000000

```



```

//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=1600)                000000
//FT09F001 DD DSN=&&TRNSF,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)), 000000
//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=1600)                000000
//FT11F001 DD SYSOUT=A,DCB=(RECFM=FA,LRECL=133,BLKSIZE=133)    0000050
//FT05F001 DD *                                                  000000
*****                                                         0000050
*** SORT ROWS
*****                                                         0000050
IEF236I ALLOC. FOR DEP017 STEP1
IEF237I 165 ALLOCATED TO FT01F001
IEF237I 165 ALLOCATED TO FT02F001
IEF237I 16A ALLOCATED TO FT03F001
IEF237I 16C ALLOCATED TO FT04F001
IEF237I 16A ALLOCATED TO FT06F001
IEF237I 165 ALLOCATED TO FT09F001
IEF142I - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.COL PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS3.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.AUX PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS3.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.ROW PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS6.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.EQUA PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PASYSA.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.RHS PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS6.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.TRNSF PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS3.
IEF373I STEP /STEP1 / START 09125.1924
IEF374I STEP /STEP1 / STOP 09125.1927 CPU 0MIN 18.23SEC STOR VIRT 126K
//STEP2 EXEC PGM=ICEMAN,PARN='BALN,SIZE=60000',REGION=90K
//STEPLIB DD DISP=SHR,DSN=SYS1.SORTLOAD
//          DD DISP=SHR,DSN=SYSU.CNTRLIB
//SORTLIB DD DISP=SHR,DSN=SYS1.SORTLOAD
//SORTMSG DD DUMMY
//SYSPRINT DD DUMMY
//SYSOUT DD DUMMY
//SORTWK01 DD UNIT=3375,SPACE=(CYL,(2),RLSE,CONTIG)
//SORTWK02 DD UNIT=3375,SPACE=(CYL,(2),RLSE,CONTIG)
//SORTWK03 DD UNIT=3375,SPACE=(CYL,(2),RLSE,CONTIG)
//SORTIN DD DSN=&&ROW,UNIT=3375,DISP=(OLD,DELETE)                000000
//SORTOUT DD DSN=&&ROW1,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)), 000000
//          DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=1600)                000000
//SYSIN DD *
*****                                                         0000050
*** SORT COLUMNS
*****                                                         0000050
IEF236I ALLOC. FOR DEP017 STEP2
IEF237I 165 ALLOCATED TO STEPLIB
IEF237I 16E ALLOCATED TO
IEF237I 165 ALLOCATED TO SORTLIB
IEF237I 168 ALLOCATED TO SORTWK01
IEF237I 16C ALLOCATED TO SORTWK02
IEF237I 169 ALLOCATED TO SORTWK03
IEF237I 16A ALLOCATED TO SORTIN
IEF237I 168 ALLOCATED TO SORTOUT
IEF142I - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF205I SYS1.SORTLOAD KEPT

```

```

IEF205I VOL SER NOS= PASYS3.
IEF205I SYSU.CNTRLIB KEPT
IEF205I VOL SER NOS= PASYSE.
IEF205I SYS1.SORTLOAD KEPT
IEF205I VOL SER NOS= PASYS3.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000001 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS0.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000002 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PASYSA.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000003 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS9.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.ROW DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS6.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.ROW1 PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS0.
IEF373I STEP /STEP2 / START 09125.1927
IEF374I STEP /STEP2 / STOP 09125.1929 CPU 0MIN 00.96SEC STOR VIRT 116K
//STEP3 EXEC PGM=ICEKAM,PARM='BALM,SIZE=60000',REGION=90K
//STEPLIB DD DISP=SHR,DSN=SYS1.SORTLOAD
// DD DISP=SHR,DSN=SYSU.CNTRLIB
//SORTLIB DD DISP=SHR,DSN=SYS1.SORTLOAD
//SORTNSG DD DUMMY
//SYSPRINT DD DUMMY
//SYSOUT DD DUMMY
//SORTWK01 DD UNIT=3375,SPACE=(CYL,(2),RLSE,CONTIG)
//SORTWK02 DD UNIT=3375,SPACE=(CYL,(2),RLSE,CONTIG)
//SORTWK03 DD UNIT=3375,SPACE=(CYL,(2),RLSE,CONTIG)
//SORTIN DD DSN=88COL,UNIT=3375,DISP=(OLD,DELETE) 000000
//SORTOUT DD DSN=88COL,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)), 000000
// DCB=(RECFM=FB,LRECL=00,BLKSIZE=1600) 000000
//SYSIN DD *
***** 00000050
*** SORT RNS
***** 00000050
IEF236I ALLOC. FOR DEP017 STEP3
IEF237I 145 ALLOCATED TO STEPLIB
IEF237I 14E ALLOCATED TO
IEF237I 145 ALLOCATED TO SORTLIB
IEF237I 140 ALLOCATED TO SORTWK01
IEF237I 14A ALLOCATED TO SORTWK02
IEF237I 14C ALLOCATED TO SORTWK03
IEF237I 145 ALLOCATED TO SORTIN
IEF237I 140 ALLOCATED TO SORTOUT
IEF142I - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF205I SYS1.SORTLOAD KEPT
IEF205I VOL SER NOS= PASYS3.
IEF205I SYSU.CNTRLIB KEPT
IEF205I VOL SER NOS= PASYSE.
IEF205I SYS1.SORTLOAD KEPT
IEF205I VOL SER NOS= PASYS3.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000004 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS0.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000005 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS6.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000006 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PASYSA.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.COL DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS3.

```

```

IEF205I  SYS09125.T192354.RF107.DEP017.COL1          PASSED
IEF205I  VOL SER NOS= PASYSB.
IEF373I  STEP /STEP3 / START 09125.1929
IEF374I  STEP /STEP3 / STOP 09125.1930 CPU  @MIN 02.29SEC STOR VIRT 116K
//STEP4  EXEC PGM=ICEMAN,PARN='BALN,SIZE=60000',REGION=9BK
//STEPLIB DD DISP=SHR,DSN=SYS1.SORTLOAD
//        DD DISP=SHR,DSN=SYSU.CNTRLIB
//SORTLIB DD DISP=SHR,DSN=SYS1.SORTLOAD
//SORTHSG DD DUMMY
//SYSPRINT DD DUMMY
//SYSOUT  DD DUMMY
//SORTWK01 DD UNIT=3375,SPACE=(CYL,(2),RLSE,CONTIG)
//SORTWK02 DD UNIT=3375,SPACE=(CYL,(2),RLSE,CONTIG)
//SORTWK03 DD UNIT=3375,SPACE=(CYL,(2),RLSE,CONTIG)
//SORTIN  DD DSN=RRHS,UNIT=3375,DISP=(OLD,DELETE)          000000
//SORTOUT DD DSN=RRHS1,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)), 000000
//        DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=1600)            000000
//SYSIN   DD *
*****                                                    00000050
IEF236I  ALLOC. FOR DEP017  STEP4
IEF237I  165  ALLOCATED TO STEPLIB
IEF237I  16E  ALLOCATED TO
IEF237I  165  ALLOCATED TO SORTLIB
IEF237I  168  ALLOCATED TO SORTWK01
IEF237I  165  ALLOCATED TO SORTWK02
IEF237I  16C  ALLOCATED TO SORTWK03
IEF237I  16A  ALLOCATED TO SORTIN
IEF237I  168  ALLOCATED TO SORTOUT
IEF142I  - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF205I  SYS1.SORTLOAD          KEPT
IEF205I  VOL SER NOS= PASYB3.
IEF205I  SYSU.CNTRLIB          KEPT
IEF205I  VOL SER NOS= PASYSE.
IEF205I  SYS1.SORTLOAD          KEPT
IEF205I  VOL SER NOS= PASYG3.
IEF205I  SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000007  DELETED
IEF205I  VOL SER NOS= PASYG8.
IEF205I  SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000008  DELETED
IEF205I  VOL SER NOS= PASYG3.
IEF205I  SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000009  DELETED
IEF205I  VOL SER NOS= PASYGA.
IEF205I  SYS09125.T192354.RF107.DEP017.RHS      DELETED
IEF205I  VOL SER NOS= PASYG6.
IEF205I  SYS09125.T192354.RF107.DEP017.RHS1     PASSED
IEF205I  VOL SER NOS= PASYG8.
IEF373I  STEP /STEP4 / START 09125.1930
IEF374I  STEP /STEP4 / STOP 09125.1930 CPU  @MIN 00.94SEC STOR VIRT 116K
//STEP5  EXEC PGM=PAJAJUN          00000050
*****                                                    00000050
//FT01F001 DD DSN=RRCOL1,UNIT=3375,DISP=(OLD,DELETE)  000000
//FT03F001 DD DSN=RRROM1,UNIT=3375,DISP=(OLD,DELETE)  000000
//FT06F001 DD SYSOUT=A,DCB=(RECFM=FA,LRECL=133,BLKSIZE=133) 00000050
//FT08F001 DD DSN=RRRHS1,UNIT=3375,DISP=(OLD,DELETE)  000000
//FT12F001 DD DSN=RRDNPX,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)), 000000
//        DCB=(RECFM=FB,LRECL=80,BLKSIZE=1600)        000000
*****                                                    00000050
IEF236I  ALLOC. FOR DEP017  STEP5
IEF237I  168  ALLOCATED TO FT01F001

```

```

IEF237I 160 ALLOCATED TO FT03F001
IEF237I 160 ALLOCATED TO FT00F001
IEF237I 166 ALLOCATED TO FT12F001
IEF142I - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF285I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.COL1 DELETED
IEF285I VOL SER NOS= PASYS8.
IEF285I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.ROW1 DELETED
IEF285I VOL SER NOS= PASYS8.
IEF285I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.RHS1 DELETED
IEF285I VOL SER NOS= PASYS8.
IEF285I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.DNPX PASSED
IEF285I VOL SER NOS= PASYS4.
IEF373I STEP /STEP5 / START 09125.1930
IEF374I STEP /STEP5 / STOP 09125.1931 CPU 0MIN 06.91SEC STOR VIRT 46K
//STEP6 EXEC MIP0 00000050
***** 00000050
*** MIP/370 ALTERADO EM 16/02/04 550-CCE 00000100
XXMIP0 PROC AREA=20,AREA2=20 00000200
XXCOMP EXEC PGM=DPLCOMP 00000300
XXSTEPLIB DD DISP=SHR, 00000400
XX DSN=SYS1.JHPSX370 00000500
XXSYSPRINT DD SYSOUT=A 00000600
XXSYSLCP DD UNIT=WORK,DISP=(,PASS),SPACE=(TRK,(AREA,AREA2)) 00000700
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,DISP=(,PASS),SPACE=(TRK,(20,20))
XXSCRATCH1 DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(AREA,AREA2)) 00000800
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(20,20))
XXSCRATCH2 DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(AREA,AREA2)) 00000900
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(20,20))
XXSCRATCH3 DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(AREA,AREA2)) 00001000
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(20,20))
XXSCRATCH4 DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(AREA,AREA2)) 00001100
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(20,20))
//COMP.SYSIN DD *
IEF236I ALLOC. FOR DEP017 COMP STEP6
IEF237I 167 ALLOCATED TO STEPLIB
IEF237I 161 ALLOCATED TO SYSLCP
IEF237I 161 ALLOCATED TO SCRATCH1
IEF237I 161 ALLOCATED TO SCRATCH2
IEF237I 161 ALLOCATED TO SCRATCH3
IEF237I 161 ALLOCATED TO SCRATCH4
IEF142I - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF285I SYS1.JHPSX370 KEPT
IEF285I VOL SER NOS= PASYS5.
IEF285I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000010 PASSED
IEF285I VOL SER NOS= PAWORK.
IEF285I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000011 DELETED
IEF285I VOL SER NOS= PAWORK.
IEF285I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000012 DELETED
IEF285I VOL SER NOS= PAWORK.
IEF285I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000013 DELETED
IEF285I VOL SER NOS= PAWORK.
IEF285I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000014 DELETED
IEF285I VOL SER NOS= PAWORK.
IEF373I STEP /COMP / START 09125.1931
IEF374I STEP /COMP / STOP 09125.1932 CPU 0MIN 01.79SEC STOR VIRT2040K
XXEXEC EXEC PGM=DPLEXEC,COND=(0,NE,COMP),PARN='TASK' 00001200
XXSTEPLIB DD DISP=SHR, 00001300
XX DSN=SYS1.JHPSX370 00001400
XXSYSPRINT DD SYSOUT=A 00001500

```

```

XXSYSLCP DD DSN=*.COMP.SYSLCP,DISP=(OLD,PASS) 00001600
XXSCRATCH1 DD UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(&AREA,&AREA2)) 00001700
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(20,20))
XXSCRATCH2 DD UNIT=(WORK,SEP=SCRATCH1),SPACE=(CYL,(&AREA,&AREA2)) 00001800
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=(WORK,SEP=SCRATCH1),SPACE=(CYL,(20,20))
XXMATRIX1 DD UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(&AREA,&AREA2)) 00001900
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(20,20))
XXETA1 DD UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(&AREA,&AREA2)) 00002000
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(20,20))
XXETA2 DD UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(&AREA,&AREA2)) 00002100
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(20,20))
XXNIXWORK DD UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(&AREA,&AREA2)) 00002200
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(20,20))
XXPROFILE DD UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(&AREA,&AREA2)) 00002300
IEF653I SUBSTITUTION JCL - UNIT=WORK,SPACE=(CYL,(20,20))
//EXEC.REL DD DSN=SSSHPX,UNIT=3375,DISP=(,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)), 000000
// DCB=(RECFM=VBS,LRECL=204,BLKSIZE=1024) 000000
//EXEC.SYSIN DD DSN=SSDMPX,DISP=(OLD,PASS) 000000
***** 00000050
IEF236I ALLOC. FOR DEP017 EXEC STEP4
IEF237I 167 ALLOCATED TO STEPLIB
IEF237I 161 ALLOCATED TO SYSLCP
IEF237I 161 ALLOCATED TO SCRATCH1
IEF237I 161 ALLOCATED TO SCRATCH2
IEF237I 161 ALLOCATED TO MATRIX1
IEF237I 161 ALLOCATED TO ETA1
IEF237I 161 ALLOCATED TO ETA2
IEF237I 161 ALLOCATED TO NIXWORK
IEF237I 161 ALLOCATED TO PROFILE
IEF237I 165 ALLOCATED TO REL
IEF237I 166 ALLOCATED TO SYSIN
IEF142I - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF205I SYS1.JMPGX370 KEPT
IEF205I VOL SER NOS= PASYS5.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000010 PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PAMORK.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000015 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAMORK.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000016 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAMORK.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000017 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAMORK.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000018 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAMORK.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000019 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAMORK.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000020 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAMORK.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R0000021 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAMORK.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.SHPX PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS3.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.DMPX PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PASYS4.
IEF373I STEP /EXEC / START 09125.1932
IEF374I STEP /EXEC / STOP 09126.0355 CPU 266MIN 05.95SEC STOR VIRT2040K
//STEP7 EXEC PGM=PAJAREP 00000050
***** 00000050
//FT04F001 DD DSN=SSSHPX,UNIT=3375,DISP=(OLD,PASS),SPACE=(CYL,(5,2)), 000000

```

```
//          DCB=(RECFN=VBS,LRECL=204,BLKSIZE=1024)          000000
//FT06F001 DD SYSOUT=A,DCB=(RECFN=FA,LRECL=133,BLKSIZE=133) 00000050
//FT09F001 DD DSN=88TRANSF,DISP=(OLD,PASS)                   000000
//FT11F001 DD SYSOUT=A,DCB=(RECFN=FA,LRECL=133,BLKSIZE=133) 00000050
```

```
***
```

```
//
```

```
IEF236I ALLOC. FOR DEP017 STEP7
IEF237I 165 ALLOCATED TO FT06F001
IEF237I 165 ALLOCATED TO FT09F001
IEF142I - STEP WAS EXECUTED - COND CODE 0000
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.SMPX PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PAGYS3.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.TRANSF PASSED
IEF205I VOL SER NOS= PAGYS3.
IEF373I STEP /STEP7 / START 09126.0355
IEF374I STEP /STEP7 / STOP 09126.0355 CPU 0MIN 00.77SEC STOR VIRT 50K
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.AUX DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAGYS3.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.EQUA DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAGYSA.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.TRANSF DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAGYS3.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.DMPX DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAGYS4.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.R00000010 DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAMORK.
IEF205I SYS09125.T192354.RF107.DEP017.SMPX DELETED
IEF205I VOL SER NOS= PAGYS3.
IEF290I DEP017 SYSOUT=A.
IEF375I JOB /DEP017 / START 09125.1924
IEF376I JOB /DEP017 / STOP 09126.0355 CPU 266MIN 37.84SEC
 E S P E L H O D O S D A D O S
-----
```

TRAC=1

NCOP=1

NCOP=1

NSOL=2

NP=14

NT=00

INSTITUCAO=TRABALHO DE TESE - UFRJ/COPPE/SISTEMAS - SAMUEL DA MATA-1989

TITULO= F.E.D.F. COLEGIO POLIVALENTE - MATUTINO - 1985(DADOS REAIS)

TURMAS= 5A 6A 6B 7A 7B 8A 8B 8C

CH P01 5 5 5 0 0 0 0 0

CH P02 5 5 5 0 0 0 0 0

CH P03 4 4 4 0 0 0 0 0

CH P04 2 2 2 0 0 0 0 0
 CH P05 3 3 3 0 0 2 2 2
 CH P06 3 0 0 2 2 2 2 2
 CH P07 1 1 1 1 1 1 1 1
 CH P08 2 2 2 1 1 1 1 1
 CH P09 0 3 3 2 2 0 0 0
 CH P10 0 0 0 5 5 0 0 0
 CH P11 0 0 0 5 5 0 0 0
 CH P12 0 0 0 3 3 3 3 3
 CH P13 0 0 0 0 0 5 5 5
 CH P14 0 0 0 0 0 5 5 5
 CH P15 0 0 0 3 3 3 3 3
 CH P16 0 0 0 3 3 3 3 3

P01 P02 P03 P04 P05 P06 P07 P08 P09 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16
 FB1 QUA TER QUI QUI SEG SEX QUI QUA SEG TER QUA QUI QUA TER QUI SEX

FS1 XXX SEX XXX TER TER

RC: P04 SEG 1H FF P04 TER 1H 6A P04 QUA 1H 6B

5A 6A 6B 7A 7B 8A 8B 8C
 LI P01 2 2 2 1 1 1 1 1
 LI P02 2 2 2 1 1 1 1 1
 LI P03 2 2 2 1 1 1 1 1
 LI P10 1 1 1 2 2 1 1 1
 LI P11 1 1 1 2 2 1 1 1
 LI P13 1 1 1 1 1 2 2 2
 LI P14 1 1 1 1 1 2 2 2

5A 6A 6B 7A 7B 8A 8B 8C
 DU P03 1 1 9 9 9 9 9 9
 DU P10 9 9 1 1 9 9 9 9
 DU P08 0 0 9 9 9 9 9 9

PROF	MATRIC	NOME	DISCIPLINA	CH
ID P01	010101	JOSE SERAFIM DA SILVA	MATEMATICA	20

P02 0 0 0 0 0 0 0 0
 P03 0 0 0 0 0 0 0 0
 P04 0 0 0 0 0 0 0 0
 P05 0 0 0 0 0 0 0 0
 P06 0 0 0 0 0 0 0 0
 P07 0 0 0 0 0 0 0 0
 P08 0 0 0 0 0 0 0 0
 P09 0 0 0 0 0 0 0 0
 P10 0 0 0 0 0 0 0 0
 P11 0 0 0 0 0 0 0 0
 P12 0 0 0 0 0 0 0 0
 P13 0 0 0 0 0 0 0 0
 P14 0 0 0 0 0 0 0 0
 P15 0 0 0 0 0 0 0 0
 P16 0 0 0 0 0 0 0 0

MATRIZ LI(PROF, TURM)

5A 6A 6B 7A 7B 8A 8B 8C

P01 2 2 2 1 1 1 1 1
 P02 2 2 2 1 1 1 1 1
 P03 2 2 2 1 1 1 1 1
 P04 1 1 1 1 1 1 1 1
 P05 1 1 1 1 1 1 1 1
 P06 1 1 1 1 1 1 1 1
 P07 1 1 1 1 1 1 1 1
 P08 1 1 1 1 1 1 1 1
 P09 1 1 1 1 1 1 1 1
 P10 1 1 1 2 2 1 1 1
 P11 1 1 1 2 2 1 1 1
 P12 1 1 1 1 1 1 1 1
 P13 1 1 1 1 1 2 2 2

P14 1 1 1 1 1 2 2 2

P15 1 1 1 1 1 1 1 1

P16 1 1 1 1 1 1 1 1

```

NPSX/370 R1.6 PTF9  NPSCL COMPILATION                                PAGE 1 09/125
0001          PROGRAM
0002          INITIALZ
0210          XTOLDJ=1E-6
0211          XTOLWRIT=1E-6
0212          MOVE(XDATA, 'TESTE')
0213          *      MOVE(XBOUND, 'BDSM')
0214          *      MOVE(XPNAME, 'PBFIL')
0215          *      MVADR(XMAJERR, UNB)
0216          *      MVADR(XDOWFS, NOF)
0217          *      CONVERT
0218          *      BCDOUT
0219          *      SETUP
0220          *      PUNCH
0221          *      PUNCH('FILE', 'FT01F001', 'ALL')
0222          *      PICTURE
0223          *      TRANCOL
0224          *      MOVE(XRHS, 'RHS')
0225          *      MOVE(XOBJ, 'FOBJECT')
0226          *      REDUCEM
0227          *      OPTIMIZE
0426          *      RANGE
0427          *      XNYMAXNO=5
0428          *      XNYFNOLOG=0
0429          *      XNYDROP=4.0
0430          *      TESTE NO PROXIMO CARTAO
0431          *      MVADR(XDOPRINT, PRI)
0432          *      OPTIMIX
0457          *      SOLUTION
0458          *      PRI SOLUTION('FILE', 'REL', 'RWASKS', ' ', 'CHASKS', 'X*****', ' ')
0459          *      EXIT
0460          *      NOF TRACE
0461          *      UNB EXIT
0462          *      PEND
    
```

NPSX/370 R1.6 PTF9 NPSCL EXECUTION PAGE 1 09/125

CONVERT TESTE TO PBFIL

TIME = 0.00

1- ROWS SECTION.

0 MINOR ERROR(S) - 0 MAJOR ERROR(S).

2- COLUMNS SECTION.

0 MINOR ERROR(S) - 0 MAJOR ERROR(S).

3- RHS SECTION.

RHS

0 MINOR ERROR(S) - 0 MAJOR ERROR(S).

PROBLEM STATISTICS

1291 LP ROWS 2504 VARIABLES 8578 LP ELEMENTS DENSITY = 0.25

0 ARE S0S 1253 ARE INTEGER

THESE STATISTICS CONTAIN ONE SLACK VARIABLE FOR EACH ROW

0 MINOR ERRORS, 0 MAJOR ERRORS.

THERE ARE 3299 EMPTY BLOCKS STILL AVAILABLE ON PROBFIL

NPSX/370 R1.6 PTF9 NPSCL EXECUTION PAGE 2 09/125

SETUP PBFIL

TIME = 0.13

SCALE
 1 MATRIX FILE
 2 ETA FILES
 2 SCRATCH FILES
 1 MIXWORK FILE
 XPRICE = 0

.....POOLS.....	NUMBER	SIZE	TOTAL
BASIC ARRAYS			26160
INTEGER ARRAYS			61656
MIXWORK BUFFERS	3	8192	24576
WORK REGIONS	9	10416	93744
SPILL ARRAYS	1	2760	2760
ETA BUFFERS	6	30720	184320
MATRIX BUFFERS	2	30720	61440
.....TOTAL.....			454656

	TOTAL	NORMAL	.FREE.	FIXED	BOUNDED
ROWS (LOG.VAR.)	1291	1290	1	0	0
COLUMNS (STR.VAR.)	1293	40	0	0	1253

1253 ARE INTEGER (1253 ARE 0-1)
 8578 ELEMENTS - DENSITY = 0.25 - 5 MATRIX RECORDS (WITHOUT RHS'S)

OPTIMIZE MACRO CALLED
 CRASH TIME 0.15 MINS.

CHERCHE
 INFEASIBILITIES 74 AT START
 00 AFTER CHERCHE 295 SELECTED STRUCTURALS
 52 AFTER PASS B

COMPLETED

PRIMAL OBJ = FOBJECT RHS = RHS
 TIME = 0.20 MINS. PRICING = 5
 SCALE = .

DPL403 INVERT DEMANDED AFTER 36 MAJOR/ 336 MINOR ITERATIONS - CLOCK CONTROL
 NPSX/370 R1.6 PTF9 NPSCL EXECUTION
 INVERT - TIME = 0.20 - ITERATION...336

PAGE 3 89/125

BASIS STRUCTURAL...124 ELEM...055 NUCLEUS.....8 - TRANSFORMED.....6 PIVOTING BY SIZE.....2
 OLD INVERSE -L- BUF...6 REC...1 VEC...198 ELEM...978 -U- BUF...0 REC...1 VEC.....0 ELEM.....0 -U-VEC. OBS.....0
 NEW INVERSE -L- BUF...6 REC...1 VEC...202 ELEM...937 -U- BUF...0 REC...0 VEC.....0 ELEM.....0 - TIME TAKEN..0.004

PRIMAL OBJ = FOBJECT RHS = RHS
 TIME = 0.21 MINS. PRICING = 5
 SCALE = .

NUMBER OF NEGATIVE DJ'S = 404				CYCLING		86		
ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM	
NUMBER	OUT	IN	COST	NOOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS	
N	337	555	1341	4.00000	404	173.6667	51	55.5000
	338	798	1311	4.00000		173.6667	51	55.5000
	339	532	2329	4.00000-		173.6667	51	55.5000
	340	1142	1381	3.00000		173.6667	51	55.5000
N	341	141	140	3.00000-	86	174.6667	51	54.5000
	363	174	1361	3.00000		174.5000	53	50.5000
N	364	1156	1441	2.50000-	86	174.5000	53	50.5000
	365	256	1425	2.00000-		174.5000	53	50.5000
	366	484	1424	2.00000-		174.5000	53	50.5000
N	367	506	1842	1.00000-	86	175.5000	52	49.5000
	368	1118	1846	1.00000-		175.5000	52	49.5000
	369	1117	1845	1.00000-		175.5000	52	49.5000
N	370	522	2185	2.00000-	86	175.5000	52	49.5000
	371	797	2269	2.00000		175.5000	52	49.5000
	372	335	2103	1.50000-		175.5000	52	49.5000
N	373	530	2309	3.00000	86	175.5000	52	49.5000

N 376 329 976 3.00000- 86 175.0000 49 40.0000
 377 1032 418 2.50000- 175.0000 49 40.0000

NPSX/370 R1.6 PTF9 NPSCL EXECUTION

PAGE 4 09/125

ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM
NUMBER	OUT	IN	COST	NONOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS
378	544	270	2.50000-		175.0000	49	40.0000
N 379	135	1326	4.00000	86	176.0000	51	47.5000
380	1162	1490	1.00000-		176.0000	51	47.5000
381	1163	1491	1.00000-		176.0000	51	47.5000
N 1900	1049	934	.98231-	137	198.8933	7	1.4992
1901	1127	660	5.10399-		198.9212	10	1.4809
N 1902	789	1620	2.02119-	137	198.9253	9	1.4404
1903	2205	1513	.93866-		198.9298	9	1.4458
1904	1876	1388	.68750-		198.9298	9	1.4458
N 1905	1877	1957	1.74265-	137	198.9298	9	1.4458
1906	248	1853	1.57904-		198.9298	9	1.4458
N 1907	2363	2381	1.91176-	137	198.9298	9	1.4458
1918	2404	2403	1.10740-		198.9413	9	1.4283
N 1919	1016	528	1.02918-	137	198.9413	9	1.4283
1920	2151	719	.57234-		198.9413	9	1.4283

NPSX/370 R1.6 PTF9 NPSCL EXECUTION

PAGE 42 09/125

ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM
NUMBER	OUT	IN	COST	NONOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS
1921	594	596	.87494-		198.9413	9	1.4283
N 1922	1057	1690	.80235-	137	198.9340	8	1.4239
1923	1912	1571	3.83365-		198.9331	8	1.4206
1924	1744	1738	1.11242-		198.9331	8	1.4206
N 1925	537	2273	1.00000-	137	198.9320	7	1.4194
1942	815	1359	1.04423-		198.9472	7	1.1724
N 1943	1727	1726	1.04423-	137	198.9472	7	1.1724
1944	1738	1744	.43128-		198.9472	7	1.1724
N 1945	1522	1871	.98144-	137	198.9402	6	1.1647
N 1946	209	212	1.00000-	137	198.9402	6	1.1647
1947	372	2244	.76610-		198.9402	6	1.1647
1948	2242	2271	.99686		198.9402	6	1.1647
N 1949	1391	1185	1.44936-	137	199.0133	7	1.1219
1950	596	594	.80013-		199.0133	7	1.1219
1951	1021	1019	.26857-		199.0133	7	1.1219
N 1952	1513	1522	1.14073-	137	199.0263	8	1.1204
N 1964	489	1986	2.49815-	137	199.1427	5	.9232
N 1965	1853	142	.91563-	137	199.1425	4	.9214
1966	2423	2422	1.62047-		199.1425	4	.9214
1967	1265	2314	.16069-		199.1425	4	.9214
N 1968	1986	1052	1.53654-	137	199.1460	5	.9187
1969	593	1117	1.53578-		199.1460	5	.9187
1970	1071	1069	.90517-		199.1460	5	.9187

NPSX/370 R1.6 PTF9 NPSCL EXECUTION

PAGE 43 09/125

ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM
NUMBER	OUT	IN	COST	NONOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS
N 1971	1052	1527	.75798-	137	199.1474	4	.9130
N 1980	1527	2424	1.37679	137	199.1641	5	.8997
1981	1723	2368	.09860-		199.1641	5	.8997

DPL403 INVERT DEMANDED AFTER 39 MAJOR/ 89 MINOR ITERATIONS -- CLOCK CONTROL

INVERT - TIME = 3.77 - ITERATION..1981
 BASIS STRUCTURAL...541 ELEM..3320 NUCLEUS...396 - TRANSFORMED...224 PIVOTING BY SIZE....16
 OLD INVERSE -L- BUF...3 REC...2 VEC...568 ELEM..3467 -U- BUF...3 REC...2 VEC...487 ELEM..5173 - U-VEC. 005....38
 NEW INVERSE -L- BUF...3 REC...2 VEC...520 ELEM..2205 -U- BUF...3 REC...2 VEC...417 ELEM..2635 - TIME TAKEN..0.016
 PRIMAL OBJ = OBJECT RHS = RHS

TIME = 3.79 MINS. PRICING = 3 MODIFIED DEVEX
SCALE = .

NUMBER OF NEGATIVE DJ'S = 661 CYCLING 150

	ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM
	NUMBER	OUT	IN	COST	NONOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS
N	1982	1350	403	1.92143-	661	199.1649	5	.8983
	1983	1080	2473	1.00000-		199.1649	5	.8983
	1984	1060	2373	1.00000-		199.1649	5	.8983
N	1985	1087	2520	1.87740-	150	199.1649	5	.8983
	1986	166	132	1.77776-		199.1649	5	.8983
N	1987	142	936	.98667-	150	199.1655	5	.8973
	2002	1939	1925	.51703-		199.1650	4	.8919
N	2003	650	1971	1.25010-	150	199.1634	5	.8896
	2004	452	2324	.72812-		199.1634	5	.8896

PAGE 44 89/125

MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION

	ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM
	NUMBER	OUT	IN	COST	NONOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS
	2005	2501	2504	1.61310-		199.1634	5	.8896
N	2006	631	176	1.08751-	150	199.1634	5	.8896
N	2007	1760	1173	6.25204-	150	199.1629	9	.8871
	2008	2368	1245	4.51475-		199.1629	9	.8871
	2009	2352	1174	1.00000-		199.1629	9	.8871
	2034	1797	1750	.69718-		199.2009	7	.8268
N	2035	1185	1840	.74168-	150	199.2040	6	.8201
	2036	817	1889	.36199-		199.2040	6	.8201
	2037	2214	2132	.24021		199.2040	6	.8201
N	2038	2244	372	1.73307-	150	199.2040	6	.8201
	2039	1019	359	1.00000-		199.2040	6	.8201
	2040	791	2510	1.00000-		199.2040	6	.8201
N	2041	2432	1077	1.00000-	150	199.2040	5	.8104
	2042	1658	895	.22743-		199.2040	5	.8104
N	2043	1491	1881	.79105-	150	199.2040	5	.8104
	2053	50	1411	.87784-		199.2081	3	.8075
	2054	2002	1502	.87784		199.2081	3	.8075

PAGE 45 89/125

MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION

	ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM
	NUMBER	OUT	IN	COST	NONOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS
N	2055	646	1859	.63463-	150	199.2343	5	.7692
	2056	644	1920	3.13497-		199.2343	5	.7692
N	2057	1620	2303	3.79448-	150	199.2344	5	.7687
	2058	2453	2452	1.27188-		199.2344	5	.7687
	2059	1245	2308	.79263-		199.2344	5	.7687
N	2060	2303	929	2.38365-	150	199.2344	4	.7685
N	2071	1115	1468	1.49236-	150	199.2715	3	.7423

DPL403 INVERT DEMANDED AFTER 30 MAJOR/ 90 MINOR ITERATIONS - CLOCK CONTROL
INVERT - TIME = 4.04 - ITERATION..2071

BASIS STRUCTURAL...544 ELEK...3323 NUCLEUS...411 - TRANSFORMED...246 PIVOTING BY SIZE...16
OLD INVERSE -L- BUF...3 REC...2 VEC...503 ELEK...3708 -U- BUF...3 REC...3 VEC...506 ELEN...6209 -U-VEC. 086...39
NEW INVERSE -L- BUF...3 REC...2 VEC...520 ELEN...2153 -U- BUF...3 REC...2 VEC...434 ELEN...2657 - TIME TAKEN..8.017

PRIMAL OBJ = F0BJECT RHS = RHS
TIME = 4.06 MINS. PRICING = 3 MODIFIED DEVEX
SCALE = .

NUMBER OF NEGATIVE DJ'S = 653 CYCLING 163

	ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM
	NUMBER	OUT	IN	COST	NONOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS
N	2072	1813	1823	1.72541-	653	199.2715	3	.7423
	2073	1368	1286	1.43750-		199.2715	3	.7423
N	2139	656	1582	1.06938-	163	199.5455	1	.4545

	2140	1097	1622	.70130-		199.5455	1	.4545
	2141	1291	1204	.33766-		199.5455	1	.4545
N	2142	1675	1958	.98701-	163	199.5563	2	.4463
	2143	1745	1760	.10970-		199.5563	2	.4463
N	2144	461	2535	1.64931-	163	199.5690	1	.4310
	2145	2076	2521	.94813		199.5690	1	.4310
N	2146	783	931	.89636-	163	199.5698	1	.4302
N	2147	1059	1495	1.05618-	163	199.5759	1	.4241
N	2148	2172	2191	1.04580	163	199.5759	1	.4241
	2150	2351	2352	1.02977-		199.5759	1	.4241
N	2151	827	888	1.02977-	163	199.5915	2	.4129
	2152	540	788	.35663-		199.5915	2	.4129

DPL403 INVERT DEMANDED AFTER 34 MAJOR/ 81 MINOR ITERATIONS - CLOCK CONTROL

INVERT - TIME = 4.27 - ITERATION..2152

BASIS STRUCTURAL..548 ELEM..3337 NUCLEUS...383 - TRANSFORMED...221 PIVOTING BY SIZE...12

OLD INVERSE -L- BUF...3 REC...2 VEC...580 ELEM..3585 -U- BUF...3 REC...2 VEC...513 ELEM..5198 -U-VEC. 005...35

NEW INVERSE -L- BUF...3 REC...1 VEC...514 ELEM..2079 -U- BUF...3 REC...2 VEC...415 ELEM..2513 - TIME TAKEN...0.016

PRIMAL OBJ = F0BJECT RHS = RHS
 TIME = 4.29 MINS. PRICING = 3 MODIFIED DEVEK
 SCALE = .

NUMBER OF NEGATIVE DJ'S =		543		CYCLING	135			
ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM	
NUMBER	OUT	IN	COST	NONOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS	
N	2153	2535	1348	1.42393-	543	199.5934	3	.4077
	2252	879	1541	.90045-		199.8416	1	.1584
	2253	882	1665	.26469-		199.8416	1	.1584
N	2254	1449	2447	.98654-	132	199.8857	2	.1191
	2255	1541	2425	1.39461-		199.8864	2	.1175
N	2256	2425	256	3.60214-	132	199.8842	1	.1158

HPGX/370 R1.6 PTF9 HPGCL EXECUTION

PAGE 50 09/125

ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM	
NUMBER	OUT	IN	COST	NONOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS	
	2257	1347	5	.97198-		199.8842	1	.1158
N	2258	1280	1283	1.62053-	132	199.8842	1	.1158
	2259	1726	1127	1.68824-		199.8842	1	.1158
	2260	539	1211	1.00665-		199.8842	1	.1158
N	2261	1517	1821	1.39815-	132	199.8842	1	.1158
N	2262	1956	2316	.98805-	132	199.8842	1	.1158
	2263	2133	2130	.97309-		199.8842	1	.1158
	2264	1048	2340	.96075-		199.8842	1	.1158
N	2265	1995	688	.98805-	132	199.8842	1	.1158
	2266	1463	121	1.23052-		199.8842	1	.1158
	2267	481	593	.89815-		199.8842	1	.1158
N	2268	1318	811	1.08824-	132	199.8842	1	.1158
	2269	1532	1439	.84152-		199.8842	1	.1158
	2270	1453	1409	.84152-		199.8842	1	.1158
N	2271	1713	1503	1.05461-	132	199.8842	1	.1158
	2272	92	1501	1.05461-		199.8842	1	.1158
N	2273	1562	2197	.64154-	132	199.8842	1	.1158
	2274	1981	2321	1.07301		199.8842	1	.1158
N	2275	104	267	.51527-	132	199.8847	1	.1153
	2276	2330	2541	1.38302-		199.9100	2	.1083
	2277	788	787	.16493-		199.9100	2	.1083
N	2278	1417	1021	1.03993-	132	199.9255	2	.1070
	2279	2350	1172	1.00000-		199.9255	2	.1070
N	2280	625	1672	1.00000	132	199.9255	2	.1070
	2281	1768	1767	.80538-		199.9255	2	.1070
	2282	1622	2097	1.09785-		199.9255	2	.1070

N	2283	1021	2431	1.01720-	132	199.9267	2	.0000
	2284	762	2433	.40262-		199.9267	2	.0000
N	2285	1121	576	2.27785-	132	199.9267	2	.0000
	2286	835	1115	1.75910-		199.9267	2	.0000
N	2287	1116	1669	1.69942-	132	199.9513	1	.0487
N	2288	1623	2137	.30370-	132	199.9874	1	.0126
	2289	1935	2117	.95101-		199.9874	1	.0126
	2290	664	1875	1.30673-		199.9874	1	.0126
N	2291	486	2234	.49934-	132	200.0000	0	.

FEASIBLE SOLUTION

XDOFEAS DEMAND SET

PRIMAL OBJ = F0BJECT RHS = RHS

TIME = 4.69 MINS. PRICING = 3 MODIFIED DEVEX

SCALE = 1.00000

DPL403 INVERT DEMANDED AFTER 21 MAJOR/ 49 MINOR ITERATIONS - CLOCK CONTROL

INVERT - TIME = 4.69 - ITERATION..2291

BASIS STRUCTURAL...550 ELEM..3349 NUCLEUS...420 - TRANSFORMED...249 PIVOTING BY SIZE....15

OLD INVERSE -L- BUF...3 REC...2 VEC...535 ELEM..2973 -U- BUF...3 REC...2 VEC...475 ELEM..3887 -U-VEC. 085...18

NEW INVERSE -L- BUF...3 REC...2 VEC...531 ELEM..2272 -U- BUF...3 REC...2 VEC...440 ELEM..2741 - TIME TAKEN..0.017

NPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION

PAGE 51 89/125

SAVE - TIME 4.71

NAME =

THERE ARE 3298 EMPTY BLOCKS STILL AVAILABLE ON PROBFIL

PRIMAL OBJ = F0BJECT RHS = RHS

TIME = 4.71 MINS. PRICING = 3

SCALE = 1.00000

NUMBER OF NEGATIVE DJ'S = 51 CYCLING 129

	ITER	VECTOR	VECTOR	REDUCED	NUMBER	FUNCTION	NUMBER	SUM
	NUMBER	OUT	IN	COST	NONOPT	VALUE	INFEAS	INFEAS
N	2292	475	550	1.00000-	51	200.0000	0	.
	2293	2301	1943	1.00000		200.0000	0	.
	2294	499	1723	1.00000		200.0000	0	.
N	2295	2500	2502	1.00000-	34	200.0000	0	.
	2296	1017	2241	1.00000		200.0000	0	.
N	2297	401	403	1.00000-	36	200.0000	0	.
	2298	367	2239	1.00000-		200.0000	0	.
N	2299	524	2299	1.00000-	36	200.0000	0	.

OPTIMAL SOLUTION

XDOOPT DEMAND SET

SAVE - TIME 4.74

NAME =

THERE ARE 3298 EMPTY BLOCKS STILL AVAILABLE ON PROBFIL

OPTINIX MACRO CALLED

NPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION

PAGE 52 89/125

NIXSTART - TIME = 4.74

STANDARD

NUMBER OF INTEGER VARIABLES (EXCLUDING SOS VARIABLES) = 1253 (0 ARE FLAGGED)

NUMBER OF 0-1 VARIABLES (EXCLUDING SOS VARIABLES) = 1253

AT CONTINUOUS OPTIMUM,

NUMBER OF FIXED INTEGER VARIABLES (EXCLUDING SOS VARIABLES) = 0

NIXWORK CAPACITY

1 NIXWORK BUFFER CONTAINS 2.2 NODES

NIXWORK FILE CAN CONTAIN 2192 NODES

NIXFLOW - TIME = 4.74

NODES POSTPONED IF ESTIMATION BEYOND INFINITY

NODES POSTPONED IF FUNCTIONAL BEYOND INFINITY

NODES DROPPED IF FUNCTIONAL BEYOND INFINITY

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
BRANCHING NODE	1	1292	.2722	200.0000	200.000	342	0		2299
INVERT - TIME = 5.01 - ITERATION..2353									
NIXFLOW - TIME = 5.03									
INVERT - TIME = 5.28 - ITERATION..2406									
NIXFLOW - TIME = 5.30									
INVERT - TIME = 5.52 - ITERATION..2451									
NIXFLOW - TIME = 5.54									
INVERT - TIME = 5.79 - ITERATION..2501									
NIXFLOW - TIME = 5.81									
	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	2	1292	1.0000	200.0000	200.000	410	0	.	2503 WAITING
INVERT - TIME = 5.83 - ITERATION..2503									
NIXFLOW - TIME = 5.85									
MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION									
								PAGE	53 09/125
INVERT - TIME = 6.10 - ITERATION..2556									
NIXFLOW - TIME = 6.12									
INVERT - TIME = 6.41 - ITERATION..2614									
NIXFLOW - TIME = 6.43									
	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	3	1292	.	200.0000	200.000	454	0	.	2630 WAITING
BRANCHING NODE	3	1295	.5403	200.0000	200.000	454	0		2630
INVERT - TIME = 6.69 - ITERATION..2662									
NIXFLOW - TIME = 6.71									
	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	4	1295	.	200.0000	200.000	431	0	.	2683 WAITING
INVERT - TIME = 6.81 - ITERATION..2683									
NIXFLOW - TIME = 6.83									
INVERT - TIME = 7.10 - ITERATION..2734									
NIXFLOW - TIME = 7.12									
INVERT - TIME = 7.37 - ITERATION..2783									
NIXFLOW - TIME = 7.39									
	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	5	1295	1.0000	200.0000	200.000	436	0	.	2796 WAITING
BRANCHING NODE	5	1296	.5508	200.0000	200.000	436	0		2796
INVERT - TIME = 7.58 - ITERATION..2820									
NIXFLOW - TIME = 7.60									
INVERT - TIME = 7.85 - ITERATION..2869									
NIXFLOW - TIME = 7.87									
INVERT - TIME = 8.10 - ITERATION..2915									
NIXFLOW - TIME = 8.12									
MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION									
								PAGE	54 09/125
INVERT - TIME = 8.40 - ITERATION..2967									
NIXFLOW - TIME = 8.42									
	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	20	1309	.	200.0000	200.000	465	0	.	4274 WAITING
MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION									
								PAGE	58 09/125
INVERT - TIME = 15.90 - ITERATION..4274									
NIXFLOW - TIME = 15.92									
	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	21	1309	1.0000	200.0000	200.000	468	0	.	4311 WAITING
INVERT - TIME = 16.11 - ITERATION..4311									

NIXFLOW - TIME = 16.13

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDD-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	59	1354	1.0000	200.0000	200.000	423	0	.	7447 WAITING
BRANCHING NODE	59	1384	.1021	200.0000	200.000	423	0		7447

INVERT - TIME = 33.76 - ITERATION..7459

NIXFLOW - TIME = 33.78

INVERT - TIME = 34.04 - ITERATION..7510

NIXFLOW - TIME = 34.06

INVERT - TIME = 34.31 - ITERATION..7559

NIXFLOW - TIME = 34.32

NIXFLOW - TIME = 59.60

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDD-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	105	1542	1.0000	200.0000	200.000	333	0	.	12298 WAITING
BRANCHING NODE	105	1545	.1963	200.0000	200.000	333	0		12298

INVERT - TIME = 59.85 - ITERATION.12328

NIXFLOW - TIME = 59.87

INVERT - TIME = 60.11 - ITERATION.12380

NIXFLOW - TIME = 60.13

MPX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION

PAGE 81 09/125

INVERT - TIME = 60.40 - ITERATION.12437

NIXFLOW - TIME = 60.42

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDD-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	106	1545	1.0000	200.0000	200.000	312	0	.	12451 WAITING

INVERT - TIME = 60.49 - ITERATION.12451

NIXFLOW - TIME = 60.51

INVERT - TIME = 60.78 - ITERATION.12508

NIXFLOW - TIME = 60.80

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDD-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	123	1555	1.0000	200.0000	200.000	311	0	.	15021 WAITING
BRANCHING NODE	123	1454	.1438	200.0000	200.000	311	0		15021

INVERT - TIME = 74.15 - ITERATION.15037

NIXFLOW - TIME = 74.17

INVERT - TIME = 74.37 - ITERATION.15079

NIXFLOW - TIME = 74.39

INVERT - TIME = 74.65 - ITERATION.15133

NIXFLOW - TIME = 74.67

INVERT - TIME = 74.91 - ITERATION.15181

NIXFLOW - TIME = 74.92

NIXFLOW - TIME = 86.80

DPL881 ITERATION ...17525 BTRAN/FTRAN PIVOT CHECK FAILS

BDJ = . BPIVOT = .930362991165E+00- NORM = .04E+03 PRICK = . NEGDJ = 0

FDJ = . FPIVOT = .930362995783E+00- RNORM = .14E+01

INVERT - TIME = 86.91 - ITERATION.17525

NIXFLOW - TIME = 86.93

INVERT - TIME = 87.18 - ITERATION.17579

NIXFLOW - TIME = 87.19

MPX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION

PAGE 94 09/125

INVERT - TIME = 98.46 - ITERATION.19863

NIXFLOW - TIME = 98.47

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDD-COST	ITER NO
BRANCHING NODE	165	1689	.2197	200.0000	200.000	270	0		19863

INVERT - TIME = 98.69 - ITERATION.19912

NIXFLOW - TIME = 98.71

```

INVERT - TIME = 98.90 - ITERATION.19954
NIXFLOW - TIME = 98.91
INVERT - TIME = 99.15 - ITERATION.20006
NIXFLOW - TIME = 99.16
  UPPER BRANCH   184   1896   1.0000   200.0000   200.000   279   0   .   22491 WAITING
INVERT - TIME = 111.39 - ITERATION.22491
NIXFLOW - TIME = 111.41
  NODE BRANCHING BRANCHING FUNCTIONAL ESTIMATION NON-INT NON-SAT PSDO-COST ITER
  NUMBER VAR NO VAR VALUE VALUE VALUE INT VAR SOS NO
  LOWER BRANCH   185   1896   .   200.0000   200.000   248   0   .   22534 WAITING
INVERT - TIME = 111.61 - ITERATION.22534
NIXFLOW - TIME = 111.63
MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 107 89/125
  NODE BRANCHING BRANCHING FUNCTIONAL ESTIMATION NON-INT NON-SAT PSDO-COST ITER
  NUMBER VAR NO VAR VALUE VALUE VALUE INT VAR SOS NO
  BRANCHING NODE  185   1781   .2940   200.0000   200.000   248   0   .   22534
INVERT - TIME = 111.89 - ITERATION.22589
NIXFLOW - TIME = 111.90
INVERT - TIME = 112.09 - ITERATION.22631
NIXFLOW - TIME = 112.10
INVERT - TIME = 112.32 - ITERATION.22680
NIXFLOW - TIME = 112.34
INVERT - TIME = 112.54 - ITERATION.22728
NIXFLOW - TIME = 112.55
  LOWER BRANCH   201   1888   .   200.0000   200.000   243   0   .   25163 WAITING
  BRANCHING NODE  201   1890   .5921   200.0000   200.000   243   0   .   25163
INVERT - TIME = 124.99 - ITERATION.25192
NIXFLOW - TIME = 125.01
INVERT - TIME = 125.21 - ITERATION.25239
NIXFLOW - TIME = 125.23
  NODE BRANCHING BRANCHING FUNCTIONAL ESTIMATION NON-INT NON-SAT PSDO-COST ITER
  NUMBER VAR NO VAR VALUE VALUE VALUE INT VAR SOS NO
  LOWER BRANCH   202   1890   .   200.0000   200.000   236   0   .   25245 WAITING
INVERT - TIME = 125.26 - ITERATION.25245
NIXFLOW - TIME = 125.27
INVERT - TIME = 125.49 - ITERATION.25293
NIXFLOW - TIME = 125.51
INVERT - TIME = 125.73 - ITERATION.25341
NIXFLOW - TIME = 125.74
INVERT - TIME = 125.96 - ITERATION.25389
NIXFLOW - TIME = 125.98
INVERT - TIME = 137.93 - ITERATION.27789
NIXFLOW - TIME = 137.94
INVERT - TIME = 138.15 - ITERATION.27836
NIXFLOW - TIME = 138.16
MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 120 89/125
INVERT - TIME = 138.40 - ITERATION.27890
NIXFLOW - TIME = 138.41
  NODE BRANCHING BRANCHING FUNCTIONAL ESTIMATION NON-INT NON-SAT PSDO-COST ITER
  NUMBER VAR NO VAR VALUE VALUE VALUE INT VAR SOS NO
  UPPER BRANCH   221   2020   1.0000   200.0000   200.000   213   0   .   27936 WAITING
INVERT - TIME = 138.61 - ITERATION.27936
NIXFLOW - TIME = 138.62
INVERT - TIME = 150.13 - ITERATION.30366
NIXFLOW - TIME = 150.14
INVERT - TIME = 150.36 - ITERATION.30418
NIXFLOW - TIME = 150.37
INVERT - TIME = 150.59 - ITERATION.30472

```

NIXFLOW - TIME = 150.60
 INVERT - TIME = 150.79 - ITERATION.30520
 NIXFLOW - TIME = 150.81
 INVERT - TIME = 151.00 - ITERATION.30565
 NIXFLOW - TIME = 151.02

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO	
LOWER BRANCH	240	2057	.	200.0000	200.000	207	0	.	30597	WAITING

INVERT - TIME = 151.16 - ITERATION.30597
 NIXFLOW - TIME = 151.17
 INVERT - TIME = 151.30 - ITERATION.30649
 NIXFLOW - TIME = 151.40

NPSX/370 R1.6 PTF9 NPSCL EXECUTION PAGE 127 89/125

INVERT - TIME = 151.56 - ITERATION.30688
 NIXFLOW - TIME = 151.57
 INVERT - TIME = 151.80 - ITERATION.30742
 NIXFLOW - TIME = 151.81
 INVERT - TIME = 152.01 - ITERATION.30788
 NIXFLOW - TIME = 152.02
 INVERT - TIME = 152.23 - ITERATION.30837
 NIXFLOW - TIME = 152.24
 INVERT - TIME = 152.46 - ITERATION.30891
 NIXFLOW - TIME = 152.48
 INVERT - TIME = 152.71 - ITERATION.30949
 NIXFLOW - TIME = 152.72
 INVERT - TIME = 152.94 - ITERATION.31007
 NIXFLOW - TIME = 152.95
 INVERT - TIME = 153.14 - ITERATION.31054
 NIXFLOW - TIME = 153.15
 INVERT - TIME = 153.43 - ITERATION.31120
 NIXFLOW - TIME = 153.45

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO	
UPPER BRANCH	241	2057	1.0000	200.0000	200.000	210	0	.	31131	WAITING
BRANCHING NODE	241	1823	.7013	200.0000	200.000	210	0	.	31131	
LOWER BRANCH	242	1823	.	200.0000	200.000	208	0	.	31132	WAITING
UPPER BRANCH	243	1823	1.0000	200.0000	200.000	212	0	.	31141	WAITING
BRANCHING NODE	243	1981	.1750	200.0000	200.000	212	0	.	31141	

INVERT - TIME = 153.63 - ITERATION.31160
 NIXFLOW - TIME = 153.64
 INVERT - TIME = 153.84 - ITERATION.31204
 NIXFLOW - TIME = 153.86

NPSX/370 R1.6 PTF9 NPSCL EXECUTION PAGE 128 89/125

INVERT - TIME = 154.06 - ITERATION.31249
 NIXFLOW - TIME = 154.08
 INVERT - TIME = 154.29 - ITERATION.31294
 NIXFLOW - TIME = 154.31
 INVERT - TIME = 154.57 - ITERATION.31349
 NIXFLOW - TIME = 154.58

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO	
UPPER BRANCH	250	2089	1.0000	200.0000	200.000	193	0	.	33393	WAITING

NPSX/370 R1.6 PTF9 NPSCL EXECUTION PAGE 133 89/125

INVERT - TIME = 164.03 - ITERATION.33393
 NIXFLOW - TIME = 164.04
 INVERT - TIME = 164.26 - ITERATION.33445
 NIXFLOW - TIME = 164.27

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO	
--	-------------	------------------	---------------------	------------------	------------------	-----------------	-------------	-----------	---------	--

	NUMBER	VAR NO	VAR VALUE	VALUE	VALUE	INT VAR	SOS		NO
LOWER BRANCH	259	2089	.	200.0000	200.000	195	0	.	33463 WAITING
BRANCHING NODE	259	2091	.7143	200.0000	200.000	195	0		33463
INVERT - TIME = 164.44 - ITERATION.33484									
MIXFLOW - TIME = 164.45									
INVERT - TIME = 164.67 - ITERATION.33534									
MIXFLOW - TIME = 164.69									
INVERT - TIME = 164.91 - ITERATION.33585									
MIXFLOW - TIME = 164.93									

	NUMBER	VAR NO	VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSD0-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	260	2091	.	200.0000	200.000	207	0	.	33634 WAITING
INVERT - TIME = 165.15 - ITERATION.33634									
MIXFLOW - TIME = 165.16									

	NUMBER	VAR NO	VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSD0-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	261	2091	1.0000	200.0000	200.000	198	0	.	33643 WAITING
BRANCHING NODE	261	2092	.3125	200.0000	200.000	198	0		33643
INVERT - TIME = 165.37 - ITERATION.33681									
MIXFLOW - TIME = 165.38									
INVERT - TIME = 165.57 - ITERATION.33723									
MIXFLOW - TIME = 165.59									
INVERT - TIME = 165.83 - ITERATION.33777									
MIXFLOW - TIME = 165.85									

MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 134 89/125

INVERT - TIME = 166.06 - ITERATION.33823									
MIXFLOW - TIME = 166.07									
INVERT - TIME = 166.32 - ITERATION.33878									
MIXFLOW - TIME = 166.33									
INVERT - TIME = 166.57 - ITERATION.33930									
MIXFLOW - TIME = 166.58									
INVERT - TIME = 166.81 - ITERATION.33983									
MIXFLOW - TIME = 166.82									
INVERT - TIME = 167.03 - ITERATION.34033									
MIXFLOW - TIME = 167.04									
INVERT - TIME = 167.27 - ITERATION.34087									
MIXFLOW - TIME = 167.28									
MIXFLOW - TIME = 178.64									
INVERT - TIME = 178.84 - ITERATION.36723									
MIXFLOW - TIME = 178.86									
INVERT - TIME = 179.04 - ITERATION.36767									
MIXFLOW - TIME = 179.05									
INVERT - TIME = 179.25 - ITERATION.36817									
MIXFLOW - TIME = 179.26									
INVERT - TIME = 179.48 - ITERATION.36872									
MIXFLOW - TIME = 179.49									

MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 140 89/125

INVERT - TIME = 179.68 - ITERATION.36920									
MIXFLOW - TIME = 179.69									

	NUMBER	VAR NO	VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSD0-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	272	2041	.	200.0000	200.000	196	0	.	36966 WAITING
INVERT - TIME = 179.87 - ITERATION.36966									
MIXFLOW - TIME = 179.89									

	NUMBER	VAR NO	VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSD0-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	273	2041	1.0000	200.0000	200.000	179	0	.	36980 WAITING
BRANCHING NODE	273	2067	.7976	200.0000	200.000	179	0		36980
INVERT - TIME = 180.07 - ITERATION.37010									

NIXFLOW - TIME = 180.08
 INVERT - TIME = 180.28 - ITERATION.37059
 NIXFLOW - TIME = 180.29
 INVERT - TIME = 180.48 - ITERATION.37166
 NIXFLOW - TIME = 180.49
 INVERT - TIME = 180.67 - ITERATION.37149
 NIXFLOW - TIME = 180.68
 INVERT - TIME = 192.37 - ITERATION.39854
 NIXFLOW - TIME = 192.38
 INVERT - TIME = 192.58 - ITERATION.39905
 NIXFLOW - TIME = 192.59
 INVERT - TIME = 192.79 - ITERATION.39955
 NIXFLOW - TIME = 192.80
 INVERT - TIME = 193.00 - ITERATION.40067
 NIXFLOW - TIME = 193.01

	MODE	BRANCHING	BRANCHING	FUNCTIONAL	ESTIMATION	NON-INT	NON-SAT	PSDO-COST	ITER
	NUMBER	VAR NO	VAR VALUE	VALUE	VALUE	INT VAR	SOS		NO
LOWER BRANCH	286	2133	.	200.0000	200.000	159	0	.	40017 WAITING

INVERT - TIME = 193.06 - ITERATION.40017
 NIXFLOW - TIME = 193.07
 INVERT - TIME = 193.24 - ITERATION.40061
 NIXFLOW - TIME = 193.26
 INVERT - TIME = 193.43 - ITERATION.40106
 NIXFLOW - TIME = 193.44
 INVERT - TIME = 193.65 - ITERATION.40158
 NIXFLOW - TIME = 193.66

NPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 147 89/125

INVERT - TIME = 193.85 - ITERATION.40205
 NIXFLOW - TIME = 193.86
 INVERT - TIME = 194.07 - ITERATION.40265
 NIXFLOW - TIME = 194.09

	NUMBER	VAR NO	VAR VALUE	VALUE	VALUE	INT VAR	SOS		NO
BRANCHING NODE	299	2165	.3019	200.0000	200.000	141	0		43073

INVERT - TIME = 206.23 - ITERATION.43120
 NIXFLOW - TIME = 206.24
 INVERT - TIME = 206.43 - ITERATION.43165
 NIXFLOW - TIME = 206.44
 INVERT - TIME = 206.64 - ITERATION.43211
 NIXFLOW - TIME = 206.65
 INVERT - TIME = 206.86 - ITERATION.43261
 NIXFLOW - TIME = 206.88
 INVERT - TIME = 207.07 - ITERATION.43308
 NIXFLOW - TIME = 207.08
 INVERT - TIME = 207.27 - ITERATION.43355
 NIXFLOW - TIME = 207.29
 INVERT - TIME = 207.48 - ITERATION.43405
 NIXFLOW - TIME = 207.49
 INVERT - TIME = 207.72 - ITERATION.43465
 INVERT - TIME = 219.32 - ITERATION.46096
 NIXFLOW - TIME = 219.34
 INVERT - TIME = 219.56 - ITERATION.46149
 NIXFLOW - TIME = 219.57
 INVERT - TIME = 219.74 - ITERATION.46194
 NIXFLOW - TIME = 219.75
 INVERT - TIME = 219.94 - ITERATION.46243
 NIXFLOW - TIME = 219.96

NPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 160 89/125

INVERT - TIME = 220.18 - ITERATION.46301
 NIXFLOW - TIME = 220.20

INVERT - TIME = 220.42 - ITERATION.46362

NIXFLOW - TIME = 220.43

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	315	2185	.	200.0000	200.000	120	0	.	46405 WAITING

INVERT - TIME = 220.50 - ITERATION.46405

NIXFLOW - TIME = 220.59

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
BRANCHING NODE	315	2188	.3333	200.0000	200.000	120	0		46405

INVERT - TIME = 220.70 - ITERATION.46457

NIXFLOW - TIME = 220.90

INVERT - TIME = 220.98 - ITERATION.46503

NIXFLOW - TIME = 220.99

INVERT - TIME = 221.10 - ITERATION.46550

NIXFLOW - TIME = 221.19

INVERT - TIME = 221.30 - ITERATION.46600

NIXFLOW - TIME = 221.40

INVERT - TIME = 221.50 - ITERATION.46647

NIXFLOW - TIME = 234.17

INVERT - TIME = 234.30 - ITERATION.49622

NIXFLOW - TIME = 234.40

INVERT - TIME = 234.59 - ITERATION.49671

NIXFLOW - TIME = 234.60

INVERT - TIME = 234.81 - ITERATION.49725

NIXFLOW - TIME = 234.83

INVERT - TIME = 235.01 - ITERATION.49773

NIXFLOW - TIME = 235.02

INVERT - TIME = 235.22 - ITERATION.49820

NIXFLOW - TIME = 235.23

NPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION

PAGE 167 09/125

INVERT - TIME = 235.44 - ITERATION.49880

NIXFLOW - TIME = 235.45

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	324	2191	.	200.0000	200.000	121	0	.	49932 WAITING

INVERT - TIME = 235.60 - ITERATION.49932

NIXFLOW - TIME = 235.61

NIXFLOW - TIME = 240.14

INVERT - TIME = 240.32 - ITERATION.52001

NIXFLOW - TIME = 240.33

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	330	2220	1.0000	200.0000	200.000	90	0	.	52003 WAITING

INVERT - TIME = 240.34 - ITERATION.52003

NIXFLOW - TIME = 240.35

INVERT - TIME = 240.51 - ITERATION.52925

NIXFLOW - TIME = 240.52

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	339	2220	.	200.0000	200.000	91	0	.	52970 WAITING

INVERT - TIME = 240.69 - ITERATION.52970

NIXFLOW - TIME = 240.71

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
BRANCHING NODE	339	2230	.7500	200.0000	200.000	91	0		52970

INVERT - TIME = 240.87 - ITERATION.53013

NIXFLOW - TIME = 240.80

MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 174 09/125

INVERT - TIME = 249.05 - ITERATION.53054

NIXFLOW - TIME = 249.06

BRANCHING NODE	353	2252	.5000	200.0000	200.000	63	0	.	55665
UPPER BRANCH	354	2252	1.0000	200.0000	200.000	59	0	.	55607 WAITING

MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 180 09/125

INVERT - TIME = 260.63 - ITERATION.55718

NIXFLOW - TIME = 260.64

INVERT - TIME = 260.81 - ITERATION.55762

NIXFLOW - TIME = 260.82

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	355	2252	.	200.0000	200.000	38	0	.	55700 WAITING
BRANCHING NODE	355	2277	.5000	200.0000	200.000	38	0	.	55700
UPPER BRANCH	356	2277	1.0000	200.0000	200.000	65	0	.	55700 WAITING

INVERT - TIME = 261.04 - ITERATION.55818

NIXFLOW - TIME = 261.05

INVERT - TIME = 261.24 - ITERATION.55868

NIXFLOW - TIME = 261.25

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	359	2291	.	200.0000	200.000	27	0	.	56447 WAITING
BRANCHING NODE	359	2294	.6667	200.0000	200.000	27	0	.	56447

INVERT - TIME = 263.82 - ITERATION.56462

NIXFLOW - TIME = 263.83

INVERT - TIME = 264.04 - ITERATION.56513

NIXFLOW - TIME = 264.05

INVERT - TIME = 264.23 - ITERATION.56556

NIXFLOW - TIME = 264.24

INVERT - TIME = 264.41 - ITERATION.56597

NIXFLOW - TIME = 264.42

MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 182 09/125

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
LOWER BRANCH	360	2294	.	200.0000	200.000	23	0	.	56600 WAITING

INVERT - TIME = 264.47 - ITERATION.56600

NIXFLOW - TIME = 264.48

INVERT - TIME = 264.66 - ITERATION.56654

NIXFLOW - TIME = 264.67

INVERT - TIME = 264.86 - ITERATION.56701

NIXFLOW - TIME = 264.87

INVERT - TIME = 265.05 - ITERATION.56747

NIXFLOW - TIME = 265.07

INVERT - TIME = 265.24 - ITERATION.56790

NIXFLOW - TIME = 265.26

INVERT - TIME = 265.42 - ITERATION.56832

NIXFLOW - TIME = 265.43

INVERT - TIME = 265.59 - ITERATION.56873

NIXFLOW - TIME = 265.60

- - - - - INTEGER SOLUTION OBTAINED AT NODE 361 AND ITER 56897 -- ITS FUNCTIONAL VALUE IS 200.0000

	NODE NUMBER	BRANCHING VAR NO	BRANCHING VAR VALUE	FUNCTIONAL VALUE	ESTIMATION VALUE	NON-INT INT VAR	NON-SAT SOS	PSDO-COST	ITER NO
UPPER BRANCH	361	2294	1.0000	200.0000	200.000	0	0	.	56897 INTEGER

XDOPRINT DEMAND SET

MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 183 09/125

SOLUTION

TIME = 265.70 MINS. ITERATION NUMBER = 56897

FILE = REL

COLUMN SELECTION LIST NABK5 X*****

...NAME...	...ACTIVITY...	DEFINED AS
FUNCTIONAL	200.00000	OBJECT
RESTRAINTS		RHS

MPSX/370 R1.6 PTF9 MPSCL EXECUTION PAGE 184 09/125

TRABALHO DE TESE - UFRJ/COPPE/SISTEMAS - SAMUEL DA NATA-1989

F.E.D.F. COLEGIO POLIVALENTE - MATUTINO - 1985(DADOS REAIS)

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P01-JOSE MATEMATICA					P02-AMBROSIO DIREITO					P03-SIMONE PORTUGUES					P04-RUBISTENIO QUIMICA					P05-AGAKENON FISICA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	FF	FF	FF	FF	FF	6A	6A	5A	6B	6B	6B	6B	6A	5A	5A	FF	5A	6B	-	-	FF	FF	FF	FF	FF
TER	6B	6A	6A	5A	5A	FF	FF	FF	FF	FF	-	6B	6B	-	6A	6A	-	-	-	-	8B	5A	8A	6A	6B
QUA	FF	FF	FF	FF	FF	5A	5A	-	6A	6B	6A	6A	-	5A	5A	6B	-	-	-	-	8C	6B	5A	8A	6A
QUI	6B	5A	6B	6A	6A	-	6B	-	-	5A	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	8C	6A	8B	5A	6B
SEX	6B	6B	6A	5A	5A	6A	6A	5A	-	6B	FF	FF	FF	FF	FF	-	5A	-	6A	-	FF	FF	FF	FF	FF

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P06-ANGETRINA MUSICA					P07-AMARILDO DESENHO					P08-MARIA GEOGRAFIA					P09-ESMERALDA ED.FISICA					P10-JOSE HISTORIA				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	5A	-	-	-	-	-	-	-	6A	8B	-	-	-	-	6A	FF	FF	FF	FF	FF	7A	-	7B	7B	-
TER	5A	8A	7B	8B	8C	FF	FF	FF	FF	FF	7A	-	5A	6B	-	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF
QUA	-	-	-	8B	7A	8A	-	6B	-	7B	FF	FF	FF	FF	FF	-	7A	6A	6B	-	7A	-	7A	7B	-
QUI	5A	7A	7B	8A	8C	FF	FF	FF	FF	FF	6A	8B	5A	7B	-	7A	-	6A	6B	7B	-	-	7A	7A	-
SEX	FF	FF	FF	FF	FF	5A	-	7A	8C	-	8A	-	6B	-	8C	-	7B	-	6B	6A	7B	-	7B	-	-

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

	P11-ANTONIA E. M. C.					P12-AGRIPINO DIDATICA					P13-MARIA RELIGIAO					P14-AYAIDES DATILOGRAFIA					P15-DASILIO INGLES				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	7B	7B	-	7A	-	-	8C	7A	-	7B	8C	-	8C	8B	8A	8B	8B	8A	8A	8C	-	8A	-	8C	7A
TER	-	7A	-	7B	7B	-	8B	8C	7A	8A	8A	-	-	8C	8B	FF	FF	FF	FF	FF	7B	8C	8B	-	7A
QUA	FF	FF	FF	FF	FF	-	7B	8A	-	8B	FF	FF	FF	FF	FF	8B	8C	8C	-	8A	7B	8A	8B	8C	-
QUI	-	7B	-	-	7A	FF	FF	FF	FF	FF	8B	-	-	8C	8A	8A	8A	8C	-	8B	FF	FF	FF	FF	FF
SEX	-	-	-	7A	7A	7A	8C	8B	7B	8A	8C	8A	8A	8B	8B	-	8B	8C	-	-	8B	7A	-	8A	7B

HORARIO DOS PROFESSORES (PROF,DIA,HORA)

P16-SANTINO

FILOSOFIA

	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	0A	7A	0B	-	-
TER	0C	7B	7A	0A	-
QUA	-	0B	7B	7A	0C
QUI	7B	0C	0A	0B	-
SEX	FF	FF	FF	FF	FF

HORARIO DAS TURMAS (TURN,DIA,HORA)

	5A					6A					6B					7A					7B				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	P06	P04	P02	P03	P03	P02	P02	P03	P07	P08	P03	P03	P04	P02	P02	P10	P16	P12	P11	P15	P11	P11	P10	P10	P12
TER	P06	P05	P08	P01	P01	P04	P01	P01	P05	P03	P01	P03	P03	P08	P05	P08	P11	P16	P12	P15	P15	P16	P06	P11	P11
QUA	P02	P02	P05	P03	P03	P03	P03	P09	P02	P05	P04	P05	P07	P09	P02	P10	P09	P10	P16	P06	P15	P12	P16	P10	P07
QUI	P06	P01	P06	P05	P02	P08	P05	P09	P01	P01	P01	P02	P01	P09	P05	P09	P06	P10	P10	P11	P16	P11	P06	P03	P09
SEX	P07	P04	P02	P01	P01	P02	P02	P01	P04	P09	P01	P01	P08	P09	P02	P12	P15	P07	P11	P11	P10	P09	P10	P12	P15

HORARIO DAS TURMAS (TURN,DIA,HORA)

	0A					0B					0C				
	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H	1H	2H	3H	4H	5H
SEG	P16	P15	P14	P14	P13	P14	P14	P16	P13	P07	P13	P12	P13	P15	P14
TER	P19	P06	P05	P16	P12	P05	P12	P15	P06	P13	P16	P15	P12	P13	P06
QUA	P07	P15	P12	P05	P14	P14	P16	P15	P06	P12	P05	P14	P14	P15	P16
QUI	P14	P14	P16	P06	P13	P13	P08	P05	P16	P14	P05	P16	P14	P13	P06
SEX	P08	P13	P13	P15	P12	P15	P14	P12	P13	P13	P13	P12	P14	P07	P08