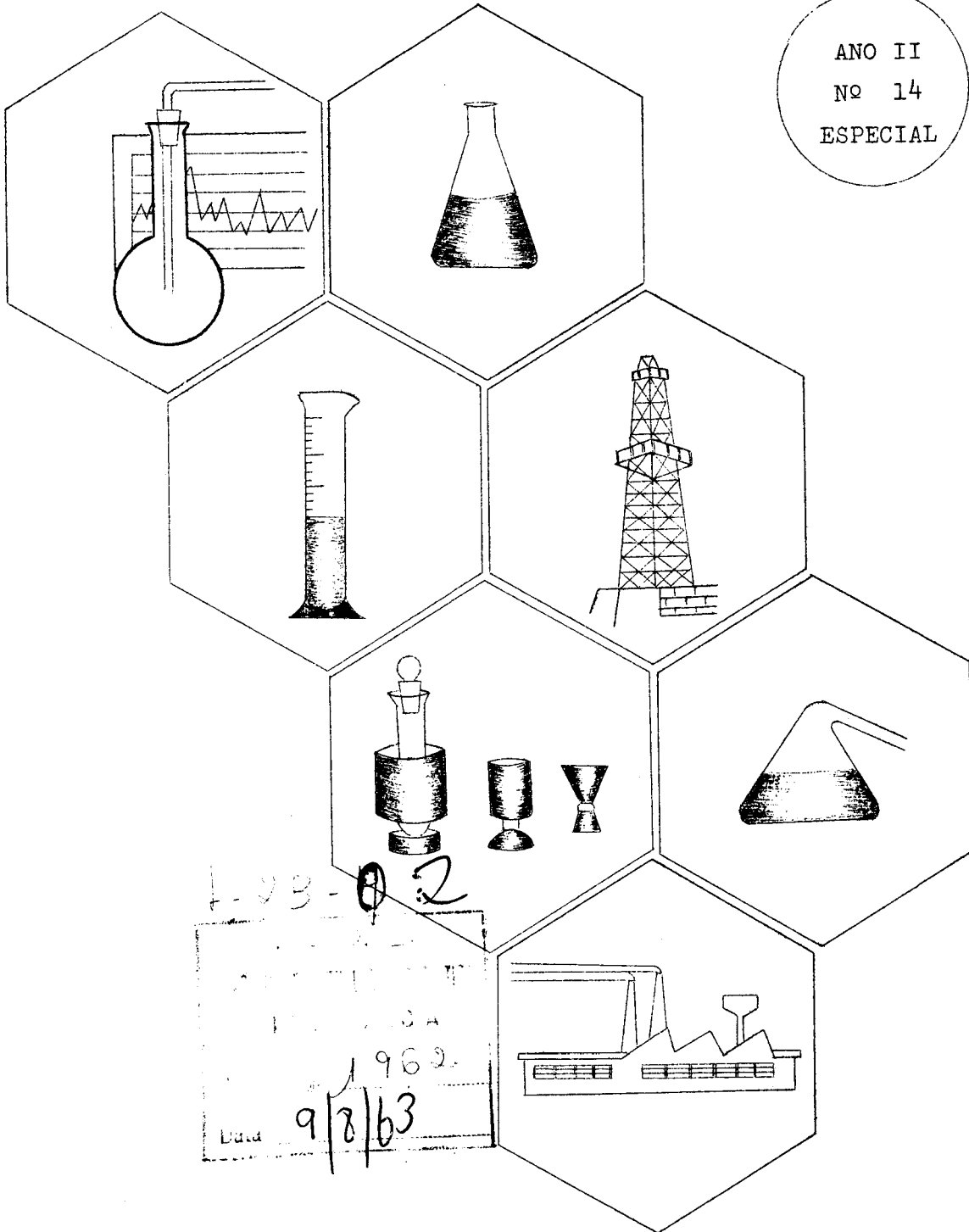


I.B.G.E. - SERVIÇO NACIONAL DE RESENSEAMENTO  
Centro de Processamento de Dados

Coleção  
IBEGEANA

ANO II  
Nº 14  
ESPECIAL



1-23-02  
1962  
Data 9/8/63

BOLETIM  
DO  
CENTRO DE PROCESSAMENTO DE DADOS

Edição dedicada à  
IIª Exposição Industrial da E.N.Q.  
1963

BOLETIM DO  
CENTRO DE PROCESSAMENTO DE DADOS

Edição dedicada à  
II Exposição Industrial da E.N.Q.  
1963

ANO II  
Nº 14  
Especial

Publicado sob a coordenação do Setor de Formação e Aperfeiçoamento de Pessoal.  
Os conceitos emitidos nos artigos assinados são da inteira responsabilidade dos  
autores.

SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                                | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| COMENTÁRIO, por Martiniano B. Moreira, Superintendente do C.P.D. ....                                                                                                                          | 2      |
| COMPUTADORES NO ENSINO DA ENGENHARIA QUÍMICA, por Carlos Augusto Guima -<br>rães Perlingeiro, da Div. de Engenharia Química do I.Q.U.B. ....                                                   | 3      |
| TRABALHOS DO CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS NO COMPUTADOR 1105,<br>pelo Prof. Alfredo Marques .....                                                                                    | 12     |
| DESINTEGRAÇÕES RADIOATIVAS SUCESSIVAS DA SÉRIE DO URÂNIO 238, por Joel<br>Franco Sacilotti, Oficial do Exército - Engenheiro .....                                                             | 15     |
| ANÁLISE DO PROBLEMA DO CÁLCULO DAS CORREÇÕES "V" NA COMPENSAÇÃO DE UMA<br>CADEIA GEODÉSICA PELO MÉTODO DAS DIREÇÕES, pelo Major Rubens Onofre<br>de Azevedo Moraes, Engenheiro Geodésico ..... | 25     |
| CÁLCULO DE UM LEITO DE FUSÃO NUM CUBILÔ, pelo Major Natalino Folegatti,<br>Engenheiro Metalurgista, da Diretoria de Fabricação e Recuperação<br>do Exército .....                              | 31     |
| DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES NUM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉ<br>TRICA, pela Profa. Heloisa Tepedino .....                                                                          | 35     |

Enderêço: Avenida Pasteur 404 - tel. 26-9520 - Praia Vermelha - ZC 82  
Rio de Janeiro, GB - Brasil

## COMENTÁRIO

Martiniano B. Moreira,  
Superintendente do Centro  
de Processamento de Dados

Diariamente, novas conquistas da ciência e da técnica se tornam conhecidas; o lançamento de mais um astronauta, a descoberta de novo medicamento, o isolamento de determinados "vírus" e assim por diante. Não há dia em que não se leiam informações dessa natureza nos jornais.

Coincidentemente, essas conquistas se verificam em países cujos habitantes revelam elevado padrão de vida. Parece haver íntima relação entre os níveis de bem estar social e o desenvolvimento da ciência e da técnica. Na atualidade, raramente um cientista ou técnico de país atrasado consegue notoriedade mundial por seus trabalhos.

Não há revolução ou reforma que subsista no tempo sem um bom alicergamento cultural. Não se poderá aumentar substancialmente a produção agrícola sem boas máquinas, sementes e agrônomos. De igual maneira, o incremento da fabricação de produtos industriais pressupõe, como condição fundamental, a disponibilidade de mão-de-obra especializada.

Felizmente, esses fatos já são reconhecidos em nosso País. Os planos para erradicação do analfabetismo, de reforma do ensino básico e de aperfeiçoamento técnico para profissionais de nível superior acham-se em execução, com vistas à elevação dos níveis de produtividade e conseqüente elevação do padrão de vida dos brasileiros.

No Centro de Processamento de Dados procuramos alinhar-nos dentro desse plano geral. Gremos estar cumprindo fielmente nossa responsabilidade - implantar e desenvolver a técnica de computação eletrônica, com vistas à racionalização dos processos de apuração estatística nos órgãos ligados ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

As outras tarefas que nos impusemos, de proporcionar assistência técnica às Universidades e aos Centros de Pesquisa Científica no campo do processamento eletrônico de dados, desenvolvem-se satisfatoriamente. Isto é bem provado com o cumprimento dos convênios com a Escola Nacional de Química, Instituto de Pesquisas Químicas, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e Universidade Rural do Estado de Minas Gerais. Os trabalhos já iniciados para alguns escritórios de cálculos de engenharia e órgãos governamentais, como o Departamento Nacional de Obras e Saneamento, demonstram de maneira categórica as imensas possibilidades de trabalho do Centro de Processamento de Dados.

A dura etapa de implantação do Sistema de computadores eletrônicos, formando paralelamente uma equipe de bons técnicos, voltados para o trabalho honesto e criador, está vencida. Segue-se a de tornar conhecido o nosso serviço e divulgar as nossas possibilidades ao ponto de conseguirmos um fluxo ininterrupto de trabalho.

Não haverá maiores dificuldades para tanto, desde que conservado o espírito que animou este período inicial - realizar um trabalho criador com as vistas voltadas para o futuro da Pátria e o bem estar do nosso povo.

## COMPUTADORES NO ENSINO DA ENGENHARIA QUÍMICA

Carlos Augusto Guimarães Perlingeiro  
Instituto de Química da Universidade do Brasil  
Divisão de Engenharia Química

### 1. Situação nos Estados Unidos

Como é de conhecimento geral, os computadores eletrônicos vêm encontrando grande aplicação nos mais diversos setores da atividade humana. Na engenharia, por exemplo, há uma grande variedade de problemas cujas soluções justificam o emprego de computadores e as vantagens advindas desta técnica são tão evidentes que se criou, nos Estados Unidos, uma mentalidade que o engenheiro tem a obrigação de saber comunicar-se com o computador eletrônico com a mesma facilidade com que utiliza a régua de cálculo.

Assim sendo, quase todas as universidades norte-americanas já incluíram cursos obrigatórios de programação para computadores digitais nos seus currículos de engenharia, ao mesmo tempo que algumas delas promovem seminários com o fito de difundir o uso de computadores entre os professores.

Tivemos, recentemente, a oportunidade de participar de um desses seminários "Use of Electronic Computers in Engineering Education", patrocinado pela National Science Foundation e realizado na Universidade de Houston (Houston, Texas), entre 11 de junho e 3 de agosto do corrente ano. Participaram deste seminário 14 professores de diversas universidades norte-americanas, um belga, um mexicano e um colombiano, que durante as 8 semanas se dedicaram exclusivamente aos cursos ministrados:

Programação para Computadores Digitais  
Introdução aos Computadores Analógicos  
Introdução à Análise Numérica  
Introdução à Estatística  
Programação Linear

Para participar deste seminário, os professores receberam bolsas da National Science Foundation para cobrir as despesas de viagem, estadia, alimentação, livros, etc., e compensar os proventos que seriam recebidos caso esses professores se dedicassem a alguma atividade nestes meses de férias. Por outro lado, o corpo docente contou com a presença de três grandes entusiastas da difusão do emprego de computadores no ensino da engenharia:

Dr. Elliot I. Organick, diretor do Centro de Computadores da Universidade de Houston que organizou o seminário e já participou da organização de dois outros seminários realizados na Universidade de Michigan sob o patrocínio da Ford Foundation. O Dr. Organick tem desenvolvido a literatura adequada para o ensino de computadores nas univer-

sidades, literatura essa inexistente até então.

Professor Bruce W. Arden, professor de matemática e pesquisador associado do Centro de Computadores da Universidade de Michigan. O professor Arden é um dos três autores da linguagem MAD, uma das mais poderosas e versáteis linguagens automáticas que se conhece, e faz parte de uma das mais importantes equipes que trabalham em programação e pesquisa em assuntos de computadores nos Estados Unidos: a da Universidade de Michigan.

Dr. Sylvio O. Navarro, diretor do Centro de Computadores da Universidade de Kentucky, que também participou da organização dos dois seminários anteriores na Universidade de Michigan. O Dr. Navarro é especialista em computadores analógicos tendo desenvolvido recentemente um método simplificado para o estabelecimento dos circuitos para a resolução de equações diferenciais neste tipo de computador.

Podemos verificar, pelas facilidades oferecidas aos participantes e pela categoria do corpo docente, como se procura atrair os professores universitários para lhes mostrar a utilidade do computador. Além disso, não é ensinada apenas a programação básica, como também os métodos numéricos e estatísticos que tornam os professores capacitados a solicitar dos alunos problemas resolvidos em computador.

O ponto alto do seminário, entretanto, foi a Programação para Computadores Digitais ministrada pelo Dr. Organick nas duas primeiras semanas. Esse curso foi ministrado em regime de tempo integral com seis horas diárias de aulas teóricas e duas horas diárias de aulas práticas com exercícios em sala. Para esses exercícios em sala, contamos com a assistência do próprio Dr. Organick e de mais 5 instrutores que nos acompanharam durante toda a duração do seminário. Foi ensinada a linguagem MAD a que nos referimos anteriormente. Além dos exercícios em sala, foram sugeridos ainda oito problemas apresentados espaçadamente e de complexidade crescente. Desses oito problemas, quatro foram numéricos e quatro não-numéricos, tais como a disposição em ordem crescente e decrescente de uma série de números, como a simulação dos movimentos de cavalo num tabuleiro de xadrez e como a simulação do recebimento por parte do computador de onze cartas de baralho e a sua organização em grupos de mesmo naipe e de mesmo valor.

Neste item inicial, quisemos demonstrar ao leitor, com fatos verificados recentemente, como os norte-americanos estão empenhados na difusão do emprego de computadores no ensino da engenharia.

## 2. Aplicações na Engenharia Química

Hoje em dia, quem examinar uma revista especializada em enge-

nharia química encontrará muito provavelmente um artigo sobre o emprego de computadores eletrônicos na resolução dos mais variados problemas. Vamos ci-tar algumas das aplicações mais freqüentes:

- Cálculo do número de pratos de uma coluna de destilação
- Localização do prato de alimentação
- Cálculo do número de estágios teóricos para uma operação de extração
- Cálculo de velocidade terminal de partículas em fluidos
- Cálculo de um trocador de calor
- Distribuição de temperatura em duas e três dimensões
- Problemas de balanços materiais com diversos elementos e reciclos variáveis

e muitos outros problemas semelhantes onde a solução é encontrada por meio de tentativas ou os cálculos são demasiadamente longos e estafantes.

Um outro tipo de problema muito importante é o da simulação em computador de um equipamento em funcionamento. Uma coluna de destilação, por exemplo, apresenta diversos problemas de operação ligados à pureza dos produtos obtidos, às condições de inundação, etc. Pois bem, todos esses problemas podem ser contornados ou simplificados se o comportamento dinâmico da coluna for bem conhecido. Pela técnica da simulação em computador, podem-se estudar os efeitos térmicos da transferência de massa e das condições hidráulicas dos pratos por modelos matemáticos dinâmicos de modo a se poder prever, até certo ponto, o efeito da modificação de uma variável sobre as demais.

Outra aplicação de computadores na engenharia química está no controle de unidades de uma indústria. O computador recebe automaticamente informação dos instrumentos de medição, processa esta informação e envia as correções necessárias para manter a unidade funcionando na maneira prevista. Nos Estados Unidos, por exemplo, existem refinarias inteiras funcionando sob o controle de computadores eletrônicos conforme podemos constatar em revistas especializadas.

O engenheiro químico, devido à sua formação e dependendo das proporções da indústria a que serve, pode ser chamado a estudar uma série de problemas de organização e otimização atualmente reunidos sob o título Pesquisa Operacional. Podemos enumerar alguns desses problemas:

Seqüenciação: é o problema de se determinar como organizar a execução de diversas tarefas por diversas máquinas de modo a se obter a eficiência máxima.

Linhas de Espera: diversas unidades chegam de tempos em tempos a um pôsto para receber um determinado serviço, formando-se então uma fila. O problema é determinar o número de postos de serviço a serem criados de modo que o custo do serviço e o tempo de espera sejam mínimos.

Substituição: diversos equipamentos executam uma tarefa durante a sua vida útil. O problema é estabelecer um programa de substituição desses equipamentos antes de encerrarem-se suas vidas úteis de modo a manter a eficiência global do serviço num valor máximo.

Muitos outros tipos de problemas poderiam ser citados. Tanto esses três como os demais devem ser analisados detalhadamente de modo a se estabelecerem as equações que fornecem suas soluções. A maior parte das soluções, devido à sua complexidade, só podem ser encontradas com o auxílio de um computador eletrônico.

### 3. Objetivos de um Curso de Programação num Currículo de Engenharia

Um curso de programação para computadores digitais num currículo de engenharia não tem por objetivo fazer do futuro engenheiro um programador eficiente. O objetivo é fazer com que ele aprenda a se comunicar com o computador e tirar proveito das suas características. Para isso, é preciso que o curso seja prático, com exercícios resolvidos em sala pelos alunos com a assistência do professor, com programas enviados ao computador para que os alunos recebam as respostas ou as advertências de erro.

É preciso que os problemas, numéricos ou não-numéricos, façam com que o aluno utilize todas as instruções que ele, como programador não profissional, deve saber.

Não deve haver desde já a preocupação de mostrar ao aluno as aplicações práticas nos respectivos ramos da engenharia; isto é tarefa dos professores das cadeiras posteriores. Por outro lado, problemas de simulação de jogos de cartas, de xadrez e de outros jogos, são de grande utilidade sob o ponto de vista de desenvolvimento de raciocínio em termos de computador.

Quanto ao funcionamento do computador, podemos afirmar que o aluno pode aprender a programar conhecendo um mínimo da organização interna da máquina. Somos da opinião, entretanto, que devemos descer a alguns detalhes que, mesmo dispensáveis, ajudam a formar na mente do aluno uma idéia mais concreta sobre o computador de modo que ele ao escrever um programa não se sinta um mero codificador; que ele, ao pensar no computador na hora de programar, não imagine um objeto disforme envolto em névca, mas sinta de fato que se estará passando na máquina na hora da execução do seu programa.

Outro ponto importante é a literatura adequada onde a linguagem ensinada esteja bem explicada através de exemplos.

### 4. Na Escola Nacional de Química

A Escola Nacional de Química da UB, reconhecendo a utilidade desta técnica moderna para os futuros engenheiros químicos, resolveu incluir

no programa da disciplina Introdução à Engenharia química, do 3º ano, em caráter obrigatório, um curso de Introdução à Comunicação com Computadores Digitais. Dêste modo, tivemos a oportunidade de ministrar, como primeira contribuição efetiva do IQUB aos cursos de formação da Universidade do Brasil, uma série de aulas em que focalizamos a linguagem UNICODE para o computador UNIVAC 1105. No período de 2 de outubro a 13 de novembro, procuramos seguir o seguinte programa:

### 1. INTRODUÇÃO

- 1.1 As Duas Famílias de Computadores Eletrônicos
- 1.2 Breve Histórico dos Computadores Digitais

### 2. ORGANIZAÇÃO DE UM COMPUTADOR DIGITAL. PROGRAMA

- 2.1 Os Sistemas Binário e Octal de Numeração
- 2.2 Seções de um Computador Digital (UNIVAC)
  - 2.2.1 Memória
    - a. Memória de Núcleos Magnéticos
    - b. Memória de Tambor Magnético
    - c. Características da Memória
  - 2.2.2 Entrada e Saída
    - a. Técnicas Usuais
      - i. Fita Magnética
      - ii. Fita Perfurada
      - iii. Cartão Perfurado
    - b. Equipamento
  - 2.2.3 Seção Aritmética
    - a. Registro A ou Acumulador
    - b. Registro Q ou Registro-quociente
    - c. Registro X ou Registro de Transferência
  - 2.2.4 Seção de Controle
- 2.3 Programação. Algoritmo e Linguagem. Programa
  - 2.3.1 Fases da Resolução de um Problema
  - 2.3.2 Algoritmo e Linguagem
  - 2.3.3 Programa

### 3. A LINGUAGEM UNICODE

- 3.1 A necessidade de uma Linguagem Prática. Linguagens Automáticas. Compiladores.
- 3.2 Elementos de uma Linguagem Prática (UNICODE)
  - 3.2.1 Folha de Instruções
  - 3.2.2 Conceito de Números de Ponto Fixo e de Ponto Flutuante.

- 3.2.3 Constantes e Variáveis
- 3.2.4 Aritmética em Ponto Fixo e Flutuante
- 3.2.5 Conceito de Conjunto. Variáveis Rotuladas. Índices.
- 3.2.6 Reserva de Espaço na Memória. Instrução DIMENSION.
- 3.2.7 Operações Aritméticas. Hierarquia.
- 3.2.8 Uso de Parênteses
- 3.2.9 Relações Matemáticas
- 3.2.10 Instrução de Substituição
- 3.2.11 Funções
  - a. Funções Disponíveis no UNICODE
  - b. Funções a Serem Definidas pelo Programador

#### 4. REPERTÓRIO DE INSTRUÇÕES

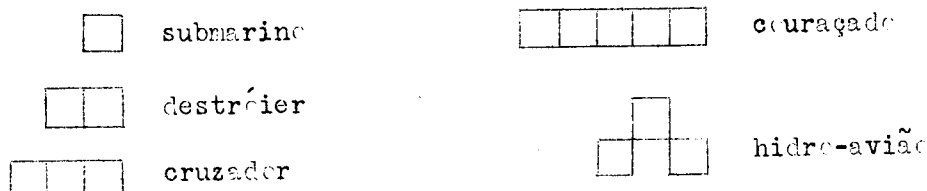
Procuramos fazer o curso assumir um aspecto prático, resolvendo diversos exercícios em sala, propondo exercícios a serem resolvidos em sala pelos alunos, problemas a serem programados em casa e exigimos ao final do curso um programa para ser processado efetivamente no computador.

Além dos alunos regulares do 3º ano, o curso contou com a participação de alguns alunos do 4º e 5º anos e de três membros do corpo docente da ENQ.

Enunciado do Problema exigido ao Final do Curso:

#### Introdução

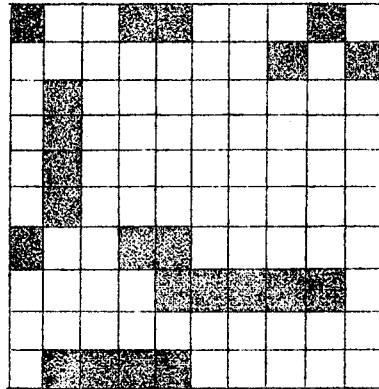
O problema apresentado está, de certo modo, relacionado com o conhecido jogo de Batalha Naval em que temos um quadriculado de "n" linhas e "n" colunas no qual é distribuída a "esquadra". Cada tipo de navio tem um formato característico, ocupando um certo número de quadrados. Assim, podemos ter:



A distribuição da esquadra no quadriculado está sujeita às seguintes restrições:

1. Dois navios não podem tocar-se, nem mesmo pelos vértices.
2. Um navio não pode ter mais de um lado de um quadrado tocando os lados do quadriculado.

Como ilustração, apresentamos um exemplo em que todos os navios desobedecem a estas restrições:



Como simplificação do problema, vamos considerar as seguintes condições:

1. Há apenas três tipos de navios

 submarino

 destróier

 cruzador (com três quadrados apenas)

2. Todos os navios encontram-se na posição horizontal no quadriculado.
3. Não pode haver mais do que um navio em cada linha.
4. O quadriculado tem 6 linhas e 6 colunas.
5. O quadriculado é representado na memória do computador por uma matriz 6x6 em que os quadrados ocupados por navios são representados pelo número 1 e os demais por 0.

Exemplo:

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

6. Os dados são fornecidos pelo professor obedecendo às duas restrições citadas anteriormente.

ENUNCIADO: Descrever em fluxograma e codificar em UNICODE um programa que:

1. Leia os elementos de uma matriz 6x6.
2. Verifique, em cada linha, quantos elementos de valor 1 encontram-se em sequência, levando em conta o fato de que não há mais de um grupo destes elementos em cada linha.
3. Imprima o nome do grupo encontrado, segundo a convenção:
  - a. um elemento: SUBMARINO
  - b. dois elementos: DESTRÓIER
  - c. três elementos: CRUZADOR

## 5. PLANOS PARA OS PRÓXIMOS ANOS

Dado o passo inicial, ou seja, incluída a programação para computadores no currículo obrigatório de Engenharia Química, é preciso que se tomem pelo menos duas iniciativas:

1. Incluir no currículo um curso de Análise Numérica para que os alunos tenham conhecimento de diversos métodos numéricos indispensáveis para a resolução de problemas científicos em computador.
2. Convencer os professores dos anos seguintes a solicitar a resolução em computador de alguns problemas típicos de suas cadeiras para que os alunos compreendam a utilidade do computador e percebam a finalidade do curso de programação.

Enquanto a primeira iniciativa não se concretizar, vamos procurar apresentar alguns dos métodos numéricos de aplicação mais freqüente nas aulas de programação, tais como: inversão de matrizes, ajustamento, interpolação, solução de equações, integração numérica, solução de sistemas de equações lineares, apresentando os métodos em sala e solicitando a sua programação por parte dos alunos.

## 6. AS DEMAIS ESCOLAS DE ENGENHARIA

É preciso que as demais escolas de engenharia do Brasil percebam o mais cedo possível, a importância do ensino de computadores nas universidades. Fazemos votos para que elas sigam a iniciativa pioneira da ENQ ensinando programação de uma maneira efetiva e não apenas como curiosidade. Que incluam essas aulas nos seus currículos obrigatórios para que o aluno encontre esta técnica no seu caminho e perceba a sua importância e a sua utilidade. Que solicitem aos professores dos anos subsequentes que proponham problemas cujas soluções justifiquem o emprêgo de computadores.

## 7. COLABORAÇÃO DO IBGE

A execução deste plano da ENQ tornou-se possível graças à inestimável colaboração do IBGE através do Superintendente do CPD, concedendo todas as facilidades e o tempo de computador necessário para a resolução dos problemas dos alunos.

..coOoo..

TRABALHOS DO CENTRO BRASILEIRO DE  
PESQUISAS FÍSICAS NO COMPUTADOR 1105

Prof. Alfredo Marques

O Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas se tem utilizado do computador UNIVAC 1105 como auxiliar de inestimável valor em algumas de suas linhas de trabalho.

As Divisões de Raios Cósmicos e de Emulsões Nucleares do Departamento de Física Experimental e o Departamento de Física Teórica levaram ao computador problemas de cálculo numérico que, por sua complexidade e extensão constituiriam pesada, senão proibitiva, tarefa para um calculista que tivesse à sua disposição apenas os recursos convencionais de cálculo.

Um desses problemas mostra claramente a situação desalentadora que o pesquisador desprovido de maiores recursos teria de enfrentar caso sua obstinação porventura o levasse a tentar realizar o cálculo com os meios convencionais.

Trata-se do cálculo da contribuição de certos processos a um dos possíveis modos de interação de partículas elementares - mesons K e nucleons, no caso -, pesquisa realizada pelo prof. Erasmo Ferreira e seu grupo no Departamento de Física Teórica do CBPF. Após inúmeras elaborações e manipulações algébricas de fórmulas bastante complicadas, o problema foi reduzido ao cálculo de doze integrais triplas entre os limites zero e um de intervalo de variação das variáveis de integração. O integrando, sobre ser função extremamente complexa das variáveis de integração, depende ainda de dois parâmetros que caracterizam a cinemática da interação: a energia das partículas e uma variável angular. Para uma descrição completa do processo, cada uma das integrais acima mencionadas foi calculada para onze valores da variável angular e cinco da energia; o cálculo numérico das integrais foi feito com a regra de Simpson, com dez passos em cada intervalo de integração, o que acarreta a avaliação do integrando em 1000 pontos para cada integral. A complexidade do integrando de cada uma das integrais é tal que requer cerca de duas centenas de operações para o cálculo de seu valor em cada um desses pontos, e a sua avaliação com os recursos convencionais tomaria entre quinze minutos e meia hora para um calculista experiente. Assim, tendo em conta que os integrandos das doze integrais contêm muitas partes comuns, estimamos, num cálculo otimista, que um calculista experiente trabalhando oito horas por dia levaria entre cinco e dez anos para realizar a tarefa. O programa tomou cerca de cinco horas no 1105.

O problema levado pelo prof. Georges Schwachheim, da Divisão de Raios Cósmicos do CBPF, ilustra outro aspecto da importância do uso de computadores como instrumento auxiliar na pesquisa científica moderna.

Desde setembro de 1957, o prof. Schwachheim vem mantendo em funcionamento e recolhendo dados de um monitor de neutrons por ele instalado em seu laboratório no CBPF. Esse aparelho registra a componente penetrante da radiação cósmica. A intensidade dessa componente da radiação cósmica é modulada de certo modo pelo sol e muitas de suas flutuações estão diretamente correlacionadas com a atividade daquela estrela. A variação total da referida componente da radiação cósmica pode ser decomposta e expressa como sendo a superposição de flutuações parciais com períodos que variam desde poucas horas até vários anos. A Divisão de Raios Cósmicos do CBPF dedica-se à tomada dos dados (12 por dia) e sua análise, tendo em vista as variações diurnas da radiação cósmica, isto é, aquela componente parcial que apresenta um período de 24 horas. O problema estatístico de identificar e retirar a informação correspondente às variações com período de 24 horas requer um tratamento laborioso dos dados experimentais.

O advento do Ano Geofísico Internacional intensificou as pesquisas dessa natureza e estimulou a cooperação internacional entre laboratórios situados em diferentes coordenadas geográficas. O CBPF participou dessa colaboração através da Divisão de Raios Cósmicos e presentemente essa Divisão recebe e envia dados do monitor de neutrons para 50 estações similares espalhadas por todo o mundo. O problema então é o de preparar dados para enviá-los às outras estações sob forma padronizada e analisar os dados que delas receber, em tempo útil. Se alguma estação não possuir recursos que lhe permitam depurar dados e analisar resultados em tempo comparável com o que as outras tomam, sua contribuição à colaboração internacional estará quase que inutilizada. Assim, não fossem as vantagens óbvias que o uso de um computador oferece, qualquer dessas estações se veria mesmo na contingência de lançar mão desse recurso ou desistir, pelo simples fato de a maioria delas o possuir. Prevendo essa situação, já que algumas estações por diferentes razões localizavam-se em áreas menos desenvolvidas, o comitê organizador do Ano Geofísico Internacional instituiu dois centros de cálculo, um na U.R.S.S., outro nos E.E.U.U., dispendo de computadores eletrônicos de alto porte, para os quais todas as medidas seriam enviadas durante a vigência do A.G.I. Hoje, findo o A.G.I., a colaboração persiste apenas entre as estações que dispõem desses recursos, limitando-se as outras quase que exclusivamente à produção de dados brutos.

Ao tempo em que nessa colaboração com o IBGE começou, o prof. Schwachheim já tinha seus cálculos programados e seus dados codificados para outro computador. A perspectiva de conseguir resultados ainda mais rapidamente trouxe-o ao 1105 e ele concentrou sua atividade na preparação de um programa que permitisse traduzir para a linguagem do 1105 aquilo que já estava pôsto em outro código, salvando assim o tempo gasto naquele trabalho.

O problema trazido pela Divisão de Emulsões Nucleares refere-se a trabalho sob minha responsabilidade e diz respeito a uma técnica de identificação de partículas muito importante nesse tipo de detetor.

A trajetória de partículas carregadas em emulsões nucleares fica marcada por uma sucessão de grãos reveláveis semelhantes àqueles produzidos pela luz numa emulsão fotográfica comum. Assim, é possível, com auxílio do microscópio, acompanhar todo o trajeto de uma partícula carregada em emulsões nucleares. Durante seu percurso na emulsão, essas partículas sofrem numerosas deflexões de direção, provocadas por interações eletromagnéticas com átomos do meio, de modo que suas trajetórias se afastam bastante das trajetórias retilíneas que teriam caso se deslocassem livremente. O grau de desvio da linearidade pode ser medido e utilizado para identificar a partícula, quando outras variáveis do problema sejam conhecidas.

Do ponto de vista do cálculo, o problema não envolve tantas operações variadas e complexas quanto o primeiro acima referido nem manipula tantos dados quanto o segundo, mas apresenta certas dificuldades de tipo lógico que tornam a programação um tanto delicada. Trata-se essencialmente de calcular segundas diferenças a partir de grupos de valores ordenados originais e usá-las em fórmulas mais ou menos simples para obter o resultado final. Porém, apenas as segundas diferenças que forem inferiores a quatro vezes o valor da média dos valores absolutos das segundas diferenças de todo o grupo poderão ser usadas; se uma qualquer delas não satisfizer a essa exigência, deverá ser retirada - a nova média deverá ser computada e o processo de comparação novamente repetido até que restem apenas aquelas que satisfaçam à condição requerida. Aquelas segundas diferenças que passarem essa fase de depuração serão então utilizadas para construir a média dos quadrados e a média dos produtos de duas segundas diferenças sucessivas; essas são então introduzidas em fórmulas simples que permitem obter um índice quantitativo do grau de afastamento da linearidade.

Este trabalho tem o fito de verificar a exatidão de um termo corretivo por mim introduzido numa dessas fórmulas. Envolve a manipulação de 107 trajetórias de mesons  $\pi$ , cada uma das quais contribui com uma média de 60 diferenças segundas.

..cc0cc..

DESINTEGRAÇÕES RADIOATIVAS SUCESSIVAS  
DA SÉRIE DO URÂNIO 238

(Trabalho do Curso de Programação Automática UNICODE  
para o computador eletrônico UNIVAC 1105)

Joel Franco Sacilotti  
Oficial do Exército - Engenheiro

1. Organização do Curso:

O I.B.G.E., Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, organizou um curso de Programação Unicode para o Computador Eletrônico Univac 1105 da Remington Rand.

Até final do curso cada aluno apresentou um trabalho, sobre os mais diversos temas.

A nós coube um trabalho sobre: Desintegrações Radioativas Sucessivas do Urânio.

Cálculos desta natureza normalmente são realizados por Computadores Eletrônicos pela complexidade que apresentam.

2. Introdução:

a) A radioatividade e suas leis:

Os técnicos e físicos não podem prescindir das propriedades dos elementos radioativos, as suas leis são básicas no estudo da Física Nuclear. A análise das relações entre os vários elementos radioativos de uma cadeia resultou na descoberta dos ISÓTOPOS, de imensa aplicação prática em todos os campos da ciência moderna.

A transmutação dos elementos, tão procurada pelos Alquimistas, é de fácil entendimento no estudo da radioatividade.

A descoberta da radioatividade artificial deve-se a Joliot e Curie.

Rutherford e Soddy observaram que uma certa quantidade de Tório radioativo depois de um certo tempo se transformava em Tório estável, e, procurando estabelecer as leis que regem esta transformação, expressaram-na como uma função exponencial em relação ao tempo, assim:

$$T_{\text{rad}} = T_{0.1} e^{-\lambda \cdot t}$$

onde  $T_{\text{rad}}$  é a quantidade de tório radioativo, em função do tempo.

$T_0$  é a quantidade de tório no tempo  $t = 0$ , isto é, quantidade inicial de tório.

$\lambda$  é uma constante chamada constante de desintegração.

$t$  é o tempo.

O tório estável ia portanto se formando segundo a lei ditada pela desintegração do tório radioativo, assim:

Estas leis coincidem com as leis das probabilidades e não o são por pura casualidade.

b) Meia vida:

Se tivermos, por exemplo, 100 gramas de tório radioativo, 4 dias e poucas horas depois teremos apenas 50 gramas. Este tempo, isto é, o tempo em que o número inicial de moléculas de um elemento radioativo fica reduzido pela metade é chamado de MEIA VIDA.

A meia vida e a constante de desintegração são intimamente ligadas, seus valores só diferem por uma constante:

c) Transformações radio-ativas sucessivas:

A desintegração de um elemento A, dando formação a elemento B, pode não parar no elemento B mas sim prosseguir sucessivamente, dando origem a uma cadeia.

Vamos supor, por exemplo, que dispomos de 100 gramas de Radium A. Ora, sabe-se que o Radium A se desintegra formando o Radium B com uma meia vida de 3,05 minutos; o Radium B, tão logo se vai formando se desintegra formando o Radium C, com uma meia vida de 26,8 minutos; o Radium C se desintegra por sua vez, tão logo se vai formando, dando origem ao Radium D, com uma meia vida de 19,7 minutos. O Radium D é tido na prática como estável, pondo um ponto final na cadeia.

O assunto parece um pouco complexo, porém foi muito bem equacionado por Bateman. Com a solução de suas equações se pode determinar com grande precisão a quantidade exata de cada elemento de uma cadeia, em qualquer tempo.

Graças a estes estudos, podem hoje os Arqueólogos determinar a idade exata das ossadas encontradas, mandando pesquisar a desintegração do cálcio dos ossos, iniciada no momento da morte.

Contadores de tempo, de grande precisão, já em uso, se baseiam no princípio da desintegração sucessiva.

3. Transformações radioativas sucessivas da série do Urânio - 238

A simples análise da série nos dá uma idéia de trabalho complexo e exaustivo no qual se empenham os matemáticos na solução de problemas desta natureza.

Os computadores eletrônicos vieram prestar um serviço precioso neste campo, resolvendo em minutos problemas de meses de cansativos cálculos.

O trabalho por nós realizado se referiu às desintegrações contidas entre os números de ordem 9 a 12 da série, sem considerar a presença do Astatino-218, cuja meia vida é de apenas 1,5 segundos.

Em laboratório, a experiência é realizada da seguinte maneira:

Um corpo de prova é exposto, por poucos segundos ao Radon (Em-222).

Um certo número de átomos de Radium A (Po-218) fica depositado no corpo de prova. As desintegrações sucessivas se processam com a formação final de Radium D (Pb-210) que pode ser considerado estável. A soma de todos os átomos, dos diversos elementos que irão se formando, em qualquer instante é sempre constante e igual ao número inicial de átomos de Radium A (Po-218). A curva é levantada com a medição da atividade em função do tempo.

TRANSFORMAÇÕES RADIOATIVAS SUCESSIVAS DA SÉRIE DO URÂNIO-238

| Nº DE ORDEM | ESPÉCIES RADIOATIVAS | FÓRMULA                  | MEIA VIDA                    | SEG <sup>-1</sup> CONSTANTE DE DESINTEGRAÇÃO |
|-------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|
| 1           | URANIUM I            | ${}_{92}\text{U}^{238}$  | 450 x 10 <sup>9</sup> anos   | 4,88 x 10 <sup>-18</sup>                     |
| 2           | URANIUM X1           | ${}_{90}\text{Th}^{234}$ | 24,1 dias                    | 3,33 x 10 <sup>-7</sup>                      |
| 3           | URANIUM X2           | ${}_{91}\text{Pa}^{234}$ | 1,18 meses                   | 9,77 x 10 <sup>-3</sup>                      |
| 4           | URANIUM Z            | ${}_{91}\text{Pa}^{234}$ | 6,7 horas                    | 2,88 x 10 <sup>-5</sup>                      |
| 5           | URANIUM II           | ${}_{92}\text{U}^{234}$  | 2,5 x 10 <sup>5</sup> anos   | 8,80 x 10 <sup>-14</sup>                     |
| 6           | IONIUM               | ${}_{90}\text{Th}^{230}$ | 8,0 x 10 <sup>4</sup> anos   | 2,75 x 10 <sup>-13</sup>                     |
| 7           | RADIUM               | ${}_{88}\text{Ra}^{226}$ | 1,620 anos                   | 1,36 x 10 <sup>-11</sup>                     |
| 8           | RADON                | ${}_{86}\text{Em}^{222}$ | 3,82 dias                    | 2,10 x 10 <sup>-6</sup>                      |
| 9           | RADIUM A             | ${}_{84}\text{Po}^{218}$ | 3,05 meses                   | 378 x 10 <sup>-3</sup>                       |
| 10          | RADIUM B             | ${}_{82}\text{Pb}^{214}$ | 26,8 meses                   | 4,31 x 10 <sup>-4</sup>                      |
| 11          | ASTATINE-218         | ${}_{85}\text{At}^{218}$ | 1,5 segundos                 | 0,4                                          |
| 12          | RADIUM C             | ${}_{83}\text{Bi}^{214}$ | 19,7 meses                   | 5,86 x 10 <sup>-4</sup>                      |
| 13          | RADIUM C'            | ${}_{84}\text{Po}^{214}$ | 1,64 x 10 <sup>4</sup> segun | 4,23 x 10 <sup>-3</sup>                      |
| 14          | RADIUM C''           | ${}_{81}\text{Tl}^{210}$ | 1,32 meses                   | 8,75 x 10 <sup>-4</sup>                      |
| 15          | RADIUM D             | ${}_{82}\text{Pb}^{210}$ | 22 anos                      | 1,00 x 10 <sup>-9</sup>                      |
| 16          | RADIUM E             | ${}_{83}\text{Bi}^{210}$ | 5,0 dias                     | 160 x 10 <sup>-6</sup>                       |
| 17          | RADIUM F             | ${}_{84}\text{Po}^{210}$ | 138,3 dias                   | 5,80 x 10 <sup>-8</sup>                      |
| 18          | THALLIUM-206         | ${}_{81}\text{Tl}^{206}$ | 4,2 meses                    | 2,75 x 10 <sup>-3</sup>                      |
| 19          | RADIUM G             | ${}_{82}\text{Pb}^{206}$ | Estável                      |                                              |

4. Trabalho realizado:a) Resumo da análise do programa:

Propomos-nos no presente trabalho levantar as curvas de desintegrações sucessivas do Radium A, até a formação do elemento estável Radium D ou chumbo 210. O número de átomos do "enésimo" membro da cadeia, em relação ao tempo, é dado por: (Equações de Bateman)

$$N_n(t) = c_1 \cdot e^{-\lambda_1 \cdot t} + c_2 \cdot e^{-\lambda_2 \cdot t} + c_3 \cdot e^{-\lambda_3 \cdot t} + \dots c_n \cdot e^{-\lambda_n \cdot t}$$

onde:

$$c_1 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{n-1}}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1) \dots (\lambda_n - \lambda_1)} \cdot N_1^c$$

$$c_2 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{n-1}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2) \dots (\lambda_n - \lambda_2)} \cdot N_1^c$$

⋮

$$c_n = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{n-1}}{(\lambda_1 - \lambda_n)(\lambda_2 - \lambda_n) \dots (\lambda_{n-1} - \lambda_n)} \cdot N_1^c$$

No caso em estudo o "enésimo" membro é o 4º, Radium D. De forma que teremos:

$$N_n(t) = c_1 e^{-\lambda_1 \cdot t} + c_2 e^{-\lambda_2 \cdot t} + c_3 e^{-\lambda_3 \cdot t} + c_4 e^{-\lambda_4 \cdot t}$$

$$N_1(t) = N_1^c \cdot e^{-\lambda_1 \cdot t}$$

$$N_2(t) = N_1^c \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} \left( e^{-\lambda_1 \cdot t} - e^{-\lambda_2 \cdot t} \right)$$

$$N_3(t) = N_1^c \cdot \left[ \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)} \cdot e^{-\lambda_1 \cdot t} + \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)} \cdot e^{-\lambda_2 \cdot t} + \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)} \cdot e^{-\lambda_3 \cdot t} \right]$$

$$N_4(t) = N_1^c \cdot \left[ \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)(\lambda_4 - \lambda_1)} \cdot e^{-\lambda_1 \cdot t} + \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)(\lambda_4 - \lambda_2)} \cdot e^{-\lambda_2 \cdot t} + \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)(\lambda_4 - \lambda_3)} \cdot e^{-\lambda_3 \cdot t} + \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{(\lambda_1 - \lambda_4)(\lambda_2 - \lambda_4)(\lambda_3 - \lambda_4)} \cdot e^{-\lambda_4 \cdot t} \right]$$

Faremos "t" variar de 2 em 2 minutos de 0 a 200 minutos, determinando para cada valor de "t" o 1º, 2º, 3º e 4º membros da cadeia que representam o Radium A, Radium B, Radium C respectivamente e finalmente o Radium D.

b) Programa em Unicode:

Ver anexo 1.

c) Fase executiva - descritiva

O programa preparado, anexo 1, é agora apresentado a uma maquina, "Flexewriter", tipo máquina de escrever onde uma operadora o copia.

A "Flexewriter" tem duas saídas, uma é um text datilografado (anexo 2) e a outra é uma fita perfurada.

A fita perfurada é a linguagem do Computador, uma das formas do Computador entender o programa.

O texto datilografado serve apenas para correção, deve ser comparado minuciosamente com o programa, anexo 1, a fim de possibilitar a verificação de possíveis lapsos ou erros por parte da operadora da "Flexewriter". É uma fase que exige um cuidado todo especial. A qualquer erro, o Computador posteriormente ou dará resultados falsos ou reclamará. E reclamará mesmo, "VOCÊ COMETEU UM ERRO EM TAL FASE DO PROGRAMA CORRIJA-O".

O nosso programa foi datilografado em 22 minutos, e teve que sofrer correções.

Corrigida, a fita perfurada foi "lida" pelo Computador em 4 segundos. Após, durante 3 minutos o Computador examinou o programa.

O Computador nesta fase "conversa" com o operador. A sua linguagem são textos datilografados, ver anexo 3. Ele dá ordens e aponta erros.

Fim do "Pass IV", a computação está completa, isto é, os resultados já podem ser apresentados, em fita magnética (grande rapidez), ou em texto datilografado.

O nosso texto foi datilografado em 22 minutos.

Se o Computador fôsse dotado de uma "High Speed Printer", o texto seria obtido em segundos, poupando 22 minutos de tempo útil, o que representa muito em rendimento e em "cruzeiros".

d) Levantamento das curvas: Ver anexo 4.

5. Observações pessoais:

O autor do presente trabalho, durante o curso, esteve em contato direto com as equipes que programam e operam o Computador Eletrônico Univac 1105.

O ambiente é de euforia, entusiasmo, abnegação e trabalho.

É preciso que nós técnicos prestigiemos ainda mais aquelas equipes, divulguemos ainda mais os seus serviços, elas formam com o Computador um todo, um cérebro, uma célula viva pulsando a serviço da Ciência.

## ANEXO 1

| SENTENÇA                                                                                                 | INSTRUÇÕES                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| △ △ △ △ △ △<br>△ △ △ △ △ △<br>△ △ △ △ △ △<br>△ △ △ △ △ △<br>△ △ △ △ △ △<br>△ △ △ △ △ △                   | UNICODE △ PROGRAM △.<br>DESINTEGRAÇÕES △ RADIOATIVAS △ SUCESSIVAS △ DA △ SERIE △ DO △ URÂNIO △ 238 △.                                                                                                                                                                                                             |
| 1 △ △ △ △ △ △<br>2 △ △ △ △ △ △<br>3 △ △ △ △ △ △<br>4 △ △ △ △ △ △<br>5 △ △ △ △ △ △<br>6 △ △ △ △ △ △       | DIMENSION △ N1(101), △ N2(101), △ N3(101), △ N4(101), △ NT(101) △.<br>START △.<br>PRINT △ DESINTEGRAÇÕES △ RADIOATIVAS △ SUCESSIVAS △ DA △ SERIE △ DO △ URÂNIO △ 238 △.<br>PRINT △ EQUAÇÕES △ DE △ DATA △ N △.<br>PRINT △ TRABALHO △ APRESENTADO △ PELO △ ENGENHEIRO △ JOEL △ FRANCO △ SACIOTTI △.<br>NO = 100 △. |
| 7 △ △ △ △ △ △<br>8 △ △ △ △ △ △<br>9 △ △ △ △ △ △<br>10 △ △ △ △ △ △<br>11 △ △ △ △ △ △<br>12 △ △ △ △ △ △    | S = 0.2272 △.<br>T = 0.0258 △.<br>U = 0.0352 △.<br>V = 0.0598 * 10 <sup>-10</sup> △.<br>VARY △ R △ 0(2)200 △ WITH △ J △ 0(2)200 △ SENTENCES △ 12 △ THRU △ 26 △.<br>N1(J) = NO/EXP(S*R) △.                                                                                                                         |
| 13 △ △ △ △ △ △<br>14 △ △ △ △ △ △<br>15 △ △ △ △ △ △<br>16 △ △ △ △ △ △<br>17 △ △ △ △ △ △<br>18 △ △ △ △ △ △ | N2(J) = NO*(S/(T-S))*(EXP(-S*R)-EXP(-T*R)) △.<br>A = NO*(S*T/((T-S)*(U-S)))*EXP(-S*R) △.<br>B = NO*(S*T/((S-T)*(U-T)))*EXP(-T*R) △.<br>C = NO*(S*T/(((S-U)*(T-U)))*EXP(-U*R) △.<br>N3(J) = A+B+C △.<br>D = NO*(S*T*U/((T-S)*(U-S)*(V-S)))*EXP(-S*R) △.                                                            |
| 19 △ △ △ △ △ △<br>20 △ △ △ △ △ △<br>21 △ △ △ △ △ △<br>22 △ △ △ △ △ △<br>23 △ △ △ △ △ △<br>24 △ △ △ △ △ △ | E = NO*(S*T*U/((S-T)*(U-T)*(V-T)))*EXP(-T*R) △.<br>F = NO*(S*T*U/((S-U)*(T-U)*(V-U)))*EXP(-U*R) △.<br>G = NO*(S*T*U/((S-V)*(S-T)*(S-U)))*EXP(-V*R) △.<br>N4(J) = D+E+F+G △.<br>TYPE △ N1(J) △.<br>TYPE △ N2(J) △.                                                                                                 |
| 25 △ △ △ △ △ △<br>26 △ △ △ △ △ △<br>27 △ △ △ △ △ △<br>28 △ △ △ △ △ △<br>29 △ △ △ △ △ △<br>30 △ △ △ △ △ △ | TYPE △ N3(J) △.<br>TYPE △ N4(J) △.<br>VARY △ K △ 0(2)200 △ WITH △ J △ 0(2)200 △ SENTENCES △ 28 △ THRU △ 29 △.<br>NT(K) = N1(J) + N2(J) + N3(J) + N4(J) △.<br>TYPE △ NT(K) △.<br>STOP △.                                                                                                                           |
| ZZZZZZ                                                                                                   | END △ OF △ TAPE △.                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## ANEXO 2

unicode program .

desintegracoes radioativas sucessivas da serie do uranio 238 .

```

1  dimension n1'101', n2'101', n3'101', n4'101', nt'101' .
2  start .
3  print desintegracoes radioativas sucessivas da serie do uranio 238 .
4  print equacoes de bateman .
5  print trabalho apresentado pelo engenheiro joel franco sacilotti .
6  n0=100 .
7  s=0.2272 ,
8  t=0.0258 ,
9  u=0.0352 ,
10 v=0.0598X10-10 .
11 vary r 0'2'200 with j 0'2'200 sentences 12 thru 26 .
12 n1'j'='n0/exp'sXr' .
13 n2'j'='n0X's/'t-s''X'exp'-sXr'-exp'-tXr'' .
14 a='n0X'sXt/'t-s''X'u-s''Xexp'-sXr' .
15 b='n0X'sXt/'s-t''X'u-t''Xexp'-tXr' .
16 c='n0X'sXt/'s-u''X't-u''Xexp'-uXr' .
17 n3'j'='a*b*c' .
18 d='n0X'sXtXu/'t-s''X'u-s''X'v-s''Xexp'-sXr'' .
19 e='n0X'sXtXu/'s-t''X'u-t''X'v-t''Xexp'-tXr'' .
20 f='n0X'sXtXu/'s-u''X't-u''X'v-u''Xexp'-uXr'' .
21 g='n0X'sXtXu/'s-t''X'u-t''X'v-u''Xexp'-vXr'' .
22      .
23 type n1'j' .
24 type n2'j' .
25 type n3'j' .
26 type n4'j' .
27 vary k 0'2'200 with j 0'2'200 sentences 28 thru 29 .
28 nt'k'='n1'j'+n2'j'+n3'j'+n4'j' .
29 type nt'k' .
30 stop .
z#zzzz end of tape .

```

## ANEXO 3

PROGRAM NOW ON TAPE 5.

PUT 1500 FT. TAPES ON S. 3 AND 4.

PASS I. TRANSLATION \_\_\_\_\_ ERROR DETECTION AND WARNINGS

MOUNT UNICODE LIBRARY ON SERVO 2. IF NO LIBRARY IS REQUIRED SET A NOT=0.  
START.

PASS II. GENERATION OF COMPUTER CODE

END OF GENERATION. TO INTERRUPT COMPILATION SET A NOT=0. START.

PASS III. ALLOCATION OF STORAGE.

PASS IV. PROCESSING AND ADDRESS MODIFICATION.

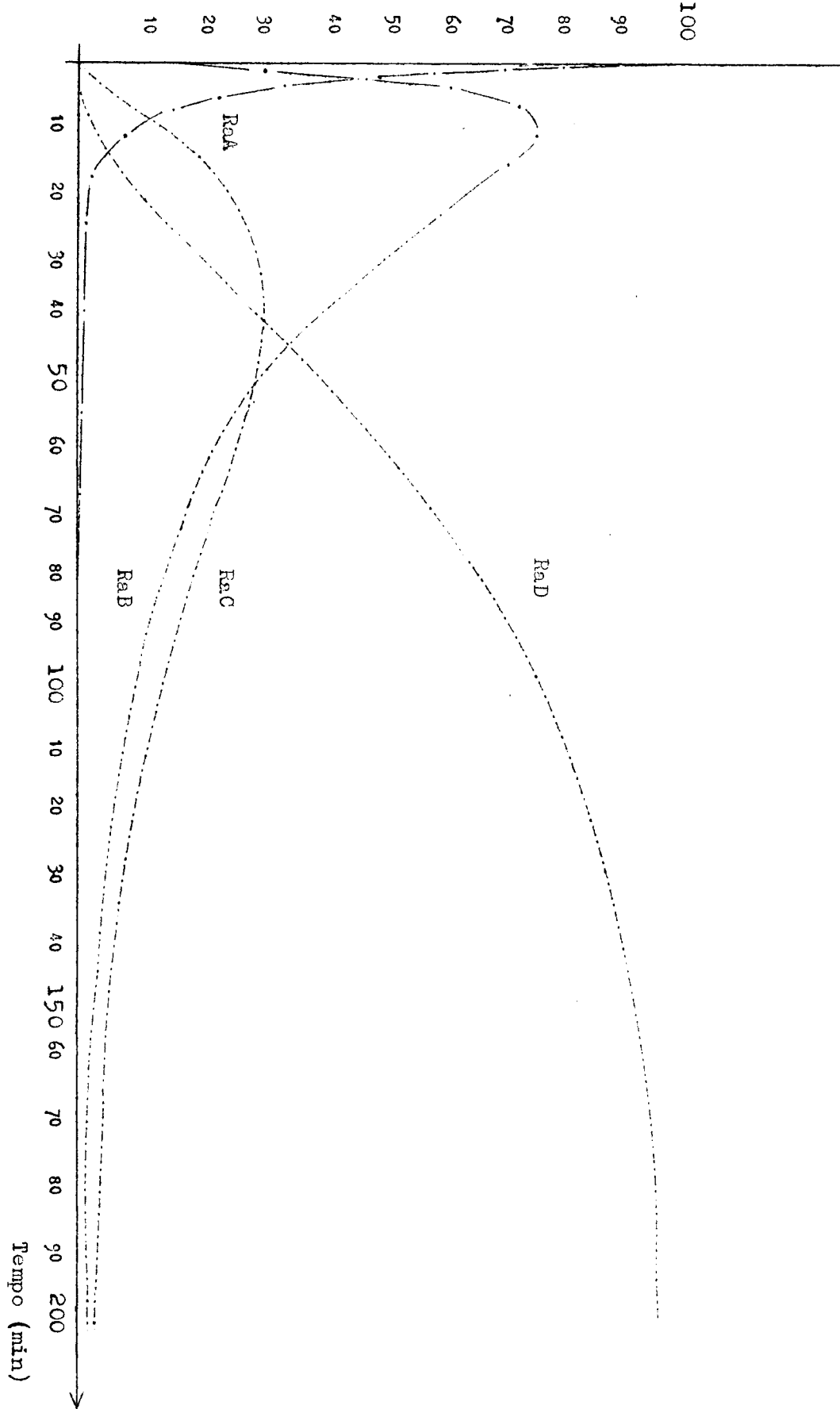
COMPUTER CODING PRODUCED ON TAPE 3.

IF PROGRAM LISTING IS NOT DESIRED, SET A NOT=0. START.

COMPILATION COMPLETED.

ANEXO 4

%No. atômica  
Transformações Radicativas Sucessivas do URÂNIO



Levantamento das curvas realizado por: Joel Franco Seelottti - Engenheiro

## ANÁLISE DO PROBLEMA DO CÁLCULO DAS CORREÇÕES "v" NA COMPENSAÇÃO DE UMA CADEIA GEODÉSICA PELO MÉTODO DAS DIREÇÕES

Major Rubens Onofre de Azevedo Moraes  
Eng. Geo.

(Aplicação da teoria dos erros, método dos mínimos quadrados, critério das obser  
vações condicionadas, processo dos coeficientes correlativos).

## A - INTRODUÇÃO

O problema aqui analisado foi programado e processado na segunda fase (prática) do primeiro Curso de Programação Científica de C.P.D.

É um problema de Geodésia, típico para computador. Sua resolução com o auxílio de máquinas elétricas convencionais demandaria cêrca de 50 horas de trabalho; o computador despendeu 23 segundos no seu processamento.

B - DADOS

Seja o sistema de equações práticas de condição

$$r < n \quad \left\{ \begin{array}{l} a_1^v v_1 + a_2^v v_2 + a_3^v v_3 + \dots + a_n^v v_n + w_a = 0 \\ b_1^v v_1 + b_2^v v_2 + b_3^v v_3 + \dots + b_n^v v_n + w_b = 0 \\ c_1^v v_1 + c_2^v v_2 + c_3^v v_3 + \dots + c_n^v v_n + w_c = 0 \\ \dots\dots\dots \\ r_1^v v_1 + r_2^v v_2 + r_3^v v_3 + \dots + r_n^v v_n + w_r = 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

Os dados para a solução do problema serão, evidentemente, os coeficientes das incógnitas (" $H(r,n)$ ", na fita de dados) e os têrmos independentes (erros de fechamento - " $W(r)$ ", na fita de dados):

$$\underline{H(r,n)} = a_1, a_2, a_3, \dots, a_n, b_1, b_2, b_3, \dots, b_n, c_1, c_2, c_3, \dots, c_n, \\ \dots, r_1, r_2, r_3, \dots, r_n.$$

$$\underline{W(r)} = w_a, w_b, w_c, \dots, w_n.$$

Sentenças de programa: 1 e 4

C - RESOLUÇÃO

O sistema de equações práticas de condição é sempre indeterminado, porém somente uma de suas soluções satisfaz o princípio dos mínimos quadrados:

$$[vv] = \text{mínimo}$$

Sem abordar o desenvolvimento teórico do problema, analisaremos a seguir as diversas fases de sua resolução prática, inclusive o cálculo dos erros médios e a verificação das equações de condição.

Sentenças gerais de programa: 5 a 8 (definições).

1ª fase - Formação do quadro dos coeficientes das equações normais correlativas e respectivos termos independentes.

| A     | 0     | 1     | 2     | ..... | r - 1 | r   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 0     | [aa]  | [ab]  | [ac]  | ..... | [ar]  | 0   |
| 1     | [ba]  | [bb]  | [bc]  | ..... | [br]  | 0   |
| 2     | [ca]  | [cb]  | [cc]  | ..... | [cr]  | 0   |
| ...   | ...   | ...   | ...   | ..... | ...   | ... |
| ...   | ...   | ...   | ...   | ..... | ...   | ... |
| r - 1 | [ra]  | [rb]  | [rc]  | ..... | [rr]  | 0   |
| r     | $w_a$ | $w_b$ | $w_c$ | ..... | $w_r$ | 0   |

onde:

$$A(0,0) = [aa] = a_1a_1 + a_2a_2 + a_3a_3 + \dots + a_na_n$$

$$A(0,1) = [ab] = a_1b_1 + a_2b_2 + a_3b_3 + \dots + a_nb_n$$

$$A(0,2) = [ac] = a_1c_1 + a_2c_2 + a_3c_3 + \dots + a_nc_n$$

.....

$$A(0,r-1) = [ar] = a_1r_1 + a_2r_2 + a_3r_3 + \dots + a_nr_n$$

$$A(0,r) = 0$$

.....

.....

$$A(1,0) = [ba] = b_1a_1 + b_2a_2 + b_3a_3 + \dots + b_na_n$$

$$A(1,1) = [bb] = b_1b_1 + b_2b_2 + b_3b_3 + \dots + b_nb_n$$

$$A(1,2) = [bc] = b_1c_1 + b_2c_2 + b_3c_3 + \dots + b_nc_n$$

.....

$$A(1,r-1) = [br] = b_1r_1 + b_2r_2 + b_3r_3 + \dots + b_nr_n$$

$$A(1,r) = 0$$

.....

.....

.....

$$A(r-1,r-1) = rr = r_1r_1 + r_2r_2 + r_3r_3 + \dots + r_nr_n$$

$$A(r,0) = w_a$$

$$A(r,1) = w_b$$

$$A(r,2) = w_c$$

.....

$$A(r, r-1) = w_r$$

$$A(r,r) = 0$$

Sentenças de programa:

- 1 - dimensão
- 9 a 11 - limpeza dos registros
- 12 a 17 - formação do quadro

Dado o cracoviano simétrico  $A$  formado pelos coeficientes das incógnitas e termos independentes do sistema de equações normais correlativas, vamos determinar, através da relação

$$A = C.B.$$

o cracoviano B, tal que o sistema que lhe corresponda seja da forma

$$\left\{ \begin{array}{l} x_0 + B_{0,1}x_1 + B_{0,2}x_2 + \dots + B_{0,r-1}x_{r-1} + B_{0,r} = 0 \\ x_1 + B_{1,2}x_2 + \dots + B_{1,r-1}x_{r-1} + B_{1,r} = 0 \\ x_2 + \dots + B_{2,r-1}x_{r-1} + B_{2,r} = 0 \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ x_{r-1} + B_{r-1,r} = 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

de fácil solução.

Os termos A, C e B são ligados por relações do tipo seguinte:

$$C_{J,K} = A_{K,J} - \sum_{I=0}^{I=J-1} B_{I,J} C_{I,K}$$

$$B_{J,K} = \frac{C_{J,K}}{C_{J,J}}$$

Nesta fase serão formados os quadros dos cracovianos C e B;

| c   | 0   | 1   | 2   | 3   | ..... | r-1 | r   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| 0   | c   | c   | c   | c   | ..... | c   | c   |
| 1   | 0   | c   | c   | c   | ..... | c   | c   |
| 2   | 0   | 0   | c   | c   | ..... | c   | c   |
| 3   | 0   | 0   | 0   | c   | ..... | c   | c   |
| ... | ... | ... | ... | ... | ..... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ..... | ... | ... |
| r   | 0   | 0   | 0   | 0   | ..... | 0   | c   |

|     |      |     |     |     |       |     |     |
|-----|------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| B   | 0    | 1   | 2   | 3   | ..... | r-1 | r   |
| 0   | +1   | B   | B   | B   | ..... | B   | B   |
| 1   | 0    | +1  | B   | B   | ..... | B   | B   |
| 2   | 0    | 0   | +1  | B   | ..... | B   | B   |
| 3   | 0    | 0   | 0   | +1  | ..... | B   | B   |
| ... | .... | ... | ... | ... | ..... | ... | ... |
| ... | ...  | ... | ... | ... | ..... | ... | ... |
| r   | 0    | 0   | 0   | 0   | ..... | 0   | +1  |

2) Todos os termos abaixo da diagonal principal são nulos.

### 3ª fase - Cálculo dos coeficientes correlativos.

$$X_J = -B_{J,r} - \sum_{I=J+1}^{I=r-1} X_I B_{J,I}$$

Sentenças de programa: 1 e 17.24 a 17.34

### O sistema de equações de erro correlativas

$$\left\{ \begin{array}{l} v_1 = a_1 x_0 + b_1 x_1 + c_1 x_2 + \dots + r_1 x_{r-1} \\ v_2 = a_2 x_0 + b_2 x_1 + c_2 x_2 + \dots + r_2 x_{r-1} \\ v_3 = a_3 x_0 + b_3 x_1 + c_3 x_2 + \dots + r_3 x_{r-1} \\ \dots\dots\dots \\ v_n = a_n x_0 + b_n x_1 + c_n x_2 + \dots + r_n x_{r-1} \end{array} \right. \quad (3)$$

Sentenças de programa: 1, 21 e 23 e 26.

Erro médio de uma direção  $m_d = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{r}}$

$$\text{Erro médio de um ângulo} \quad m_a = \pm m_d \sqrt{2}$$

$$\text{Erro médio de um triângulo} \quad m_t = \pm m_d \sqrt{6}$$

Sentenças do programa: 22, 23 e 27 a 32.

#### 6ª fase - Verificação.

Evidentemente, os valores encontrados para as correções "v" devem satisfazer as equações práticas de condição (1).

Sentenças do programa: 1 e 33 a 38

#### D - CONCLUSÃO

O programa apresentado em separado tem caráter geral. Para cada caso particular deverão sofrer alteração apenas as sentenças 1, 3, 5, 6 e 28. Para r equações práticas de condição a n incógnitas, a generalização dessas sentenças é a seguinte:

- 1 DIMENSION H(r,n), W(r), A(r+1,r+1), B(r+1,r+1), C(r+1,r+1).  
X(r), VRF(r).
- 3 (Identificação do problema)
- 5 IM = r.
- 6 IN = n.
- 28 R = r.

#### E - PROGRAMAÇÃO

unicode program.

```

_____ .
_____ .
_____ .
_____ .
_____ .
_____ .

1 dimension h'17,46',w'17',a'18,18',b'18,18',c'18,18',x'17',v'46',vrf'17
2 start .
3 print compensacao triangulacao geo este 1959 .
4 read h, w .
5 im_17 .
6 in_46 .
7 iml=im_1 .
8 inl=in_1 .
9 vary i 0'1'im sentences 10 thru 11 .
10 vary j 0'1'im sentence 1 .
11 a'i,j'=0 .
12 vary i 0'1'iml sentences 13 thru 15 .
13 vary j 0'1'iml sentences 14 thru 15 .
14 vary m 0'1'inl sentence 15 .
15 a'i,j'=a'i,j'+h'i,m'Xh'j,m' .
16 vary j 0'1'iml sentence 17 .
17 a'im,j'=w'j' .
17.01 vary i 0'1'im sentences 17.02 thru 17.04 .
17.02 vary j 0'1'im sentences 17.03 thru 17.04 .
17.03 b'i,j'=0 .

```

```

17.04      c'i,j'=0 .
17.05      vary l 0'l'iml sentence 17.06 .
17.06      x'l'=0 .
17.07      j=0 .
17.08      k=0 .
17.09      i=0 .
17.10      j1=j-1 .
17.11      d=0 .
17.12      if iG j1 jump to sentence 17.17 .
17.13      e=b'i,j'xc'i,k' .
17.14      d=d+e .
17.15      i=i+1 .
17.16      if i L=j1 jump to sentence 17.13 .
17.17      c'j,k'=a'k,j'-d'j,j' .
17.18      b'j,k'=c'j,k'/c'j,j' .
17.19      k=k+1 .
17.20      if kL=im jump to sentence 17.09 .
17.21      j=j+1 .
17.22      k=j .
17.23      if jL=im jump to sentence 17.09 .
17.24      j=im-1 .
17.25      f=0 .
17.26      l=im-1 .
17.27      g=x'l'xb'j,l' .
17.28      f=f+g .
17.29      l=l-1 .
17.30      j2=j+1 .
17.31      if l G=j2 jump to sentence 17.27 .
17.32      x'j'=b'j,im-f .
17.33      j=j-1 .
17.34      if j G=0 jump to sentence 17.25 .
20      vary m 0'l'inl sentence 21 .
21      v'm'=0 .
22      sv2=0 .
23      vary m 0'l'inl sentences 24 thru 27 .
24      vary j 0'l'iml sentence 25 .
25      v'm'=v'm'+x'j'Xh'j,m' .
26      type v'm' .
27      sv2=sv2+v'm'.2 .
28      r=17 .
29      emd='sv2/r'.1D2 .
30      ema=emdX21D2 .
31      emt=emdX61D2 .
32      type emd, ema, emt .
33      vary j 0'l'iml sentences 34 thru 38 .
34      vr=0 .
35      vary m 0'l'inl sentence 36 .
36      vr=vr+h'j,m'Xv'm' .
37      vrf'j'=vr+w'j' .
38      type vrf'j' .
39      stop .
zzzzzz end of tape .

```

## CÁLCULO DE UM LEITO DE FUSÃO NUM CUBILÔ

Major Natalino Folegatti

Eng. Metalurgista  
Diretoria de Fabricação e  
Recuperação do Exército.A - Introdução:

Na técnica de fundição de ferro fundido, as propriedades de uma peça fundida vão depender da sua composição química e estrutura.

Assim, a composição vai ser determinada pela matéria utilizada e pelas adições feitas com ferros-ligas.

As matérias-primas típicas para o ferro fundido apresentam composições variadas e o quadro abaixo dá aproximadamente as variações dos teores dos elementos que nelas figuram.

| Matéria-prima      |       | Carbono<br>C % | Silício<br>Si % | Manganês<br>Mn % | Fósforo<br>P % | Enxofre<br>S % |
|--------------------|-------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|
| Gusa para fundição |       | 1.25-4.00      | 1.25-4.00       | 0.25-1.25        | 0.02-1.5       | 0.05(max)      |
| Sucata de Ferro    |       | 2.50-3.50      | 1.80-2.50       | 0.40-0.70        | 0.10-0.30      | 0.01-0.10      |
| Fund e Retôrno     |       |                |                 |                  |                |                |
| Sucata de aço      |       | 0.30-0.60      | 0.10-0.30       | 0.60-0.80        | 0.01-0.05      | 0.01-0.05      |
| Ferros-ligas       | Fe Si | -              | 50-90           | -                | -              | -              |
|                    | Fe Mn | -              | -               | 75-85            | -              | -              |

A fundição de uma peça vai impor uma composição química determinada, dentro de certos limites, e em consequência deverá ser selecionada a matéria-prima que irá constituir a carga metálica do cubilô. (Perdas mais ou menos acentuadas, provocadas por fatores inerentes ao próprio forno) e a imposição de não ultrapassar em 20% o uso de sucata de aço.

No caso, as equações práticas de condição, sempre indeterminadas, seriam para 100 quilos de carga:

$$a G + b S + c R = 100 C$$

$$a_1 G + b_1 S + c_1 R = 100 Si$$

$$a_2 G + b_2 S + c_2 R = 100 Mn$$

1) a, b, c, teor de carbono no gusa, sucata e retôrno respectivamente.

- 2)  $a_1, b_1, c_1$  - idem quanto ao teor de Silício.
- 3)  $a_2, b_2, c_2$  - idem quanto ao teor de Manganês.
- 4) G, S e R quantidades em quilos de gusa, sucata e retôrno na carga metálica ( $G + S + R = 100$ ).
- 5) G, Si, Mn, teores de carbono, silício e manganês desejados no produto obtido.

Os dados para a solução do problema serão evidentemente os coeficientes ( $a_1, a_2, \dots, b_1, b_2, \dots, c_1, c_2, \dots$ ) na fita de dados e as incógnitas G (1 a 100), S (1 a 20) e R (1 a 100). Os termos de fechamento C, Si e Mn irão selecionar as soluções aceitáveis.

O problema básico a seguir, entregue ao computador, consiste numa minimização, isto é, achar a solução que torna o custo menor possível para o quilo de ferro fundido.

$$pG + p_1S + p_2R = P$$

onde  $p, p_1$  e  $p_2$  - preço por quilo, de gusa, sucata e retôrno respectivamente

$P$  = preço do produto

Calculando um preço para cada combinação dos valores dos parâmetros, é ela comparada com o menor valor encontrado para combinações anteriormente examinadas. Se o último valor for menor que o então encontrado, aquele deverá substituir este na memória da máquina. Neste caso, os valores dos parâmetros da última combinação examinada deverão também substituir os valores correspondentes anteriormente guardados na memória.

Caso o último valor não seja menor que o anteriormente encontrado, nada será alterado nos valores registrados, e a máquina passa para a combinação seguinte.

Foi estabelecido o valor inicial para o preço de custo, que seja superior evidentemente a pelo menos um dos valores a examinar. Na primeira combinação de valores dos parâmetros examinados, o valor encontrado substituirá o valor inicial, dado propositadamente alto.

A seguir será representado um exemplo simples, demonstrando a utilização da programação automática "UNICODE", de acordo com os conhecimentos adquiridos pelo autor no curso promovido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em julho de 1962.

#### B - Exemplo:

Seja calcular o leito de fusão de um cubilô para a seguinte situação:

|                   | Material      | C %       | Si %      | Mn %      | P %   | S %   |
|-------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
| Carga<br>Metalica | Gusa          | 3.00      | 2.25      | 0.30      | 0.20  | 0.02  |
|                   | Sucata de aço | 0.50      | 0.35      | 0.75      | 0.075 | 0.10  |
|                   | Retôrno       | 3.50      | 1.95      | 0.40      | .01   | 0.01  |
|                   | Fe-Si         | -         | 45        | -         | -     | -     |
|                   | Fe-Mn         | -         | -         | 75        | -     | -     |
| Produtos          | Ferro fundido | 3.00      | 1.80      | 0.55      | <0.2  | <0.15 |
|                   | esperado      | a<br>3.30 | a<br>2.30 | a<br>0.65 |       |       |

a) O preço do material pode ser considerado segundo o quadro:

| MATERIAL      | PREÇO/quilo |
|---------------|-------------|
| Gusa          | Cr\$ 40,00  |
| Sucata de aço | Cr\$ 20,00  |
| Retôrno       | Cr\$ 30,00  |
| Fe-Si         | Cr\$ 50,00  |
| Fe-Mn         | Cr\$ 50,00  |

b) Quais as quantidades a utilizar de cada material, de modo a não ultrapassar em 20% o uso da sucata de aço, e obter uma composição entre os limites desejados com um preço de custo mínimo.

Observação:

Para êste caso particular, basta fazer o cálculo para o ajuste do carbono (C); o silício (Si) e o manganês (Mn) serão corrigidos com ligas de adição; e o fósforo (P) e o enxofre (S) não são considerados por se apresentarem apenas como traços nos materiais utilizados.

Fórmulas a empregar

$$\begin{aligned}
 3.00 \text{ G} + 0.50 \text{ S} + 3.50 \text{ R} &= 100 \text{ C} \\
 2.25 \text{ G} + 0.35 \text{ S} + 1.95 \text{ R} &= 100 \text{ Si} \\
 0.30 \text{ G} + 0.75 \text{ S} + 0.40 \text{ R} &= 100 \text{ Mn} \\
 \text{G} + \text{S} + \text{R} &= 100
 \end{aligned}$$

Condições: C    3.00 a 3.30  
               Si    2,3  
               Mn    0,6

Preço de custo: (PF)

$$PF = 40 G + 20 S + 30 R + 50 ASI + 50 AMN.$$

onde;

ASI - acréscimo de silício para correção do mesmo.

AMN - acréscimo de manganês para correção do mesmo.

### PROGRAMAÇÃO

unicode program .

```

1      dimension c'21,5,21' .
2      start .
2.5    print calculo de um leite de fusao num cubilo .
2.6    s2=999999 .
2.7    g1=0 .
2.8    s1=0 .
2.9    r1=0 .
2.91   asil=0 .
2.92   amnl=0 .
3      vary g 0'5*100 with i 0'1*21 sentences 4 thru 19 .
4      vary s 0'5*20 with j 0'1*5 sentences 5 thru 19 .
5      vary r 0'5*100 with k 0'1*21 sentences 6 thru 19 .
6      h=g+s+r .
7      if h not=100 jump to sentence 19 .
8      c'i,j,k'=0.01X'3.0Xg+0.5Xs+3.5Xr' .
9      if c'i,j,k'<13 jump to sentence 19 .
10     if c'i,j,k'>33.3 jump to sentence 19 .
12     si=0.01X'2.25Xg+0.35Xs+1.95Xr' .
13     asi='2.3-si'/0.45 .
14     nm=0.01X'0.30Xg+0.75Xs+0.4Xr' .
15     amn='0.6-nm'/0.75 .
16     pf=40Xg+20Xs+30Xr+50Xasi+50Xamn .
16.5   z=pf .
17     compute cmy'z' .
18     type g1, s1, r1, asil, amnl, c'i,j,k' .
19     m=0 .
19.5   print prog. maj. n. felegatti .
20     stop .
21     cmy'z' .
22     if zGs2 jump to sentence 29 .
23     s2=z .
24     g1=g .
25     s1=s .
26     r1=r .
27     asil=asi .
28     amnl=amn .
29     exit .
zzzzzz end of tape .

```

..cc0cc..

DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES NUM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO  
DE ENERGIA ELÉTRICA

(Trabalho de Curso de Programação Automática UNICODE pa-  
ra o computador eletrônico UNIVAC 1105)

Helcisa Tepedino

Em 2 de julho de 1962 iniciou-se o segundo curso de UNICODE, oferecido pelo Centro de Processamento de Dados do Serviço Nacional de Recenseamento do IBGE a profissionais de nível superior, com formação matemática.

O curso, inteiramente gratuito, constituiu excepcional oportunidade para os que desejavam conhecer o computador eletrônico e informar-se a respeito de suas possibilidades e aplicações na solução dos problemas técnicos e científicos.

Foram ministradas 11 aulas de três horas cada uma, durante as quais procuraram os professores transmitir a técnica de programação que consiste na tradução da lógica de cada problema para a linguagem automática do computador.

Tivemos oportunidade de assistir a todas as aulas do curso e com gratulamo-nos com a administração do Centro de Processamento de Dados pelo êxito alcançado e pela eficiência dos mestres, que conseguiram comunicar-nos não apenas uma nova técnica mas o entusiasmo que sentem pelo assunto.

No final do curso, deveria cada participante apresentar um problema de sua especialização, devidamente programado para ser testado no computador.

Com os nossos agradecimentos pela oportunidade que nos foi oferecida, apresentamos nossa modesta contribuição.

## 1. Introdução Teórica

Um distribuidor de energia elétrica é um circuito que distribui em marcha, ou seja, que é sangrado em vários pontos.

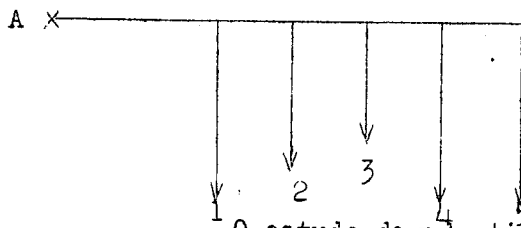
Caracterizam-se os distribuidores pelas numerosas derivações que deles são tiradas para alimentação dos consumidores.

Quando encarados sob o ponto de vista de alimentação, classificam-se os distribuidores em:

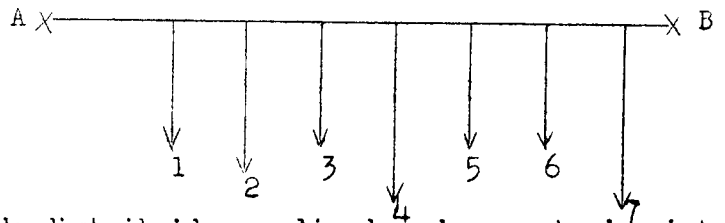
- abertos (quando alimentados apenas por uma extremidade) e
  - fechados (alimentados por ambas as extremidades).
-

Em esquema:

Distribuidor aberto:



Distribuidor fechado:

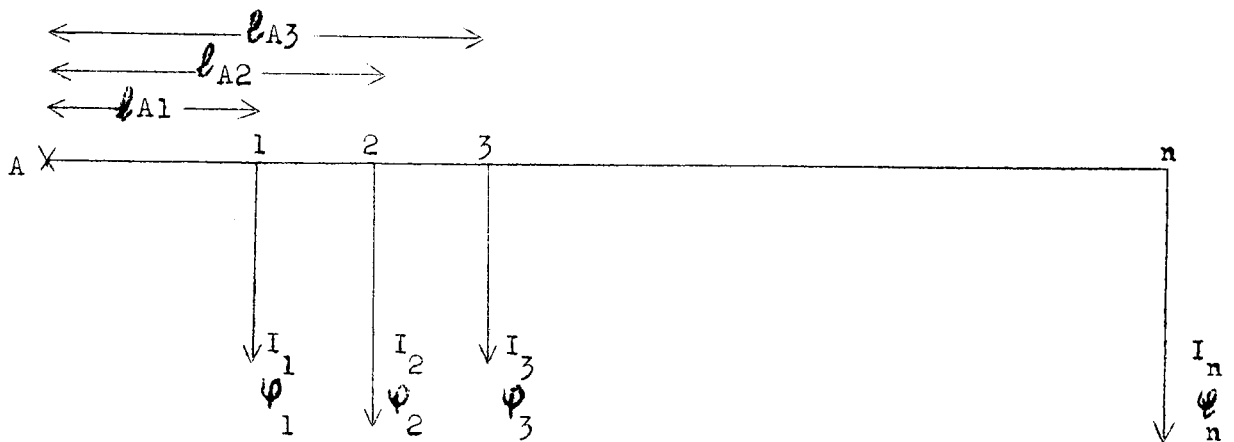


O estudo de cada tipo de distribuidor analisado sob o ponto de vista de alimentação e das correntes que distribui conduz a fórmulas particulares cujo cálculo numérico é bastante laborioso quando o número de consumidores é elevado, principalmente no caso, muito freqüente na prática, de distribuidores de corrente alternativa.

O computador eletrônico permite um cálculo rápido e seguro dos distribuidores de energia elétrica.

Para exemplificar, analisaremos aqui um problema de dimensionamento dos condutores no caso de distribuidores de corrente alternativa abertos, trifásicos.

O diagrama representativo de um distribuidor desse tipo é o seguinte, em que cada consumidor é caracterizado pela potência nominal que utiliza e pelo ângulo  $\varphi$  de defasagem entre corrente e tensão.



Calcula-se a queda de tensão no fim da linha ( $e_{An}$ ) pela expressão:

$$e_{An} = r \sum_{i=1}^{i=n} l_{Ai} I_i \cos \varphi_i + x \sum_{i=1}^{i=n} l_{Ai} I_i \sin \varphi_i \quad (1)$$

## Simbologia :

$r$  - resistência unitária do condutor.

$\ell_{Ai}$  - distância do consumidor ao ponto A.

$I_i$  - corrente que deve ser fornecida ao consumidor.

$\varphi_i$  - ângulo de defasagem entre corrente e tensão.

$x$  - reatância unitária do condutor.

Os valores de  $r$  e  $x$  são tabelados, dependendo  $r$  apenas do material do fio, da temperatura de regime e da bitola do condutor utilizado;  $x$  é a soma de duas parcelas: a 1ª ( $x_a$ ) depende dos mesmos fatores acima enumerados e a 2ª ( $x_d$ ) depende do espaçamento entre os condutores utilizados.

## 2. Apresentação do Problema

Deseja-se suprir de energia elétrica 20 consumidores, cujas demandas e distâncias à fonte de alimentação A são caracterizadas na tabela anexa. É possível, usando um distribuidor aéreo trifásico, de 220V entre fases, 60 c/s, com condutores dispostos segundo os vértices de um triângulo equilátero de 30 cm de lado, suprir os 20 consumidores na medida de suas necessidades, de maneira que a queda de tensão não ultrapasse 5%?

Se a resposta for positiva, qual o condutor da escala AWG que se deve escolher para maior economia?

Se for negativa, de quantos por cento se deve restringir o consumo de cada consumidor para conservar a queda de tensão igual a 5%?

Qual será a queda de tensão mínima, se não se fizer redução alguma no consumo?

| $i$ | $\rho_{\Delta i}$<br>(km) | $N_i$<br>KVA | $\varphi_i$ |
|-----|---------------------------|--------------|-------------|
| 1   | 0.040                     | 1.0          | 20°         |
| 2   | 0.090                     | 1.2          | 30°         |
| 3   | 0.135                     | 0.8          | 25°         |
| 4   | 0.185                     | 1.1          | 23°         |
| 5   | 0.225                     | 1.5          | 15°         |
| 6   | 0.285                     | 0.9          | 0°          |
| 7   | 0.330                     | 0.75         | 3°          |
| 8   | 0.380                     | 1.3          | 22°         |
| 9   | 0.420                     | 1.2          | 10°         |
| 10  | 0.475                     | 1.0          | 12°         |
| 11  | 0.520                     | 0.8          | 0°          |
| 12  | 0.568                     | 1.4          | 16°         |
| 13  | 0.620                     | 0.7          | 0°          |
| 14  | 0.670                     | 1.5          | 35°         |
| 15  | 0.735                     | 1.0          | 14°         |
| 16  | 0.775                     | 1.3          | 26°         |
| 17  | 0.825                     | 1.2          | 45°         |
| 18  | 0.865                     | 0.8          | 0°          |
| 19  | 0.910                     | 1.3          | 32°         |
| 20  | 0.950                     | 0.9          | 5°          |

### 3. Análise do Problema e Formulação Matemática

A aplicação da fórmula (1) para cálculo da queda de tensão no fim da linha, no caso particular da corrente alternativa trifásica, em função da potência nominal requerida por consumidor ( $N_i$ ) conduz à expressão:

$$e_{An} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} l_{Ai} N_i \cos \varphi_i}{V} r + \frac{\sum_{i=1}^{i=n} l_{Ai} N_i \sin \varphi_i}{V} x$$

ou

$$e_{An} = Ar + Bx \tag{2}$$

sendo

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} l_{Ai} N_i \cos \varphi_i}{V} \text{ e } B = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} l_{Ai} N_i \sin \varphi_i}{V}$$

A condição imposta pelo problema é que :

$$e_{An} \leq 5\%$$

isto é:

$$e_{An} \leq 0,05 \times 220$$

$$e_{An} \leq 11 \text{ volts}$$

As constantes A e B dependem dos elementos que figuram na tabela I. Para seu cálculo, devemos efetuar os somatórios que figuram nas respectivas expressões, sendo aconselhável a disposição de cálculo abaixo indicada:

| i  | $l_{Ai}$<br>(km) | $N_i$<br>(KVA) | $\varphi_i$ | $\cos \varphi_i$ | $l_{Ai} N_i$ | $\sin \varphi_i$ | $l_{Ai} N_i \cos \varphi_i$ | $l_{Ai} N_i \sin \varphi_i$ |
|----|------------------|----------------|-------------|------------------|--------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1  | 0.040            | 1.0            | 20°         |                  |              |                  |                             |                             |
| 2  | 0.090            | 1.2            | 30°         |                  |              |                  |                             |                             |
| 3  | 0.135            | 0.8            | 25°         |                  |              |                  |                             |                             |
| ⋮  | ⋮                | ⋮              | ⋮           |                  |              |                  |                             |                             |
| 20 | 0.950            | 0.9            | 5°          |                  |              |                  |                             |                             |
| Σ  |                  |                |             |                  |              |                  | S1                          | S2                          |

$$A = \frac{S1}{0,220}$$

$$B = \frac{S2}{0,220}$$

$$e_{An} = Ar + Bx \quad \text{devendo-se obter: } e_{An} \leq 11 \text{ volts}$$

r e x dependem do condutor que for usado.

Seleção dos condutores:

Levando em conta que o condutor mais fino usado em rua é o de número 6 da escala AWG, precisamos dos dados relativos aos condutores dessa escala de seção igual ou superior ao de número 6 (tabela II).

TABELA II

| BITOLA<br>AWG | r<br>(ohm/km) | x<br>(ohm/km) | I <sub>max</sub><br>(Ampères) |
|---------------|---------------|---------------|-------------------------------|
| 6             | 1.296         | 0.398         | 65                            |
| 5             | 1.028         | 0.397         | 76                            |
| 4             | 0.8152        | 0.378         | 87                            |
| 3             | 0.6465        | 0.370         | 102                           |
| 2             | 0.5127        | 0.361         | 118                           |
| 1             | 0.4066        | 0.352         | 139                           |
| 0             | 0.3224        | 0.343         | 160                           |
| 00            | 0.2557        | 0.335         | 185                           |
| 000           | 0.2028        | 0.326         | 215                           |
| 0000          | 0.1608        | 0.317         | 248                           |

O primeiro cuidado a tomar será verificar se qualquer dos condutores constantes da tabela acima suporta a corrente total que será fornecida ao distribuidor, corrente esta que se calcula pela expressão:

$$I_{\text{total}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} N_i}{\sqrt{3} \times 220}$$

Só deverão ser apresentados ao computador os dados referentes aos condutores capazes de suportar  $I_{\text{max}} \geq I_{\text{total}}$

No problema em estudo:

$$I_{\text{total}} = \frac{21450}{\sqrt{3} \times 220} = 56,3 \text{ Ampères.}$$

Todos os condutores constantes da tabela suportam  $I_{\text{max}} > 56,3A$ .

O passo seguinte será escolher qual dos condutores acima satisfaz a condição estabelecida:  $e_{An} = Ar + Bx \leq 11 \text{ Volts.}$

Já estando calculados os valores de A e B, resta selecionar entre os condutores da tabela II o que mais nos convém.

Observa-se que os valores de  $x$  variam pouco, mas que  $r$  diminui consideravelmente à medida que se aumenta o diâmetro do condutor.

A escolha poderia ser feita calculando, para cada condutor, em ordem crescente de diâmetro, o valor da queda de tensão a que conduz:  $e_{An} = A_r + Bx$ . Quando encontrássemos um valor para  $e_{An}$  menor ou igual a 11, estaria selecionado o condutor. Se nenhum deles satisfizesse a condição estabelecida, optaríamos pelo de maior diâmetro e calcularíamos a redução a fazer na carga de cada consumidor.

Para poupar ao computador um certo número de operações inúteis, orientamos a seleção da seguinte maneira:

- 1 - Calcular  $e_{An}$  inicialmente para o condutor de maior diâmetro (0000).
- 2 - Se  $e_{An}$  assim calculado for maior que 11, para todos os outros também o será e o condutor 0000 é o que convém. Caso  $e_{An}$  seja menor que 11 convém tentar com o condutor intermediário e continuar as tentativas para cima ou para baixo conforme o valor da queda de tensão obtida com esse condutor.

O cálculo da percentagem a reduzir na carga de cada consumidor só terá lugar se o valor de  $e_{An}$  achado para o último condutor da tabela II for maior que 11 Volts.

Essa redução, evidentemente, afetará os valores de A e B e pode ser calculada da maneira seguinte:

$$(Ar + Bx) \left(1 - \frac{y}{100}\right) = 11$$

sendo  $r$  e  $x$  os valores correspondentes ao condutor 0000 e  $y$  a redução percentual. Então:

$$y = 100 \left(1 - \frac{11}{A(0.1608) + B(0.317)}\right) \quad (3)$$

#### 4. Resumo dos Cálculos a serem Propostos ao Computador

- 1 - Cálculo dos elementos que figuram na disposição de cálculo indicada no item 3 (pág. 25)
- 2 - Cálculo dos coeficientes A e B (pág. 26)
- 3 - Seleção dos condutores pelo cálculo de  $e_{An}$  conforme orientação acima proposta.
- 4 - Cálculo da redução percentual de carga, caso não se obtenha para nenhum dos condutores da tabela II um valor de  $e_{An}$  menor ou igual a 11 Volts. (Fórmula 3 acima).
- 5 - Efetuados todos os cálculos na sequência sugerida, o computador deverá indicar, como resposta para o problema os valores seguintes:

- a)  $\underline{r}$  e  $\underline{x}$  do condutor selecionado.
- b) redução percentual de carga, se fôr necessário.
- c) queda de tensão mínima que se poderá obter sem reduzir o consumo, caso a queda de tensão seja necessariamente maior que 11 Volts.

### 5. Programação

Os dados constantes das tabelas I e II necessários aos cálculos deverão ser apresentados em fita de dados.

Identificação das variáveis usadas na análise do problema com as usadas no programa:

| ANÁLISE DO PROBLEMA            | PROGRAMA         |
|--------------------------------|------------------|
| $\ell_{Ai}$                    | D(J)             |
| $N_i$                          | N(J)             |
| $\varphi_i$                    | Y(J)             |
| $r$                            | R(M)             |
| $x$                            | X(M)             |
| $\ell_{Ai} N_i \cos \varphi_i$ | $V=D(J)*N(J)*CS$ |
| $\cos \varphi_i$               | CS               |
| $\sin \varphi_i$               | SY               |
| $\ell_{Ai} N_i \sin \varphi_i$ | $W=D(J)*N(J)*SY$ |
| $e_{An}$                       | Q                |
| $y$                            | C                |

Seguem o programa e a fita de dados.

unicode program .

```

1  dimension d'20', n'20', y'20', r'10', x'10' .
2  start .
3  s1=0 .
4  s2=0 .
5  read d, n, y, r, x .
6  vary j 0'1'19 sentences 7 thru 13 .
7  z=3.14159265Xy'j'/180 .
8  sy=z-'z3/6'+iz5/120-'z7/5040+'z9/362880' .
9  cs='1-sy2'D2 .
10 v=d'j'Xn'j'Xcs .
11 s1=s1+v .
12 w=d'j'Xn'j'Xsy .
13 s2=s2+w .
14 a=s1/0.220 .
15 b=s2/0.220 .
16 q=aXr'9'+bXx'9' .
17 if qG=11 jump to sentence 21 .
18 vary k 4'1'8 sentences 19 thru 20 .
19 q=aXr'k'+bXx'k' .
20 if qL=11 jump to sentence 24 .
21 rl=r'9' .
22 xl=x'9' .
23 jump to sentence 40 .
24 q2=aXr'k'-1'+bXx'k'-1' .
25 if q2L=11 jump to sentence 30 .
27 rl=r'k' .
28 xl=x'k' .
29 jump to sentence 42 .
30 vary m 0'1'2 sentences 31 thru 32 .
31 q=aXr'm'+bXx'm' .
32 if qL=11 jump to sentence 37 .
33 q=qc .
34 rl=r'3' .
35 xl=x'3' .
36 jump to sentence 42 .
37 rl=r'm' .
38 xl=x'm' .
39 jump to sentence 42 .
40 c=100X'1-11/q' .
41 type c .
42 type rl, xl, q .
43 print progr. helcisa tepedinc .
44 stop .
zzzzzz end of tape .

```

zzzzzzzzzzzz input data  
tape 2 d, n, y, r, x check 5  
end

zzzzzzzzzzzz data tape

zzzzzzzzzzzz d start  
0.040 0.090 0.135 0.185 0.225 0.285 0.330 0.380 0.420 0.475  
0.520 0.568 0.620 0.670 0.735 0.775 0.825 0.865 0.910 0.950

zzzzzzzzzzzz n start  
1.0 1.2 0.8 1.1 1.5 0.9 0.75 1.3 1.2 1.0 0.8 1.4 0.7  
1.5 1.0 1.3 1.2 0.8 1.3 0.9

zzzzzzzzzzzz y start  
20 30 25 23 15 0 3 22 10 12 0 16 0 35 14 26  
45 0 32 5

zzzzzzzzzzzz r start  
1.296 1.028 0.8152 0.6465 0.5127 0.4066 0.3224 0.2557  
0.2028 0.1608

zzzzzzzzzzzz x start  
6.398 0.397 0.378 0.370 0.361 0.352 0.343 0.335 0.326  
0.317

zzzzzzzzzzzz end of data

## 6. Solução apresentada pelo computador:

$$C = 10,5821505$$

$$R_L = 0,1608$$

$$X_L = 0,317000001$$

$$Q = 12,3017944$$

### Interpretação do Resultado:

Não é possível suprir os 20 consumidores de maneira a manter a queda de tensão inferior a 5%. Para que a queda de tensão se mantenha dentro das especificações, deve-se restringir de 10,5821505 (ou aproximadamente 10,6%) a carga de cada consumidor.

O condutor selecionado foi o 0000 AWG, caracterizado pela resistência unitária de 0,1608 ohm/km e reatância unitária  $x = 0,317$  ohm/km.

Caso não se faça redução no consumo, a mínima queda de tensão que se poderá obter é de 13,3017944 Volts (aproximadamente 13,3 V), utilizando o condutor acima indicado.

### Tempo gasto pelo computador no cálculo e apresentação do resultado:

20 segundos.

## 7. Conclusão:

O computador eletrônico resolveu em poucos segundos um problema que normalmente exigiria uma hora de cálculos.

Uma vez estabelecida a rotina, pode-se calcular com facilidade um número qualquer de distribuidores abertos de corrente alternativa trifásica, apenas substituindo a fita de dados.

A economia de tempo e trabalho que redonda de um cálculo de um grande número de distribuidores, recomenda o uso do computador para dimensionamento de condutores nos sistemas distribuidores de energia elétrica, que, além das demais vantagens, assegura maior segurança e precisão nos cálculos.

## 8. Bibliografia:

- a) Apostilas de Distribuição de Energia Elétrica da Escola Nacional de Engenharia.
- b) Standard Handbook for Electrical Engineers - Archer E. Knowlton.
- c) Manual de Programação "UNICODE" - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.

Se deseja receber regularmente o Boletim do Centro de Processamento de Dados, preencha os dados abaixo e remeta-os ao Centro de Processamento de Dados - Avenida Pasteur, 404 - Praia Vermelha - ZC 82 - Rio de Janeiro. GB.

Nome .....

Profissão .....

Residência ..... Nº ..... Tel. ....

Cidade ..... Estado .....

Nome da Repartição ou firma em que trabalha .....

.....

Enderêço ..... Nº ..... Tel. ....

Cidade ..... Estado .....