

PUBLICAÇÃO CDTN-819

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE  
AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS  
PARA ESPECTRÔMETRO DE  
FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

Aimoré Dutra Neto

Comissão Nacional de Energia Nuclear  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR

PUBLICAÇÃO CDTN-819

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO E  
TRATAMENTO DE DADOS PARA ESPECTRÔMETRO DE  
FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

Aimoré Dutra Neto

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências e  
Técnicas Nucleares da Universidade Federal de Minas Gerais, como  
parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre

Belo Horizonte  
1996

Este trabalho foi realizado no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (**CDTN**), da Comissão Nacional de Energia Nuclear (**CNEN**) em Belo Horizonte - Minas Gerais

À minha esposa Cristina,  
meus filhos Aimoré e Bárbara  
e meus pais Aimoré e Glaura.

## AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Fernando Soares Lameiras por permitir a realização deste trabalho,
- Ao Dr. Paulo de Carvalho Tófani pela orientação,
- Ao Dr. Clécio Campi Murta pela assistência,
- À Dra. Solange Vaz Coelho pelo estímulo,
- Ao Técnico José Gomes Marra pelos ensinamentos,
- Ao Técnico Renato César Santos Furtado pela atenção,
- Aos colegas do CDTN, aos amigos e professores do CCTN e a todos que de alguma forma me auxiliaram na realização deste trabalho, o meu profundo reconhecimento e gratidão.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	1
ABSTRACT.....	1
1 - INTRODUÇÃO .....	2
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 - Análise por Raios-X .....	5
2.2 - Interfaces para PC's.....	12
3 - ANTECEDENTES .....	18
3.1 - Características Principais do Espectrômetro Rigaku 3134 .....	18
3.2 - Procedimento em Operação Normal.....	20
4 - O SISTEMA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS PARA ESPECTRÔMETRO DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X .....	23
4.1 - Microcomputador .....	26
4.2 - Interface .....	26
4.2.1 - Lógica de Controle.....	34
4.2.2 - Condicionamento de Sinais .....	38
4.2.3 - Serialização .....	40
4.3 - Programação.....	43
5 - CONCLUSÃO .....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXO - LISTAGEM E TELAS DO PROGRAMA .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sinais da Interface Paralela Centronics .....	17
Tabela 2 - Dados BCD do Controlador da Impressora .....	31
Tabela 3 - Sinais da Interface Desenvolvida .....	35

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tubo de Raios-X .....	6
Figura 2 - Difração de Raios-X. ....	9
Figura 3 - Geometria do Sistema de Detecção.....	11
Figura 4 - Diagrama de uma Interface para PC Genérica .....	13
Figura 5 - Diagrama Funcional do Espectrômetro de Raios-X .....	19
Figura 6 - Espectro de uma Amostra. ....	22
Figura 7 - Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados. ....	24
Figura 8 - Diagrama em Blocos da Interface Desenvolvida.....	30
Figura 9 - Ligação Espectrômetro - Interface - Microcomputador PC. ....	33
Figura 10 - Lógica de Controle da Interface .....	36
Figura 11 - Sinais da Lógica de Controle da Interface .....	37
Figura 12 - Proteção de Entrada dos Circuitos Lógicos 40XX e 4050 .....	39
Figura 13 - Registradores de Deslocamento (Serialização dos dados) .....	41
Figura 14 - Circuito Lógico 4021 .....	42
Figura 15 - Fator de Correção para Medida de Concentração.....	46
Figura 16 - Exemplo de Relatório de Análise .....	48
Figura 17 - Telas do Menu Principal e Menu de Preparação .....	66
Figura 18 - Telas do Menu de Padrões .....	67
Figura 19 - Telas do Menu de Testes e Amostras.....	68
Figura 20 - Telas do Menu de Impressão.....	69

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Espectrômetro e Sistema de Coleta e Tratamento de Dados (vista geral).....	25
Fotografia 2 - Instalação da Interface no Gabinete do Controlador da Impressora.....	27
Fotografia 3 - Montagem da Interface Desenvolvida .....	29

## RESUMO

Desenvolveu-se um sistema de aquisição e tratamento de dados de análise química instrumental para um espectrômetro de fluorescência de raios-X marca Rigaku, modelo 3134. Foi construída uma interface eletrônica interconectando o espectrômetro a um microcomputador IBM-PC. A coleta e processamento dos dados, antes manuais, passaram a ser "on-line" e em tempo real. A automatização foi realizada com programa elaborado especialmente para os cálculos e rotina de impressão dos relatórios. Empregou-se uma interface paralela "Centronics" original do PC para a transferência dos dados.

## ABSTRACT

It was developed an instrumental chemical data acquisition and processing system for a model 3134 Rigaku's fluorescence X-ray spectrometer. An electronic interface was built to connect the spectrometer to a IBM-PC microcomputer. The former manually data collection and processing was improved to an on-line and real time process. The automation was carried out with specially tailored program for the calculation and printing result procedures. It was employed a PC's original parallel "Centronics" interface for the data transfer.



## 1 - INTRODUÇÃO

O estado atual da tecnologia nas áreas de eletrônica e informática permitiu a incorporação de maiores recursos aos aparelhos modernos. A potencialidade destes recursos vem aperfeiçoando a instrumentação analítica, melhorando suas características quanto à precisão, resolução, velocidade, exatidão, entre outras desejáveis neste tipo de equipamento.

Instrumentos antigos, quando devidamente modernizados, passam a contar também com recursos, superando deficiências originais, aperfeiçoando características antigas ou incorporando novas aptidões. Estas modernizações, embora gratificantes, constituem-se em um desafio e exercício de aprendizado. O “retrofitting” exige que o profissional conheça de cada área específica envolvida: funcionamento do equipamento do ponto de vista analítico e eletrônico, conhecimentos de programação e projeto eletrônico. Cada modelo de equipamento é singular e suas peculiaridades demandam soluções diferentes.

O baixo custo de um microcomputador pessoal e seu poder de cálculo viabilizam a implementação de adaptações de equipamentos antigos, capacitando-os a desempenhar funções automatizadas de tratamento e armazenamento dos dados obtidos em análises. As funções de controle do equipamento analítico também podem ser aprimoradas ou criadas com as facilidades oferecidas pelo microcomputador.

Existem equipamentos de análise química que ainda operam com bom desempenho, fornecendo resultados satisfatórios, apesar da idade e obsolescência de seus componentes. Tais equipamentos encontram inúmeros campos de aplicação, permitindo a determinação de elementos químicos em amostras.

Dentre os métodos de análise química, a espectrometria por fluorescência de raios-X detém uma posição peculiar por constituir-se em um método

qualitativo e quantitativo, ágil, não destrutivo, preciso e que se presta muito bem para análises em série. Tem sido bastante empregado em análises de minério, notadamente de urânio.

Há no CDTN três espectrômetros de fluorescência de raios-X, fabricados pela firma japonesa Rigaku, que se encontram em bom estado de funcionamento: dois do modelo 3064-M e um do modelo 3134, objeto deste trabalho.

No modo de operação mais utilizado, o operador trabalha com uma quantidade grande de amostras, podendo chegar a uma centena, executando, para cada uma, uma contagem para cada elemento a ser identificado. Além destas contagens, é usual uma contagem de ruído de fundo (“background”), elevando a quantidade de dados envolvidos. Todo este procedimento é precedido de contagens dos padrões dos elementos a serem analisados, com seus respectivos “backgrounds”.

O volume de dados, a seqüência repetitiva de operações e a realização de cálculos caracterizam o computador como solução para a tarefa. Ele é capaz de atender aos quesitos com vantagens, pois permite ainda o armazenamento dos dados.

Buscando agilizar a emissão de relatórios de análise, otimizar a utilização do espectrômetro e minimizar a carga de trabalho repetitivo e manual do operador, procedeu-se à modernização do equipamento, sem descaracterizá-lo ou comprometer seu funcionamento original. Os dados das análises passaram a ser coletados diretamente do espectrômetro para um microcomputador pessoal (IBM-PC compatível), evitando as anotações manuais intermediárias e digitações em calculadoras de mesa. O relatório, após os cálculos automatizados, passou a ser emitido por uma impressora de oitenta colunas.

A realização envolveu o estudo do funcionamento da eletrônica do espectrômetro, avaliação das soluções de interfaceamento, familiarização com o procedimento de operação e a programação do microcomputador para

a coleta dos dados, execução dos cálculos e impressão do relatório. O trabalho realizado contribuiu, também, para o aumento da capacitação na área.

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Análise por Raios-X

Alguns princípios empregados são abordados, com o objetivo de esclarecer o funcionamento do espectrômetro de raios-X.

- Raios-X

A radiação eletromagnética, cujo comprimento de onda se situa entre 0,1 e 100 Angstroms, é considerada como radiação X. Após o descobrimento dos raios-X, em 1895, por Röntgen, vários experimentos demonstraram a dualidade da natureza destes. A natureza corpuscular pode ser observada através de experimentos de espalhamento e ionização, enquanto o comportamento de onda se caracterizou em experimentos de difração [1].

Os raios-X são produzidos dentro de um tubo com vácuo, onde um filamento de tungstênio, ao ser aquecido por uma corrente elétrica (corrente de filamento), gera uma nuvem de elétrons. Uma parte destes elétrons é acelerada por um potencial elétrico (tensão de aceleração), indo atingir, por meio de um tubo de focalização, um alvo (ânodo). Como resultado deste choque, este alvo passa a emitir radiação X, dirigida para o exterior através de uma janela como mostra a Figura 1. A janela é construída em berílio, absorvendo pouco a radiação de grande comprimento de onda e resistindo ao alto gradiente térmico. O material do ânodo é de número atômico alto, para permitir uma emissão considerável de radiação contínua.

O processo de geração de raios-X é de eficiência muito baixa, da ordem de 1%, convertendo grande parte da energia em calor, que deve ser retirado por resfriamento do ânodo. Este processo de emissão é denominado radiação primária. Existem métodos de conversão direta, mas que têm grandes limitações, conseqüentes do alto vácuo necessário ao processo.

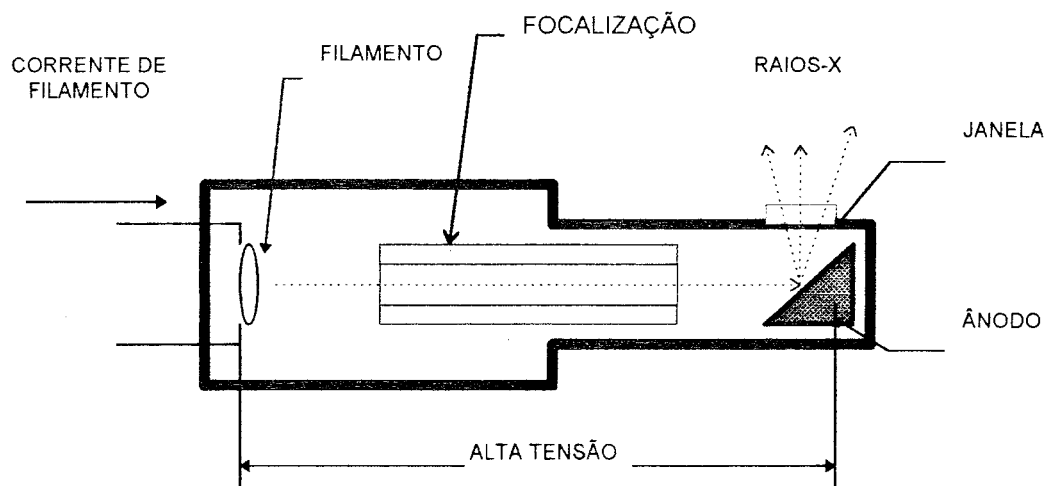


Figura 1 - Tubo de Raios-X

- Fluorescência de Raios-X

Uma amostra, ao ser atingida por um feixe de raios-X (feixe primário), excita-se e passa a emitir radiações eletromagnéticas (feixe secundário), características dos elementos nela presentes. Este efeito de emissão secundária denomina-se fluorescência.

O feixe secundário (policromático) contém radiações de várias frequências. A separação destas radiações, em função da frequência, é geralmente obtida por meio de propriedades de difração em monocristais, visando a determinação das intensidades individuais dos elementos da matriz.

Os fótons de raios-X incidentes na amostra são espalhados (coerentemente ou não) ou absorvidos pelos átomos da matriz. Os fótons absorvidos produzem, pelos átomos da matriz, fotoelétrons do tipo fótons de raios-X ou elétrons Auger. Somente os fótons de raios-X, depois de devidamente colimados, contribuem para a intensidade medida em um espectrômetro de fluorescência.

- Difração

Um feixe de raios-X monocromático, ao atingir uma rede cristalina, produz um feixe difratado somente em determinadas direções. Para que haja a difração, duas condições são necessárias:

1. As ondas eletromagnéticas emitidas por todos os átomos de um único plano devem estar em fase.
2. As reflexões de ondas nos planos sucessivos também devem estar em fase.

A primeira condição será satisfeita se o raio incidente, o raio difratado e a normal à superfície refletora estiverem no mesmo plano e se o ângulo de incidência for igual ao ângulo de reflexão.

A segunda condição pode ser verificada pela observação de dois raios paralelos incidindo sobre os planos de um cristal a um ângulo  $\Theta$ . Conforme a Figura 2, eles são refletidos e seguem caminhos cuja diferença de comprimento é igual a  $x$ , calculado como  $d \cdot \sin \Theta$ .

A radiação emergente é reforçada quando a diferença no caminho dos dois raios for igual a um número inteiro de vezes o comprimento de onda ou seja,  $n\lambda = 2 \cdot x$ .

Matematicamente, é o que expressa a lei de Bragg, que relaciona o comprimento de onda com o ângulo de reflexão e o espaçamento interplanar:

$$n\lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \Theta$$

onde:

$n$  = inteiro

$\lambda$  = comprimento de onda do raio incidente

$d$  = espaçamento entre os planos da rede cristalina

$\Theta$  = ângulo de incidência

Fica, assim, evidente a dependência do comprimento de onda do raio refletido com o ângulo do raio incidente, um dos fatores determinantes utilizado na discriminação de frequências em um espectrômetro de fluorescência de raios-X.

- Espectrômetro de Raios-X

O espectrômetro de fluorescência de raios-X é um equipamento de análise química que apresenta boa sensibilidade, reprodutibilidade e, principalmente, rapidez na obtenção dos resultados. Sendo bastante utilizado na caracterização quantitativa e qualitativa de elementos químicos nas matrizes, permite a identificação de amostras de minérios, metalurgia e novos materiais. Trabalha com amostras líquidas (solução ou colóide) ou sólidas (em pó ou blocos), requerendo para isto um preparo simples, porém de modo

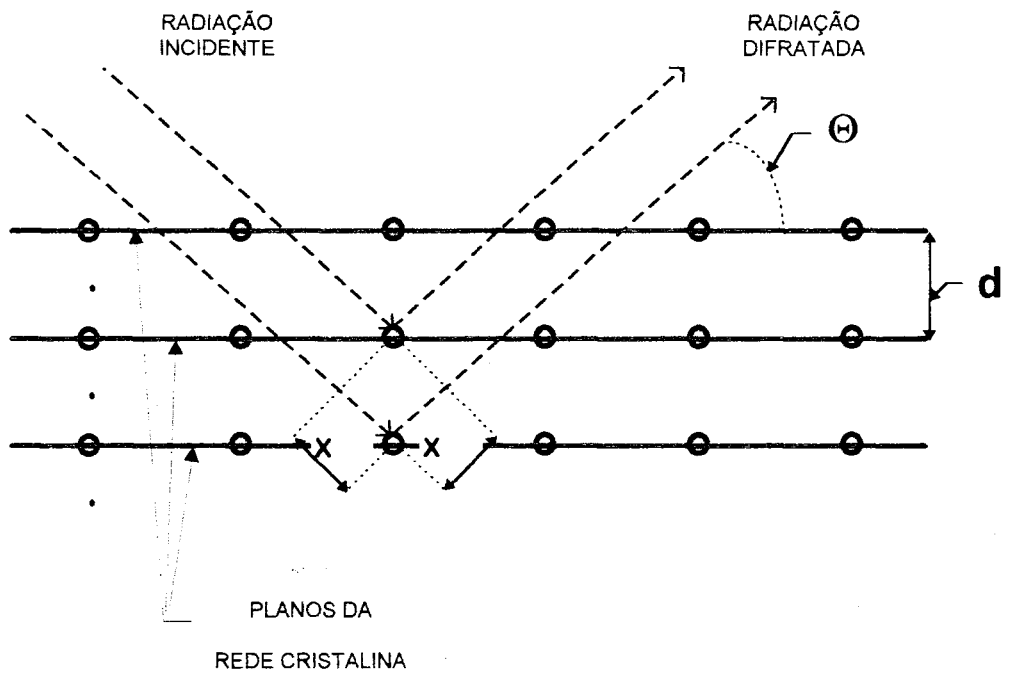


Figura 2 - Difração de Raios-X



não destrutivo, o que possibilita o uso repetido da mesma amostra em outra análise química [2].

O princípio de funcionamento do equipamento explora a emissão de radiação eletromagnética liberada pela amostra, após excitação por uma fonte de raios-X. Cada elemento químico irradiado emite um feixe com características de frequência e intensidade próprias. Tais características permitem a determinação dos elementos constituintes da amostra. O espectrômetro de fluorescência de raios-X bombardeia a amostra com radiação X e analisa, através de um detector, a radiação emergente da amostra. A cada elemento químico presente na amostra, corresponde uma determinada frequência emergente. A separação de frequências se faz com cristais, utilizando-se de propriedades físicas de seus planos.

A radiação emitida pela amostra deve ser “filtrada” para a seleção da frequência desejada, pois tem espectro de frequência bastante diversificado e os detectores não são suficientemente seletivos. O feixe secundário é dirigido a um cristal, onde a sua estrutura molecular reflete apenas uma das frequências desta radiação, segundo a lei de Bragg. O ângulo com o qual a radiação atinge o cristal é um dos determinantes desta frequência, sendo que a capacidade de resolução espectral está associada à distância interplanar e perfeição deste cristal. O método de difração em cristais não é o único para a separação de frequências. Reticulas de difração, filtros balanceados e seleção pela altura do pulso são também usados.

A Figura 3 esboça um arranjo geométrico de um espectrômetro. O feixe oriundo do tubo de raios-X é dirigido sobre a amostra. A seguir, é colimado, permitindo que apenas o feixe paralelo atinja o cristal de difração. O feixe já “filtrado”, após a passagem por um segundo colimador, atinge o detector, onde gera pulsos que são tratados eletronicamente com amplificação e discriminação.

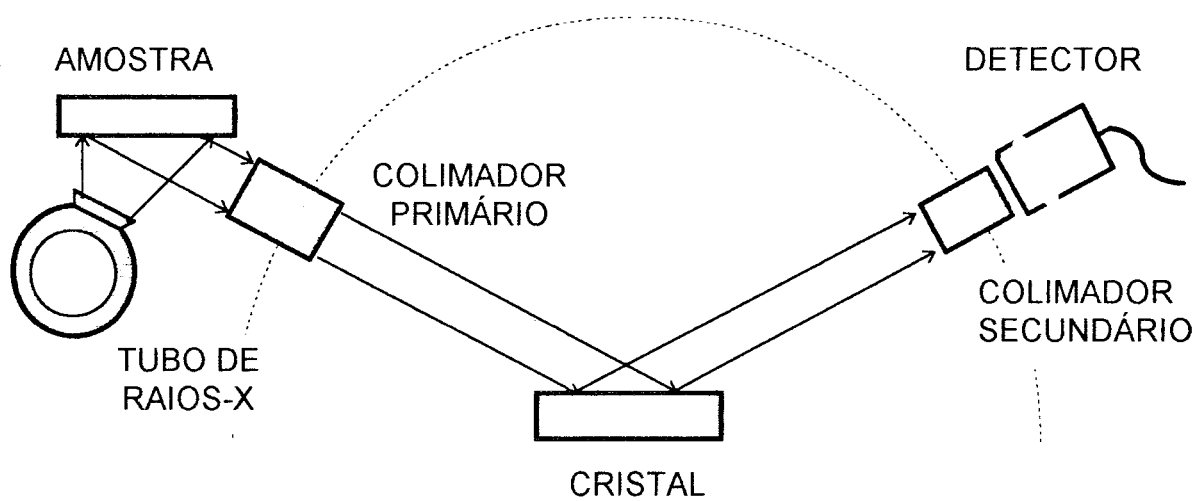


Figura 3 - Geometria do Sistema de Detecção

## 2.2 - Interfaces para PC's

A popularidade e baixo custo do microcomputador pessoal da IBM dispuseram-no como forte alternativa à incorporação em equipamentos de análise em geral. Por causa da sua limitação em termos de interface para processos, os fabricantes têm procurado usar as interfaces incorporadas originalmente, como a paralela e a série, por estarem presentes em todo PC.

A seguir são analisadas algumas opções de interfaceamento do PC para aplicações em tempo real e aquisição de dados.

Os circuitos eletrônicos de interface fazem a comunicação de dados entre o interior e exterior do equipamento, compatibilizando as características dos sinais elétricos em termos de amplitude, forma de onda, frequência, tempo, sincronismo, etc. Algumas vezes realizam ainda funções complementares, cuidando do protocolo de transferência ou armazenamento transitório dos dados.

Uma interface genérica para computador pessoal está esquematizada na Figura 4. A lógica de decodificação de endereços seleciona o dispositivo de entrada/saída de dados, quando o endereço correspondente estiver presente no barramento de endereços. Isto é feito em consonância com os sinais do barramento de controle, que estabelecem a direção do fluxo de dados (operação de escrita ou leitura) e o sincronismo para o acesso no momento exato. O "buffer" de dados tem por função evitar que o barramento de dados sofra carga dos circuitos de entrada/saída - o que viria a prejudicar o seu desempenho, devido às alterações das características elétricas dos sinais - além de manter estes sinais estáveis durante o tempo requerido pelos dispositivos vizinhos [3].

O dispositivo de entrada/saída tanto pode ser um integrado de lógica convencional TTL ou CMOS, quanto um dispositivo especialmente concebido para esta função. Dentre estes, encontram-se os programáveis, possuidores de registros determinantes de sua configuração e os inteligentes, cujo comportamento é função também de processamento próprio [4].

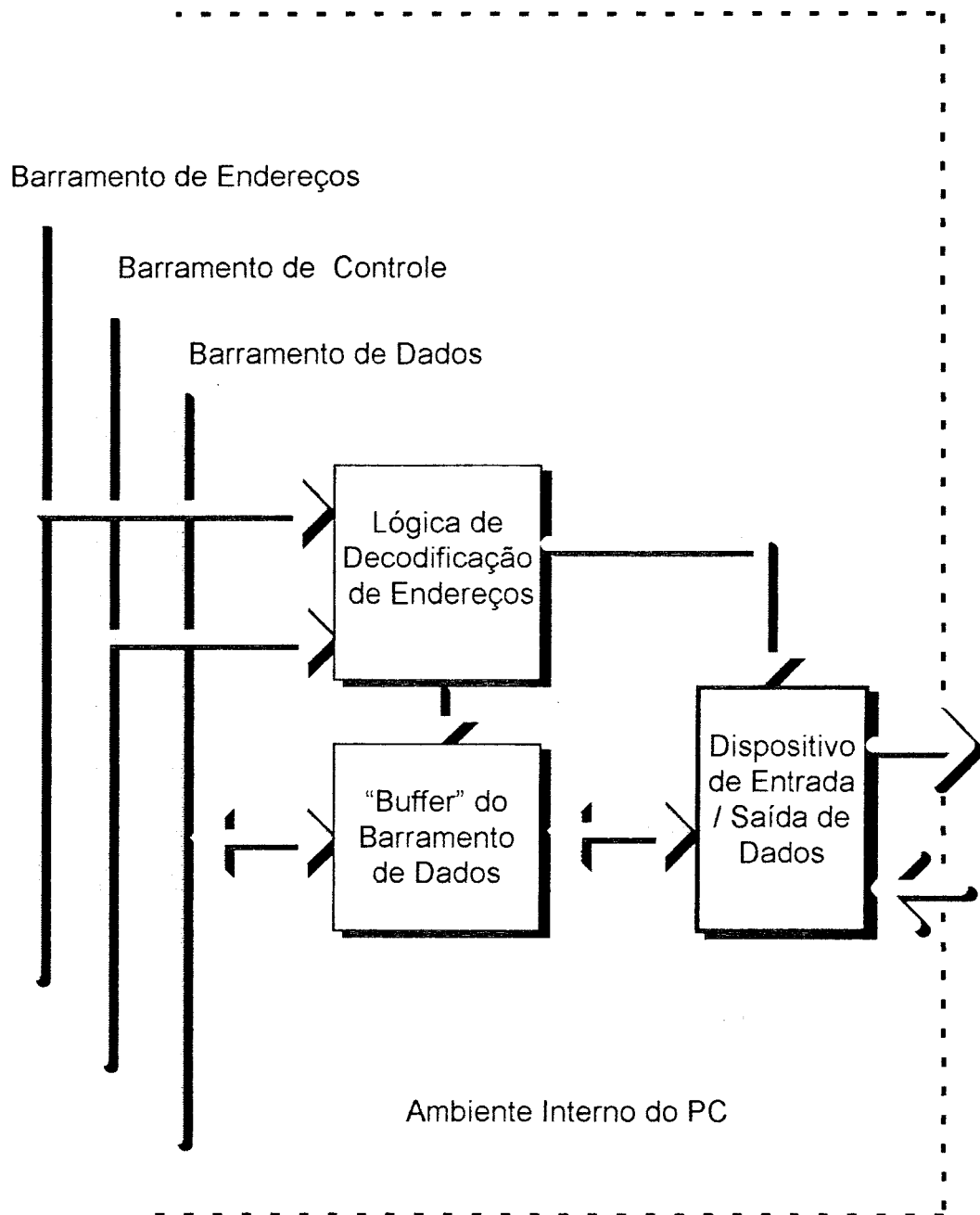


Figura 4 - Diagrama de uma Interface para PC Genérica

O computador pessoal da IBM foi originariamente projetado com vistas a atender às tarefas de escritório. Por esta razão não trazia consigo a capacidade de interfaceamento com processos em tempo real, como é o caso de aplicações de laboratório e industriais. Com o passar do tempo, a capacidade deste tipo de máquina foi aumentada, utilizando processadores mais rápidos, memória maior, incorporação de novos conceitos de arquitetura, etc.

Porém, o compromisso com a compatibilidade em termos de programas e algumas peças de “hardware” limitou a introdução de alterações profundas nos novos modelos. O PC continuou desprovido de recursos de interfaceamento para processos em tempo real ou “on-line”.

Por outro lado, a filosofia de barramento com conectores para expansão (“slots”) - oriunda do famoso sistema S-100 - já havia demonstrado sua força nos primeiros computadores da linha Apple. A versatilidade conferida por este tipo de arranjo facilita a reconfiguração do microcomputador, permitindo a introdução de placas para desempenhar funções especiais ou aumentar o número de interfaces padrão [5].

O PC traz, em uma configuração convencional, interfaces paralela (padrão Centronics) e série (padrão RS-232). O número destas pode ser aumentado mediante a simples introdução de uma placa específica em um dos seus “slots”.

As interfaces do tipo “especial” (termo empregado aqui para diferenciar qualquer tipo de interface da RS-232 ou Centronics) são constituídas de circuitos integrados lógicos convencionais (família TTL) ou específicos (circuitos integrados de interface programáveis ou dedicados) montadas em uma placa de circuito impresso com conector e características compatíveis com o barramento do PC. Elas podem realizar, por exemplo, um Acesso Direto à Memória (ou DMA - “Direct Memory Access”), quando se necessita de velocidade na transferência dos dados, funções de contagem de pulsos e temporização, conversões analógico-digitais ou digitais-analógicas, etc.[6].

O computador pessoal da IBM foi originariamente projetado com vistas a atender às tarefas de escritório. Por esta razão não trazia consigo a capacidade de interfaceamento com processos em tempo real, como é o caso de aplicações de laboratório e industriais. Com o passar do tempo, a capacidade deste tipo de máquina foi aumentada, utilizando processadores mais rápidos, memória maior, incorporação de novos conceitos de arquitetura, etc.

Porém, o compromisso com a compatibilidade em termos de programas e algumas peças de “hardware” limitou a introdução de alterações profundas nos novos modelos. O PC continuou desprovido de recursos de interfaceamento para processos em tempo real ou “on-line”.

Por outro lado, a filosofia de barramento com conectores para expansão (“slots”) - oriunda do famoso sistema S-100 - já havia demonstrado sua força nos primeiros computadores da linha Apple. A versatilidade conferida por este tipo de arranjo facilita a reconfiguração do microcomputador, permitindo a introdução de placas para desempenhar funções especiais ou aumentar o número de interfaces padrão [5].

O PC traz, em uma configuração convencional, interfaces paralela (padrão Centronics) e série (padrão RS-232). O número destas pode ser aumentado mediante a simples introdução de uma placa específica em um dos seus “slots”.

As interfaces do tipo “especial” (termo empregado aqui para diferenciar qualquer tipo de interface da RS-232 ou Centronics) são constituídas de circuitos integrados lógicos convencionais (família TTL) ou específicos (circuitos integrados de interface programáveis ou dedicados) montadas em uma placa de circuito impresso com conector e características compatíveis com o barramento do PC. Elas podem realizar, por exemplo, um Acesso Direto à Memória (ou DMA - “Direct Memory Access”), quando se necessita de velocidade na transferência dos dados, funções de contagem de pulsos e temporização, conversões analógico-digitais ou digitais-analógicas, etc.[6].

Como limitações destas interfaces “especiais” em aplicações genéricas, citam-se: uso dedicado, não permitindo, normalmente, utilização com outros periféricos; necessidade da abertura da máquina para a instalação da interface, o que impossibilita o seu uso com “lap-tops” ou “notebooks”; software específico; possibilidade de conflito de endereços.

As interfaces padrão, apesar de terem sido projetadas para uso específico, podem ser utilizadas para outros fins, aproveitando-se o fato de estarem presentes em, praticamente, qualquer PC.

Sugestões de utilização diversificada da interface paralela Centronics são mais freqüentes na literatura em relação à interface série. Provavelmente, o seu maior atrativo é ser diretamente compatível com circuitos lógicos convencionais TTL e CMOS e dispor de um maior número simultâneo de bits. Já a interface RS-232, além de contar com um número menor de bits, necessita de circuitos para a conversão das tensões relativas aos níveis lógicos CMOS ou TTL, sendo também mais lenta por transmitir os dados em série. Em ambos os casos, pode-se beneficiar dos recursos de “interrupt” por “software” ou “hardware” que integram o sistema do PC original [7][8][9].

A escassez de interfaces do PC para aplicações em tempo real leva à utilização, até mesmo, da interface do teclado. Esta solução pode ser bastante interessante quando se pretende simular a entrada de dados pelo teclado, aproveitando-se programas já prontos, sem modificá-los [10].

A interface paralela foi concebida no PC original, em 1981, oriunda do padrão da empresa Centronics (um renomado fabricante de impressoras), que era adotado pela maioria dos fabricantes de computador da época. Como serviria apenas para impressoras, o fluxo de dados podia ser unidirecional. Além disto, considerando-se o estado da arte da tecnologia e o alto custo dos circuitos TTL desta época, a interface paralela não foi projetada para suprir um nível significativo de corrente: 2.6 mA. Consequentemente, aterrando-se qualquer um dos pinos de saída, como poderia ocorrer na tentativa de enviar dados para ela, poderia queimar um dos seus sensíveis integrados TTL.

Para prevenir a possibilidade da queima da interface, a IBM estabeleceu que ela funcionaria só como saída, podendo somente enviar dados. Entretanto, nem todos os fabricantes de “clones” respeitaram esta regra e passaram a incluir a parte de entrada de dados. Por este motivo, não se pode garantir o funcionamento de periféricos conectados em interfaces Centronics de marcas diferentes, que utilizam-na como entrada de dados.

O padrão Centronics foi se deformando com o tempo, não representando hoje um padrão como o RS-232. Visando corrigir este problema, significativo em vista da grande oferta de periféricos disponíveis para PC's utilizando esta interface, em 1994 foi criado o padrão IEEE 1284. O padrão, também chamado EPP (Enhanced Parallel Port), além de definir novos modos de funcionamento da interface, dotou-a de taxa de transferência de dados de cerca de 50 a 100 vezes mais rápida do que a original. Dispositivos de compartilhamento de impressoras, unidades de CD-ROM, unidades acionadoras portáteis de disquetes e de fitas são apenas alguns exemplos de uma classe de periféricos que se utilizam desta nova interface paralela. Os sinais da interface Centronics e suas respectivas funções estão identificados na Tabela 1 [11][12].

Quando se utiliza uma interface Centronics para a aquisição de dados, os bits de “status” são aproveitados como bits de entrada. Por serem estes em número de cinco, se faz necessária uma multiplexação caso se queira coletar um número maior de bits em paralelo. O processo se torna mais lento, pois são necessários dois acessos ao mesmo endereço, além do tempo necessário ao chaveamento do multiplex. No entanto, esta é uma maneira bastante utilizada, podendo-se compensar a lentidão através da programação em baixo nível (linguagem de máquina), quando a velocidade for fator crítico. Pode-se chegar a taxas de transferência da ordem de 150kB/s, dependendo da velocidade da CPU [13][14][15].



<b>Conector DB-25 n. do pino</b>	<b>Sinal</b>	<b>Função</b>		<b>Entrada / Saída</b>
1	/STB	DADO VÁLIDO	CONTROLE	E/S
2	D0	BIT 0	DADOS	S
3	D1	BIT 1	DADOS	S
4	D2	BIT 2	DADOS	S
5	D3	BIT 3	DADOS	S
6	D4	BIT 4	DADOS	S
7	D5	BIT 5	DADOS	S
8	D6	BIT 6	DADOS	S
9	D7	BIT 7	DADOS	S
10	/ACK	DADO RECEBIDO	STATUS	E
11	BSY	IMPRESSORA OCUPADA	STATUS	E
12	PE	FIM DE PAPEL	STATUS	E
13	SEL	IMPRESSORA PREPARADA	STATUS	E
14	/AUTOLF	AL. LINHA AUTOMÁTICO	CONTROLE	E/S
15	/ERR	ERRO	STATUS	E
16	/INIT	INICIALIZAR IMPRESSORA	CONTROLE	E/S
17	/SELIN	SELECIONA A IMPRESSORA	CONTROLE	E/S
18-25	GND	TERRA	-	-

Tabela 1 - Sinais da Interface Paralela Centronics

### 3 - ANTECEDENTES

Foram examinados os diagramas dos circuitos disponíveis do espectrômetro, bem como levantados os detalhes não documentados “in loco”. Para a realização automatizada dos cálculos interagiu-se com o operador, no sentido de entender os procedimentos de análise e as rotinas utilizadas para os cálculos.

#### 3.1 - Características Principais do Espectrômetro Rigaku 3134

O espectrômetro de fluorescência de raios-X, marca Rigaku, modelo Geigerflex 3134, utilizado neste trabalho, é funcionalmente constituído pelo sistema de geração de raios-X, sistema de detecção do feixe secundário, eletrônica de análise, componentes eletromecânicos para variação do ângulo, dispositivos de saída de dados e sistema de troca de amostras. Existem ainda sistemas auxiliares tais como o de vácuo, refrigeração do tubo de raios-X, proteção e outros. Os blocos da Figura 5 não representam módulos físicos do equipamento, mas módulos por função.

O sistema de geração de raios-X produz o feixe primário em um tubo de raios-X, podendo-se seleccionar a alta tensão de aceleração entre 0 e 50 kV e a corrente de emissão entre 0 e 40 mA [16].

O sistema trocador de amostras aceita até 6 por vez, realizando a troca em uma seqüência contínua (ciclo fechado - carrossel), manual ou automaticamente, quando ocorre o fim de impressão de uma taxa de contagem.

O conjunto de detecção possui seis cristais intercambiáveis: LiF (“Lithium fluoride”), EDdT (“Ethylenediamine-d-tartrate”), ADP (“Ammonium di-Hydrogen phosphate”), KAP (“Potassium acid-phtalate”), Topaz (Topázio) e RAP (“Rubidium acid-phtalate”) e dois detectores: o de cintilação (NaI com fotomultiplicadora) e um proporcional (de fluxo contínuo).

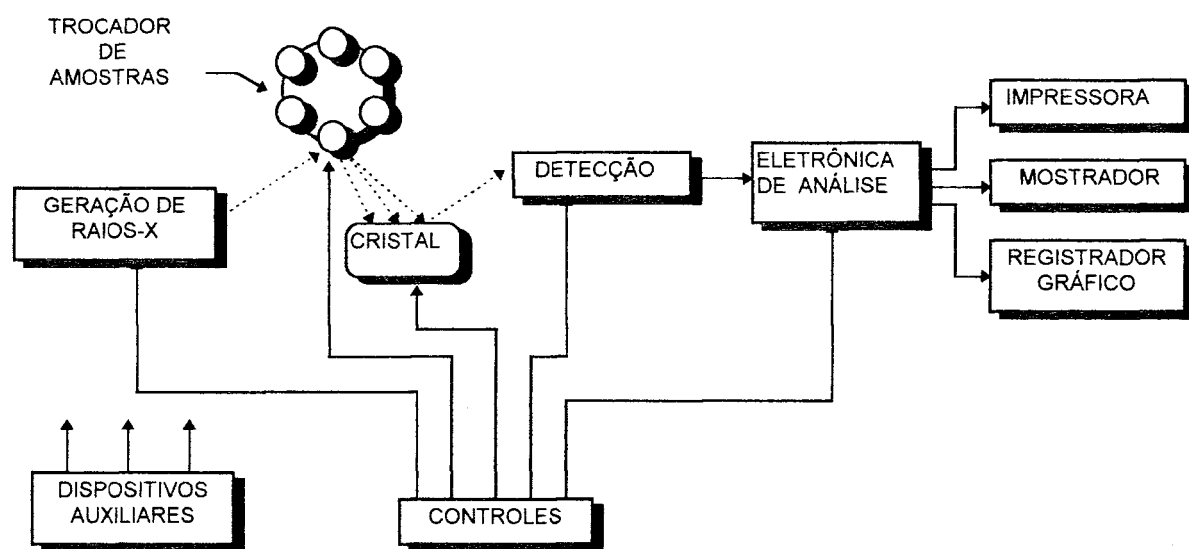


Figura 5 - Diagrama Funcional do Espectrômetro de Raios-X

A eletrônica de análise é responsável pelo condicionamento, discriminação e contagem dos pulsos provenientes dos detectores. O tempo de contagem pode ser variado entre 1 e  $8 \times 10^4$  segundos, controlando um contador de seis décadas com mostrador, disparado manualmente [17].

A impressora é utilizada para registrar o número do elemento, número da amostra e contagens. O registro do espectro completo de uma amostra é realizado em um registrador analógico de papel contínuo.

Um goniômetro eletromecânico faz variar o ângulo de difração entre o cristal e o detector, de modo programado ou manual. Este dispositivo eletromecânico executa o deslocamento com três motores bifásicos (um de alta velocidade, um de baixa e outro para o posicionamento dos décimos e centésimos de grau), conjugados a um conjunto de engrenagens redutor de velocidade. Por questões geométricas, a velocidade angular de deslocamento do detector é o dobro da velocidade do cristal analisador, para que o ângulo de incidência seja sempre igual ao de reflexão.

Para homogeneização da exposição da amostra, ela pode ser girada em torno de seu próprio eixo por um motor elétrico dedicado, com uma velocidade de 30 rpm.

A grande maioria dos circuitos do espectrômetro foi construída com componentes discretos - transistores, diodos, resistores, capacitores, etc. - para a parte lógica e para a parte de comando dos motores, acionamento de partes mecânicas e de potência com relés e chaves. Apesar de já terem sido bastante usados e de geração antiga, ainda garantem ao espectrômetro um bom desempenho, graças, principalmente, aos cuidados de manutenção.

### 3.2 - Procedimento em Operação Normal

As análises são por elemento ou varredura. No modo por elemento, os ângulos característicos dos elementos químicos são previamente selecionados e as contagens resultantes são específicas para estes ângulos. O modo por varredura varia o ângulo continuamente, percorrendo todo o espectro de

fluorescência, gerando um gráfico com os picos característicos dos elementos presentes na amostra versus ângulo de varredura, como mostra a Figura 6.

Freqüentemente o operador executa, no modo por elemento, um procedimento de análise onde está envolvida uma grande quantidade de amostras e de elementos a serem identificados. Normalmente, o “background” também deve ser considerado. Este procedimento pode ser sintetizado nas etapas:

- 1- Obter a concentração dos padrões através de amostra conhecida ou padrão sintético.
- 2- Obter a taxa de contagem e eventualmente o “background” dos padrões.
- 3- Calcular os fatores de correção com base nas taxas de contagem (“background” eventualmente) e concentrações dos padrões.
- 4- Obter as taxas de contagem das amostras e respectivos “backgrounds” (eventualmente) para cada elemento.
- 5- Efetuar os cálculos para a obtenção da concentração dos elementos analisados (teor) de cada amostra.

Para a execução deste procedimento, sem o auxílio do sistema desenvolvido, o operador transcreve manualmente os dados impressos para uma planilha. O quinto passo é executado somente após o término de todas as contagens, quando, então, os valores são lançados em uma calculadora de mesa e os resultados dos cálculos transcritos para a planilha.

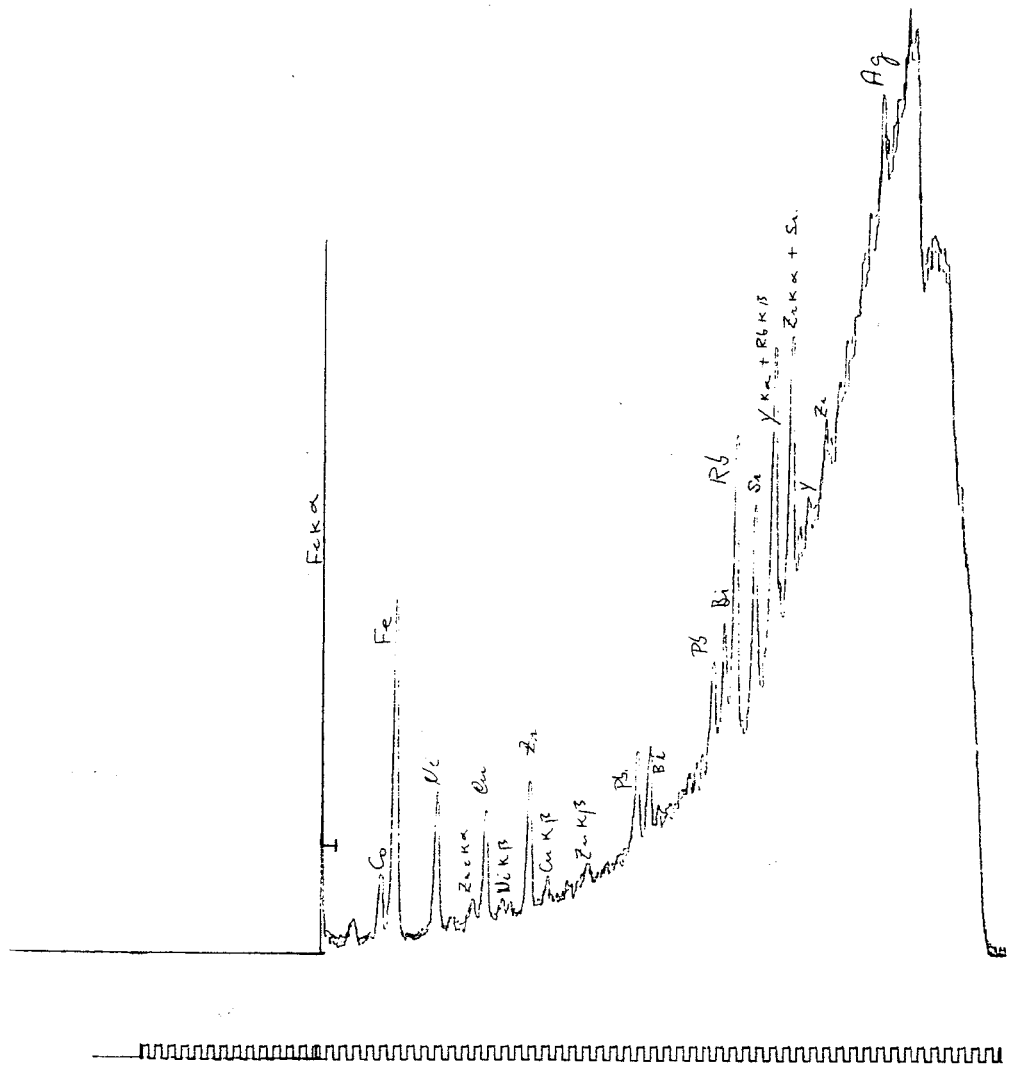


Figura 6 - Espectro de uma Amostra.

#### 4 - O SISTEMA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS PARA ESPECTRÔMETRO DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

O sistema de aquisição e tratamento de dados é constituído por um microcomputador pessoal da linha IBM (PC-XT), programa para cálculo e impressão e uma interface desenvolvida especialmente para o acoplamento com o espectrômetro, como pode observar-se na Figura 7.

Na Fotografia 1 observa-se da esquerda para a direita: fonte de alta-tensão do espectrômetro; microcomputador PC e impressora de oitenta colunas, impressora (mod.EP-101) do Rigaku (em cima do PC); eletrônica de análise com contador (sobre o gabinete do registrador e controlador da impressora) e módulo do espectrômetro (direita).

Os dados coletados (número do elemento, número da amostra e contagem) são transferidos para o computador, que os apresenta no vídeo e, após tratamento, são impressos em forma de boletim de análise e armazenados em meio magnético (discos), quando desejado.

Além da coleta e tratamento dos dados, o sistema desenvolvido exerce, ainda, uma única função de controle: troca de amostra. Mesmo assim, o espectrômetro pode trabalhar no modo convencional (original) sem que se tenha que ligar ou desligar qualquer dispositivo da adaptação.

A interface condiciona os sinais provenientes do espectrômetro, compatibilizando-os com as características elétricas adequadas ao microcomputador e faz o sincronismo da transferência dos dados.

Toda a interface desenvolvida com sua fonte própria foi acondicionada em uma caixa plástica de 20 x 10 x 25 cm. A conexão é feita por meio de conectores e cabos, tornando rápida e simples a retirada ou instalação no

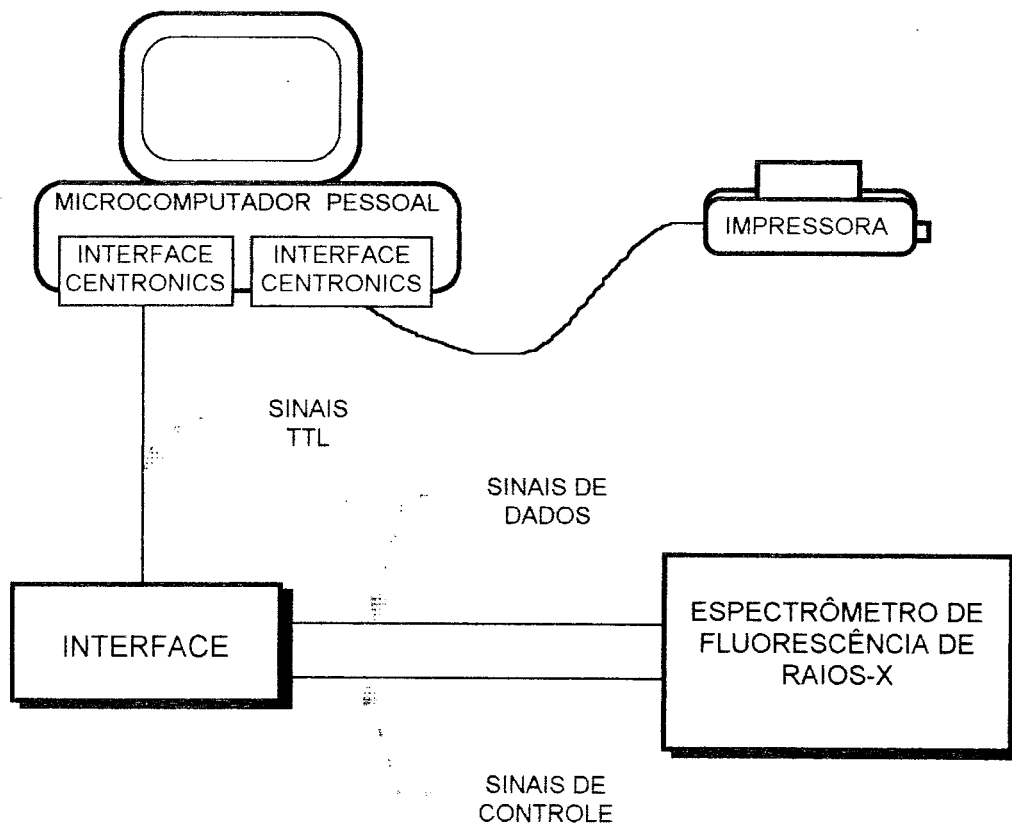
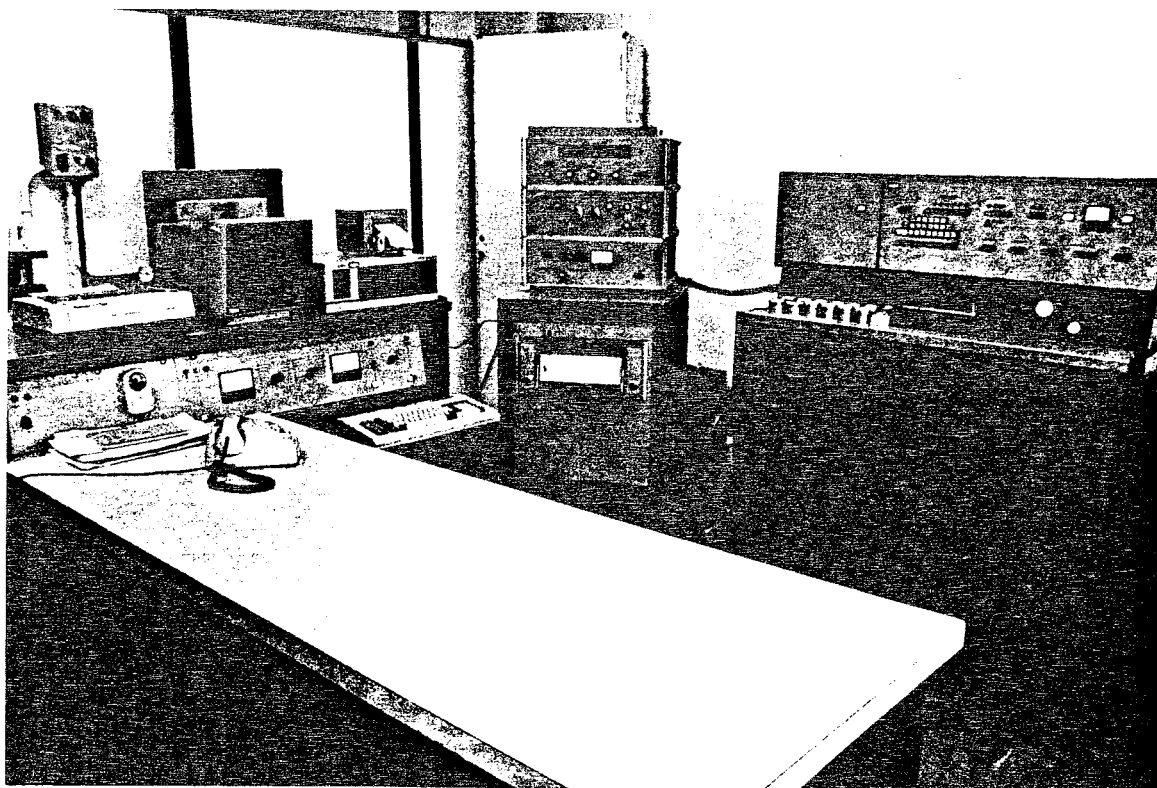


Figura 7 - Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados.





Fotografia 1 - Espectrômetro e Sistema de Coleta e Tratamento de Dados (vista geral)

interior do gabinete do controlador da impressora do espectrômetro, mostrado na Fotografia 2.

Procurou-se obter uma solução simples, de baixo custo, confiável, baixo consumo, com componentes convencionais e que alterasse o mínimo possível a montagem original do espectrômetro.

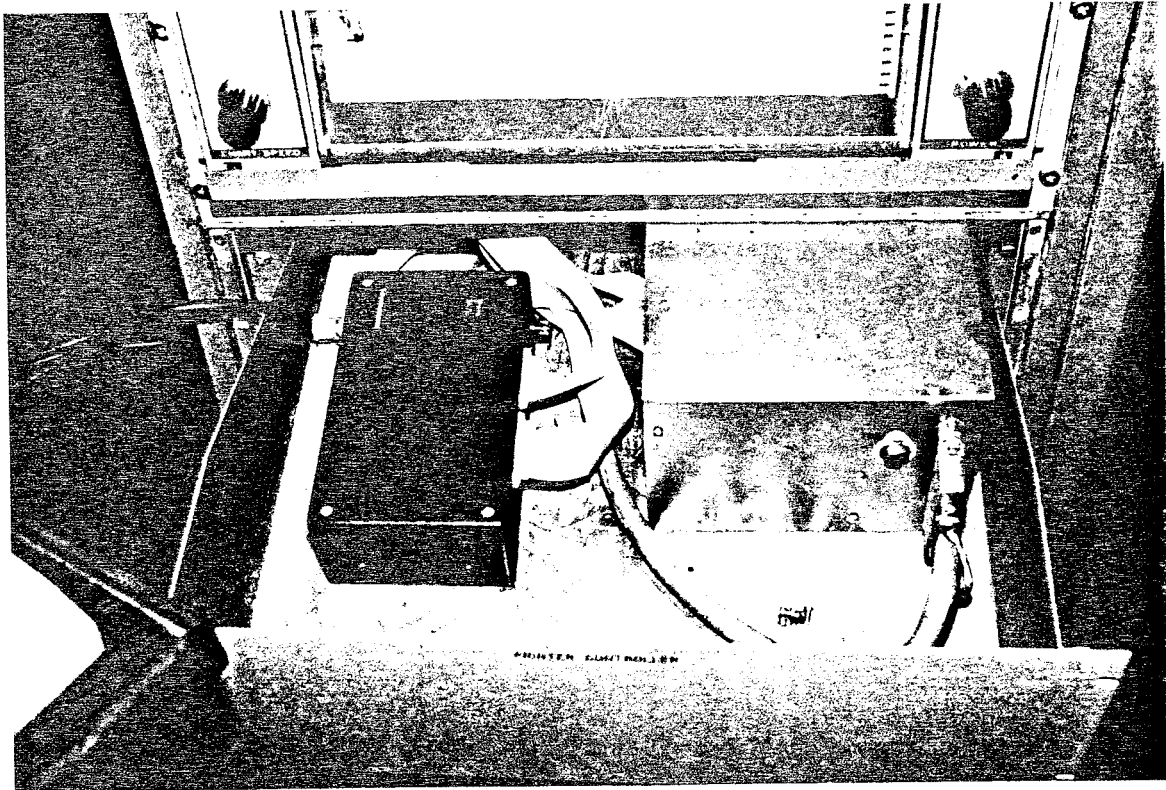
#### 4.1 - Microcomputador

Utilizou-se um microcomputador pessoal PC-XT, clock de 10 MHz, com 640kB de RAM, monitor CGA monocromático, unidade de disco flexível de 360kB, unidade de disco rígido de 50 Mbytes, interface série RS-232 e duas interfaces paralelas de impressora (padrão Centronics), o que torna fácil instalar o sistema em um outro microcomputador de maior capacidade. Os resultados são impressos em uma impressora matricial de nove agulhas e oitenta colunas.

Uma das interfaces paralelas está conectada à impressora, enquanto a segunda conecta o microcomputador ao sistema de coleta de dados. Como se trata de uma interface padrão, é, por isto, passível de conexão a qualquer microcomputador que possua este mesmo tipo de interface, como é o caso de praticamente todos os microcomputadores atualmente no mercado. Com isto, o sistema de coleta pode ser instalado em outro microcomputador sem necessidade de modificações extras ou instalação de interfaces internas especiais.

#### 4.2 - Interface

A montagem da interface eletrônica foi executada em uma placa de circuito impresso perfurada padrão e as ligações com fio soldável "Pirasold", cujo isolamento se derrete com o ferro de solda. Esta técnica reduz substancialmente o tempo de montagem, pois dispensa desenhos de trilhas, leiaute da placa de circuito impresso e decapagem dos fios por processo



Fotografia 2 - Instalação da Interface no Gabinete do Controlador da Impressora.

mecânico convencional. A interface e sua fonte acondicionadas em uma caixa plástica são mostradas na Fotografia 3. Ela é constituída de três blocos principais, simbolizados na Figura 8, onde as linhas tracejadas representam sinais de dados e as cheias os sinais de controle.

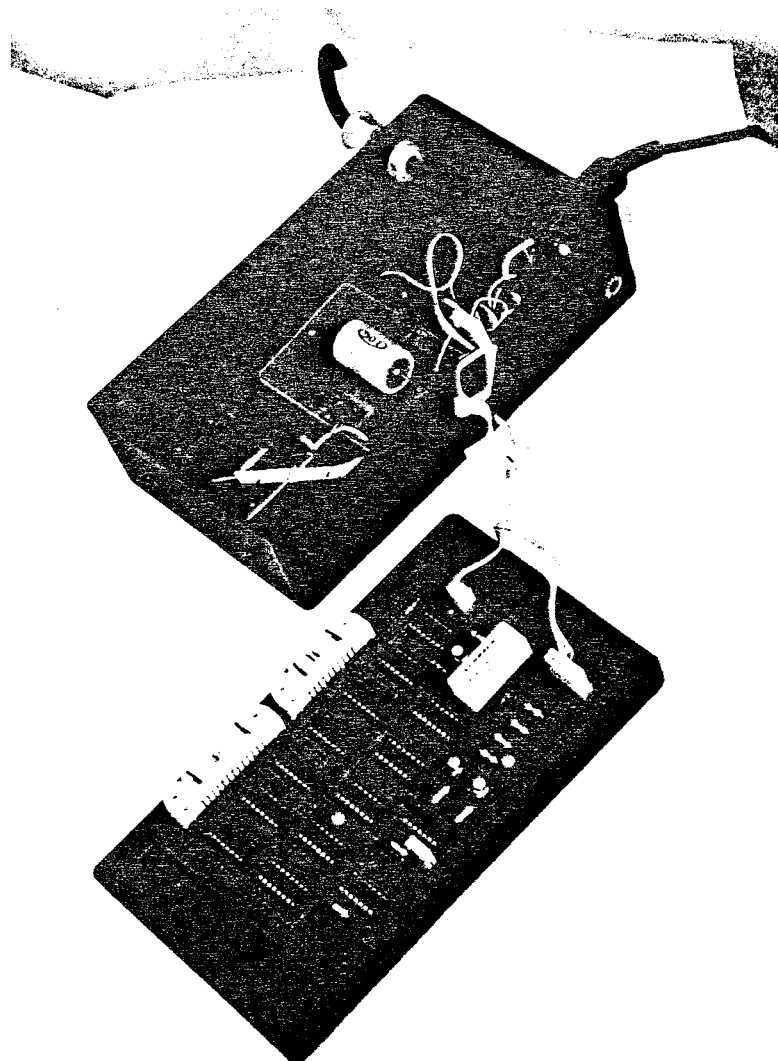
O bloco de condicionamento de sinais compatibiliza os sinais do controlador da impressora, entregando-os ao circuito de serialização que, por sua vez, coleta os dados em paralelo e os envia em série ao microcomputador. Este processo é gerenciado pela lógica de controle e sincronismo de transferência dos dados.

Um ponto de conexão entre o espectrômetro e o microcomputador pessoal se fez necessário para a realização da coleta direta dos dados. Após exame dos diagramas eletrônicos do espectrômetro, constatou-se a possibilidade de uma interconexão entre o contador (“scaler”) e a unidade controladora da impressora (“Printer Controller”), para o microcomputador. Esta parte do circuito apresenta três números organizados na forma BCD, conforme a Tabela 2.

O número do elemento se refere a uma dentre dez chaves do painel do equipamento, que seleciona, respectivamente, um entre dez cartões de circuito impresso instalados no gabinete inferior do espectrômetro. Cada cartão pode ser modificado, mediante ajuste de um potenciômetro e troca de pontes, para corresponder a um ângulo de determinado elemento químico e cristal de análise.

O número da amostra indica a sua posição no carrossel, cuja capacidade máxima é de seis amostras.

A contagem é o número de pulsos recebidos pelo contador, dentro de um intervalo de tempo definido pelo temporizador, sendo, na verdade, uma “taxa” de contagem. Como o tempo programado não é variado para uma série de análises, é usual tratar-se esta taxa como “contagem” simplesmente.



Fotografia 3 - Montagem da Interface Desenvolvida

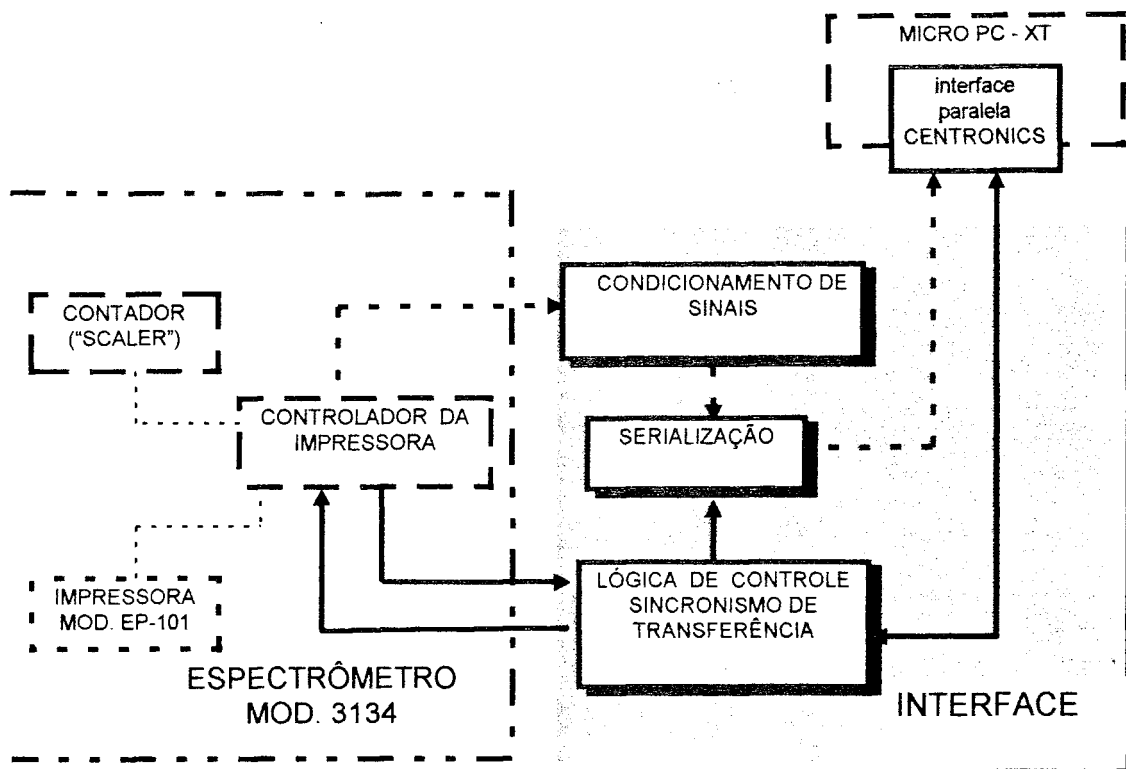


Figura 8 - Diagrama em Blocos da Interface Desenvolvida

<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>QTDE. DE DÍGITOS</b>	<b>VARIAÇÃO</b>
Número do elemento	2	1 a 10
Número da amostra	1	1 a 6
Contagem	6	0 a 999999

Tabela 2 - Dados BCD do Controlador da Impressora

Estes dados codificados em BCD, de lógica negativa (“0” = nível alto, “1” = nível baixo), são enviados ao controlador da impressora pelo contador (“scaler”). O sincronismo da transmissão destes sinais se faz, basicamente, através do sinal “Print Command”, gerado pelo contador, informando ao controlador que os dados da última contagem estão prontos e devem ser impressos. Este sinal dispara uma série de eventos no controlador da impressora, culminando com o fechamento dos contatos do relé RL2 (“Print End”). Este evento sinaliza para o contador o final da impressão, deixando o espectrômetro pronto para a troca da amostra e nova contagem (quando no modo automático), ou liberação para outro procedimento, como visto na Figura 9.

Foram avaliadas algumas alternativas para o método da coleta de dados, com base nos sinais a serem coletados. O dispositivo de coleta de dados deve coletar simultaneamente 36 bits, ou seja, nove dígitos na forma BCD; uma quantidade expressiva de bits e que excede a capacidade dos circuitos integrados de entrada paralela específicos para microcontroladores e microcomputadores. Uma solução seria o emprego de mais de um destes dispositivos ou optar-se por uma lógica auxiliar de seleção (multiplexação), o que, de qualquer forma, levaria à ligação de um cabo de grande número de condutores (estima-se em 15 a 36, dependendo da solução) entre o microcontrolador e o controlador da impressora. Além destes sinais, os de controle e sincronismo para a transferência dos dados elevariam ainda mais o número de condutores. Um grande número de condutores complica a montagem, requisitando cabos robustos, pesados e com riscos de problemas mecânicos ou de contato elétrico.

Como a velocidade de transferência não é um fator crítico, a alternativa adotada foi transferir os sinais em série, em sincronismo com comandos do microcomputador e os sinais “P.C.” (“Print Command”) e “P.E.” (“Print End”), já existentes. Para isto foram criados três sinais de controle: “CLK”, “RDY” e “ENB” e um outro de dados “DTA”.



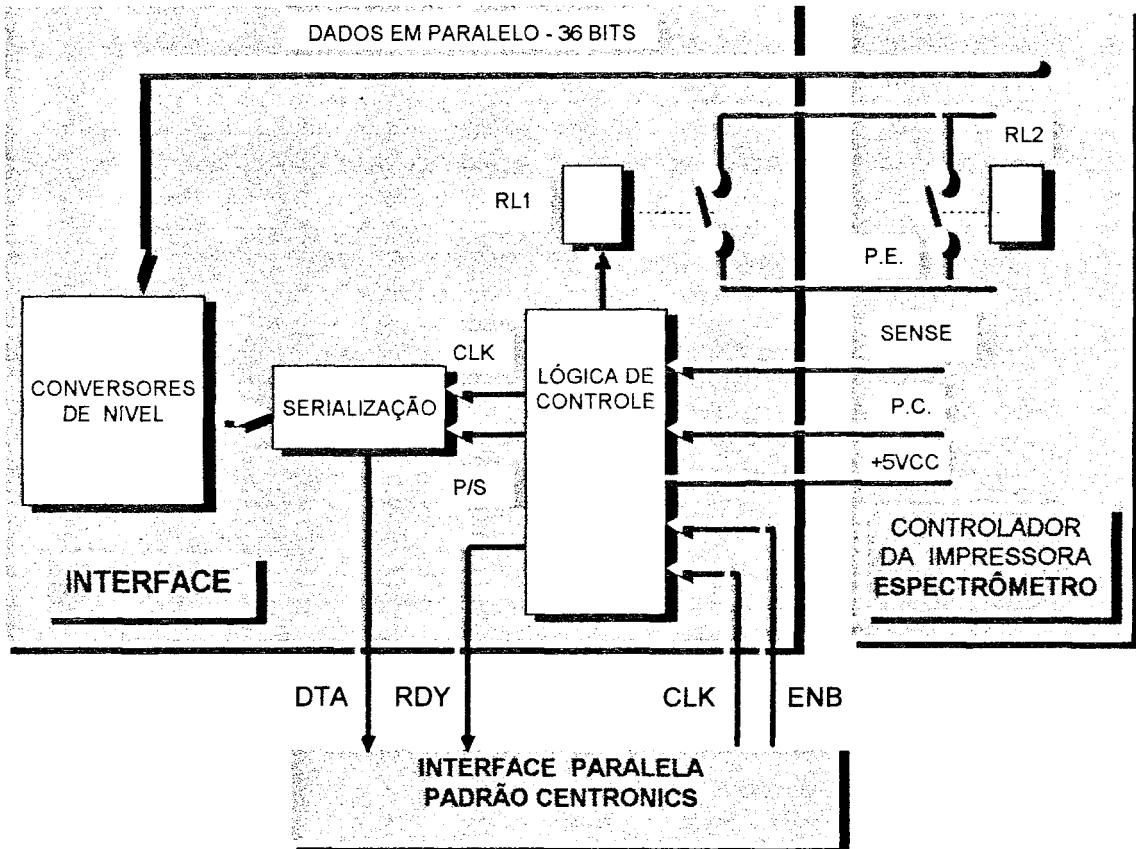


Figura 9 - Ligação Espectrômetro - Interface - Microcomputador PC

Estes sinais são admitidos na interface paralela Centronics, ocupando dois bits do canal de dados e dois bits do canal de "status", conforme a Tabela 3. Reduziu-se, assim, o número de condutores para apenas cinco (com o terra inclusive).

#### 4.2.1 - Lógica de Controle

O artifício empregado para a execução da troca de amostras pelo microcomputador levou em conta o funcionamento do controlador da impressora, aproveitando, em parte, o controle já existente. A lógica do espectrômetro executa uma troca de amostras ao receber o sinal de término de impressão da última contagem, quando no modo automático.

O controlador da impressora, ao término de uma impressão, fecha os contatos de um relé (RL2) durante 140ms, comunicando ao contador o término da impressão (sinal "P.E.").

O circuito da lógica de controle está representado na Figura 10. Os contatos do relé RL1 operam em paralelo com os contatos de RL2, capacitando a interface a produzir também este sinal, simulando, deste modo, o controlador da impressora. Para não haver conflito, a prioridade é dada à impressora pelo sinal "SENSE", que está ligado à fonte de alimentação interna do controlador. Assim, quando o controlador estiver ligado, o bi-estável FF3 estará bloqueado e o relé RL1 não atuará. Quando a impressora é desligada, o monoestável constituído por FF3 estará apto a fechar RL1 por 40ms, tempo determinado por C3 e R3. O disparo deste monoestável é feito quando ocorrem pulsos em "D" e "CK". Com isto, a interface identifica, automaticamente, a condição do controlador da impressora [18].

O conjunto formado por FF1 e FF2 armazena os dados nos registradores de deslocamento (pino P/S), após o aparecimento do sinal "P.C.". A retenção dos dados só é possível quando o sinal "ENB", mostrado na Figura 11, é ativado. Isto não significa, porém, que os dados representam a contagem final (após o tempo de contagem preestabelecido). Eles são os dados

SINAIS	FUNÇÃO NA INTERFACE	INTERFACE PARALELA	
		FUNÇÃO ORIGINAL	NO. DO PINO
DTA	DADOS EM SÉRIE	STATUS(3) - ENTRADA	15
RDY	DADOS PRONTOS	STATUS(4) - ENTRADA	13
CLK	PULSOS P/ TRANSF.	DATA(BIT 0) - SAÍDA	2
ENB	HABILITAÇÃO	DATA(BIT 1) - SAÍDA	3
GND	TERRA	TERRA - 0V	18-25

Tabela 3 - Sinais da Interface Desenvolvida

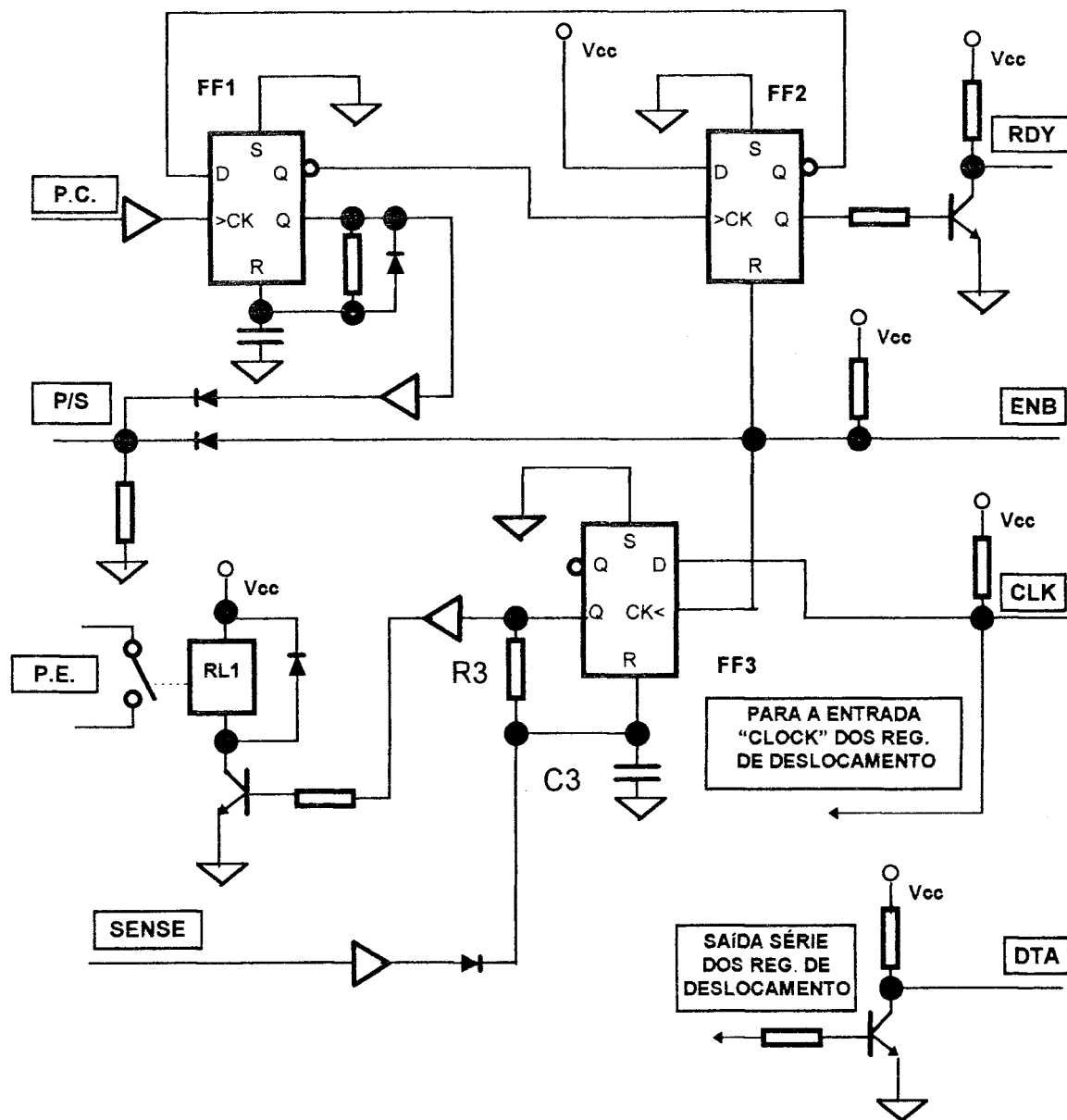


Figura 10 - Lógica de Controle da Interface





SINAL	ESTADO LÓGICO	FUNÇÃO
ENB		TROCA
CLK		AMOSTRA
ENB		HABILITA
CLK	“0”	TRANCA
ENB	“0”	“CLOCK” DOS
CLK		DADOS

Figura 11 - Sinais da Lógica de Controle da Interface

presentes no instante da ocorrência de "ENB". Pode-se, desta forma, acompanhar a evolução da contagem, quando desejável. O final da contagem só é determinado pelo sinal "RDY", anunciando que os dados estão prontos para a aquisição, à espera do microcomputador.

Em resumo, o sinal "RDY" só aparece quando há a habilitação ("ENB") e a seguir a retenção dos dados produzida por "P.C.".

O monoestável formado por FF1 garante que os dados só serão amostrados nos registradores de deslocamento se estiverem estáveis e não em uma transição, o que provocaria uma leitura falsa.

#### 4.2.2 - Condicionamento de Sinais

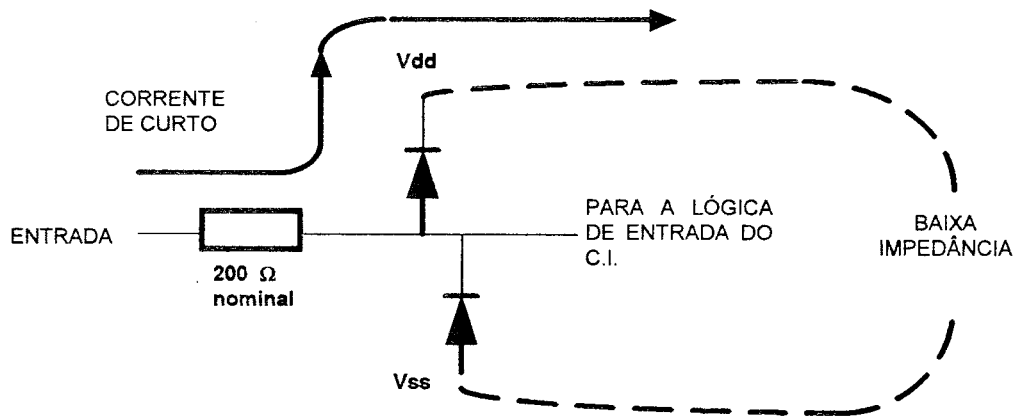
Os sinais fornecidos pelo contador ao controlador da impressora não poderiam ser conectados diretamente às entradas dos registradores de deslocamento por dois motivos:

1 - Os sinais lógicos "0" são de tensões diferentes:

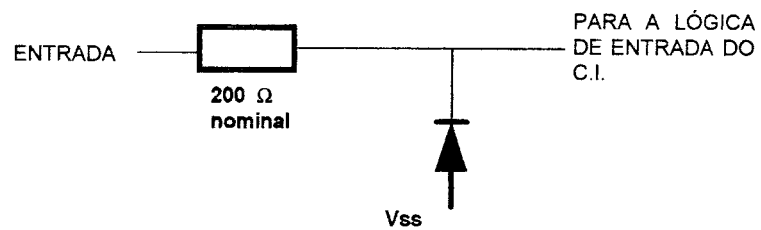
Contagem.....	6V
Número da amostra.....	9V
Número do elemento.....	9V

2- Os diodos internos de proteção das entradas dos registradores de deslocamento (circuito integrado 4021) passariam ao estado de condução direta, se a tensão de alimentação neles aplicada fosse maior que  $V_{dd} + 0,9V$ , ou quando fosse desligada a alimentação da interface. Isto faria com que outros circuitos da interface fossem alimentados por estes diodos, gerando uma condição de funcionamento irregular, que poderia danificar as entradas pela passagem de uma corrente acima da máxima tolerável pelo dispositivo. Os dois tipos de circuito de entrada podem ser comparados pela Figura 12.

A equalização dos sinais de entrada é realizada com "buffers" da família CMOS (CD4050), específicos para este tipo de tarefa, reduzindo-se o nível



Circuito típico de proteção de entrada da série CMOS 40XX



Circuito de proteção de entrada do integrado 4050.

Figura 12 - Proteção de Entrada dos Circuitos Lógicos 40XX e 4050

lógico de todos os sinais para 5V. Além disto, as entradas destes “buffers”, quando não energizados, não carregam os circuitos geradores dos sinais, por não possuírem os diodos de proteção ligados para Vdd, característicos em quase todos os integrados da família lógica CMOS, série 4000 [19].

#### 4.2.3 - Serialização

A serialização dos dados é obtida por cinco circuitos integrados 4021, de lógica CMOS, registradores de deslocamento, ligados em cascata, representados na Figura 13.

O circuito integrado 4021 é um dispositivo lógico fabricado com tecnologia CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor), cujas principais características são: baixo consumo, elevada imunidade a ruído, índice de integração médio, alta impedância de entrada, faixa larga de tensão de alimentação, velocidade de trabalho alta.

Este dispositivo é particularmente utilizado na serialização de dados, por se tratar de um registrador de deslocamento de oito bits, conectados em série, conforme a Figura 14. Os bits a serem transferidos são colocados em paralelo nas entradas dos bi-estáveis (P1-P8), sendo transferidos para estes de acordo com o comando do pino de controle P/S. O deslocamento em série é sincronizado pela subida do sinal aplicado na entrada “CLOCK”.

A sua lógica possui, também, uma entrada adicional de dados em série (SER.IN), que permite a ligação de mais de um destes dispositivos em cascata, aumentando a capacidade de carga de bits em paralelo. A saída em série pode ser obtida em três pinos distintos, correspondendo às saídas dos três últimos estágios (Q6, Q7 e Q8)[20].

Os bi-estáveis e mono-estáveis são também implementados com a mesma família lógica, circuitos integrados 4013, possibilitando um baixo consumo e alta imunidade a ruído.

Os dados retidos nos registradores de deslocamento são transferidos para o microcomputador obedecendo ao sincronismo do sinal “CLK”. A cada



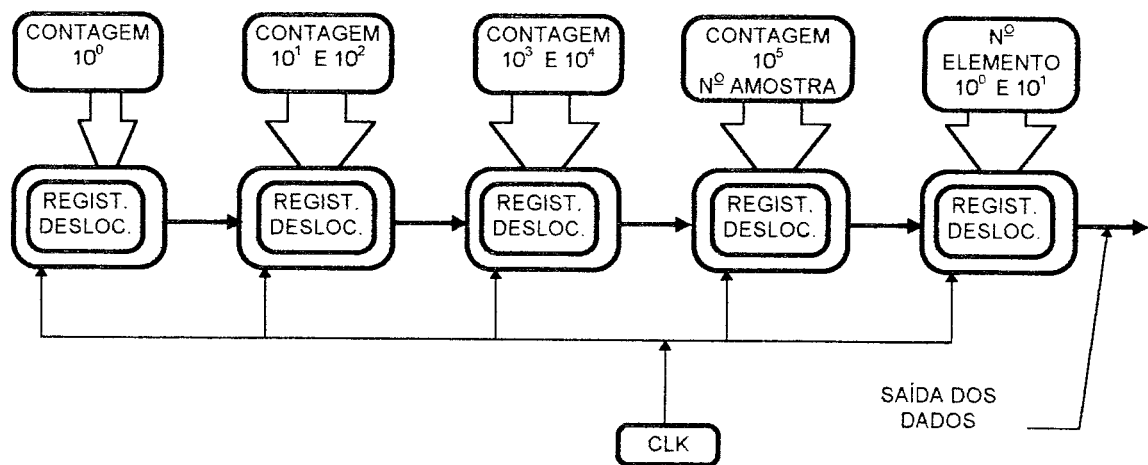


Figura 13 - Registradores de Deslocamento (Serialização dos dados)

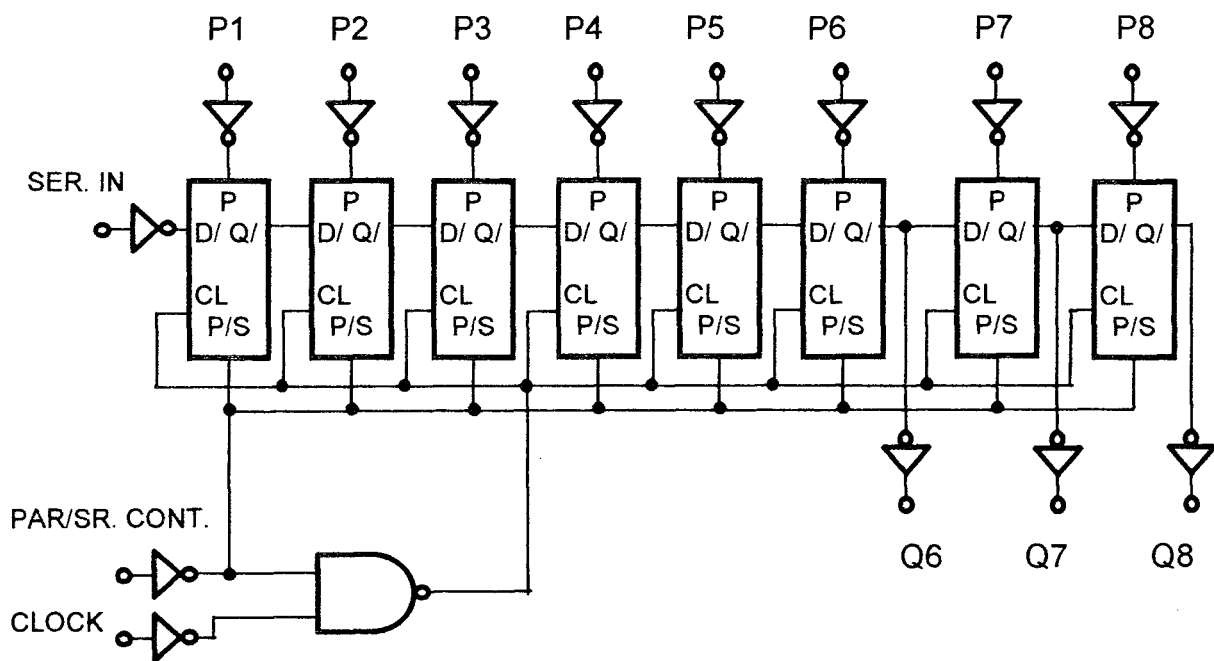


Figura 14 - Circuito Lógico 4021

transição do nível “0” para o nível “1”, os 36 bits armazenados deslocam-se para a saída, em série e simultaneamente.

### 4.3 - Programação

A programação do sistema desenvolvido divide-se em quatro partes:

- Módulo principal;
- Rotinas de controle e transferência dos dados;
- Rotinas de testes;
- Rotinas de cálculo, impressão e armazenamento;

todas estas executadas na linguagem “QuickBasic”, versão 4.5, da empresa Microsoft [21][22].

O programa foi compilado, após os testes e depuração, sofrendo os ajustes necessários para atender ao usuário. O programa-objeto gerado é composto por um único módulo, não necessitando do ambiente QuickBasic para ser executado. Além de ocupar um espaço menor de memória, possui a vantagem de ser mais robusto, pois não permite ao usuário o acesso às linhas de programação, que poderiam ser alteradas de modo inadvertido ou intencional, comprometendo o funcionamento do programa e os resultados das análises. Qualquer alteração da programação só pode ser executada com o programa fonte e o ambiente QuickBasic, restringindo o acesso e minimizando possíveis modificações sem a assistência de pessoa qualificada ou com conhecimento suficiente para tal.

A programação desenvolvida visou contemplar o modo de operação por elemento, no qual as análises são executadas com o prévio ajuste dos ângulos correspondentes aos elementos a serem examinados na amostra.

Apesar da linguagem BASIC não ser uma linguagem estruturada por natureza, utilizou-se uma construção modular com um grau mínimo de interdependência entre as sub-rotinas, o que permite alterações em sub-rotinas sem o comprometimento do funcionamento de outras. Da mesma

maneira, as rotinas foram criadas com um só ponto de entrada e um de saída [23].

Os módulos foram concebidos com um padrão de telas o mais regular possível, visando uniformizá-los e conceder ao “software” uma característica própria. As opções de cada módulo foram ordenadas segundo a importância ou frequência de utilização. Alguns exemplos de tela podem ser vistos nas Figuras 17, 18, 19 e 20 do Anexo.

O operador é orientado pelo programa, que o dirige às diversas rotinas do sistema, avisando-o do andamento do processo e pedindo-lhe que tome determinadas atitudes necessárias à execução daquela etapa, como por exemplo: disparar o contador, entrar com a concentração dos padrões, fornecer o número de amostras, etc. Mesmo sendo um programa auto-orientado, admitiu-se uma certa flexibilidade na seqüência das operações, possibilitando uma maior versatilidade em sua utilização.

- Módulo principal

É responsável pela chamada das sub-rotinas. Aí estão definidas as seqüências das principais operações, conforme pode ser observado na listagem do Anexo.

- Rotinas de testes

Para a verificação do funcionamento do sistema como um todo, o usuário pode utilizar as rotinas de teste, que mostram os dados lidos da interface, bem como o “status” desta, além de acionarem o trocador de amostras.

- Rotinas de controle e transferência dos dados

Estas rotinas executam operações de entrada e saída, usando para isto os instruções específicas do BASIC “INP” e “OUT”, perfazendo as seguintes funções:

- Preparação da interface para a captura dos dados (habilitação);
- Verificação do estado da interface (término de contagem);
- Coleta dos dados (transferência e formatação);
- Troca da amostra.

A habilitação da interface é efetuada com um pulso aplicado no pino “ENB”. Com isto a interface está preparada para capturar os dados novos ao final de uma contagem.

A verificação do estado da interface indica a ocorrência do término da contagem, sinalizando, além disto, que houve a captura dos dados nos registradores de deslocamento.

A rotina que cuida da recepção dos dados monta cada dígito, bit a bit, formando um BCD, a cada quatro bits. Ela gera pulsos de “clock” para transferir os bits da interface desenvolvida até a interface paralela. Os dados coletados são armazenados nas variáveis AMOST, CONT e ELEM e acessados por outras rotinas através delas.

A rotina de troca da amostra pulsa a linha de “ENB”, enquanto mantém a de “CLK” em nível lógico “1”.

- Rotinas de cálculo, impressão e armazenamento dos dados

Os cálculos executados pelo programa corrigem as contagens dos picos das amostras, segundo um algoritmo modelado por fórmulas matemáticas baseadas em padrões conhecidos.

A Figura 15 ilustra a relação teórica entre a intensidade de pico ( $Tpa$ ) e a sua concentração ( $Ca$ ) em uma amostra, para determinado elemento.

A equação é a de uma reta, onde se conhece a inclinação ( $m$ ), dada pela relação entre a contagem líquida do padrão e sua concentração ( $Cp$ ), ou seja:

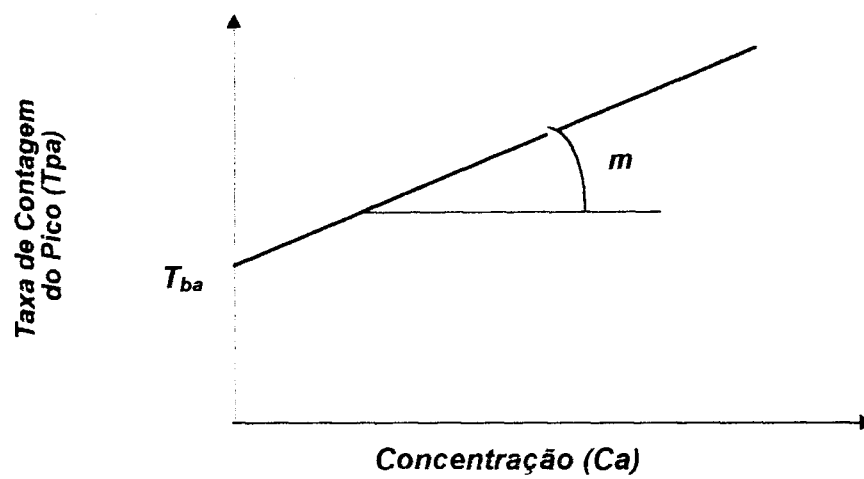


Figura 15 - Fator de Correção para Medida de Concentração

$$m = (T_{pp} - T_{bp}) / C_p$$

Onde:

$T_{pp}$  = Taxa de contagem de pico do padrão

$T_{bp}$  = Taxa de contagem de “background” do padrão

$C_p$  = Concentração do padrão

$m$  = Fator de correção

A concentração da amostra é obtida calculando-se:

$$C_a = (T_{pa} - T_{ba}) / m$$

ou seja, a contagem líquida dividida pelo fator de correção.

Onde:

$T_{pa}$  = Taxa de contagem de pico da amostra

$T_{ba}$  = Taxa de contagem de “background” da amostra

Para a execução dos cálculos foram usadas duas matrizes:

- A matriz dos padrões MP\$(QE,6), do tipo bidimensional, guarda, para cada elemento (linhas), o número e nome do elemento e sua concentração (fornecida pelo operador), a contagem para o elemento, o “background” e o fator de correção calculado.
- A matriz MA(100,10,3) tridimensional guarda para cada amostra analisada, as contagens por elemento, os “backgrounds” e as contagens corrigidas.

Um exemplo de relatório de análise pode ser observado na Figura 16, onde estão listadas nas colunas as contagens das amostras, “background” e concentração calculada para cada elemento.

Os dados coletados e calculados podem ser armazenados em discos magnéticos e são formatados em ASCII, sendo passíveis de utilização em outros microcomputadores ou programas como, por exemplo, planilhas eletrônicas e processadores de texto.

---

 CNEN - COMISSAO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
 

---

 CDTN- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR
 

---

 ANALISE POR FLUORESCENCIA DE RAIOS-X
 

---

ANALISTA:

INTERESSADO:

PROCEDENCIA:

CONDICOES: MA/

KV SEG./

DATA: HORA:

---

 PADROES
 

---

ELEM.		CONCT.	CONT.	BACK.	FATOR
2	SI	10	4183	515	366.8
5	TI	10	671	42	62.9
10	FE	5	3456	120	667.2

BOL N. 001 PG.0

AM.N	SI	TI	FE	
1	4087	662	3462	Contagem da amostra
	523	39	116	
	9.716	9.905	5.015	
2	3167	243	3307	Contagem do "Background"
	406	33	95	
	7.527	3.338	4.814	
3	3175	923	8781	Concentração calculada
	383	44	114	
	7.612	14.613	12.99	
4	3630	1549	10549	
	494	59	116	
	8.55	24.537	15.637	

Figura 16 - Exemplo de Relatório de Análise



## 5 - CONCLUSÃO

A modernização implementada no espectrômetro de fluorescência de raios-X trouxe melhorias no seu desempenho com relação ao tratamento de dados e operação.

O armazenamento dos resultados em discos magnéticos tornou mais segura a manipulação dos dados, embora o método de análise não tenha sido alterado. A realização automática dos cálculos conferiu maior rapidez, versatilidade e confiabilidade às análises, além de possibilitar ao operador maior conforto, dispensando-o de tarefas elementares e repetitivas.

Os problemas eventuais de manutenção são de correção mais rápida e mesmo a introdução de aperfeiçoamentos é de realização mais fácil, tendo em vista o completo domínio do desenvolvimento.

O emprego de PCs com adaptações de interfaceamento pode ser estendido a instrumentos analíticos do CDTN tais como: espectrômetro de difração de raios-X, espectrômetro de ultra-violeta, espectrômetro de massa, entre outros, que podem assim ter suas funções complementadas ou melhoradas.

Ficou demonstrada a qualidade do serviço prestado por um equipamento analítico antigo, quando assistido por um computador. Seu resultado se verificou no aumento do desempenho a um custo baixo, se comparado à aquisição de unidades mais novas.

A geração de competência nesta área tanto pode atender aos interesses de centros de pesquisas como de indústrias na recuperação do parque de instrumentos analíticos, representando uma economia e adequação às necessidades de atualização dos aparelhos às novas tecnologias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Practical X-Ray Spectrometry - R. Jenkins & J.L. De Vries - Philips Technical Library - Macmillan & Co. Ltd. - 1970
- [2] Métodos Analíticos Usados no IPR para Minérios de Urânio - Clécio C. Murta - CBTN - Instituto de Pesquisas Radioativas - RSMBU-07/74 - 1974
- [3] Interfacing to the IBM Personal Computer - Lewis C. Eggebrecht - ISBN 0-672-22027-X -Howard W. Sams & Company - 1988
- [4] Three Bus Interface Designs for the PC - James R. Drummond - BYTE 1987 Extra Edition - Inside the IBM PCs
- [5] Interfacing to S-100/IEEE 696 microcomputers - Mark Garetz & Sol Libes - ISBN 0-931988-37-3 - Osborne/Mc Graw-Hill -1981
- [6] Handbook of Software & Hardware Interfacing for IBM Pcs -Jeffrey P. Royer - ISBN 0-13-381831-4 - 1987
- [7] Serial Ports Inside and Out - Jan Axelson - Microcomputer Journal - Nov./Dec. 1994; Jan./Feb. 1995
- [8] Use a Serial Port for Discrete I/O Operations - Robert Moon - Microcomputer Journal - Sept./Oct.1994
- [9] How to Use a PC's Parallel Port for Monitoring and Control Purposes - Jan Axelson - Microcomputer Journal - May/Jun; Jul/Ago; Sept./Oct. 1994
- [10] Real Keyboard Emulation - John Dybowski - Circuit Cellar Ink - #58 - May 1995

- [11] From Printer Port to Enhanced Parallel Port - TJ Byers - Microcomputer Journal - July/Aug. 1995
- [12] Computerfacts - Technical Service Data - IBM-PC-XT - CSC10-A - Howard Sams & Co. - Feb . 86
- [13] PC printer port performs I/O - D. Fletcher - EDN Oct 10 1991
- [14] 8088 Assembler Language Programming: The IBM PC -David C. Willen &Jeffrey I Krantz - ISBN 0-672-22400-3 1988
- [15] Bidirectional Parallel Port Operation - Duane M. Perkins - Computercraft Dec. 1992
- [16] Instruction Manual - 3134 - Rigaku Denki Co., Ltd. - Tokyo - Japan
- [17] Instruction Manual - 5056 - Rigaku Denki Co., Ltd. - Tokyo - Japan
- [18] CMOS Cookbook - Don Lancaster - Howard W. Sams - ISBN 0-672-21398-2 - 1981
- [19] Philips Databook - Digital Integrated Circuits - LOCMOS - May 1976
- [20] CMOS Databook - National Semiconductor - 1981-
- [21] Introdução ao QuickBasic - Armando Oscar Cavanha Filho - Editora Ciência Moderna - 1990
- [22] Microsoft QuickBasic - Programmer's Quick Reference Series - Kris Jamsa -Microsoft Press - ISBN 1-55615-204-3 - 1989
- [23] Microcomputer Systems: The 8086/8088 Family - Yu-Cheng-Liu & Glenn A. Gibson - Prentice/Hall International, Inc. - ISBN 0-13-581851-6 025 - 1986

## **ANEXO - LISTAGEM E TELAS DO PROGRAMA**



## PADROES:

```
TRC = 0          'FLAG P/TROCA AUTOMATICA DE AMOSTRAS
GOSUB MENUPADROES
LOCATE 20, 20
INPUT "OPCAO"; OP3
ON KEY(1) GOSUB ABORTA
ON OP3 GOSUB APPADRAO, CALCPADRAO
SLEEP 1
VIEW PRINT 1 TO 24
RETURN
```

## AMOSTRAS:

```
TRC = 1
GOSUB MENUAMOSTRAS
LOCATE 20, 20
INPUT "OPCAO"; OP3
ON KEY(1) GOSUB ABORTA
ON OP3 GOSUB APAMOSTRAS, CALCAMOSTRAS
SLEEP 1
VIEW PRINT 1 TO 24
RETURN
```

## IMPR:

```
GOSUB MENUIMP
LOCATE 20, 20
INPUT "OPCAO"; OP3
ON KEY(1) GOSUB ABORTA
ON OP3 GOSUB CABEC, IMPSAIDA
SLEEP 1
VIEW PRINT 1 TO 24
RETURN
```

## ARMAZ:

```
LOCATE 23, 5
PRINT "salvando os dados"
GOSUB SALVA
SLEEP 1
LOCATE 23, 5
PRINT "          "
RETURN
```

## TESTES:

```
TRC = 0
GOSUB MENUTESTE
LOCATE 20, 20
INPUT "OPCAO"; OP2
ON KEY(1) GOSUB ABORTA
ON OP2 GOSUB COLETA, TROCA
SLEEP
VIEW PRINT 1 TO 24
RETURN
```

```

ABORTA:
  SOUND 1000, 3
  SOUND 900, 3
  STOP
RETURN

```

```

*****

```

```

'----- MENUS -----'

```

```

MENUPRINC:

```

```

  CLS
  LOCATE 9, 10
  PRINT "MENU PRINCIPAL"
  SOUND 900, 2
  LOCATE 10, 10
  PRINT "1 -PREPARACAO"
  LOCATE 11, 10
  PRINT "2 -PADROES AQUISICAO E CALCULO DOS FATORES DE CORRECAO)"
  LOCATE 12, 10
  PRINT "3 -AMOSTRAS (AQUISICAO E CALCULOS)"
  LOCATE 13, 10
  PRINT "4 -IMPRESSAO"
  LOCATE 14, 10
  PRINT "5 -ARMAZENAR"
  LOCATE 15, 10
  PRINT "6 -TESTES"
  LOCATE 16, 10
  PRINT "7 -SAIR"

```

```

RETURN

```

```

MENUTESTE:

```

```

  SOUND 1000, 1
  CLS
  LOCATE 1, 1
  PRINT "----- MODULO TESTES -----"
  VIEW PRINT 2 TO 24
  LOCATE 11, 10
  PRINT "1 -INTERFACE"
  LOCATE 12, 10
  PRINT "2 -TROCA AMOSTRAS"
  LOCATE 13, 10
  PRINT "3 -SAIR"
  LOCATE 24, 2
  PRINT ""

```

```

RETURN

```

```

MENUPADROES:

```

```

  CLS
  LOCATE 1, 1
  PRINT "----- MODULO PADROES -----"
  VIEW PRINT 2 TO 24

```

```

VIEW PRINT 2 TO 24
SOUND 900, 1
LOCATE 11, 10
PRINT "1 -COLETA"
LOCATE 12, 10
PRINT "2 -CALCULOS"
LOCATE 13, 10
PRINT "3 -SAIR"
RETURN

```

MENUAMOSTRAS:

```

CLS
LOCATE 1, 1
PRINT "----- MODULO AMOSTRAS -----"
VIEW PRINT 2 TO 24
SOUND 900, 1
LOCATE 11, 10
PRINT "1 -COLETA"
LOCATE 12, 10
PRINT "2 -CALCULOS"
LOCATE 13, 10
PRINT "3 -SAIR"
RETURN

```

MENUIMP:

```

CLS
LOCATE 1, 1
PRINT "----- MODULO IMPRESSAO -----"
VIEW PRINT 2 TO 24
SOUND 900, 1
LOCATE 11, 10
PRINT "1 -CABECALHO"
LOCATE 12, 10
PRINT "2 -SAIDA NA IMPRESSORA"
LOCATE 13, 10
PRINT "3 -SAIR"
RETURN

```

\*\*\*\*\*

'----- SUB ROTINAS -----'

APPADRAO:

```

CLS
GOSUB MATDIM
GOSUB ENTRP
GOSUB TABFAT
RETURN

```

APAMOSTRAS:

```

CLS
PRINT "ENTRE COM AS AMOSTRAS"
PRINT "POSICIONE A AMOSTRA NUMERO 1"

```





CABEC:

CLS

CABEC2:

LOCATE 3, 1

INPUT "NOME DO ANALISTA"; NA\$

INPUT "NOME DO INTERESSADO"; INT\$

INPUT "PROCEDENCIA"; PRO\$

INPUT "NUMERO DO BOLETIM"; NB\$

INPUT "CORRENTE DE FILAMENTO (MA)"; CF\$

INPUT "ALTA TENSAO (KV)"; AT\$

INPUT "TEMPO (S)"; TS\$

LOCATE 20, 5

INPUT "CORRIGIR"; COR\$

IF COR\$ <> "N" THEN GOTO CABEC2

RETURN

CALCAMOSTRAS:

'CALCULO DAS CONCENTRACOES

FOR CTAMT = 1 TO QA 'VARRE AMOSTRA

FOR R = 1 TO QE 'VARRE ELEMENTO

MA(CTAMT, R, 3) = (MA(CTAMT, R, 1) - MA(CTAMT, R, 2)) \* VAL(MP\$(R, 6))

'CONCENTRACAO = (CONTAGEM - BACKGROUND) \* FATOR

NEXT R

NEXT CTAMT

RETURN

PREPARACAO:

PRINT " \*\*\*\*\* ROTINA PARA ENTRADA DE VARIAVEIS \*\*\*\*\*"

ENTRAVAR:

'ENTRAR COM VARIAVEIS

CLS

VIEW PRINT 3 TO 24

LOCATE 6, 1

PRINT "QUAL A QUANTIDADE DE AMOSTRAS POR LOTE (max=6) ="; LT

LOCATE 6, 48: INPUT A

IF A <> 0 THEN LT = A

IF A > 6 THEN BEEP: GOTO ENTRAVAR

LOCATE 8, 1

PRINT "QUAL A QUANTIDADE TOTAL DE AMOSTRAS = "; QA

LOCATE 8, 44: INPUT A

IF A <> 0 THEN QA = A

LOCATE 10, 1

PRINT "QUAL A QUANTIDADE DE ELEMENTOS = "; QE

LOCATE 10, 44: INPUT A

IF A <> 0 THEN QE = A

BAK:

LOCATE 12, 1

INPUT "CONSIDERAR BACKGROUND (S/N)"; bk\$

BC = 0

IF bk\$ = "S" THEN BC = 1

```

IF bk$ <> "N" AND bk$ <> "S" GOTO BAK
LOCATE 15, 2
INPUT "CORRIGIR (N)"; COR$
IF COR$ <> "" THEN GOTO ENTRAVAR
VIEW PRINT 1 TO 24
RETURN

```

```

MATDIM:
'DIMENSIONAR MATRIZES
ERASE MP$: ERASE MA
REDIM MP$(QE, 6) 'MATRIZ DE PADRAO
REDIM MA(QA, QE, 3) 'MATRIZ DE AMOSTRAS
RETURN

```

```

ENTRP:
'ENTRAR COM PARAMETROS DOS FATORES
CLS
PRINT " ***** ROTINA PARA ENTRADA DE PARAMETROS *****"
FOR B = 1 TO QE
ENTRAPAR:
CLS
LOCATE 4, 45
PRINT "ELEMENTO ="; B; " DE "; QE
LOCATE 6, 1
PRINT "NUMERO DO ELEMENTO = "; NE$
LOCATE 6, 44: INPUT A$
IF A$ <> "" THEN NE$ = A$
LOCATE 8, 1
PRINT "NOME DO ELEMENTO = "; IE$
LOCATE 8, 44: INPUT A$
IF A$ <> "" THEN IE$ = A$
LOCATE 10, 1
PRINT "CONCENTRACAO DO PADRAO (%) = "; CT$
LOCATE 10, 44: INPUT A$
IF A$ <> "" THEN CT$ = A$
LOCATE 15, 2
INPUT "CORRIGIR (N)"; COR$
IF COR$ <> "" THEN GOTO ENTRAPAR
MP$(B, 1) = NE$
MP$(B, 2) = IE$
MP$(B, 3) = CT$
NEXT B
RETURN

```

```

IMPSAIDA:
'IMPRIME CABECALHO
LPRINT
LPRINT
LPRINT
LPRINT "-----"
LPRINT " CNEN - COMISSAO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR"

```

```

LPRINT "-----"
LPRINT "  CDTN - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA
NUCLEAR"
LPRINT "-----"
LPRINT "          ANALISE POR FLUORESCENCIA DE RAIOS-X"
LPRINT "-----"
LPRINT "ANALISTA: "; NA$
LPRINT "INTERESSADO: "; INT$
LPRINT "PROCEDENCIA: "; PRO$
LPRINT "-----"
LPRINT "CONDICOES: "; TAB(20); CF$; " MA/"
LPRINT AT$; " KV/"; TAB(20); TS$; " SEG/"
LPRINT "DIA: "; DATE$; TAB(20); "HORA: "; TIME$
LPRINT "=====
'IMPRIME CALCULOS
LPRINT TAB(27); "PADROES"
LPRINT "-----"
LPRINT "ELEM."; TAB(18); "CONCT."; TAB(28); "CONT."; TAB(38); "BACK.";
TAB(48); "FATOR"
LPRINT "-----"
FOR F = 1 TO QE
  LPRINT MP$(F, 1); TAB(7); MP$(F, 2); TAB(18); MP$(F, 3); TAB(28); MP$(F, 4);
TAB(38); MP$(F, 5);
  LPRINT USING "####.##^"; TAB(48); VAL(MP$(F, 6))
NEXT F
LPRINT "-----"
LPRINT
LPRINT "AMST. N.";
'IMPRIME NOME DOS ELEMENTOS
FOR F = 1 TO QE
  LPRINT TAB(8 + F * 8); MP$(F, 2);
NEXT F
'IMPRIME CONTAGENS, BACKGROUND E CONCENTRACAO
FOR F = 1 TO QA
  LPRINT TAB(3); F      'NUMERO DA AMOSTRA
  FOR G = 1 TO 2      'CONTAGEM, BACKGROUND
    FOR H = 1 TO QE
      LPRINT USING "#####"; TAB(8 + H * 8); MA(F, H, G);
    NEXT H
  LPRINT
NEXT G
G = 3
FOR H = 1 TO QE 'CONCENTRACAO
  LPRINT USING "###.##"; TAB(8 + H * 8); MA(F, H, G);
NEXT H
LPRINT
NEXT F
RETURN

```

'TABELAR FATORES

TABFAT:

```

CLS
PRINT " ***** ROTINA PARA TABELAR FATORES *****"
LOCATE 4, 10
PRINT " MEDIDA DOS PADROES";
VIEW PRINT 4 TO 24
FOR C = 1 TO QE
  LOCATE 22, 10
  PRINT "MEDIDA DO PICO DO PADRAO "; MP$(C, 1)
  LOCATE 23, 4
  PRINT "DISPARE O CONTADOR"
  SOUND 1000, 1: SOUND 0, 2: SOUND 1000, 1
  SLEEP
  GOSUB COLETA
  MP$(C, 4) = STR$(CONT)
'background dos padroes
  IF BC = 0 THEN GOTO fitabfat
  LOCATE 22, 10
  PRINT "MEDIDA DO BACKGROUND DO PADRAO "; MP$(C, 1)
  LOCATE 23, 4
  PRINT "DISPARE O CONTADOR"
  SOUND 1000, 1: SOUND 0, 2: SOUND 1000, 1
  SLEEP
  GOSUB COLETA
  MP$(C, 5) = STR$(CONT)
fitabfat:
  NEXT C
RETURN

```

'CALCULAR FATORES

CALCPADRAO:

```

CLS
PRINT " ***** ROTINA PARA CALCULAR FATORES *****"
LOCATE 4, 10: PRINT " CALCULANDO FATORES.....";
FOR D = 1 TO QE
  N1 = VAL(MP$(D, 3)) 'CONCENTRACAO
  N2 = VAL(MP$(D, 4)) 'CONTAGEM
  N3 = VAL(MP$(D, 5)) 'BACKGROUND
  IF BC = 0 THEN N3 = 0 'SEM BACKGROUND
  IF N2 - N3 = 0 THEN LOCATE 20, 10: PRINT "ERRO !!! DIVISAO POR ZERO":
GOTO CALC2
  MP$(D, 6) = STR$(N1 / (N2 - N3))
CALC2:
  LOCATE 6, 1
  PRINT TAB(10); " CONC. CONT. BACK. FATOR"
  PRINT TAB(2); D, TAB(10); N1; TAB(18); N2; TAB(26); N3; TAB(34); MP$(D, 6)
  SOUND 1100, 1
  SLEEP
NEXT D
RETURN

```

```

SALVA:
  NOMEPROG$ = LEFT$(TIMES$, 2) + MID$(TIMES$, 4, 2) + LEFT$(DATES$, 2) +
  MID$(DATES$, 4, 2)
  'NOME DO ARQUIVO = HORARIO (H/M) E DATA (DIA/MES)
  OPEN NOMEPROG$ + ".TXT" FOR OUTPUT AS #1
    PRINT #1, "CNEN-CDTN - ANALISE POR FLUORESCENCIA DE RAIOS-X"
    PRINT #1, "ANALISTA: "; NA$
    PRINT #1, "INTERESSADO: "; INT$
    PRINT #1, "PROCEDENCIA: "; PRO$
    PRINT #1, "CONDICOES: "; TAB(20); CF$; " MA"
    PRINT #1, AT$; " KV/"; TAB(20); TS$; " SEG"
    PRINT #1, "DIA: "; DATES$; TAB(20); "HORA: "; TIMES$
  'SALVA CALCULOS
  PRINT #1, "PADROES"
  PRINT #1, "ELEM."; TAB(18); "CONCT."; TAB(28); "CONT."; TAB(38); "BACK.";
  TAB(48); "FATOR"
  FOR F = 1 TO QE
    PRINT #1, MP$(F, 1); TAB(7); MP$(F, 2); TAB(18); MP$(F, 3); TAB(28); MP$(F,
  4); TAB(38); MP$(F, 5);
    PRINT #1, USING "####.##^"; TAB(48); VAL(MP$(F, 6))
  NEXT F
  PRINT #1, "AMST. N.";
  'SALVA NOME DOS ELEMENTOS
  FOR F = 1 TO QE
    PRINT #1, TAB(8 + F * 8); MP$(F, 2);
  NEXT F
  'SALVA CONTAGENS, BACKGROUND E CONCENTRACAO
  FOR F = 1 TO QA
    PRINT #1, TAB(3); F 'NUMERO DA AMOSTRA
    FOR G = 1 TO 2 'CONTAGEM, BACKGROUND
      FOR H = 1 TO QE
        PRINT #1, USING "#####"; TAB(8 + H * 8); MA(F, H, G);
      NEXT H
      PRINT #1,
    NEXT G
    G = 3
    FOR H = 1 TO QE 'CONCENTRACAO
      PRINT #1, USING "###.##"; TAB(8 + H * 8); MA(F, H, G);
    NEXT H
    PRINT #1,
  NEXT F
  CLOSE 1
  RETURN

```

```
'===== ROTINAS DE INTERFACE ====='
```

```
COLETA:
```

```
Elem = 0
```

```
AMOST = 0
```

```
CONT = 0
```

```
DADO = 0
```

```
'prepara para contagem
```

```
CLS
```

```
GOSUB habilita
```

```
'Indicacao na tela
```

```
LOCATE 5, 5
```

```
PRINT "habilitacao / ";
```

```
LOCATE 5, 5
```

```
PRINT "habilitacao \";
```

```
'espera fim da contagem
```

```
GOSUB leestado
```

```
espera:
```

```
ON KEY(15) GOSUB ABORTA
```

```
GOSUB leestado
```

```
WHILE estado <> 0
```

```
ON KEY(1) GOSUB ABORTA
```

```
ON KEY(15) GOSUB ABORTA
```

```
GOSUB leestado
```

```
WEND
```

```
SOUND 420, 1
```

```
SOUND 0, 3
```

```
SOUND 350, 1
```

```
SOUND 0, 2
```

```
'buscar os valores
```

```
GOSUB leval
```

```
IF TRC = 1 THEN GOSUB TROCA
```

```
RETURN
```

```
'-----definicao das funcoes-----'
```

```
'LER OS VALORES DA INTERFACE
```

```
' LE OS VALORES E TRAZ NAS VARIAVEIS: Elem, Amost, Cont
```

```
leval:
```

```
'leitura do numero do elemento
```

```
GOSUB leestado
```

```
Elem = DADO * 10
```

```
GOSUB leestado
```

```
Elem = Elem + DADO
```

```
LOCATE 10, 5
```

```
PRINT "Elemento="; Elem
```

```

'leitura do numero da amostra
  GOSUB ledado
  AMOST = DADO
  LOCATE 11, 5
  PRINT "Amostra= "; AMOST
'leitura das contagens
  FOR N = 5 TO 0 STEP -1
    GOSUB ledado
    CONT = DADO * (10 ^ N) + CONT
  NEXT N
  LOCATE 12, 5
  PRINT "Contagem="; CONT
RETURN

'LER DADO -----
'LE UM DIGITO BCD DA INTERFACE

ledado:
  DADO = 0
  FOR I = 3 TO 0 STEP -1      '1 digito BCD
    BITDADO = ((INP(StatusPort) AND Dta) / Dta) XOR 1
    DADO = BITDADO * (2 ^ I) + DADO
    GOSUB transmite
  NEXT I
  LOCATE 7, 5
  PRINT "dado="; DADO
RETURN

'LER ESTADO -----
lestado:
  'verifica se pronto
  estado = INP(StatusPort) AND Rdy
RETURN

'TROCA AMOSTRAS -----
TROCA:
  OUT DataPort, 0
  OUT DataPort, Clk
  OUT DataPort, Clk + Enb
  OUT DataPort, Clk
  OUT DataPort, 0
  LOCATE 21, 5
  PRINT "AMOSTRA TROCADA";
RETURN

'HABILITA -----
habilita:
  OUT DataPort, 0
  OUT DataPort, Enb
  OUT DataPort, 0
RETURN

```



'TRANSMITE OS DADOS -----  
'GERA SINAL DE CLOCK PARA O REGISTRADOR DE DESLOCAMENTO

transmite:

OUT DataPort, 0  
OUT DataPort, Clk  
OUT DataPort, 0

RETURN

END

MENU PRINCIPAL

- 1 -PREPARACAO
- 2 -PADROES (AQUISICAO E CALCULO DOS FATORES DE CORRECAO)
- 3 -AMOSTRAS (AQUISICAO E CALCULOS)
- 4 -IMPRESSAO
- 5 -ARMAZENAR
- 6 -TESTES
- 7 -SAIR

OPCAO?

QUAL A QUANTIDADE DE AMOSTRAS POR LOTE (max=6) ? 3

QUAL A QUANTIDADE TOTAL DE AMOSTRAS = 0 ? 30

QUAL A QUANTIDADE DE ELEMENTOS = 0 ? 4

CONSIDERAR BACKGROUND (S/N)? S

CORRIGIR (N)?

Figura 17 - Telas do Menu Principal e Menu de Preparação

----- MODULO PADROES -----

1 -COLETA  
2 -CALCULOS  
3 -SAIR

OPCAO?

----- MODULO PADROES -----

ELEMENTO = 1 DE 4

NUMERO DO ELEMENTO = ? 1

NOME DO ELEMENTO = ? FE

CONCENTRACAO DO PADRAO (%) = ? 10

CORRIGIR (N)?

Figura 18 - Telas do Menu de Padrões

----- MODULO TESTES -----

1 -INTERFACE  
2 -TROCA AMOSTRAS  
3 -SAIR

OPCAO?

----- MODULO AMOSTRAS -----

1 -COLETA  
2 -CALCULOS  
3 -SAIR

OPCAO?

Figura 19 - Telas do Menu de Testes e Amostras

----- MODULO IMPRESSAO -----

1 -CABECALHO  
2 -SAIDA NA IMPRESSORA  
3 -SAIR

OPCAO?

----- MODULO IMPRESSAO -----

NOME DO ANALISTA? RENATO  
DATA? 22/07/95  
NOME DO INTERESSADO? CNEN  
PROCEDENCIA? BAHIA  
NUMERO DO BOLETIM? 001  
HORA? 10:30

CORRIGIR?

Figura 20 - Telas do Menu de Impressão



As publicações do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear estão disponíveis para permuta na Biblioteca, CDTN - Caixa Postal 1941 - CEP: 30161-970 - Belo Horizonte - MG - Brasil.

Publications of the Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear are available, on an exchange basis, from the Library, CDTN - Caixa Postal 1941 - CEP: 30161-970 - Belo Horizonte - MG - Brazil.

Tel.: (031) 441-5422 Fax: (031) 443-4744 Telex: (031) 1173 CNEN BR