

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE DE SINAIS BIOLÓGICOS EM PROTOCOLOS EXPERIMENTAIS E CLÍNICOS

M.A. GUTIERREZ e S.S. FURUIE

RESUMO -- Apresenta-se o desenvolvimento de um Sistema (software e hardware) para processamento de sinais, utilizando-se microcomputador IBM-Pc compatível, contando com conversor A/D comercial e um hardware desenvolvido (Janela Discriminadora), que possibilita ajuste, discriminação e contagem em até três níveis de potencial para o estudo de processos pontuais (potenciais de ação). O Sistema, pela sua modularidade, permite através de adaptações a sua utilização em vários protocolos experimentais e clínicos. Este trabalho descreve algumas de suas aplicações.

INTRODUÇÃO

O uso de microcomputadores em laboratórios biológicos é um resultado direto da evolução dos computadores. O baixo custo de sistemas baseados em microcomputadores tem permitido a sua utilização nesta área, possibilitando a automatização dos experimentos através da aquisição e análise de dados. A utilização destes sistemas, tem permitido a implementação de protocolos experimentais e clínicos, onde a análise dos dados consumia muito tempo ou tornava-se extremamente complexa, sem a ajuda de computadores (Schoenfeld, 1977). Muitos desses experimentos requerem o estudo da correlação temporal de sinais eletromecânicos (pressão sanguínea, ECG, potenciais de ação, etc...), provenientes de vários servomecanismos, possibilitando desta forma a observação da interação e o funcionamento destes mecanismos.

Diante da demanda por esta instrumentação, desenvolveu-se um Sistema que permite a realização destas tarefas, com o objetivo de se obter um produto final utilizável e flexível. Utilizável para permitir uma boa interação com o usuário através da apresentação de menus ativos durante todas as fases do processamento, mensagens (de erro na entrada de parâmetros, sinalizações, etc. Flexível para permitir face às varias necessidades adaptações para as aplicações específicas, através de uma estrutura construída em módulos.

Serviço de Informática Médica do Instituto do Coração/HC.FMUSP
Caixa Postal 8091 - CEP 05403 - São Paulo - SP

// Trabalho recebido em 30/06/87 e aceito em 22/06/89 //

MATERIAL E MÉTODOS

Hardware

O Sistema foi desenvolvido utilizando-se como recursos de hardware um microcomputador IBM-PC compatível, 256 Kbytes de memória, vídeo gráfico, 2 unidades de disco flexível 5 1/4" e impressora gráfica, incluindo uma placa comercial com conversor A/D de 16 canais e 10 bits de resolução (Lynx Tecnologia) para, através de interrupções, permitir o processamento dos sinais em tempo-real. Entretanto para o estudo da ocorrência de potenciais de ação, torna-se inviável esta metodologia. Desenvolveu-se uma Janela Discriminadora (JD) que permite um pré-processamento desta classe de sinais (Dicaprio, 1985). Conectada ao microcomputador por meio de modificações na interface paralela (padrão Centronics), a JD discrimina os sinais relativos aos potenciais de ação em até três níveis de amplitude e realiza a contagem em cada nível. Os níveis podem ser ajustados pelo usuário e o número de eventos são contados em 4 bits por nível. Dois registradores de saída da interface foram modificados para registradores de entrada, possibilitando o recebimento dos 12 bits de contagem. Um terceiro registrador de saída da interface foi utilizado para o envio de sinais de controle para a JD, que passa a ser controlada pelo microcomputador, possibilitando o armazenamento das contagens (LATCH) como também a inicialização dos contadores (RESET), sendo o tratamento de leitura e controle realizado por software. As modificações realizadas na interface paralela não desabilitam a sua função no controle de impressoras, pois o chaveamento do seu modo de operação (JD ou Centronics) é realizado pelo cabo de conexão utilizado (fig-1).

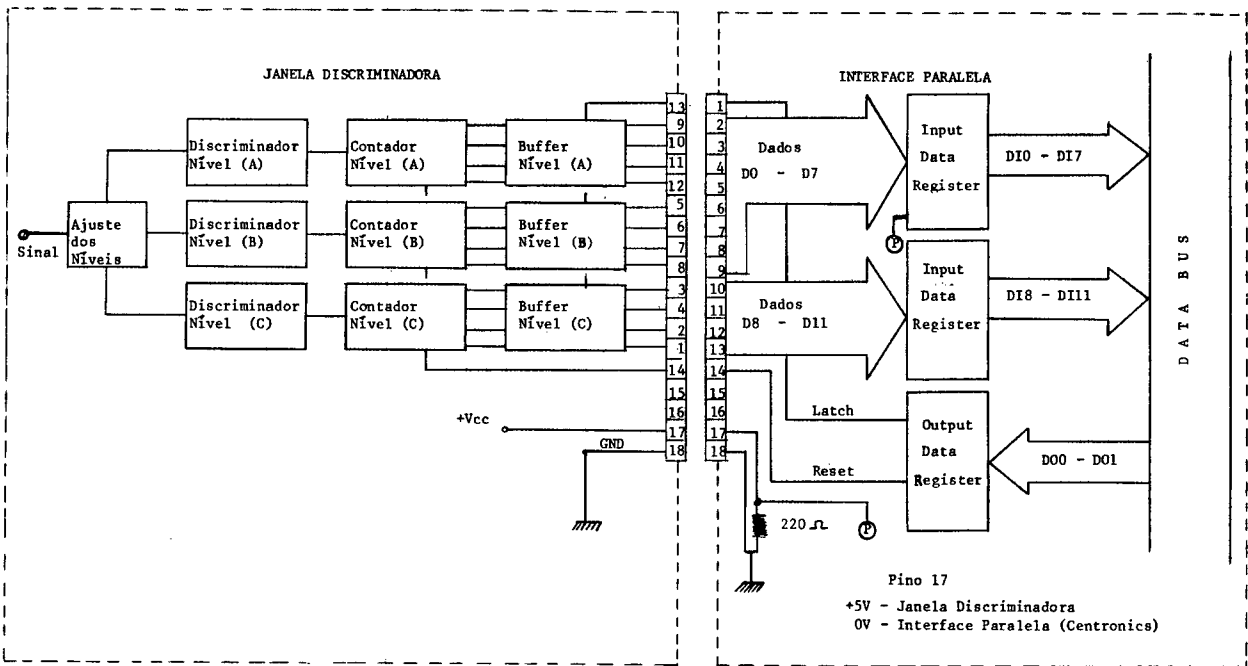
Software

O Sistema foi desenvolvido nas linguagens Pascal (Turbo-Pascal, Borland International) e Assembly (Macro-Assembler, Microsoft Corporation). O assembly foi utilizado nas rotinas de controle do conversor A/D pela necessidade de um grande desempenho em velocidade.

Os módulos básicos que constituem o Sistema são :

- Módulo de Configuração
- Módulo de Aquisição
- Módulo de Armazenamento
- Módulo de Análise
- Módulo de Calibração

Figura 1 - Diagrama de Blocos dos circuitos da Janela Discriminadora e Interface paralela (Centronics) e a conexão



Módulo de Configuração - Permite configurar o Sistema com as características de trabalho ,tais como : frequência de amostragem dos sinais (40 Hz a 10 KHz) ,o número de sinais a serem adquiridos (1 a 16) ,o nome e a unidade de cada sinal ,fator de ganho e posicionamento de cada sinal no vídeo (fig-2).

Módulo de Aquisição - Realiza a aquisição ,visualização e armazenamento dos sinais em tempo-real ,por interrupção ,utilizando a frequência de amostragem ajustada no módulo de configuração .Esta frequência fica limitada ao número de canais utilizados e a visualização ou não dos sinais durante a aquisição .Uma análise do desempenho das rotinas deste módulo ,mostra que para a aquisição de 4 canais com visualização a frequência máxima é de 300 Hz e para 1 canal sem visualização esta atinge até 10 KHz (microcomputador com 'clock' de 8Mhz e com co-processador 8087).

Módulo de Armazenamento - Permite cadastrar um conjunto de sinais através de um protocolo de exames e realizar o armazenamento em disco destes sinais ,bem como recuperar um conjunto de sinais previamente armazenado para o módulo de análise .

Módulo de Análise - Permite mostrar os sinais adquiridos pelo módulo de aquisição ou recuperados pelo módulo de armazenamento ,em telas congeladas ,possibilitando correlacionar temporalmente os sinais ,percorrer os sinais na tela através de cursores para a obtenção de valores instantâneos (amplitude e tempo),valores mínimos ,médios ,máximos e áreas de trechos dos sinais.

Módulo de Calibração - Possibilita calibrar cada canal do conversor A/D independentemente para a obtenção de valores reais ,através de regressão linear ,gerando um arquivo de calibração em disco para cada sinal ,que podem ser recuperados pelo módulo de configuração (fig-3).

RESULTADOS

O Sistema esta sendo utilizado em experimentação animal (cães e ratos) e em monitoração de pacientes em UTI ,sendo que a estrutura básica sofreu algumas adaptações para cada aplicação .

Sistema para Processamento de Sinais de Pressão Arterial e Pressoreceptores - Normalmente a pressão arterial (PA) varia de acordo com os diferentes quadros comportamentais .Há circunstâncias em que as flutuações são exageradas ,dificultando precisar qual o valor basal .A análise da PA batimento-a-batimento ,permite avaliar o valor médio dentro de um período e a extensão da flutuação (labilidade) correspondente (Cowley ,1980),bem como a influência de servomecanismos .

No estudo da adaptação dos pressoreceptores aos diferentes níveis de PA (Mc Cubbin ,1956) ,é necessário quantificar as descargas dos pressoreceptores com cada onda de pressão .

| S.I.M. - InCor Hipertensao | | CONFIGURACAO ATUAL DO SISTEMA | |
|--|---------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Cadastro Aquisicao Analise → Configuracao Calibracao Graficos Final | | 1-Freq. Amostragem (Hz) = 300.0 | |
| | | 2-Numero de Canais (bits)= 7 | |
| | | 3-Configuracao dos Canais: | |
| | Canal Sinal Unid. Arqcal. | Sens. | Lbase Reduz Range |
| | 0 Cn-0 mV Test-0.CAL | 1.00 | 30 5 15 |
| | 1 Cn-1 mV Test-1.CAL | 1.00 | 60 5 15 |
| | 2 Cn-2 mV Test-2.CAL | 1.00 | 90 5 15 |
| Sub-Menu Configuracao → Freq.Amost. Num. Canais Configurar Num. Pontos Visualizar Finalizar | | 4-Numero de Pontos Buffer= 1000 | |
| | | 5-Visualizacao(s/n) = S | |
| | | | |

Figura 2 - Tela do Módulo de Configuração com os parâmetros ajustados para a aquisição de 4 canais a 300 Hz de amostragem .

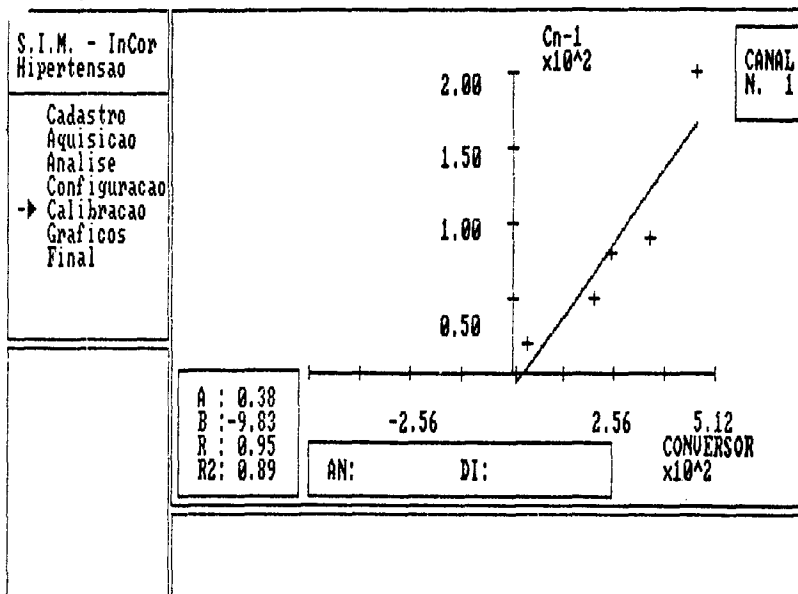


Figura 3 - Tela do Módulo de Calibração com os dados da regressão linear ,efetuada em uma calibração .

O presente sistema permite a aquisição ,pré-processamento e armazenamento ,em tempo real ,de até 24 horas de experimento ,se configurado com disco de 10 Mbytes .São armazenados os valores de pressão sistólica ,diastólica e média ,além da frequência cardíaca e a contagem de disparos obtidos em cada ciclo .O módulo de aquisição possibilita a amostragem do sinal de PA a uma taxa de 120 Hz ,realizando o processamento em tempo-real para a determinação dos parâmetros pressão máxima ,mínima ,média e frequência cardíaca de cada onda de pressão .A contagem das descargas dos pressoreceptores é enviada para o microcomputador através da JD. Assim que o módulo de aquisição trata um sinal de interrupção ,gerado pelo A/D ,os dados coletados da JD (número de descargas em cada nível) são lidos e um sinal de 'reset' de contagem é enviado para a JD ,que procede a nova contagem ,enquanto o módulo de aquisição continua a realizar cálculos com o sinal de PA e espera até que nova interrupção ocorra .O módulo gráfico (fig-4, fig-5) permite uma análise estatística básica dos parâmetros através de : gráfico de média e desvio padrão em função do tempo para cada parâmetro ;tabela de médias e desvios padrões de todos os parâmetros em um intervalo de tempo ;gráfico que correlaciona o número de descargas dos pressoreceptores a outros parâmetros ;histograma de ocorrência de cada parâmetro durante o período de aquisição .

Sistema para Monitoração de Pacientes em UTI - Os sinais hemodinâmicos ,eletro-vetocardiográficos e respiratório em UTI, possibilitam avaliar o estado de pacientes graves ,assim como a eficiência do tratamento adotado .Para agilizar a análise destes sinais ,foram implementadas algumas rotinas no módulo de análise ,como também um cadastro adequado para o registro dos pacientes e de seus sinais .Os resultados de uma aquisição realizada em um paciente com tromboembolismo pulmonar são mostrados (fig-6) e o respectivo traçado veto-cardiográfico é obtido pela rotina de Lissajous do Sistema (fig-7) .

Sistema Controle Autônômico - A finalidade do estudo ,em experimentação animal ,do controle autônômico das funções do sistema cardio-vascular-respiratório ,é traçar o papel das fibras vagais na regulação deste processo .Para tanto é fundamental a conjugação temporal dos sinais provenientes destas fibras com os demais sinais vitais:pressão arterial ,pressão atrial ,pressão na artéria pulmonar ,fluxo respiratório e eletrocardiograma .Os potenciais de ação das fibras vagais são discriminados e contados por meio da JD .As contagens realizadas são correlacionadas com os demais sinais ,através de rotinas no módulo de análise que traçam as funções de auto-correlação e correlação cruzada .Estas rotinas permitem realizar a mesma tarefa entre os sinais vitais (fig-8) .

Magnetocardiografia - No estudo do campo magnético cardíaco gerado pelas correntes elétricas que dão origem ao eletrocardiograma ,é necessária a aquisição dos sinais magneto e eletrocardiográficos .A frequência de amostragem utilizada é de 200 Hz e o processamento realizado no módulo de análise consiste na utilização de filtros digitais para a detecção do complexo QRS ,utiliza-

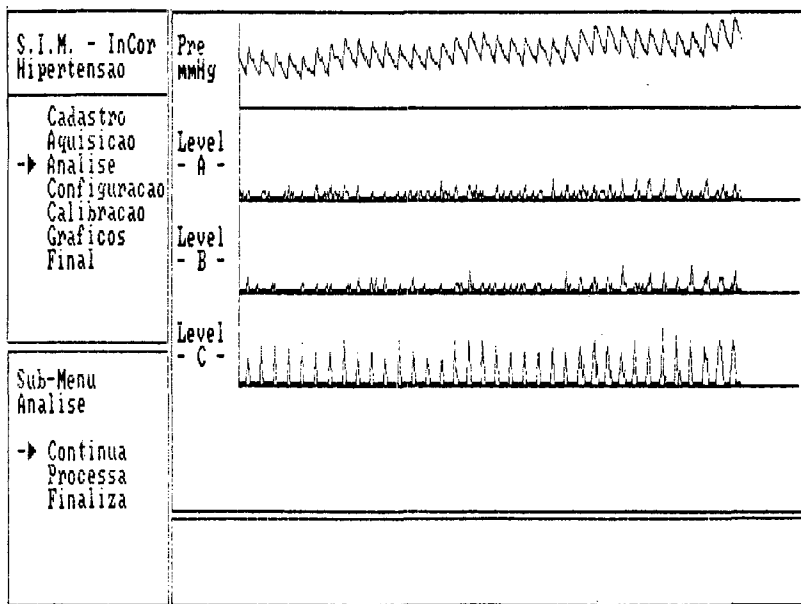


Figura 4 - Pressão Arterial (PA) e Descargas dos Pressoreceptores em um rato . Nível A ajustado para 500 mV , Nível B para 750 mV e Nível C para 1 V.

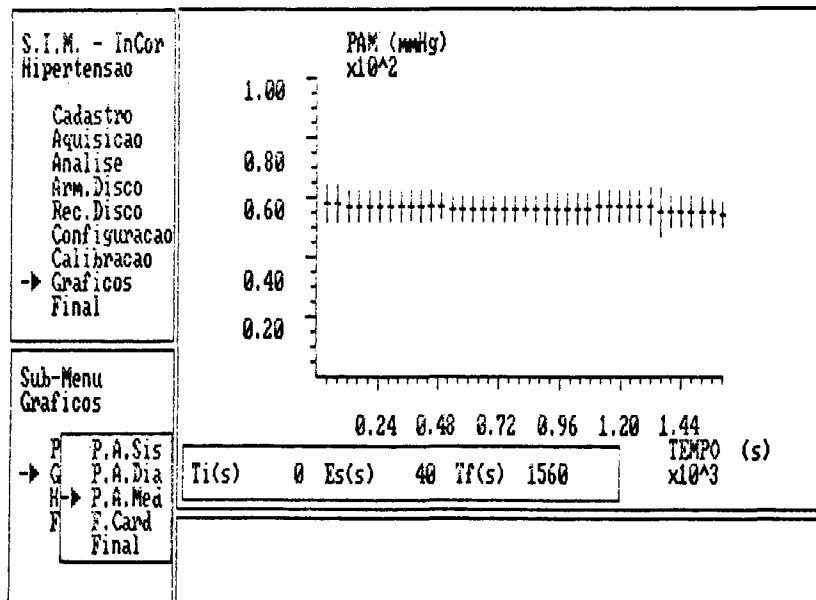


Figura 5 - Variação da PA média em um rato durante 1/2 hora .

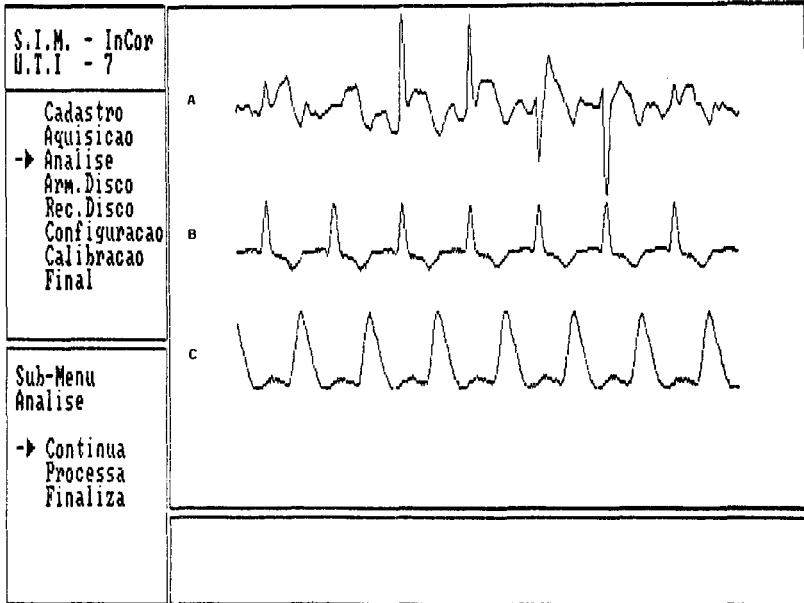


Figura 6 - Sinais armazenados de um paciente em UTI ,A) Sinal de Bioimpedância ,B)ECG e C) Pressão Arterial .

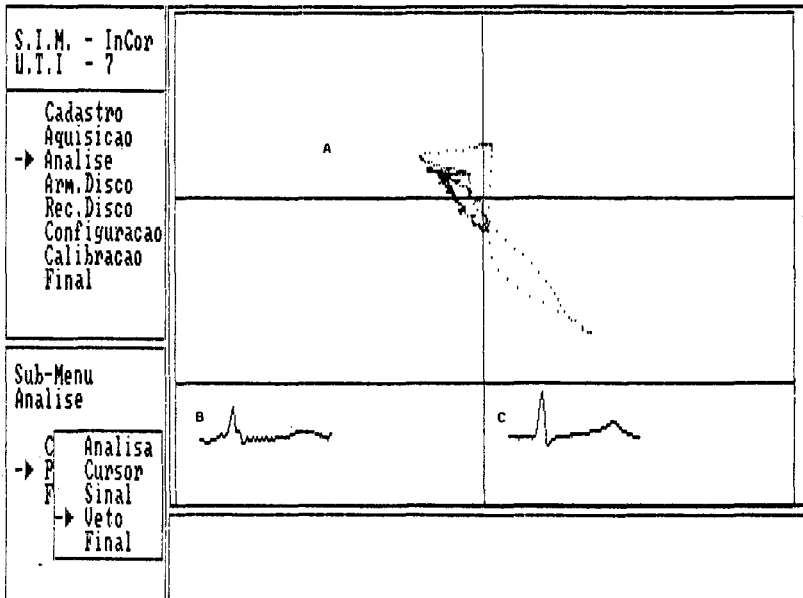


Figura 7 - Traçado Vetocardiográfico (A) obtido pela rotina de Lissajous a partir de duas derivações ortogonais (B e C) .

do como ponto de sincronismo na realização da média coerente ,para a melhoria da relação sinal/ruído do sinal de magneto (fig-9).

Como pode ser observado pelas figuras 4 a 9 ,o desenvolvimento do Sistema possibilitou aplicações em varios protocolos de pesquisa (Sistema para Processamento de Sinais de Pressão Arterial e Pressoreceptores ,Sistema para Monitoração de Pacientes em UTI ,Sistema Controle Autônômico e Magnetocardiografia).Duas características contribuíram para isto :

1) a forma modular com a qual o software foi desenvolvido aumentando a sua versatilidade e 2) o desenvolvimento da JD e sua conexão com o Sistema ,o que possibilitou o um maior desempenho face as limitações existentes no processamento em tempo-real .

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FINEP ,que tornou possível a realização deste trabalho ,e também agradecem ao Prof. Dr. Eduardo Moacir Krieger e a Dra. Silvia Lage do Instituto do Coração pela cessão dos dados experimentais e clínicos obtidos com o Sistema .

BIBLIOGRAFIA

- COWLEY, A.W. et all., (1980) ,Further Evidencce for Lack of Baroreceptor Control of Long-Term Level of Arterial Pressure, Oxford University Press, Oxford, 391-398.
- MC CUBBIN et all.,(1956) ,"Baroreceptor Function in Chronic Renal Hypertension", Circ.Res. 4:205-210.
- DICAPRIO, R.A. (1985) ,"A Multichanned Counter/Timer Interface for the Acquisition of Neuronal Spike Trains", IEEE - Trans. Biomed. Eng.,32:345-347.
- SCHOENFELD, R.L. (1977) ,"The Microprocessor in the Biological Laboratory", Computer ,(5):56-67.

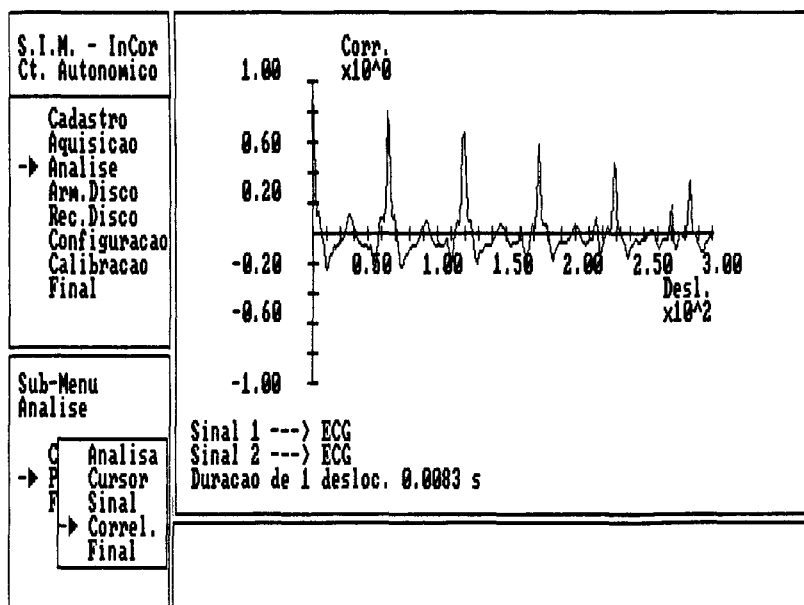


Figura 8 - Rotina de Correlação mostrando a função de auto-correlação de um sinal de ECG .O período do ECG pode ser medido pelo intervalo entre os picos da função

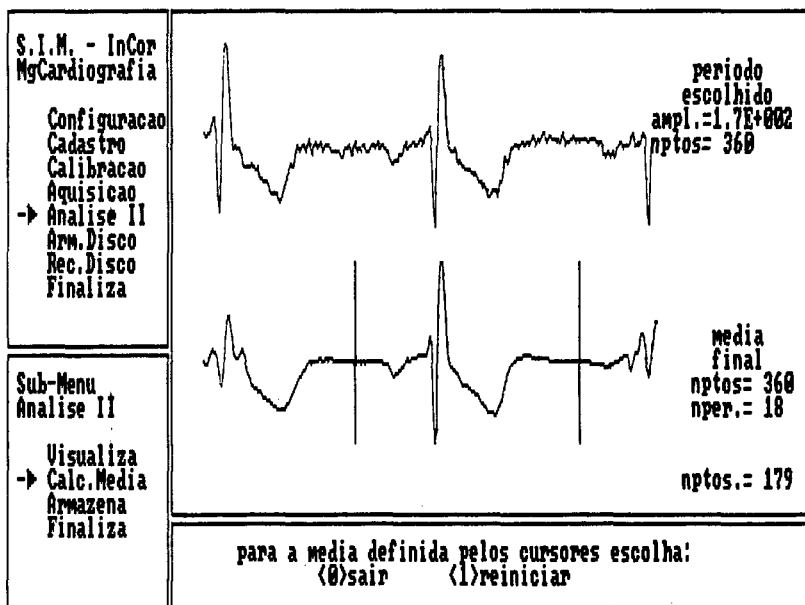


Figura 9 - Rotina mostrando a média coerente do sinal de magneto-cardiografia .

ACQUISITION AND ANALYSIS SYSTEM FOR BIOLOGICAL SIGNALS
IN EXPERIMENTAL AND CLINICAL PROTOCOLS

M.A. GUTIERREZ e S.S. FURUIE

ABSTRACT -- This paper presents the development of a Signal Processing System (hardware and software), using an IBM-Pc compatible microcomputer with a comercial A/D converter and a special hardware device (Window Discriminator) ,that enables setting ,discrimination and up to three level potential counting for the study of point process (action potentials).By its modularity ,this System permits its use in experimental and clinical protocols with only a few changes .This work will describe some of its actual applications

Serviço de Informática Médica do Instituto do Coração/
HC.FMUSP - Caixa Postal 8091 - CEP 05403 - São Paulo SP