

Desenvolvimento de Sistemas de Aquisição, Processamento e Análise de Sinais Eletrocardiográficos

Bolsista: João Luiz Azevedo de Carvalho

Orientador: Adson Ferreira da Rocha

Departamento de Engenharia Elétrica

Início da Bolsa: Agosto de 2000

Introdução

Ao contrário do que pode se pensar, um indivíduo cujo coração bate sempre com o mesmo ritmo provavelmente não é saudável. Um indivíduo normal tem seu ritmo cardíaco controlado pelos ramos simpático e parassimpático do sistema nervoso, que aumentam e diminuem o ritmo do coração, respectivamente.

Esse controle se dá pela ligação do sistema nervoso autônomo ao nódulo sinoatrial (Fig. 1), o qual determina o ritmo de batimento de todas as células do coração. É o nosso marca-passo natural.

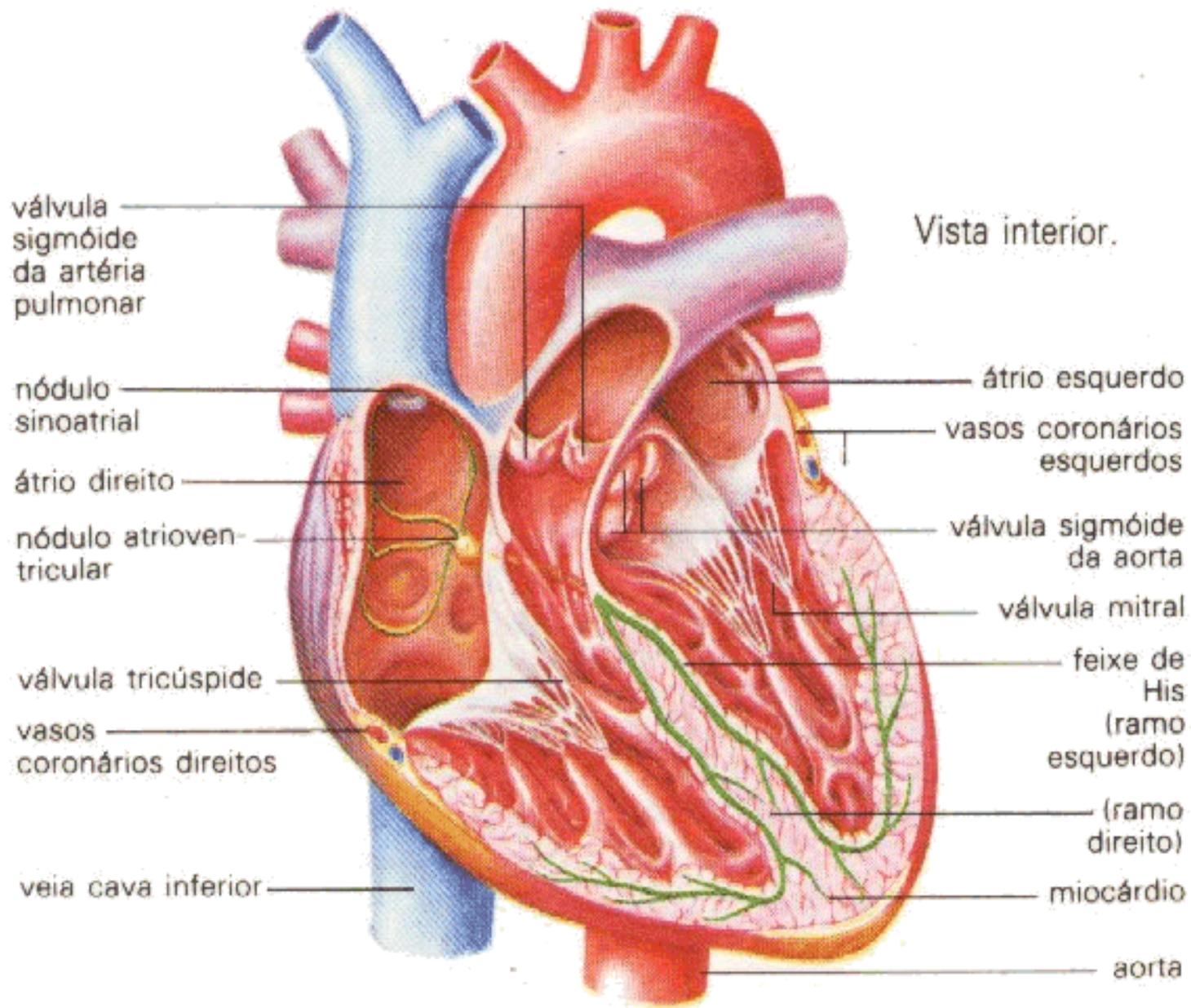


Fig. 1 – Coração humano

O estudo da variabilidade da frequência cardíaca pode portanto ajudar a determinar o grau de atuação e de equilíbrio do sistema nervoso autônomo em um indivíduo. Na verdade, pode servir até como um indicador de *stress*.

Para obter o sinal da variabilidade da frequência cardíaca, o sinal HRV (*heart rate variability*), o mais usual é medir o intervalo entre batimentos consecutivos do coração, obtendo assim um gráfico que mostra a variação do período cardíaco no decorrer do tempo. Esta medida é comumente feita baseando-se no intervalo R-R, que é o tempo decorrido entre duas ondas R, a onda de maior amplitude no traçado do eletrocardiograma (Fig. 2), cuja detecção é computacionalmente fácil de se implementar e bastante precisa. O sinal medido é assim chamado sinal R-R ou sinal HP (*heart period*), pois indica a variação do período cardíaco no decorrer do tempo (Fig. 3).

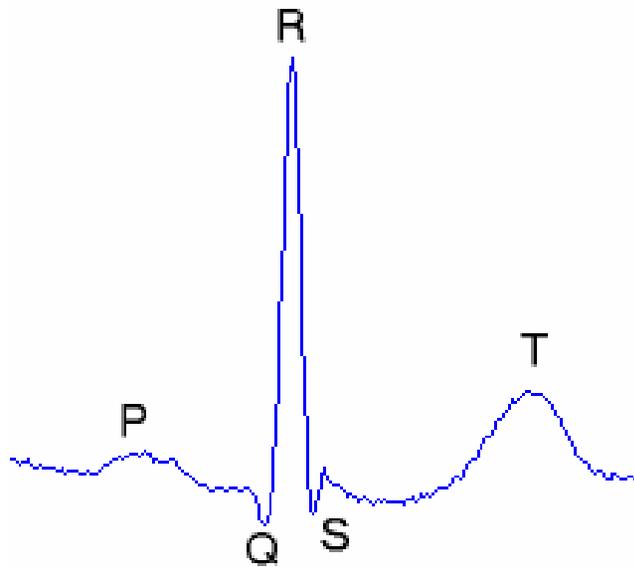


Fig. 2 – Traçado típico do eletrocardiograma (ECG)

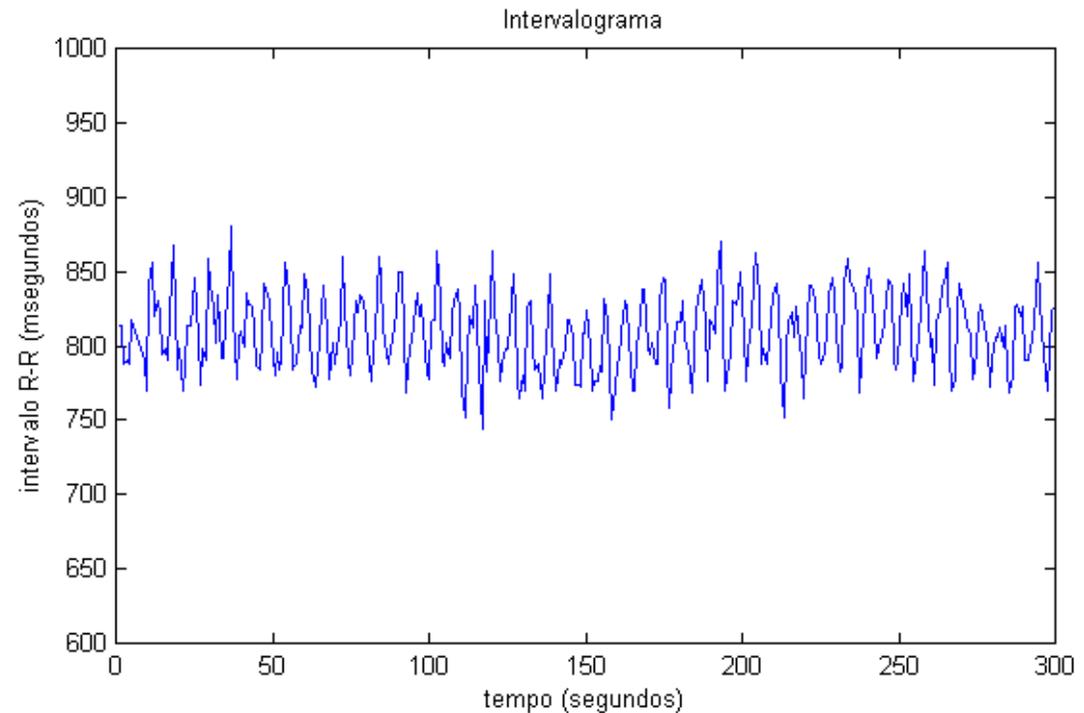


Fig. 3 – Sinal de variabilidade da frequência cardíaca (sinal R-R)

Objetivos

O objetivo deste trabalho é contribuir com os pesquisadores em cardiologia, desenvolvendo um sistema de processamento digital do eletrocardiograma que facilite a obtenção do sinal de

variabilidade cardíaca a partir do ECG, e que retorne diversos gráficos e índices que facilitem a análise desse sinal.

A demanda pelo sistema veio do Laboratório Cardiovascular do Departamento de Medicina da UnB, que tem necessidade de um sistema que englobe diversas técnicas diferentes de análise do sinal de HRV, como a análise temporal e estatística, a análise espectral, a análise do *plot* de Poincaré e a análise seqüencial da tendência de variação do intervalo R-R. Além disso, há a demanda por um ambiente para medição e análise dos intervalos Q-T, os quais indicam a duração da contração ventricular.

Tradicionalmente, a medição dos intervalos R-R e Q-T era feita manualmente no laboratório, o que tomava muito tempo dos pesquisadores. Os dados eram analisados em sistemas independentes e que não foram feitos especialmente para este tipo de pesquisa. Daí a necessidade de um sistema integrado capaz de permitir ao pesquisador fazer rapidamente toda a análise do comportamento cardíaco de diversos indivíduos. Por isso também é objetivo do trabalho desenvolver um sistema para gravar digitalmente o sinal de ECG.

Além disso, espera-se ao final do trabalho desenvolver técnicas avançadas de análise de sinais eletrocardiográficos, em especial técnicas utilizando as transformadas wavelet e implementá-las dentro do sistema de forma a permitir ao Laboratório Cardiovascular da UnB realizar pesquisas com uma ferramenta de análise nova e ainda inexplorada.

Métodos e Procedimentos

A preparação para o projeto consistiu em um estudo dirigido sobre processamento digital de sinais, englobando álgebra linear, ortogonalidade de função, exercícios no Matlab, redes neurais e arquitetura de computadores, além de um estudo especial sobre fisiologia do coração e eletrocardiografia.

O primeiro passo no projeto foi desenvolver o sistema para gravar digitalmente o eletrocardiograma. Esse programa foi implementado em ambiente DOS, utilizando um conversor A/D comercial e linguagem Turbo C++.

Esse sistema poderá ser futuramente substituído por um programa em ambiente Windows, e nesse caso a aquisição seria feita por meio de microcontrolador PIC. O sinal analógico vem do próprio eletrocardiógrafo utilizado no Laboratório Cardiovascular, mas este poderá ser substituído por um sistema de instrumentação já integrado ao microcontrolador, constituindo assim um sistema integrado e independente. Para isso foi criado um grupo de estudo em instrumentação biomédica dentro do departamento.

O segundo passo foi desenvolver o sistema de processamento do ECG e análise do sinal de variabilidade cardíaca e do intervalo Q-T. Este sistema está sendo desenvolvido dentro do ambiente Matlab, devido à facilidade que se tem para o processamento digital de sinais e para a obtenção de gráficos nesse programa.

Para o desenvolvimento desse sistema, a troca de idéias com os professores do Laboratório Cardiovascular foi fundamental e as técnicas de análise implementadas são fundamentadas em artigos médicos e na própria experiência desses professores.

Outra linha de trabalho dentro do projeto foi a criação do grupo de estudo de transformadas wavelets, com o qual está sendo obtida a experiência necessária com essa ferramenta matemática para que se possa utilizá-la para desenvolver técnicas originais para a análise de sinais eletrocardiográficos. A idéia é a integração deste projeto com um trabalho de Doutorado em desenvolvimento no Departamento, criando assim novas técnicas e integrando-as ao sistema de análise desenvolvido, tornando-as algo fácil de usar para os pesquisadores em cardiologia.

Resultados Alcançados

Os resultados obtidos no primeiro ano de trabalho ficaram acima das expectativas dos orientadores. O sistema de aquisição ficou pronto rapidamente ainda no início da bolsa. O sistema de análise de detecção das ondas R e de análise da variabilidade da frequência cardíaca já está em fase de ajustes finais, já sendo utilizado pelos professores Laboratório Cardiovascular. O

sistema de medição do intervalo Q-T está bastante adiantado, e com o trabalho já desenvolvido espera-se que a conclusão do sistema de análise seja rápida.

A seguir são apresentadas telas do programa desenvolvido.

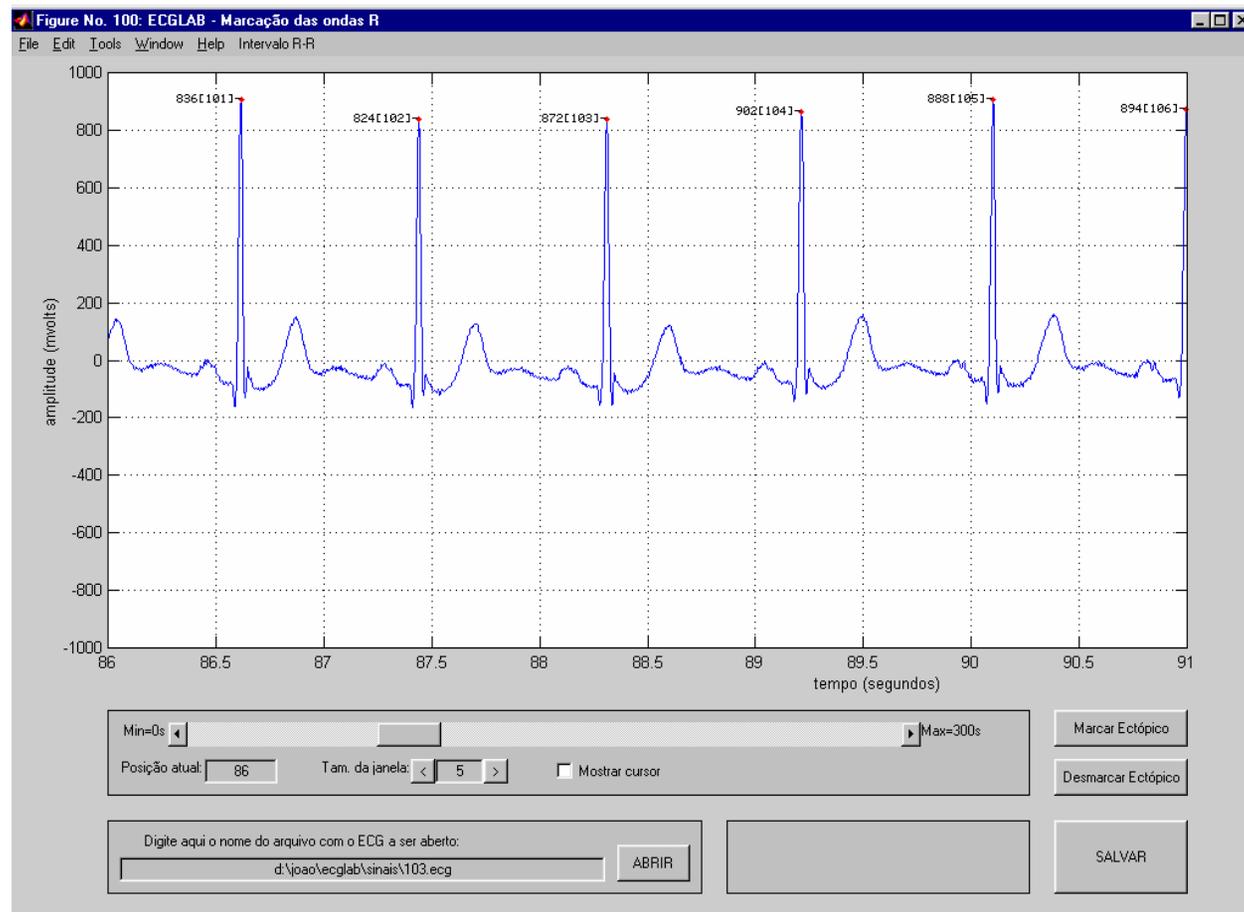


Fig. 4 – Sistema para detecção automática das ondas R

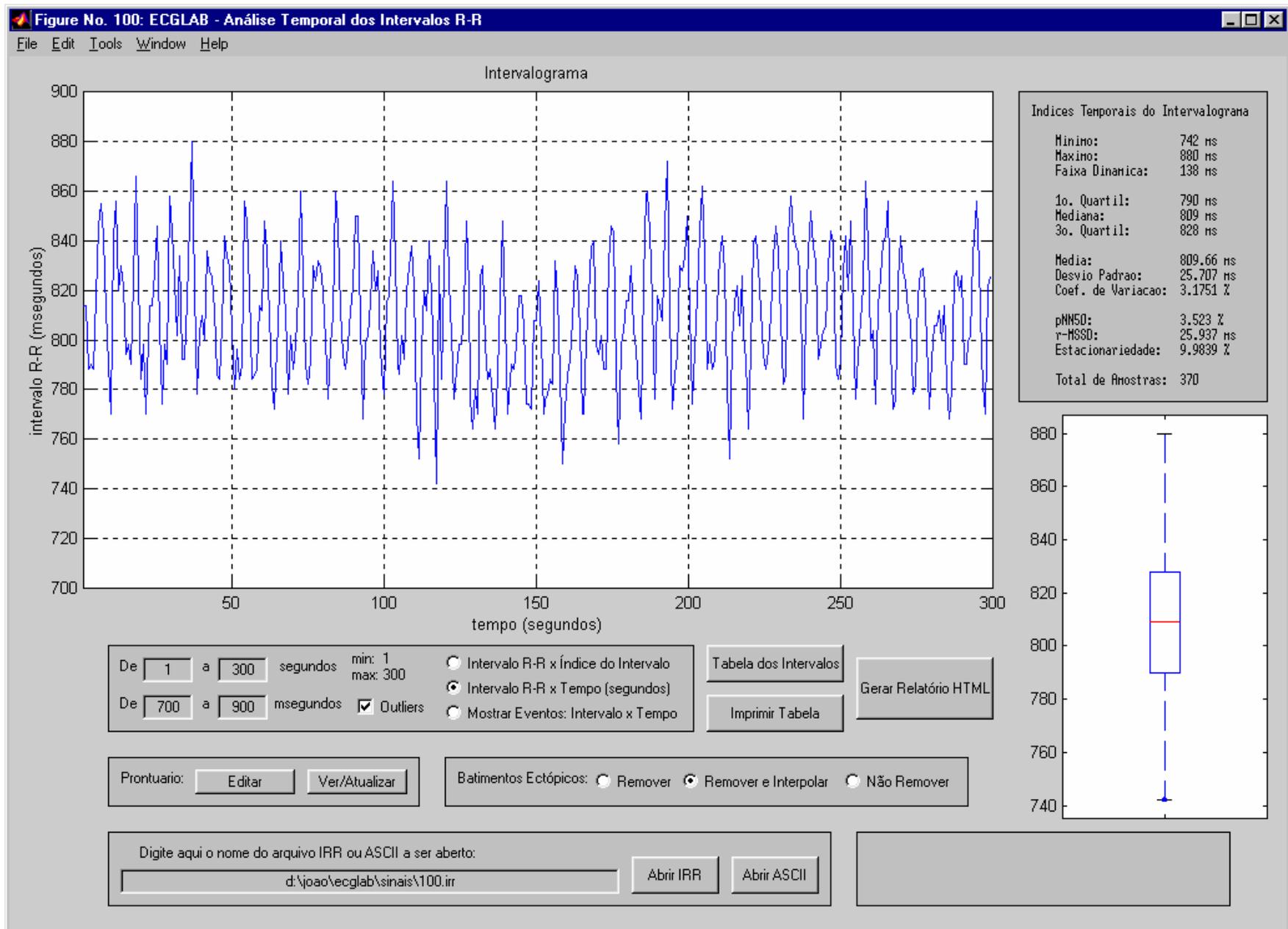


Fig. 5 – Sistema para análise temporal e estatística do sinal R-R

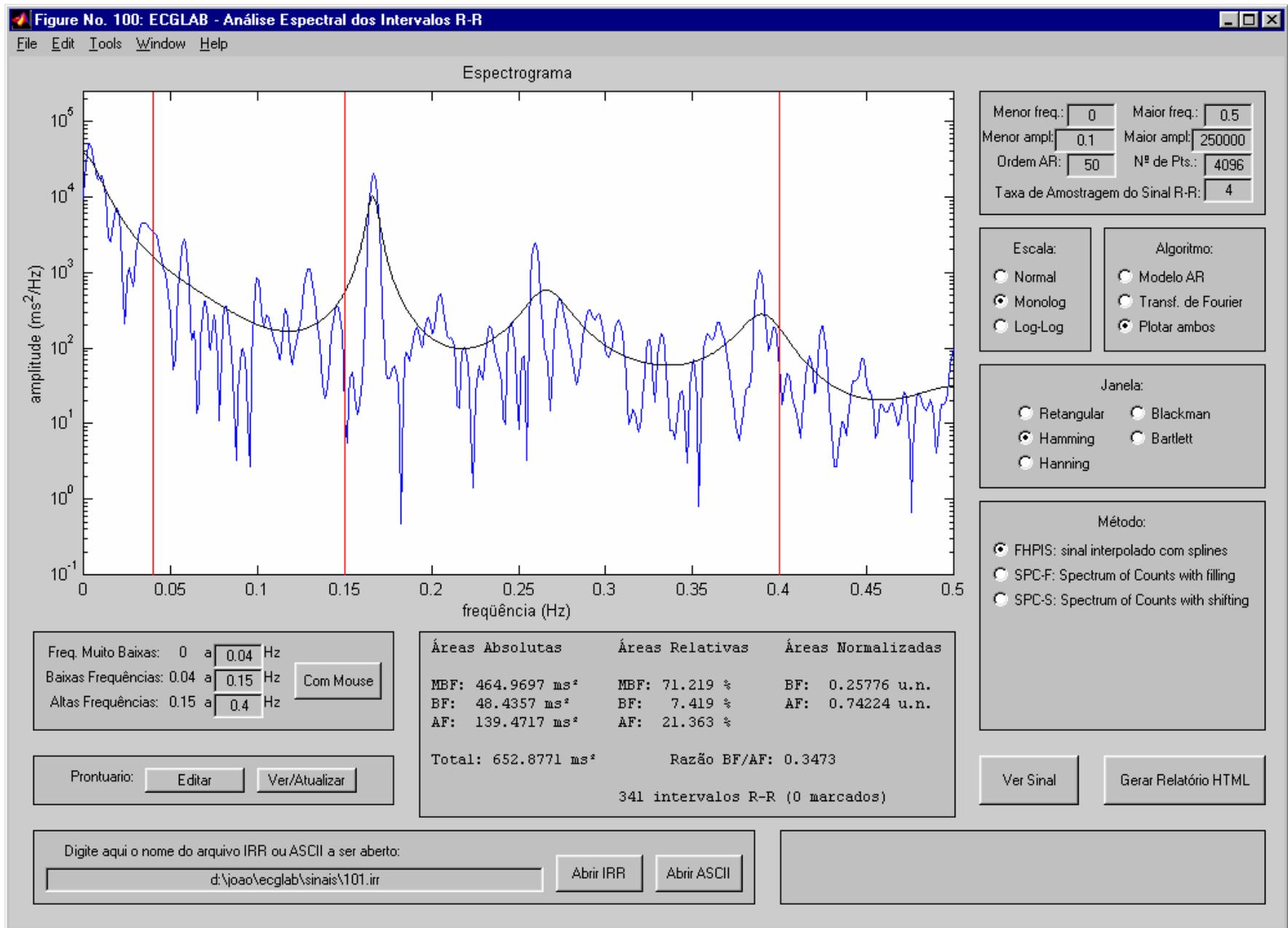


Fig. 6 – Sistema para análise espectral do sinal R-R

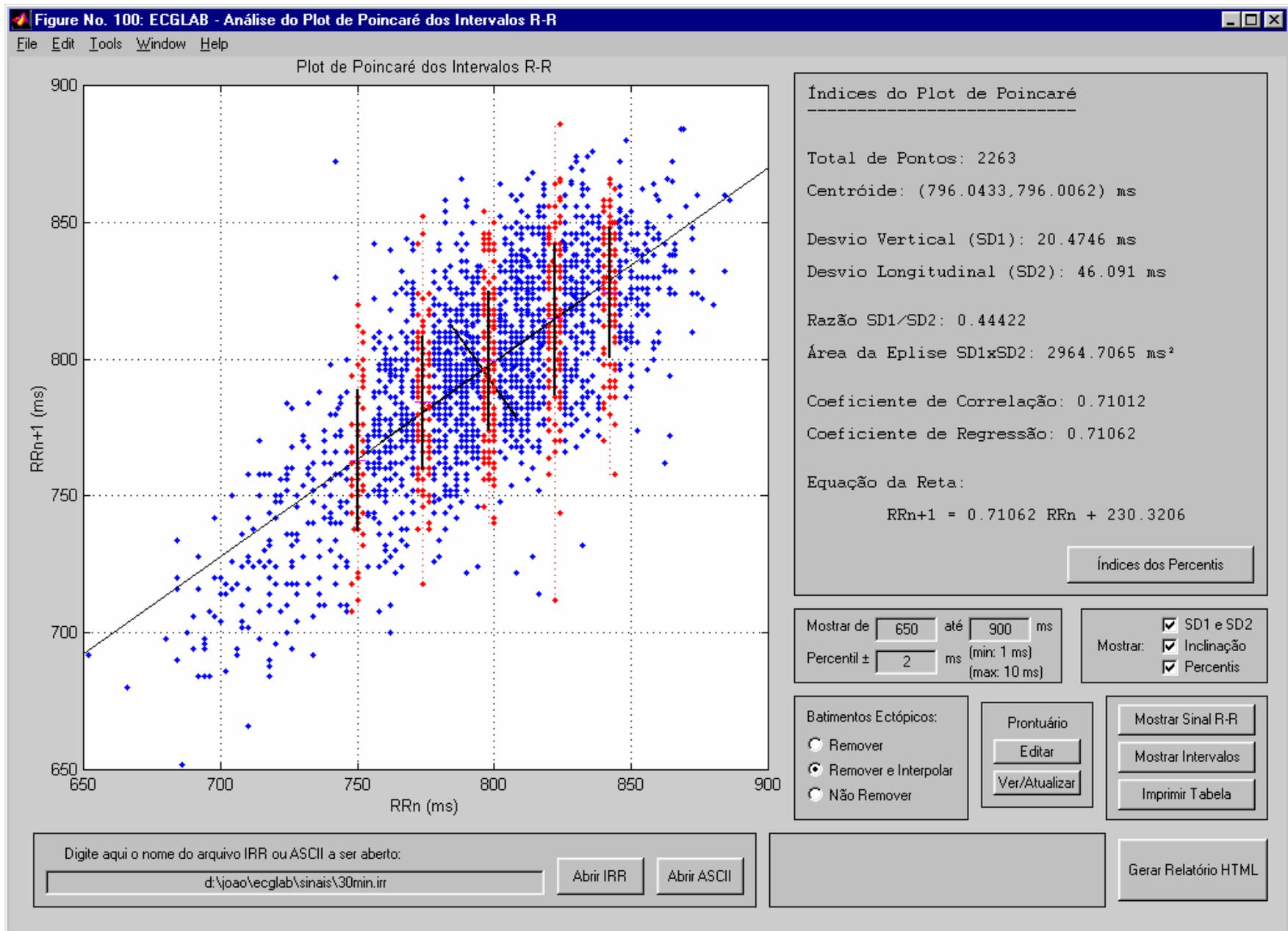


Fig. 7 – Sistema para análise do *plot* de Poincaré

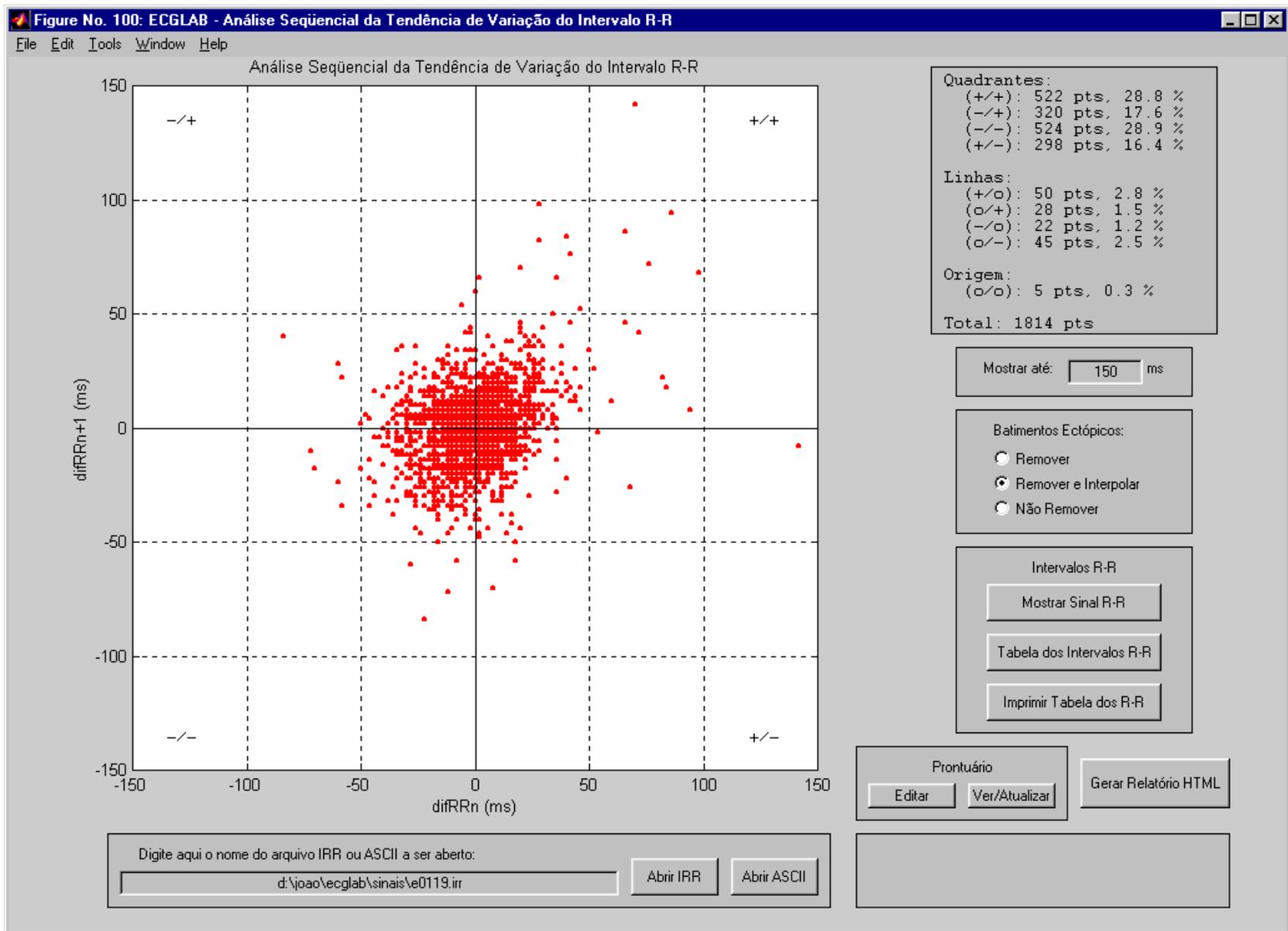


Fig. 8 – Sistema de análise seqüencial da tendência de variação do intervalo R-R

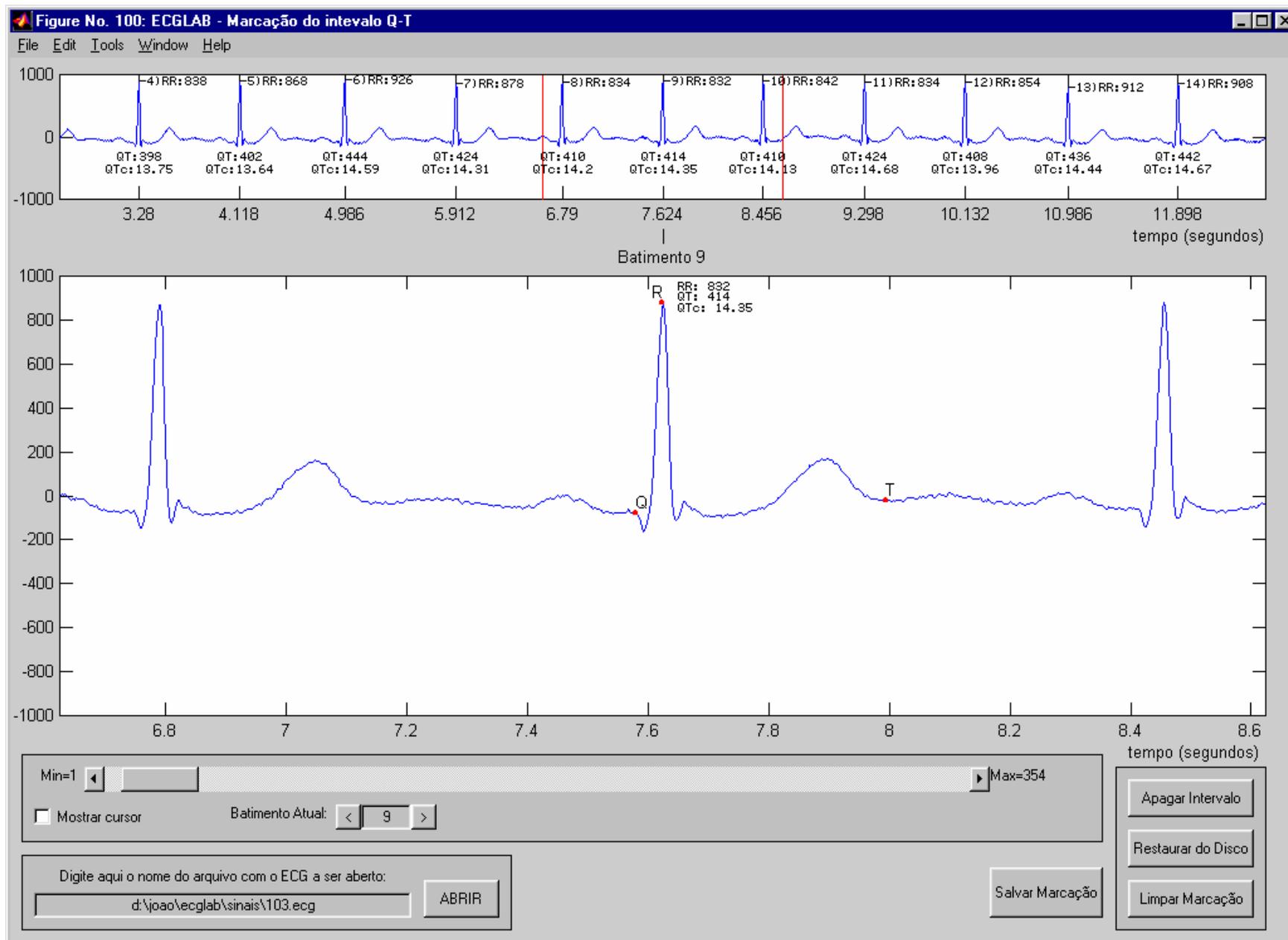


Fig. 9 – Sistema para medição do intervalo Q-T

Continuação do Projeto

Na seqüência do projeto, os objetivos são, portanto, concluir o sistema de análise do intervalo Q-T, desenvolver técnicas avançadas de análise de sinais eletrocardiográficos, incorporá-las ao sistema e, se mostrar-se necessário, desenvolver um sistema mais moderno de aquisição de eletrocardiograma.

O sistema de análise do intervalo Q-T deverá ficar pronto rapidamente, pois engloba as mesmas técnicas utilizadas na análise do intervalo R-R. Assim, muito do trabalho já produzido poderá ser reaproveitado.

Para o desenvolvimento de técnicas avançadas, já se iniciou o estudo de transformadas wavelet, mas será necessário também um estudo aprofundado de artigos sobre o assunto para que se tenha a base teórica necessária para desenvolvê-las.

Para o desenvolvimento do novo sistema de aquisição, aguarda-se a conclusão de um sistema similar por outros alunos do Departamento, para que se possa usar esse trabalho como base para o novo sistema.