

“ECHO OFFLINE”: UMA FERRAMENTA PARA MEDIDAS ECOCARDIOGRÁFICAS PÓS-EXAME

Eng. Marcos Zuccolotto ¹
Dra. Silvia D. Olabarriga ²
Dr Adalberto Schuck Jr. ³

Resumo

Este trabalho apresenta, de maneira condensada, o desenvolvimento de uma ferramenta computacional de apoio ao diagnóstico através de imagens ecocardiográficas, denominada de “*Echo Offline*”. Esta ferramenta foi projetada para mensuração de grandezas lineares em imagens ecocardiográficas digitais, possibilitando a realização de diagnósticos pós-exame e a integração dos dados colhidos no banco de dados da instituição médica. Um estudo transversal contemporâneo e aleatório foi realizado com uma população de quarenta e nove pacientes submetidos a exames ecocardiográficos, as imagens resultantes deste exame foram digitalizadas e um médico especialista mensurou um conjunto de variáveis pré-definidas utilizando o método convencional, ou seja, usando as facilidades oferecidas pelo equipamento de ultra-som comercial. Um segundo médico especialista produziu outros dois conjuntos de dados utilizando o “*Echo offline*” e desta forma foi possível avaliar a exatidão e a repetibilidade das medidas realizadas pela ferramenta desenvolvida. O “*Echo offline*” apresentou uma elevada concordância com o método convencional e apresentou significativa redução no tempo de realização das medidas.

Palavras-chave: Informática médica – Ecocardiografia – Interpretação de imagens.

Introdução

A ecocardiografia é uma técnica largamente utilizada para auxílio ao diagnóstico de cardiopatias, pois possibilita ao médico a visualização das estruturas cardíacas e do aparelho circulatório, tanto de forma estática quanto dinâmica. Agregado a isto, o exame é não invasivo e utiliza radiação não ionizante, oferecendo baixo risco ao paciente.

O protocolo do exame ecocardiográfico constitui-se do diagnóstico propriamente dito e a realização de um conjunto de medidas das estruturas cardíacas, que são utilizadas como parâmetros para avaliação de desempenho cardíaco e acompanhamento da evolução da cardiopatia. São realizadas medidas de dimensões lineares (diâmetro) das cavidades do coração, bem como a espessura das paredes cardíacas. O ecocardiógrafo disponibiliza ao especialista, através de um cursor, a marcação dos pontos de interesse na imagem e fornece como resultado a distância entre estes dois pontos, dada em milímetros. Estas medidas são anotadas no prontuário médico e posteriormente introduzidas no sistema de banco de dados da instituição de saúde.

O registro das imagens geradas durante o exame pode ser feito através de gravação em sistema de vídeo VHS, possibilitando, se necessário, uma reavaliação do exame ou utilização do mesmo em trabalhos de pesquisa ou estudo de caso, na área acadêmica.

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma ferramenta computacional de apoio ao diagnóstico clínico através de imagens ecocardiográficas, denominado “*Echo Offline*”, a qual possibilite a realização de medidas em período posterior ao exame (pós-exame).

Como objetivos secundários, ou características desejáveis da ferramenta “*Echo Offline*” tem-se:

- a) Reproduzir a capacidade de mensuração de grandezas lineares apresentadas pelos ecocardiógrafos convencionais;
- b) Apresentar facilidade e comodidade de uso para o médico especialista;
- c) Ser executada em estação de trabalho dedicada do tipo PC;
- d) Permitir operação independente ou vinculada a um sistema de prontuário eletrônico;

¹ Laboratório de Processamento de Sinais (LaPSi) - Departamento de Engenharia Elétrica (DELET) - UFRGS - Professor do Curso de Eletrônica da Fundação Liberato.

² Laboratório de Processamento de Sinais (LaPSi) - Departamento de Engenharia Elétrica (DELET) - UFRGS.

³ Instituto de Informática (IF) - UFRGS.

A realização de medidas de estruturas cardíacas pós-exame justifica-se através dos seguintes aspectos:

a) Integração com o sistema informatizado da instituição - Elimina-se a etapa de digitação das medidas, reduzindo-se a possibilidade de erros. A inclusão das imagens adquiridas durante o exame ao prontuário eletrônico do paciente qualifica o histórico médico.

b) Pesquisa acadêmica - Esta ferramenta pode ser aplicada no estudo de novas metodologias de diagnóstico médico, possibilitando a realização de várias medições da mesma imagem por um mesmo especialista ou vários especialistas, gerando os dados necessários para análise da concordância inter-observadores e intra-observadores.

c) Possibilidade de diagnóstico e ensino à distância - As imagens adquiridas em um centro podem ser distribuídas via meio eletrônico e a ferramenta “*Echo Offline*” pode ser utilizada na realização de treinamentos ou tutoriais. Pode-se também contar com o apoio de especialistas de alto grau para o diagnóstico em pequenos centros, sem a necessidade do deslocamento físico do médico.

d) Possibilidade de expansão - O domínio sobre o projeto do “*Echo Offline*” possibilita a expansão deste programa, como a criação de novas ferramentas de apoio ao diagnóstico, como segmentação automática ou semi-automática das cavidades.

e) Redução no tempo do exame - O especialista só despenderia o tempo necessário para registrar a imagem sob a forma de arquivo digital. Esta redução de tempo resulta em um aumento do conforto ao paciente, redução do custo do exame e ampliação do número de exames realizados.

Metodologia

Especificação da ferramenta

O desenvolvimento da ferramenta “*Echo Offline*” iniciou-se com o levantamento das necessidades junto a especialistas do Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul - Fundação Universitária de Cardiologia (IC-FUC).

Baseado nos protocolos de exames ecocardiográficos utilizados e as recomendações da Sociedade Americana de Ecocardiografia (ASE) (HENRY *et alli* (1989)) e de MORCEF (1976), os especialistas selecionaram as seguintes variáveis a serem medidas:

a) Diâmetro da aorta (AORTA) - distância vertical entre a face externa da parede anterior da aorta e a face interna da parede posterior da aorta, medida durante a onda R do eletrocardiograma.

b) Diâmetro do átrio esquerdo (AE) - distância vertical entre a face interna da parede posterior da aorta e a parede posterior do átrio esquerdo, medida no ponto máximo de acessão da parede posterior da aorta (fase final da ejeção ventricular). Segundo HIRATA (1969), esta medida fornece pistas importantes para o diagnóstico de várias formas de doenças cardíacas congênitas ou adquiridas, como doenças na válvula mitral ou na válvula aórtica.

c) Diâmetro do ventrículo direito (VD) - distância vertical medida durante a onda R do eletrocardiograma entre os últimos ecos provenientes da parede torácica (ecos em linha reta) e a face ventricular direita do septo intraventricular. POPE (1969) exemplifica a utilização da medida da dimensão do ventrículo direito no auxílio ao diagnóstico de defeito atrial septal, que pode confundir-se com um inocente murmúrio funcional.

d) Diâmetro diastólico do VE (VED) - distância vertical entre a face ventricular esquerda de septo intraventricular e o endocárdio da parede posterior do ventrículo esquerdo, medido durante a onda R do eletrocardiograma.

e) Diâmetro sistólico do VE (VES) - distância vertical entre a face ventricular esquerda de septo intraventricular e o ápice da ascensão sistólica do endocárdio da parede posterior do VE.

f) Espessura septal (SEPTO) - distância vertical medida entre o endocárdio septal direito e o endocárdio septal esquerdo medida na onda R do eletrocardiograma.

g) Espessura diastólica da parede posterior do VE (PP) - distância vertical entre o endocárdio da parede posterior do VE e a face interna do pericárdio, medida durante a onda R do eletrocardiograma. Conforme estudo realizado por TRAILL (1977), a PP pode auxiliar no diagnóstico de cardiomiopatia hipertrófica.

Dois modos de aquisição e registro dos dados foram planejados para esta ferramenta.

a) Acesso ao banco de dados - Permite a integração com o sistema de laudos do hospital, automatizando o processo de registro de dados dos exames efetuados.

b) Acesso a arquivos – A imagem é lida diretamente de um arquivo tipo JPEG ou do tipo BMP e os resultados são gravados em um arquivo texto. Este modo permite a utilização do “*Echo Offline*” em qualquer situação, sem a necessidade de acesso ao banco de dados corporativo.

Implementação da ferramenta

Para a implementação do “*Echo Offline*”, utilizou-se a ferramenta C++ Builder na versão 5.0, que é um sistema de desenvolvimento tipo RAD (Rapid Application Development) que utiliza a linguagem C++ na implementação do código, associando os conceitos de linguagem visual, programação orientada a objetos e programação orientada a eventos, facilitando a criação de interfaces gráficas, como explica. MATEUS (2000).

Segundo FOLEY (1996), “O projeto da interface com o usuário é, ao menos em parte, uma arte e não uma ciência”. Desta forma, o autor sugere alguns aspectos que devem ser observados e outros que devem ser evitados no projeto de interfaces homem-máquina, mantendo-se atenção no “fator humano”, também denominado de ergonomia de um sistema interativo. Os objetivos principais de um bom projeto de interface é aumentar a velocidade de aprendizado, aumentar a velocidade de uso, diminuir a taxa de erros, lembrar rapidamente de como usar a interface e ser visualmente atrativa para usuários potenciais.

Buscando incorporar no “*Echo Offline*” elementos familiares aos médicos especialistas, incluiu-se no desenho da interface algumas características presentes em painéis de equipamentos de imagem por ultrassom, conhecidos como ecocardiógrafos

O desenho da tela principal do “*Echo Offline*” é apresentado na figura 1 Procurou-se criar uma organização visual simples e clara.

Os comandos principais estão dispostos na lateral direita, sob a forma de botões. Esta disposição imita a disposição dos marcadores no painel do Sonos 2500. Os botões são agrupados em três grupos, segundo sua funcionalidade:

- a) Dados - funções de acesso aos arquivos de imagem e banco de dados;
- b) Calibrador - Calibração inicial da escala;
- c) Marcadores:- Permitem a realização da medida da respectiva variável na tela.

Os botões foram dispostos em uma ordem que segue a seqüência normal de uso da ferramenta, mas podem ser ativados em qualquer ordem.

A linguagem do diálogo usuário-computador deve ser eficiente e completa e deve ter regras de seqüenciamento naturais, conforme os conselhos de SHNEIDERMAN (1998). Com uma linguagem eficiente, o usuário pode transferir comandos para o computador de maneira rápida e concisa. As regras de seqüenciamento, que definem a ordem ou a sintaxe da linguagem, devem possuir um número mínimo de casos simples e fáceis de aprender.

O seqüenciamento foi planejado para dirigir o uso da ferramenta e, desta forma, acelerar o tempo de aprendizagem e diminuir os erros. Cada um dos modos de operação habilita somente as funções permitidas e esta informação é passada ao usuário sob a forma de ativação dos botões (os botões ficam visíveis) ou opções de menu correspondentes a esta função. Outra sinalização dada ao usuário é através da mudança de forma do cursor quando este aponta para um botão está habilitado. Quando uma função é selecionada, o botão correspondente apresenta-se como se estivesse “pressionado” até o final da execução da função.

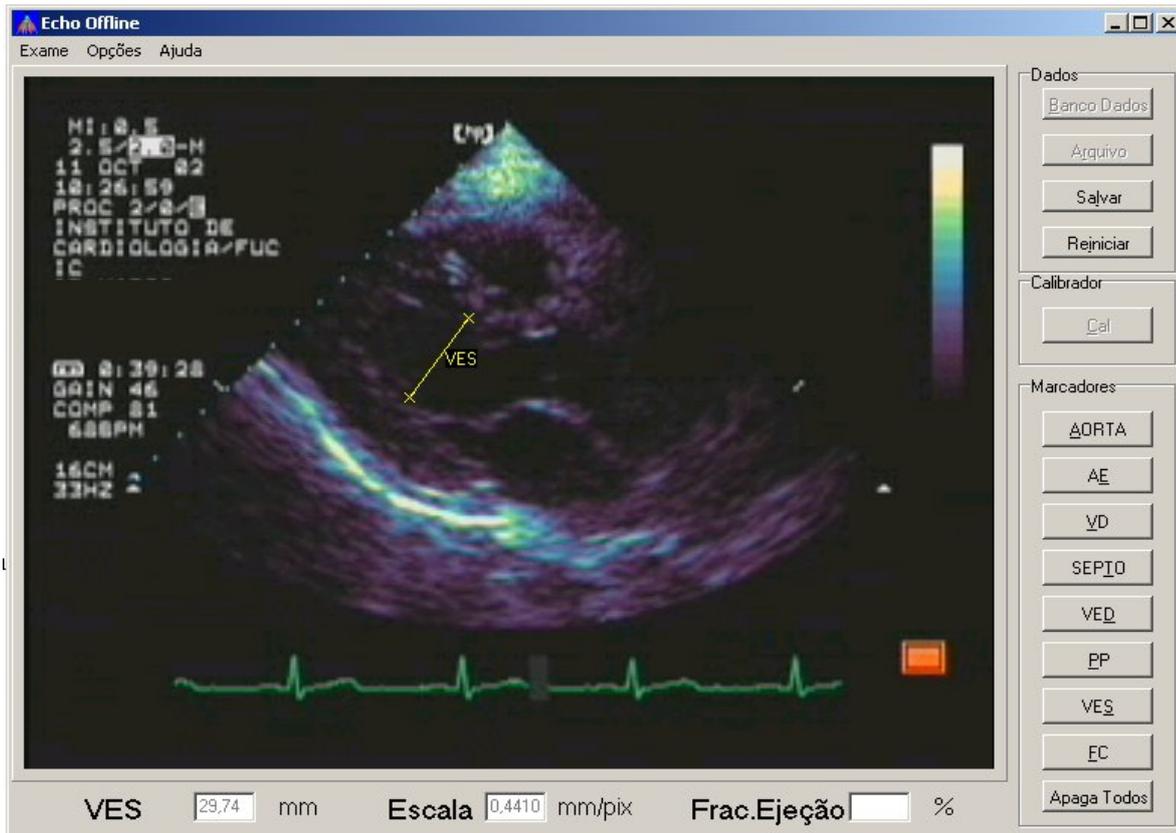


Figura 1 – Tela principal do “Echo Offline”

Validação

Uma vez implementada a ferramenta, tem-se a necessidade de comprovar a funcionalidade e a eficiência da mesma.

Utilizou-se como referência o ecocardiógrafo Sonos 2500 e as medidas obtidas através deste equipamento foram denominadas de “medidas convencionais” (MC). As medidas realizadas através da ferramenta “Echo offline” foram denominadas de “medidas pós-exame” (PE).

A funcionalidade da ferramenta foi avaliada através da determinação da exatidão e da repetibilidade das medidas pós-exame. A exatidão das medidas foi determinada através da comparação das medidas pós-exame com as medidas convencionais e a repetibilidade foi avaliada através da comparação de dois conjuntos de medidas pós-exame. Para a comparação entre os conjuntos de medidas utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson, com $\alpha=0,005$ e o método de Bland-Altman (BLAND (1986)). Calculou-se também o erro médio de cada variável.

A eficiência da ferramenta “Echo offline” foi estimada através da comparação do tempo de realização das medidas utilizando o método convencional e o método pós-exame e da taxa de erros realizados durante a utilização da ferramenta “Echo offline”.

Coleta dos dados

Em conjunto com os médicos especialistas do Instituto de Cardiologia, elaborou-se um protocolo de pesquisa transversal, contemporâneo e aleatório, que se segue:

a) Através de sorteio aleatório, seleciona-se, dentre os pacientes agendados para a semana, um grupo de candidatos à coleta de dados.

b) Cada paciente selecionado é informado da natureza do trabalho realizado e firma um termo de compromisso dando ciência da natureza da coleta de dados e posterior uso dos mesmos. O sigilo quanto à origem da informação é garantido ao paciente.

c) O paciente selecionado é encaminhado para a sala de exame.

d) O médico realiza as medidas, que são simultaneamente gravadas em vídeo VHS:

e) Cada imagem utilizada na mensuração das variáveis é digitalizada, utilizando-se uma resolução de 640x480 pixels e armazenada sob o formato JPEG. Cada exame produz quatro imagens, armazenadas na rede corporativa.

f) As medidas são anotadas em uma ficha de exame, registrando-se também a hora de ingresso e saída do paciente. Estas medidas formaram o conjunto denominado medidas convencionais.

A mensuração do tempo necessário a realização da medida de cada uma das variáveis é realizada posteriormente, através do exame gravado em vídeo VHS. Utilizando-se um cronômetro manual, é medido o tempo decorrido entre a marcação inicial e a marcação final de cada medida.

Um segundo médico especialista foi convidado para utilizar o “*Echo offline*” na medição das imagens coletadas. Cada imagem foi medida duas vezes, com intervalo mínimo de dois dias entre as medidas, gerando dois conjuntos de dados. O conjunto formado pelas primeiras medidas foi utilizado na avaliação da exatidão da ferramenta “*Echo offline*” e os dois conjuntos foram utilizados na avaliação da repetibilidade

Resultados

Foram examinados 49 pacientes, 21 do sexo feminino (43%) e 28 do sexo masculino (57%), com média de idade de 48 anos, variando entre 14 e 89 anos.

A tabela 1 apresenta a distribuição estatística (média \pm desvio padrão) do conjunto de medidas convencionais e do conjunto de medidas pós-exame, bem como o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre estes dois conjuntos e o erro médio percentual entre cada conjunto.

Variável	Modo	Conv [mm]	PE M1 [mm]	r	p
VES	M	31,6 \pm 8	30,7 \pm 8	0,9743	<0,0001
	Bi	32,2 \pm 8,4	32,1 \pm 8	0,9843	<0,0001
VED	M	50,5 \pm 7	49,0 \pm 7	0,9725	<0,0001
	Bi	49,0 \pm 7	48,1 \pm 7	0,9500	<0,0001
AE	M	37,8 \pm 9	37,0 \pm 8	0,9662	<0,0001
	Bi	34,5 \pm 9	34,1 \pm 8	0,9754	<0,0001
VD	M	20,7 \pm 4	21,1 \pm 4	0,9036	<0,0001
	Bi	22,5 \pm 3	22,8 \pm 3	0,8451	<0,0001
AORTA	M	31,5 \pm 3	31,0 \pm 3	0,8756	<0,0001
	Bi	29,8 \pm 3	29,8 \pm 4	0,8887	<0,0001
SEPTO	M	8,8 \pm 2	9,0 \pm 2	0,8951	<0,0001
	Bi	8,4 \pm 2	9,0 \pm 2	0,9120	<0,0001
PP	M	8,6 \pm 2	8,9 \pm 2	0,9105	<0,0001
	Bi	8,5 \pm 2	8,8 \pm 2	0,8939	<0,0001

Tabela 1 – Estatística e correlação entre medidas convencionais e medidas pós-exame.

A tabela 2 apresenta a análise de Bland-Altman entre as medidas convencionais e as medidas pós-exame. Para fins de comparação com estudos apresentados na literatura, incluiu-se nesta tabela a diferença relativa média (dr) e a incerteza média.

Variável	Modo	DM [mm]	IC [mm]	Dr [%]	Ir [%]
VES	M	0,89	-2,8 a 4,6	4,8	9,8
	Bi	0,07	-2,9 a 3,0	3,5	6,2
VED	M	1,49	-1,89 a 4,8	3,3	5,6
	Bi	0,64	-3,7 a 5,0	3,3	6,3
AE	M	0,75	-3,9 a 5,4	4,7	8,7
	Bi	0,37	-4,1 a 4,8	3,9	7,1
VD	M	-0,34	-3,8 a 3,2	5,9	12,6
	Bi	-0,19	-3,4 a 3,1	5,9	9,53
AORTA	M	0,46	-2,9 a 3,9	4,1	7,4
	Bi	-0,05	-3,3 a 3,2	4,2	8,2
SEPTO	M	-0,21	-1,7 a 1,3	6,8	11,9
	Bi	-0,56	-2,0 a 0,9	9,5	14,4
PP	M	-0,24	-1,7 a 1,2	7,6	12,4
	Bi	-0,26	-2,0 a 1,5	9,3	14,0

Tabela 2 – Concordância Blend-Altman entre medidas convencionais e pós-exame.

A tabela 3 apresenta a distribuição estatística (média \pm desvio padrão) do conjunto de medidas convencionais e do conjunto de medidas pós-exame, bem como o coeficiente de correlação de pearson (r) entre estes dois conjuntos e o erro médio percentual entre cada conjunto.

Variável	Modo	Conv [mm]	PE M1 [mm]	r	p
VES	M	30,8 \pm 9	31,2 \pm 9	0,9735	< 0,0001
	Bi	31,6 \pm 9	32,2 \pm 9	0,9570	< 0,0001
VED	M	48,9 \pm 7	49,7 \pm 7	0,9261	< 0,0001
	Bi	47,8 \pm 7	48,1 \pm 8	0,9442	< 0,0001
AE	M	37,0 \pm 9	37,0 \pm 9	0,9835	< 0,0001
	Bi	34,5 \pm 9	35,1 \pm 9	0,9485	< 0,0001
VD	M	21,1 \pm 4	21,4 \pm 4	0,8906	< 0,0001
	Bi	22,9 \pm 3	23,1 \pm 3	0,8246	< 0,0001
AORTA	M	31,3 \pm 3	31,1 \pm 3	0,7919	< 0,0001
	Bi	29,7 \pm 4	29,8 \pm 4	0,9068	< 0,0001
SEPTO	M	9,0 \pm 2	9,3 \pm 2	0,8804	< 0,0001
	Bi	9,1 \pm 2	9,0 \pm 2	0,8553	< 0,0001
PP	M	9,0 \pm 2	8,9 \pm 2	0,8974	< 0,0001
	Bi	9,0 \pm 2	8,9 \pm 2	0,8547	< 0,0001

Tabela 3 - Correlação entre dois conjuntos de medidas pós-exame.

A tabela 5.4 apresenta a análise de Bland-Altman entre as medidas convencionais e as medidas pós-exame. Para fins de comparação com estudos apresentados na literatura, incluiu-se nesta tabela a diferença relativa média (dr) e a incerteza média.

Variável	Modo	DM [mm]	IC [mm]	Dr [%]	Ir [%]
----------	------	------------	------------	-----------	-----------

VES	M	-0,41	-4,4 a 3,5	5,7	10,6
	Bi	-0,06	-5,3 a 5,2	6,0	11,8
VED	M	-0,59	-6,1 a 4,9	4,3	8,4
	Bi	-0,50	-5,5 a 4,5	4,2	7,2
AE	M	0,02	-3,2 a 3,2	3,6	5,84
	Bi	-0,79	-6,4 a 4,8	5,9	13,4
VD	M	-0,54	-4,2 a 3,2	6,8	12,9
	Bi	-0,17	-4,0 a 3,6	6,7	11,9
AORTA	M	0,10	-4,1 a 4,3	4,8	9,6
	Bi	0,07	-3,0 a 3,2	4,1	7,4
SEPTO	M	-0,27	-1,9 a 1,4	8,2	12,0
	Bi	0,15	-1,8 a 2,2	9,4	16,4
PP	M	0,07	-1,6 a 1,7	7,8	10,9
	Bi	0,21	-1,8 a 2,3	10,2	13,7

Tabela 5.4 – Concordância Blend-Altman entre dois conjuntos de medidas pós-exame.

A tabela 5 apresenta a tabulação dos tempos médios de realização das medidas convencional e pós-exame de cada variável, bem como a redução de tempo obtida com o método pós-exame em relação ao convencional. Foi considerado “tempo de realização de uma medida” com o intervalo de tempo entre a marcação inicial e a marcação final da variável mensurada. A medição de todas as variáveis gasta um tempo superior à soma dos tempos de medida de cada uma das variáveis. O tempo médio de realização das medidas do conjunto das variáveis em imagens de modo M foi de 1 minuto e 35 segundos e para imagens modo Bidimensional foi de 2 minutos e 5 segundos.

Variável	Modo	MC [s]	PE [s]	Redução tempo [%]
VES	M	9,56	4,9	48,7
	Bil	14,9	5,35	64,1
VED	M	8,04	4,78	40,5
	Bil	34,89	6,61	81,0
AE	M	7,84	5,22	33,3
	Bil	9,29	5,21	43,8
VD	M	7,78	5,11	34,3
	Bil	8,35	4,38	47,5
AORTA	M	8,55	5,78	32,4
	Bil	8,82	4,79	45,7
SEPTO	M	8,04	4,78	40,5
	Bil	8,99	4,53	49,6
PP	M	8,85	4,84	45,3
	Bil	8,99	4,53	49,6
Conjunto das variáveis.	M	58,66	35,41	39,6
	Bil	94,23	35,40	58,8

Tabela 5 – Tempo médio de realização das medidas em ecocardiógrafo e através do “Echo-Offline”

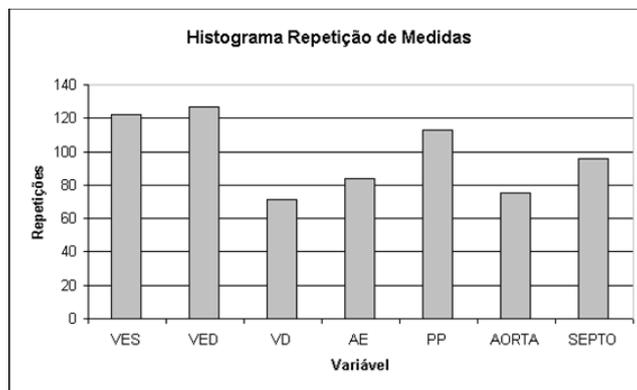


Figura 2 – Histograma da repetição das medidas

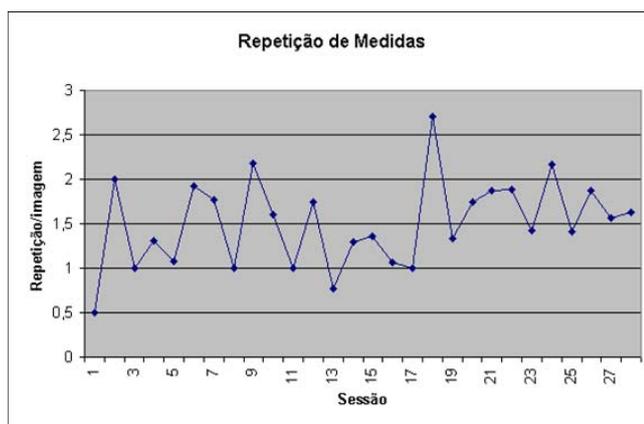


Figura 3–Registro temporal da desistência de medidas por imagem examinada

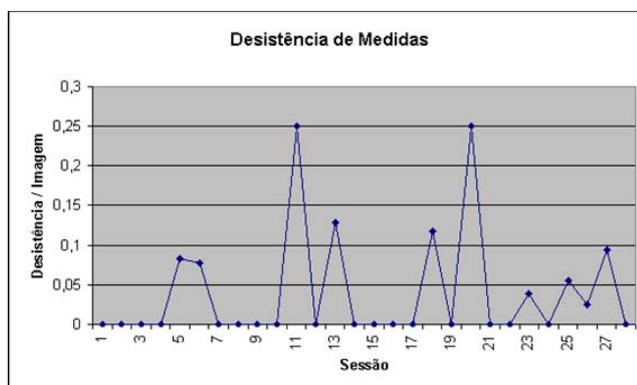


Figura 4–Registro temporal da desistencia de medidas por imagem examinada

Discussão e Conclusões

Como as medidas convencionais e as pós-exame foram realizadas por dois médicos especialistas, a diferença entre as medidas também sofre influência da interpretação dos dois profissionais, diferença esta conhecida como variabilidade inter-observadores.

Observa-se na tabela 1 que as variáveis VES (0,97/0,98), VED (0,97/0,95) e AE (0,97/0,97), tanto no modo M quanto no modo bidimensional apresentam um coeficiente de correlação superior a 0,96, significando estatisticamente uma excelente correlação. Na mesma tabela, as variáveis VD (0,90/0,84), AORTA (0,88/0,89), SEPTO (0,89/0,91) e PP (0,91/0,89) apresentam coeficiente de correlação superior a 0,84, o que também expressa uma boa correlação estatística entre as variáveis, embora inferior às correlações anteriores.

Da análise de concordância de Bland-Altman apresentadas na tabela 2, pode-se observar que a diferença média entre as medidas convencionais e as medidas pós-exame é inferiores a 1mm, exceto para a variável VED no modo Bidimensional, que apresentou uma diferença média de 1,5 mm. Da metodologia adotada pelo corpo médico do IC-FUC para realização das medidas, nota-se

que a fração inferior a 1 mm é arredondada para o valor mais próximo, indicando que diferença encontrada nas medidas não é significativa.

A tabela 6 apresenta um comparativo entre os valores de incerteza obtidos no método pós-exame e os valores de variabilidade inter-observadores encontrados na literatura, nos trabalhos de SAHN (1978) e, LADIPO (1980).

Observa-se, através da tabela 6, que as medidas obtidas com a ferramenta “Echo Offline” apresentam uma variabilidade semelhante ou inferior aos resultados encontrados na literatura. Pode-se afirmar que os erros introduzidos pela ferramenta “Echo Offline” não são significativos, pois não alteram a variabilidade inter-observador esperada nas medidas realizadas.

Variável	Incerteza das medidas pós-exame. [%]	Variabilidade inter-observadores SAHN (1978) [%]	Variabilidade inter-observadores LADIPO (1980) [%]
VES	9,8 %	14 %	8,8 %
VED	5,6 %	8,2 %	6,4 %
AE	8,7 %	11,2 %	--
VD	12,6 %	22,8 %	--
AORTA	7,4 %	13,5 %	--
SEPTO	11,9 %	19,5 %	20,5 %
PP	12,4 %	23 %	20,5%

Tabela 6 – Incerteza na medida intra-observadores

Na tabela 2 pode-se notar ainda que o valor da diferença relativa média é maior para as variáveis SEPTO e PP. Como as variáveis SEPTO e PP apresentam o menor valor absoluto, a influência do arredondamento do valor medido no método convencional é mais pronunciada. Uma diferença de 0,5 mm na medida de SEPTO, cujo valor normal é 7 mm, representa uma diferença relativa de 7% enquanto que a mesma diferença de 0,5mm em uma medida de VES, cujo valor normal é de 2,9 mm representa uma diferença relativa de 1,7%.

A avaliação da repetibilidade das medidas foi realizada através da comparação entre dois conjuntos de medidas realizadas através do método pós-exame por um mesmo médico especialista com um intervalo dois dias entre as medidas. Estas medidas também sofrem influência do médico especialista, conhecida como variabilidade intra-observador.

Observa-se na tabela 3 que as variáveis VES, VED e AE, tanto no modo M quanto no modo bidimensional apresentam um coeficiente de correlação superior a 0,92, significando estatisticamente uma excelente correlação. Na mesma tabela, as variáveis VD, SEPTO, PP e AORTA modo bidimensional apresentam coeficiente de correlação superior a 0,82, o que também expressa uma boa correlação estatística entre as variáveis.

A variável AORTA apresentou, para o modo M, um coeficiente de correlação de 0,79, o pior valor de correlação obtido. A variável AORTA tem uma importância relativa menor que, por exemplo, VED e VES, e os especialistas tendem a prestar menos atenção na realização desta medida, como indicado na figura 2, onde a medição de AORTA é uma das menos repetidas.

A análise de Bland-Altman resumida através da tabela 4 mostra que a diferença média entre as variáveis medidas é menor que 0,8 mm, indicando uma boa concordância entre as medidas dos dois conjuntos.

Comparando os valores de *dr* e *ir* das medidas de repetibilidade (tabela 4) com os valores medidos na avaliação de exatidão (tabela 2) pode-se perceber que, embora próximos (com uma diferença máxima de 2,5 % na *dr* da variável VES no modo Bidimensional), os valores apresentados na tabela 5.4 são superiores aos da tabela 2. Este comportamento foi documentado por FELNER (1980), que afirma: “A variabilidade causada por um especialista lendo cópias não-identificadas de um mesmo ecocardiograma em duas ocasiões é geralmente maior que a variabilidade entre diferentes especialistas lendo o mesmo ecocardiograma”.

Na avaliação de eficiência da ferramenta “*Echo Offline*”, a tabela 5 demonstra claramente que há uma redução média de 39% (no pior caso) na realização de um conjunto de medidas através do método pós-exame, se comparado ao método convencional.

Os gráficos das figuras 3 e 4 registram o desempenho do usuário na utilização do sistema desenvolvido.

A taxa média de repetição de medidas foi de 1,5 medidas por imagem examinada. O gráfico da figura 3 não apresenta nenhuma tendência clara de variação desta taxa em função do aumento de experiência de uso do sistema proposto. Pode-se afirmar que a experiência do usuário com o “*Echo Offline*” não reduziu a taxa de repetição, e que esta deve ser a taxa característica de repetição de medidas para exames ecocardiográficos. Pode-se afirmar também que o uso do sistema proposto foi rapidamente assimilado pelo usuário.

A taxa média de desistência da realização de medidas, registrado na figura 4 foi cerca de 0,03 desistências de medidas por imagem. Pode-se interpretar este baixo valor como uma excelente compreensão por parte do usuário da utilização dos botões de marcação de medidas. A taxa de desistência não demonstra nenhuma tendência de aumento ou diminuição em função do tempo de uso do sistema.

Observando a figura 2 nota-se que o maior número de repetições ocorreu na medição do diâmetro do VE (medidas VES e VED) e na parede posterior (PP). MORCEF (1976) explica que a medição do diâmetro diastólico ou sistólico do VE é dificultada pela pouca quantidade de ecos que retornam do endocárdio da parede posterior do VE, tornando esta estrutura pouco evidente. Nestas condições, o pericárdio pode inadvertidamente ser tomado como se fosse o endocárdio, incluindo-se a espessura da parede do VE na medida do diâmetro. Esta dificuldade pode ser uma das causas do maior número de repetições de medidas destas variáveis. Como visto na literatura, as variáveis VES e VED possuem uma maior relevância clínica, exigindo do médico especialista um maior cuidado na execução destas medidas, o que pode elevar a taxa de repetição das mesmas.

O IC-FUC realiza mensalmente 1000 exames ecocardiográficos. A transferência da realização das medidas em imagens modo M para um momento pós-exame significa uma redução média do tempo de ocupação dos ecocardiógrafos de 1500 minutos/mês, possibilitando a realização de aproximadamente 50 exames a mais por mês.

Baseado nos resultados obtidos e na discussão apresentada, conclui-se que:

a) As medidas realizadas pela ferramenta “*Echo Offline*” apresenta boa concordância com as medidas realizadas pelo método empregado atualmente pelo Instituto de Cardiologia, podendo substituí-lo sem sacrifício da exatidão das medidas.

b) A ferramenta “*Echo Offline*” cria uma possibilidade de ampliação do número de exames realizados, pela transferência de parte das tarefas da rotina médica para um momento pós-exame. Adicionalmente, tem-se uma redução no tempo de realização destas tarefas e a integração com o sistema de laudos corporativo, eliminando a digitação das medidas.

Referências

BLAND, M. J.; ALTMAN D.G. Statistical Methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **The Lancet**, p. 307-10, feb 1986.

FELNER, J. M. et al. Sources of variability in echocardiographic measurements. **American Journal of Cardiology**, v. 45, p. 995-1004, 1980.

FOLEY, J.D. et al. **Computer Graphics, principles and practice** Addison Wesley Publishing Company, 2nd edition, 1997.

HIRATA, T.; et al. Estimation of left atrial size using ultrasound. **American Heart Journal**. v. 78, n. 1, p. 43-52, 1976.

LADIPO, G. O. A. et al. Serial Measurements of Left Ventricular Dimensions by Echocardiography – Assessment of week-to-week, inter and intraobserver variability in normal subjects and patients with valvular heart disease. **British Heart Journal**, v. 44, p. 284-9, 1980.

MATEUS, C. A.; **C++ Builder 5 – Guia Prático**, São Paulo, Editora Érica, 2000.

MORCEF, F. P. et al. Ecocardiografia. Método e valores normais. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 26, n. 6, p. 459-465, 1976.

POPE, R. L. et al. Estimation of right and left ventricular size by ultrasound. A study of the echoes from the interventricular septum. **American Journal of Cardiology**, v. 24, p.523-530, 1969.

SHNEIDERMAN, B. **Designing the user interface** 3 ed., Addison Wesley Publishing, 1998.

SAHN, D. J. et al. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: Results of a survey of echocardiographic measurements. **Circulation**, v. 58, n. 6, p. 1072-1083, 1978.

TRAIL, T. A.; GIBSON, D. G.; BROWN, D. J. Study of left ventricular wall thickness and dimension changes using echocardiography. **British Heart Journal**, v. 40, p. 162-169, 1978.

ZUCCOLOTTO, M.; OLABARRIAGA, S.; SCHUCK JR, A. Segmentação de cavidades em imagens ecocardiográficas utilizando espaço de escalas. **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**, v. 5, p. 276-280, 2002.