

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

João Paulo Folador

Desenvolvimento de um software para análise de eletrocardiogramas  
utilizando dispositivos móveis

Uberaba

2015

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro**

F695d Folador, João Paulo  
Desenvolvimento de um software para análise de eletrocardiogramas  
utilizando dispositivos móveis / João Paulo Folador. -- 2015.  
73 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) -Univer-  
sidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2015  
Orientador: Prof. Dr. David Calhau Jorge

1. Java (Linguagem de programação de computador). 2. Android (Recur-  
so eletrônico). 3. Processamento de imagens. I. Jorge, David Calhau. II. Uni-  
versidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 004.43

João Paulo Folador

Desenvolvimento de um software para análise de eletrocardiogramas  
utilizando dispositivos móveis

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, área de concentração de gestão de operações, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do título de mestre em inovação tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. David Calhau Jorge.

Uberaba

2015

JOÃO PAULO FOLADOR

DESENVOLVIMENTO DE UM SOTTWARE PARA ANÁLISE DE  
ELETROCARDIOGRAMAS UTILIZANDO DISPOSITIVOS MÓVEIS

Trabalho de conclusão apresentado ao  
Programa de Mestrado Profissional em  
Inovação Tecnológica da Universidade  
Federal do Triângulo Mineiro, como requisito  
para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 11 de maio de 2015

Banca Examinadora:



---

Prof. Dr. David Calhau Jorge  
Orientador – PMPIT - UFTM



---

Profa. Dra. Mônica Hitomi Okura  
Membro Titular – UFTM



---

Prof. Dr. Nélcio Muniz Mendes Alves  
Membro titular – UFPB

Dedico este trabalho à minha esposa, fonte de incentivo, apoio incondicional e amor, e aos meus pais e irmãs pela alegria e força nesta caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me amparar nas horas mais difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar o caminho nos momentos obscuros e me suprir em todas as minhas necessidades.

Ao meu orientador Dr. David Calhau Jorge pela oportunidade de trabalhar e aprender com seus ensinamentos, por ser sempre presente no decorrer do projeto, por acreditar em mim e ser um exemplo de profissional educador que levarei comigo pelos meus futuros caminhos.

Ao amigo Marcos Diego Catalano que se dispôs sobre as explicações do Framework usado neste trabalho e inúmeras vezes discutimos soluções madrugadas a dentro.

Aos meus cunhados pelas horas de incentivo e apoio aos estudos.

Aos amigos que fizeram parte de forma indireta nesta caminhada, incentivando nos momentos difíceis.

## RESUMO

De acordo com os indicadores de mortalidade da Rede Interagencial de Informações para a Saúde (RIPSA) de 2010, cerca de 30% dos óbitos estão relacionados às doenças do aparelho circulatório. Outro agravante à saúde é a falta de profissionais qualificados na área de doenças cardíacas. Ao verificar estes dados, nota-se uma vasta área para estudos na tentativa de ajudar a diminuir este quadro. O estudo proposto visa ao desenvolvimento de um aplicativo capaz de digitalizar parte de um eletrocardiograma e armazená-lo. Além disso, pretende-se proporcionar meios para facilitar o compartilhamento rápido e variado destas imagens digitalizadas, em seguida realizar o tratamento da imagem capturada de modo a isolar apenas o sinal do eletrocardiograma deixando-o pronto para análise e estudo de possíveis doenças que acometem o coração. O aplicativo ainda conta com um tipo de compressão do sinal usando FFT e um manual básico com as principais doenças cardíacas existentes para consulta. O software foi desenvolvido e destinado a dispositivos móveis que utilizem o Android como sistema operacional. Neste contexto, para o tratamento da imagem digitalizada e isolamento do sinal do ECG, utilizou-se os algoritmos: negativo, threshold, blob filtering, extract biggest blob e refinar. Já para compactar o sinal de modo a trabalhar com a compressão e restauração do ECG, fez-se uso da transformada discreta de Fourier e a transformada discreta de Fourier inversa para esta etapa. Os resultados obtidos mostraram que é possível implementar todas estas funcionalidades em um dispositivo móvel com a API 14 do Android, sem problemas de desempenho e com qualidade. O sinal do ECG foi isolado com sucesso, transmitido e restaurado. Desta forma, há a possibilidade de que os profissionais da área envolvida possam trocar informações e experiências de forma rápida e prática, podendo identificar uma grave doença no paciente.

**Palavras-chave:** Programação Java, aplicativo Android, processamento de imagens.

## **ABSTRACT**

According to the mortality indicators of Interagency Network of Health Information (RIPSA) 2010, about 30% of deaths are related to cardiovascular diseases. Another problem to health is the lack of qualified professionals in the area of heart disease. By checking this data, there is a vast area for studies in an attempt to help to change this reality. In this context, the proposed study aims to develop an application that can scan a portion of an electrocardiogram and store it. In addition, it is intended to provide means to facilitate rapid and varied sharing of these scanned images, then perform the treatment of the captured image in order to isolate only the signal of the electrocardiogram leaving it ready for analysis and study of possible diseases that involve the heart. The application also performs compression using FFT and offers a basic manual with some heart diseases for consultation. The software has been developed and designed for mobile devices that use the Android operating system. In this context, for the treatment of the scanned image and isolation of the ECG signal, the following algorithms have been used: negative, threshold, blob filtering, extract and refine biggest blob. Besides, in order to compress and restore the ECG, the discrete Fourier Transform and the inverse discrete Fourier Transform were used. The results showed that it is possible to implement all these features in a mobile device with Android API 14 without performance problems and with quality. The ECG signal was successfully isolated, transmitted and restored. Thus, there is a possibility for health professionals to exchange information and experiences quickly and conveniently, and also to identify serious diseases in patients.

**Keywords:** Java Programing, Android application, image processing



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Funcionamento do coração.....	15
Figura 2 - Derivações do coração.....	16
Figura 3 - Eletrocardiograma de Lewis .....	17
Figura 4 - Detalhes das correções no ECG. Eletroômetro capilar de Lippmann (a), correção matemática (b), galvanômetro de corda (c). .....	18
Figura 5 - Diagrama do projeto do aplicativo .....	22
Figura 6 - Arranjo da imagem digital.....	24
Figura 7 - Processo de digitalização da imagem, em (a) tem-se a imagem contínua, (b) a amostragem, (c) a quantização e em (d) a matriz codificada da imagem. ....	25
Figura 8 - Exemplo de interpolação bilinear. ....	26
Figura 9 - Exemplo numérico de interpolação bilinear.....	27
Figura 10 - Aplicação do filtro negativo. ....	28
Figura 11 - Demonstração de aplicação do Threshold e análise do histograma da imagem. ....	30
Figura 12 - Extração do maior blob. Em (a) tem-se a imagem original, e (b) o resultado após extrair o maior objeto.....	32
Figura 13 - Aplicação da erosão. Em (a) temos o conjunto A, ou imagem original, (b) temos o conjunto estruturante, em (c) a erosão de B em A, (d) representa um outro elemento estruturante, (e) o resultado da erosão provocada pelo novo conjunto B em A. ....	33
Figura 14 - ADT Bundle, IDE para desenvolvimento de Aplicações Android.....	38
Figura 15 - Fluxo do processamento do sinal do ECG.....	40
Figura 16 - Tela principal e diagrama de classe.....	41
Figura 17 - aplicativo de uso da câmera no Android. ....	43
Figura 18 - Diagrama de classe da tela de captura do ECG. ....	43
Figura 19 - telas para filtrar as imagens. Em (a) deve se escolher o ECG, (b) ajustes dos algoritmos de filtragem e aplicação, e em (c) o resultado comparando com a imagem original. ....	46
Figura 20 - Diagrama de classe do processo de filtragem do ECG.....	47
Figura 21 – Tela e diagrama de classe da tela de restaurar ECG. Em (a) tem-se a tela para buscar e restaurar o ECG, em (b) segue o diagrama de classe.....	50
Figura 22 - Tela de compartilhamento dos ECG digitalizados. ....	51
Figura 23 - Diagrama do manual dos tipos de doenças cardíacas.....	52
Figura 24 - Tela dos tipos de doenças cardíacas. ....	53
Figura 25 - Composição passo-a-passo da execução dos filtros usáveis pela aplicação Eletrocardio Droid.....	55
Figura 26 - Arquivo texto da FFT. ....	56

## LISTA DE SIGLAS

API – Interface de Programação de Aplicativos (*Application Programming Interface*)

CSV – Valor separado por vírgula (*Comma Separated Value*)

ECG – Eletrocardiograma

FFT – Transformada Rápida de Fourier (*Fast Fourier Transform*)

HTML – Linguagem de Marcação de Hipertexto (*HyperText Markup Language*)

IDE – Ambiente Integrado de Desenvolvimento (*Integrated Development Environment*)

iOS – Sistema Operacional móvel da Apple Inc.

JDK – Kit de desenvolvimento Java (*Java Development Toolkit*)

JRE – Ambiente de Tempo de Execução Java (*Java Runtime Environment*)

JVM – Máquina virtual Java (*Java Virtual Machine*)

MMS – Serviço de mensagem multimídia (*Multimedia Messaging Service*)

OHA – Aliança de diversas empresas com a intenção de criar padrões abertos para telefonia móvel (*Open Handset Alliance*)

QRS – Complexo que corresponde à despolarização ventricular no coração

RIPSA – Rede Interagencial de Informações para a Saúde

RNA – Rede Neural Artificial

SCP-ECG – Protocolo Padrão de Comunicação para eletrocardiografia assistida por computadores (*Standard Communications Protocol for computer assisted electrocardiography*)

SDK – Kit de Desenvolvimento de Software (*Software Development kit*)

SMS – Serviço de mensagem curta (*Short Message Service*)

WNN – Rede Neural Wavelet (*Wavelet Neural Network*)

XML – Linguagem de marcação extensível (*eXtensible Markup Language*)

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	O CENÁRIO DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS .....	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>13</b>
2.2	OBJETIVO GERAL.....	13
2.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
3.1	FUNCIONAMENTO BÁSICO DO CORAÇÃO .....	14
3.2	ELETROCARDIOGRAMA.....	17
3.3	COMPUTADORES APLICADOS À ANÁLISE DE ECG .....	19
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>22</b>
4.1	PROJETO DO APLICATIVO.....	22
4.2	DIGITALIZAÇÃO DO ELETROCARDIOGRAMA .....	23
4.2.1	Imagem Digital.....	24
4.2.2	Interpolação Bilinear.....	26
4.2.3	Imagem Invertida (Invert).....	27
4.2.4	Threshold.....	28
4.2.4.1	Amplitude Thresholding ou Window Slicing.....	29
4.2.4.2	Labeling .....	30
4.2.5	Blob Filtering .....	31
4.2.7	Binary Erosion .....	33
4.3	COMPRESSÃO DO SINAL .....	34
4.4	ANDROID .....	36
4.4.1	O ambiente de desenvolvimento .....	37
4.4.2	Fluxo do processo e Biblioteca de apoio ao desenvolvimento .....	39
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
5.1	TELA PRINCIPAL DA APLICAÇÃO .....	41
5.2	CAPTURE DO ECG.....	42
5.3	FILTRAR A IMAGEM .....	45
5.4	RESTAURAR ECG .....	49
5.5	COMPARTILHAR .....	51
5.6	MANUAL DE DOENÇAS CARDÍACAS.....	52
5.7	PROCESSAMENTO DOS ALGORITMOS DE FILTRAGEM .....	54
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>59</b>
	<b>ANEXO A – DOCUMENTO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA .....</b>	<b>62</b>
	<b>ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE.....</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXO C – EXAMES DE ECG DIGITALIZADOS E FILTRADOS PELO ELETROCARDIODROID</b>	<b>72</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Soares e Nascimento (2010), no Brasil, as doenças cardiovasculares chegam a uma taxa média de 30% de óbitos. Este fato justifica as pesquisas na tentativa de diminuir este quadro.

O eletrocardiograma (ECG) é o tipo de exame mais usado e importante para detectar doenças do coração nos pacientes (CHEN et al., 2013). Contudo, a classificação dos padrões mostrados nos exames são uma tarefa difícil de ser feita, dado os diferentes tipos de doenças existentes. Os programas de computador podem ajudar a reconhecer estes padrões e disponibilizá-los para que o médico possa avaliá-los. Exames como o *Holter* que captam informações do paciente por longos períodos de tempo (24 horas por exemplo) geram muitas informações que demandam muito tempo de análise. Deste modo, o processamento automático destes exames auxilia e reduz o tempo de resposta ao caso examinado (BENALI; REGUIG; SLIMANE, 2012).

Tendo em vista os diferentes exames para detecção de várias doenças do coração, a tecnologia vem servir de ferramenta no auxílio à tomada de decisão do médico ou ainda, alertar para um possível problema que o médico não tenha notado num primeiro momento e que possa ser urgente. Foram feitos alguns estudos comparando os resultados publicados de programas de interpretação de ECG, sendo levado em consideração apenas os resultados obtidos e não as metodologias aplicadas. No mesmo estudo, verificou-se alguns pacientes em emergência hospitalar e se caracterizou a precisão dos diagnósticos entre 57,6 % e 83,0 %, sendo notado uma variação muito alta nesta precisão. Posteriormente, confirmaram que a eficiência de uso de computadores para auxiliar no diagnóstico era acima de 80% de precisão de acerto (CURY; SIQUEIRA; GOMES, 2011).

Além da variação alta na precisão dos diagnósticos, outro fator que contribui é quando se analisam os equipamentos para exames cardíacos e o pessoal qualificado: percebe-se que ainda há uma boa quantidade de eletrocardiógrafos analógicos, principalmente na rede pública de hospitais, e ainda há uma carência de profissionais qualificados para dar conta da demanda de exames feitos. Pondera-se, então, que a tecnologia pode ajudar a encontrar soluções para alguns destes problemas (MANSUR et al., 2006).

Focado na tentativa de ajudar a diminuir o quadro de óbitos causados pelas doenças cardíacas, amenizar o problema de demanda devido à falta de profissionais e viabilizar o uso

de equipamentos antigos, optou-se pelo desenvolvimento de uma aplicação que pudesse atender a estes quesitos. Assim, notou-se que os dispositivos móveis podem auxiliar neste contexto.

## 1.1 O CENÁRIO DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS

Segundo Lecheta (2010), cerca de 3 bilhões de pessoas possuem aparelho celular, e cada vez mais estes indivíduos procuram celulares que apresentem melhores características de hardware e facilidade de uso, ou seja, aqueles que possuem câmeras, meio de comunicação via Wi-fi e bluetooth, boa interface, que executem bons jogos, dentre outros. E com essa facilidade e mobilidade, as empresas buscam aproveitar ao máximo as funcionalidades de aplicativos desenvolvidos para os dispositivos móveis que tragam maior agilidade na tomada de decisão e/ou na inserção de informações nos servidores das empresas.

Por outro lado, empresas buscam lucrar no desenvolvimentos destes tipos de aparelhos. Focados nas características almeçadas pelos usuários, estes fabricantes de dispositivos móveis tem que criar equipamentos cada vez mais fáceis de usar e com poder computacional maior. E, neste contexto, existem inúmeros fabricantes líderes no mercado, como: Samsung, Motorola, LG, Sony Ericsson, Nokia, Nexus, dentre outras empresas. A empresa Google se juntou com vários destes fabricantes para criar um padrão de desenvolvimento e plataforma de código aberto para os dispositivos móveis. Este grupo ficou conhecido como *Open Handset Alliance* (OHA).

Segundo a AdNews (2013), a qual fez um trabalho objetivando mostrar algumas características e os hábitos de utilização de smartphones, constatou-se que as funções mais usadas são: ligações, mensagens enviadas via APP, SMS, redes sociais e o despertador. Depois vem a utilização de jogos. Ainda foi notado que 61% dos usuários utilizam o aparelho logo após acordarem, 78% dos aparelhos não possuem aplicativos pagos, 43% mexem no celular enquanto assistem TV e que 70% dos usuários deitam-se em suas camas e continuam mexendo no celular. Outro ponto importante é que cerca de 26% dos brasileiros possuem smarthphones, já nos Estados Unidos este número chega a 56% da população. E em relação aos diferentes tipos de plataformas que gerenciam os aparelhos, 25% dos smartphones possuem as plataformas: symbian OS, Windows Phone e outras. Já o iOS da empresa Apple chega a 24% do mercado mundial. Enquanto, o Android fica com 51% da fatia do mercado de smartphones no mundo.

Por fim, pode-se perceber a variedade de características usadas dos smartphones e que a plataforma Android domina mais da metade do mercado mundial. Contando com estes dados

do mercado, plataforma de código aberto e gratuito, a base da linguagem de desenvolvimento Java e grandes comunidades de discussões de projetos, optou-se por utilizar o Android para criar a aplicação foco deste trabalho.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho busca desenvolver uma aplicação prática e de baixo custo, que seja capaz de digitalizar parte de um eletrocardiograma impresso em papel, isolar o sinal do ECG para análise, compactar este sinal isolado utilizando um tipo de compressão e tornar fácil a forma de compartilhar este sinal com profissionais qualificados distantes do centro que necessite de ajuda imediata, e, por fim, disponibilizar um catálogo de doenças cardíacas para consulta rápida dentro do aplicativo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer parte do histórico dos exames de eletrocardiograma;
- Estudar as aplicações para dispositivos móveis;
- Analisar algoritmos de interpretação de imagens
- Criar protótipo para análise de imagens de eletrocardiograma;
- Estudar a transformada de Fourier para aplicar na imagem do exame do eletrocardiograma e permitir a transmissão dos pontos e futura reconstrução do sinal;
- Criar uma aplicação para processar o eletrocardiograma capaz de ser usada por meio de um dispositivo móvel.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com os indicadores de mortalidade da Rede Interagencial de Informações para a Saúde (RIPSA) ilustrados na Tabela 1, pode-se perceber os diferentes grupos de causas relacionando os óbitos separados por região do Brasil. Percebe-se que de todas as causas, as doenças do aparelho circulatório são as que mais matam em todas as regiões do país.

**Tabela 1** - Proporção de óbitos (%) por Região segundo Grupo de Causas.

Grupo de Causas	Região Norte	Região Nordeste	Região Sudeste	Região Sul	Região Centro-Oeste	Total
<b>Doenças do aparelho circulatório</b>	<b>24,84</b>	<b>31,13</b>	<b>31,62</b>	<b>31,06</b>	<b>29,01</b>	<b>30,87</b>
Demais causas definidas	19,04	21,5	20,79	19,19	19,49	20,53
Neoplasias	13,37	14,22	17,66	20,7	15,58	16,93
Causas externas	21,52	16,38	11,04	12,25	17,33	13,55
Doenças do aparelho respiratório	9,78	9,03	12,56	11,53	11,02	11,27
Doenças infecciosas e parasitárias	6,23	4,61	4,64	3,83	5,09	4,62
Afecções originadas no período perinatal	5,22	3,13	1,67	1,44	2,49	2,24
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fonte: adaptado RIPSA (2010).

Com base neste fato, é perceptível que o grupo de causas das doenças do aparelho circulatório é uma grande área para estudos, visto que, as doenças cardiovasculares são as que mais causam óbitos. No Brasil, a taxa chega a uma média de 30% de mortalidade por este tipo de doença (SOARES; NASCIMENTO, 2010).

#### 3.1 FUNCIONAMENTO BÁSICO DO CORAÇÃO

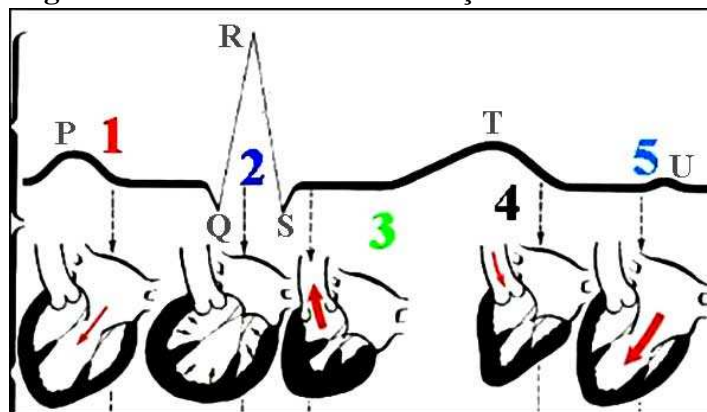
Para melhor entendimento sobre o funcionamento do eletrocardiograma, precisa-se conhecer parte da eletrofisiologia do coração. É sabido que 60% de parte de nosso organismo contém água, e nela estão presentes proteínas, glicose, sais minerais como o cloreto de sódio, o



cloreto de potássio, o cloreto de cálcio e outros. Estas substâncias são geralmente carregadas de energia eletroquímica, sendo encontrados nos formatos de íons positivos e negativos. Estes íons se movimentam pelas células, e quando este movimento ocorre no coração, estas cargas elétricas produzem uma corrente elétrica de natureza eletroquímica (AZEVEDO, 1999).

Assim, ao se considerar o estado de repouso, as células do músculo cardíaco possuem suas cargas elétricas positivas e negativas, sendo estas separadas pela membrana celular tendo seu interior negativo. Portanto, a parte externa é positiva e a interna é negativa. Neste caso a célula está em diástole elétrica, veja Figura 1, ou polarizada, sendo -90 mV para a parte negativa e +10 mV para a positiva. No momento em que há a inversão destes polos por algum estímulo físico, químico ou biológico, há uma inversão das cargas elétricas, e isto é chamado de sístole elétrica ou despolarização (AZEVEDO, 1999).

**Figura 1 - Funcionamento do coração.**



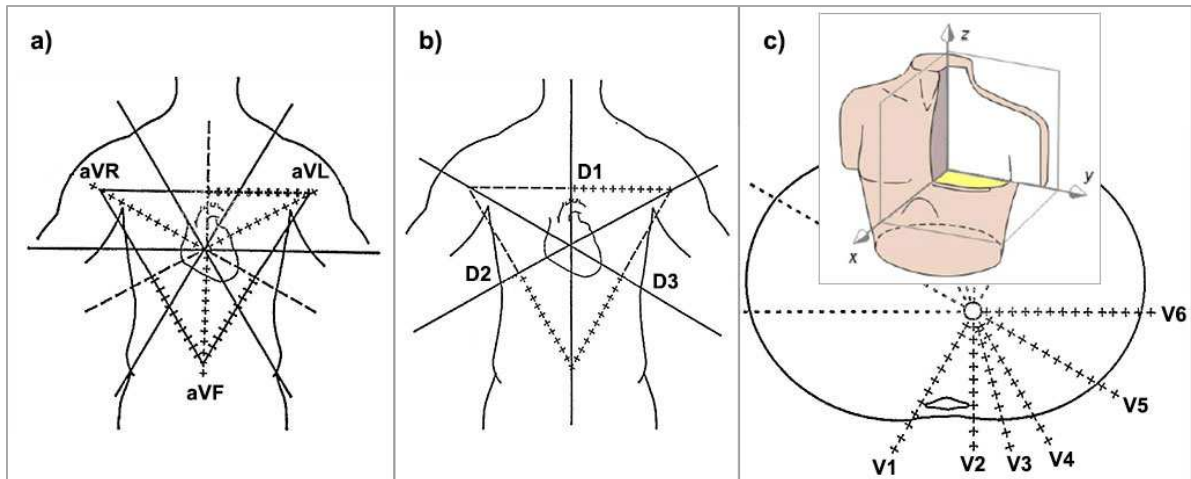
Fonte: Amorim, 2014.

Ainda na Figura 1, em (1) há o início da diástole, onde ocorre a abertura das válvulas tricúspide e mitral e o enchimento ventricular; já em (2), ocorre o fechamento das válvulas de entrada, final da diástole; na marcação (3) é realizada a contração ventricular, abertura das válvulas pulmonar e aórtica - sístole ventricular; (4) é final da sístole ventricular, onde há o fechamento das válvulas pulmonar e aórtica; em (5) ocorre o reinício da diástole atrial e ventricular. Deste modo, a atividade cardíaca pode ser monitorada e caracterizada (AZEVEDO, 1999).

Com a possibilidade de monitorar a condução elétrica do coração, Einthoven padronizou os registros destes sinais, sendo postulado os três pontos que formavam o triângulo de Einthoven e suas linhas de derivação denominadas com a letra “D”. Na Figura 2 (a) tem-se as derivações unipolares das extremidades sendo aVR o potencial obtido no braço direito, aVL obtida do braço esquerdo e aVF da perna esquerda. Essas derivações são precedidas com a letra “a”

porque apresentam um potencial elétrico muito baixo e precisam ser ampliadas, por isso da letra “a” de aumentada. A letra “V” significa potencial elétrico e as demais letras vem de **R**ight (direito), **L**eft (esquerdo) e **F**oot (pé) (AZEVEDO, 1999).

**Figura 2** - Derivações do coração



Fonte: Adaptado AZEVEDO (1999).

Já na Figura 2 (b) está ilustrado as derivações bipolares das extremidades (de Einthoven), caracterizando três derivações: D1, que corresponde à linha que une o braço direito e o braço esquerdo; D2, a linha que vai do braço direito à perna esquerda e D3, que une o braço esquerdo e a perna direita. Estas derivações captam simultaneamente o potencial elétricos entre dois pontos.

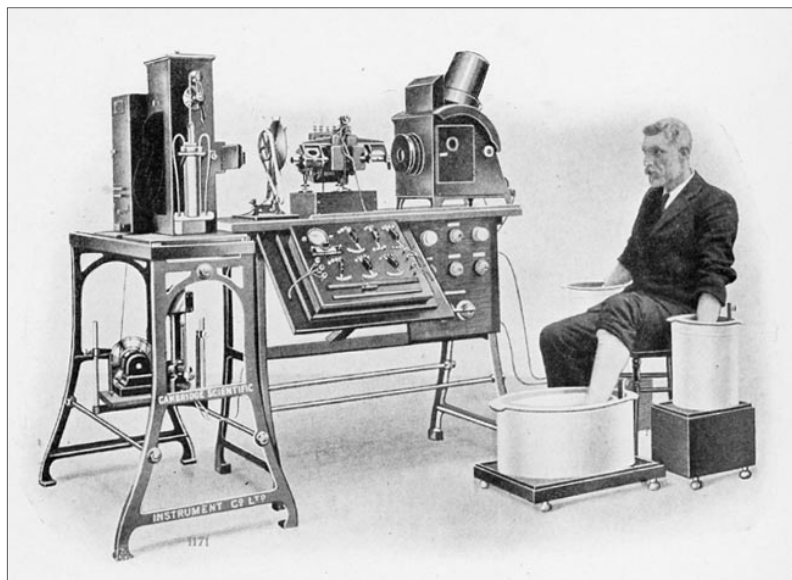
Por fim, na Figura 2 (c), segundo Azevedo (1999), é possível visualizar as derivações unipolares precordiais (de Wilson), sendo os potenciais elétricos melhor analisados pelo menos em dois planos. Assim, V1, é obtido no quarto espaço intercostal direito junto ao esterno; V2, quarto espaço intercostal esquerdo, junto ao esterno; V3, ponto médio entre V2 e V4; V4, quarto espaço intercostal esquerdo, na linha hemiclavicular; V5, corresponde ao ponto na mesma altura que V4, na linha axilar anterior e V6, o qual reflete o ponto na mesma altura que V4, na linha axilar média. Desde modo, ao se unir estas 6 derivações foram criadas as derivações unipolares precordiais, e ao se juntar todas as derivações tem-se doze pontos para análise da atividade elétrica do coração que se juntam e compõem o exame do eletrocardiograma.

### 3.2 ELETROCARDIOGRAMA

Os primeiros registros dos sinais do coração datam por volta da metade do século XIX. Físicos, fisiologistas e médicos foram autores da descoberta dos eletrodos, item indispensável para verificar a diferença de potencial elétrico no corpo humano e produzir os sinais registrados de um eletrocardiograma até os dias atuais. A partir de testes em pequenos animais, foi possível averiguar a contratura muscular na presença de corrente elétrica, trabalho este feito por Kollicker e Muller. Posteriormente, em 1887, Waller, por meio do eletrômetro capilar – instrumento desenvolvido por Gabriel Lippmann – conseguiu medir o nível de corrente elétrica do corpo em relação ao coração (GINEFRA, 2007).

Já em 1901, Willem Einthoven conseguiu registrar com eficiência a corrente elétrica gerada pelo coração e a sua propagação pelo corpo humano. Para isso, o pesquisador utilizou pares de eletrodos bipolares para captar a variação da tensão e um galvanômetro de corda para os registros. De acordo com a Figura 3, percebe-se que os eletrodos nada mais eram do que potes com uma solução salina concentrada, onde o paciente mergulhava as mãos e o pé esquerdo. Esta solução servia como condutor de eletricidade entre a pele e o metal do pote. As duas mãos formavam um par de eletrodo, a mão esquerda e o pé esquerdo formavam o outro par, e o último par era formado pelo braço direito e o pé esquerdo do paciente (GINEFRA, 2007).

**Figura 3** - Eletrocardiógrafo de Lewis

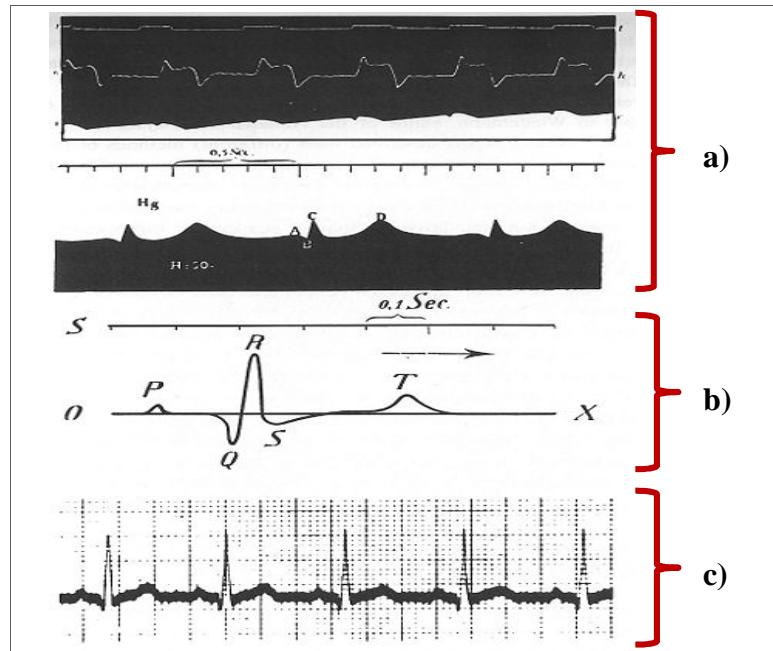


**Fonte:** Jenkins, Gerred, 2012.

Em consequente, Einthoven, fez algumas correções matemáticas no sinal registrado por Lippmann e introduziu o conceito dos pontos PQRST no sinal registrado (Figura 4). Em 1902,

Einthoven consegue registrar o eletrocardiograma de um paciente no hospital universitário a uma distância superior a um quilômetro a partir de seu laboratório usando um cabo telefônico. Este evento, também histórico, Einthoven o chamou de “telecardiograma”.

**Figura 4** - Detalhes das correções no ECG. Eletroômetro capilar de Lippmann (a), correção matemática (b), galvanômetro de corda (c).



Fonte: Jenkins; Gerred, 2012.

Em 1906, Einthoven publicou um trabalho que mostrava a compreensão sobre o funcionamento do coração e a variedade de anomalias. Após alguns anos, ele desenvolveu a corda de galvanômetro, a qual o permitiu descrever detalhes eletrocardiográficos de doenças acometidas pelo coração. Em 1924, seus anos de dedicação e estudos o consagraram com o prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina. Desta época em diante, vários trabalhos relacionados com o estudo de eletrocardiogramas tornaram-se foco de estudos.

Atualmente, pode-se dizer que o equipamento responsável por registrar o exame eletrocardiograma é denominado eletrocardiógrafo. Este equipamento passou por várias mudanças desde sua primeira versão onde se tinha uma agulha ou estilete que desenhava um gráfico sobre um rolo de papel em movimento. O papel usado no exame do ECG é milimetrado e termossensível e que, normalmente, se desloca a uma velocidade constante de 25 mm/s. Dentro deste contexto, quando o estilete que registra o sinal do ECG não oscila, há um potencial zero, ou seja, é traçada uma linha reta chamada linha isoeétrica ou linha base. Quando há oscilação desta linha é porque a atividade elétrica está sendo captada e fazendo com que o

estilete movimente-se para cima ou para baixo. O papel também é marcado a cada 5 mm tanto na horizontal quanto na vertical. Isto é usado para facilitar a visualização das características do exame (AZEVEDO, 1999).

Os eletrocardiógrafos, atualmente, são encontrados com características digitais, dotados ou não de impressoras de alta resolução, saída para outros dispositivos, dentre outras características. Por fim, sabe-se que o eletrocardiograma é um exame no qual o paciente fica em repouso e, geralmente, coloca-se no paciente, em torno de doze eletrodos, nos membros inferiores, superiores, tórax e peito. Assim, é captada a atividade elétrica do coração e enviado ao equipamento que repassa este sinal, no formato de um gráfico impresso em um papel, o qual, posteriormente, serve para análise das sequências dos batimentos. Podendo assim, caracterizar um tipo de doença (CURY; SIQUEIRA; GOMES, 2011).

### 3.3 COMPUTADORES APLICADOS À ANÁLISE DE ECG

Quando se pesquisa sobre trabalhos publicados na área de eletrocardiogramas, uma infinidade de trabalhos são mostrados. Neste contexto, buscou-se projetos que demonstrassem a viabilidade do uso de computadores aplicado à análise ECG, digitalização, detecção de doenças, compartilhamento de dados, formas de armazenamento dos dados do ECG, dentre outras características.

O software Monitor é um computador portátil, o qual é capaz de processar e analisar em tempo real, os sinais vitais, de forma não invasiva, de pacientes saudáveis ou hospitalizados. O Monitor grava 3 canais do eletrocardiograma, a pressão sanguínea, saturação de oxigênio, a respiração e a temperatura da pele. Os dados monitorados são gravados por 24 horas e possibilitam que o profissional visualize as informações gravadas no banco de dados. Desta forma, o software Monitor pode acompanhar a saúde do paciente checando e emitindo alarmes, caso necessário, a partir dos dados coletados em tempo real (TARASSENKO et al., 2001).

De acordo com Rosa e Matta (2004), foi criada uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico médico na tentativa de detectar as diversas arritmias cardíacas. Para isso, foram utilizadas as redes neurais artificiais (RNA), as quais têm a capacidade computacional de aprender e generalizar as informações. Por fim, através do modelo matemático encontrado e aplicado, o software consegue identificar uma possível doença. Essa detecção obteve uma margem de acerto da doença em 70%, o que torna viável como alerta ao profissional, ajudando na tomada de decisão.

Um outro programa que trata do mesmo assunto é o Cardiax, que é um software que possibilita ao usuário armazenar e interpretar os sinais do exame eletrocardiograma, sendo esta avaliação feita por meio da mediana do complexo QRS. Já o CardioPerfect, além das funções do Cardiax, também permite comparar os exames dos pacientes. Contudo, estes são softwares que não possibilitam o processamento dos eletrocardiogramas analógicos e são softwares desenvolvidos para computadores comuns (CURY; SIQUEIRA; GOMES, 2011).

O software de baixo custo denominado Eletrocheckup, permite a digitalização do exame por meio de um scanner óptico. O software então faz uma matriz de pontos desta imagem capturando as informações necessárias e armazena em um tipo de imagem, como: BMP, JPG, GIF, dentre outros formatos. Este aplicativo é funcional tanto no sistema operacional Windows quanto no Linux. E também, permite a associação de alguns dados do paciente à imagem do eletrocardiograma digitalizado. Além disso, é possível fazer a leitura de um exame que já esteja no formato PDF (CURY; SIQUEIRA; GOMES, 2011).

Outra abordagem interessante na detecção de anomalias cardíacas é a utilização da transformada de Fourier juntamente com a rede neural artificial para detectar as anomalias do coração. Ao aplicar transformada rápida de Fourier, é identificado os picos do sinal no ECG e, posteriormente, a RNA identifica a doença. Neste método, houve uma precisão de 98,48% no acerto dos diagnósticos. Isto mostra a melhora significativa em relação à RNA utilizada sozinha (GOTHWAL; KEDAWAT; KUMAR, 2011).

O uso da rede neural *wavelet* (WNN) no reconhecimento de padrão do sinal do eletrocardiograma é uma abordagem bastante eficiente. A WNN é uma técnica que combina a rede neural artificial com a transformada Wavelet. Neste caso, há um módulo de extração das características do ECG e depois a classificação, onde é aplicado a WNN para encontrar as doenças do coração. Em relação a outros métodos esta técnica obteve uma precisão de 98,78% de acerto (BENALI; REGUIG; SLIMANE, 2012).

Outro método usado envolve o processamento dos registros do ECG por meio de um conjunto iterativo de técnicas de processamento digital de imagens para converter os dados da imagem do ECG para uma forma de sinal digitalizado em séries temporais, resultando em um armazenamento conveniente para recuperação da informação do ECG. O método envolve o cálculo da frequência cardíaca, a largura QRS e estabilidade do sinal extraído. A comparação dos parâmetros calculados neste método com os parâmetros calculados manualmente mostra uma precisão de 96,4%, conseqüentemente provando a eficácia do processo. Também é feito o

desenvolvimento de um sistema de diagnósticos do ECG baseado em lógica fuzzy que auxilia o médico no diagnóstico (GARG et al., 2012).

Focado nos novos padrões para desenvolvimento web, criou-se um visualizador de ECG independente sem precisar de software específico, como um plugin ou add-on, para seu funcionamento. Neste visualizador é possível também fazer anotações, medidas ou aplicar zoom no eletrocardiograma escolhido. Para isso utilizou-se HTML5, o qual permite a criação de aplicações ricas para internet. Assim, é possível utilizar diferentes navegadores em diferentes plataformas para acessar este aplicativo, necessitando apenas de um link com a rede mundial de computadores. O servidor onde fica a aplicação pode processar os seguintes tipos de arquivos: *Comma Separated Value (CSV)*, o *Standard Communications Protocol for computer assisted electrocardiography (SCP-ECG)* e *eXtensible Markup Language (XML)*. Desta forma, este visualizador fica disponível para acesso à base de dados de eletrocardiogramas em qualquer plataforma que tenha um navegador de internet pronto para os novos padrões de desenvolvimento web (TRIGO et al., 2013).

Percebe-se uma tentativa de melhorar a qualidade dos equipamentos e software existentes, e também, em adicionar funcionalidades e/ou métodos que facilitem o armazenamento, identificação, transmissão e classificação destes exames com intuito de auxiliar os médicos na tomada de decisão.

## 4 METODOLOGIA

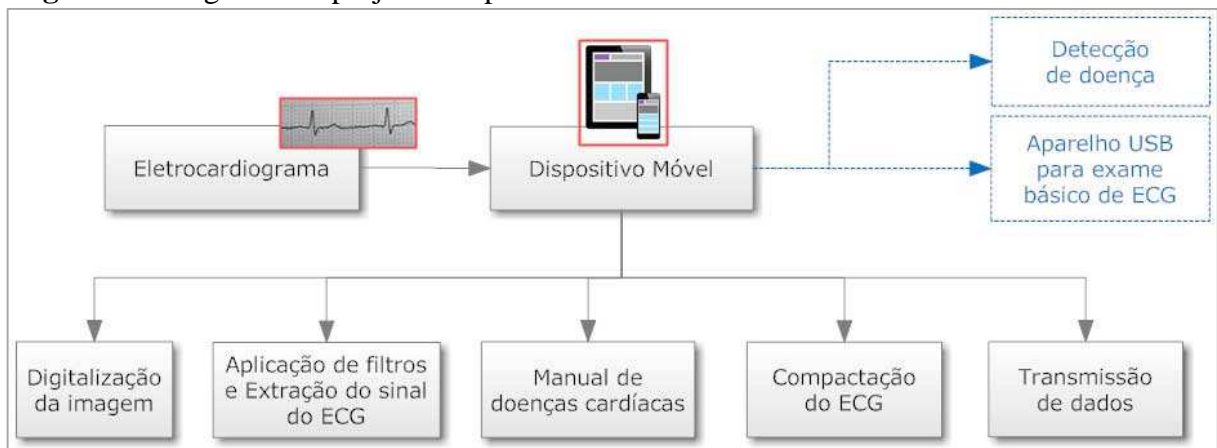
O trabalho foi delimitado aos últimos 15 anos, em relação às técnicas computacionais envolvendo dispositivos móveis, pois estas são mais recentes. Já os demais assuntos fugindo desde escopo pode-se chegar aos últimos 30 anos de publicação.

O software foi desenvolvido em Java destinado ao sistema operacional para dispositivos móveis Android. O dispositivo usado necessita de cartão de memória para armazenamento dos dados e das imagens, além de precisar de uma câmera para capturar a imagem de parte do eletrocardiograma. A linguagem de programação Java foi escolhida por ser gratuita, possuir grande apoio de comunidades que trabalham com ela e, também, por ser independente de plataforma.

### 4.1 PROJETO DO APLICATIVO

Objetiva-se com este trabalho, validar a possibilidade de desenvolver uma aplicação em dispositivos móveis capaz de digitalizar e processar a imagem de um exame de eletrocardiograma, facilitar a transmissão e análise dos dados, além de usar uma compressão por transformada de Fourier.

**Figura 5** - Diagrama do projeto do aplicativo



Fonte: Autor, 2015.

Na Figura 5 tem-se a ilustração das etapas do projeto do aplicativo desenvolvido para dispositivos móveis. O bloco que representa a digitalização da imagem permite fotografar parte do ECG, cortá-lo no tamanho adequado e armazená-lo. Posteriormente, o bloco que corresponde à aplicação de filtros e extração do eletro executa uma série de algoritmos que



realiza todo o processo de filtragem e também armazena a imagem resultante. No bloco manual de doenças cardíacas, o usuário encontra um guia para consultar os tipos de arritmias que acometem o coração. Em compactação do ECG tem-se a etapa de compressão do sinal em pontos complexos para facilitar a transmissão em redes de comunicação mais simples. Por fim, o bloco de transmissão do sinal trata as formas de compartilhar os dados digitalizados e/ou processados. Já os demais blocos pontilhados em azul correspondem às implementações futuras pontuadas para este trabalho.

A seguir, foram tratadas as características e conceitos fundamentais para alcançar e validar o desenvolvimento de um software com uma interface amigável destinada a capturar informações de imagens de eletrocardiogramas, tratá-las de forma a preservar os sinais necessários e disponibilizá-lo, de forma fácil, para transmissão entre dispositivos móveis com a tecnologia Android, além de implementar um método de compactação para transmissão e reconstrução do sinal do ECG.

## 4.2 DIGITALIZAÇÃO DO ELETROCARDIOGRAMA

O exame do eletrocardiograma é feito e impresso, em sua maioria, em tiras de papel representando os sinais colhidos dos batimentos cardíacos do paciente. Para digitalizar este sinal, de forma prática, pode-se utilizar um scanner ou uma câmera digital. Neste trabalho, por ser focado na mobilidade, praticidade e rapidez, optou-se pelo processo de fotografar o exame.

Quando se captura uma imagem por meio de uma câmera, ela pode apresentar algumas distorções de posicionamento, de iluminação, baixa resolução da câmera usada, má qualidade do papel que contém o sinal do eletrocardiograma, dentre outros. Portanto, é preciso tratar parte destes problemas.

As câmeras dos dispositivos móveis em geral possuem alguns parâmetros que podem ser configurados para um melhor aproveitamento e diminuição de alguns problemas como iluminação, resolução, tipo de fotografia dentre outros (GOOGLE, 2014).

Os parâmetros de configuração da câmera podem ser escolhidos a partir de uma classe chamada *Camera.Parameters*, onde é possível ajustar vários parâmetros da câmera. Após estes ajustes, o usuário deve fazer a chamada do método *setParameters* para confirmar estas características. A configuração escolhida para este projeto foi a câmera em preto e branco, eliminando assim os tipos diferentes de coloração da grade de fundo dos eletrocardiogramas. Do mesmo modo, os parâmetros de foco da imagem e iluminação por meio do flash foram

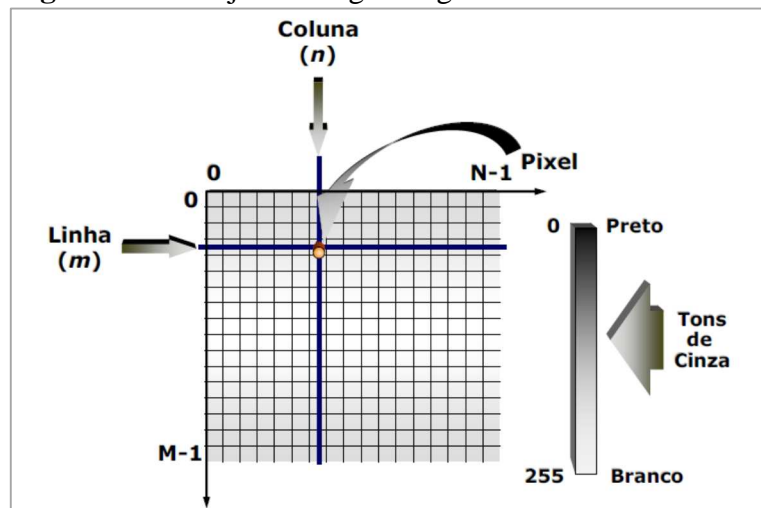
configurados em modo automático. Já a resolução da câmera foi pré-definida na resolução intermediária do dispositivo, ou seja, é feita uma busca no hardware do dispositivo e listado quais os tipos de configurações disponíveis. Posteriormente é escolhida a resolução intermediária (GOOGLE, 2014).

Quando se digitaliza a imagem do eletrocardiograma por meio de uma câmera, os fatores descritos anteriormente são então utilizados na tentativa de amenizar e melhorar a imagem que posteriormente será processada, ajustando-a para os formatos necessários na análise da imagem e transmissão para outros dispositivos. Nos próximos tópicos serão discutidos os diferentes tipos de filtros utilizados para o processamento digital do eletrocardiograma.

#### 4.2.1 Imagem Digital

Quando se fotografa uma determinada cena é necessário armazenar de alguma forma as informações que a representam. No caso das máquinas fotográficas antigas haviam alguns processos químicos e mecânicos para armazenar a cena em um plástico fotossensível, o negativo, que posteriormente era revelado. Já nas máquinas fotográficas digitais, muito comuns e fáceis de encontrar em praticamente todos os aparelhos celulares, a cena capturada pela câmera é armazenada na memória do dispositivo ou em cartões de memória. Segundo Queiroz e Gomes (2001), a imagem digital é composta por um conjunto de bits dispostos de forma bidimensional, e cada elemento desta matriz pode ser chamado pixel, veja Figura 6.

**Figura 6** - Arranjo da imagem digital.

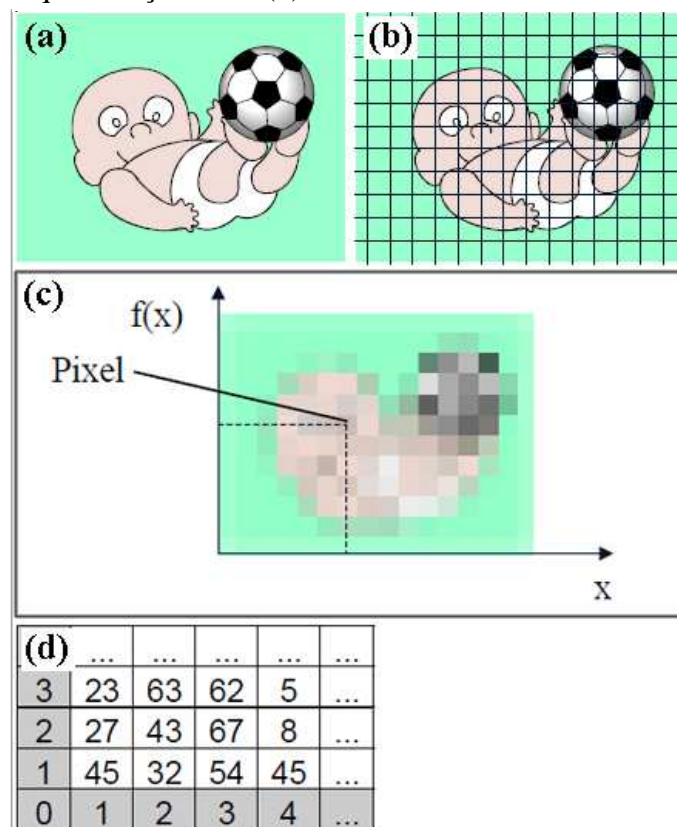


Fonte: Queiroz, Gomez (2001).

A leitura desta matriz é feita através do posicionamento da linha ( $m$ ), depois pelo índice da coluna ( $n$ ). A representação na tela desta imagem é convencionalmente no quarto quadrante, e os índices aumentam da esquerda para direita e do topo da tela para a parte inferior. Assim sendo, a representação do par ordenado  $f(x, y)$  denota a informação contida em um pixel na matriz de representação da imagem digital.

Contudo, a representação destes bits saíram de um sinal analógico, onde cada valor de  $x$  tem uma representação  $f(x)$ . Deste modo, como o computador entende apenas 0s e 1s, é preciso encontrar os valores discretos deste sinal contínuo (o sinal capturado pelo sensor de imagem). Para isso, uma técnica de amostragem é usada para representar o sinal contínuo, e posteriormente é feita a quantização que é o processo de atribuir valores para a amplitude do sinal amostrado, veja o exemplo ilustrado na figura 7 (SCURI, 2002).

**Figura 7** - Processo de digitalização da imagem, em (a) tem-se a imagem contínua, (b) a amostragem, (c) a quantização e em (d) a matriz codificada da



Fonte: SCURI (2002).

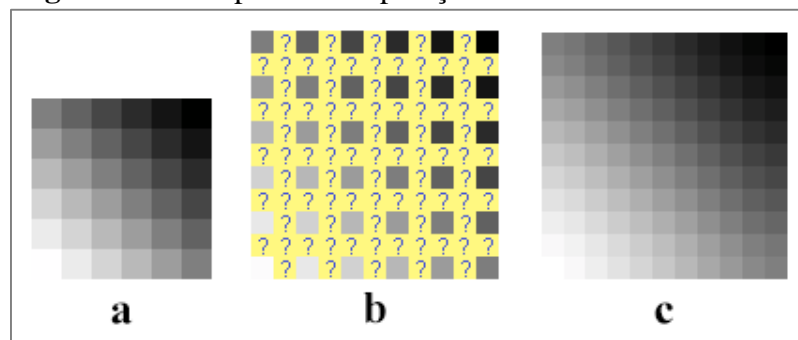
Nota-se que, ainda na Figura 7 letra (c), a representação da imagem depois de digitalizada ficou muito ruim, quase impossível de identifica-la, mas se aumentar a quantidade da amostragem a resolução da imagem final aumentará proporcionando uma melhor representação

da imagem original. Assim sendo, os próximos tópicos tratarão as relações diretas dos algoritmos que manipulam estas matrizes de pixels a ponto de obter as melhores características de filtragem desejadas.

#### 4.2.2 Interpolação Bilinear

A interpolação bilinear é uma das técnicas básicas encontradas para alterar o tamanho de uma imagem. Assim sendo, quando uma imagem precisa sofrer uma transformação de tamanho, esta técnica calcula os níveis de pixels de saída em escala de cinza por meio de uma distância ponderada dos níveis de cinza dos quatro pixels ao redor do ponto desejado da imagem de entrada. Este processo é uma extensão da interpolação linear. Deste modo, a Figura 8 ilustra a interpolação que trabalha em duas direções e tenta encontrar o melhor valor de cor e intensidade dos pixels ao redor do pixel escolhido (EFFORD, 2000).

**Figura 8** - Exemplo de interpolação bilinear.

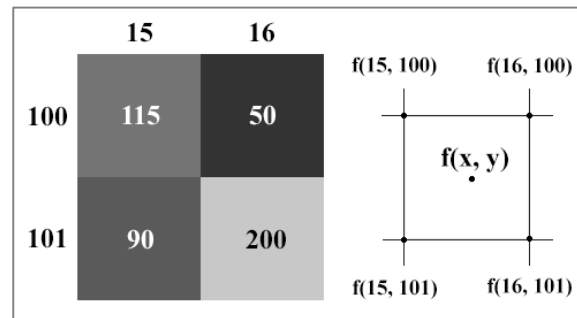


Fonte: Adaptada (MCHUGH, 2014).

A equação 1 representa o cálculo necessário para encontrar o novo valor em escala de cinza de um pixel de saída.

$$f(x, y) = f(0, 0) * (1 - x) * (1 - y) + f(1, 0) * x * (1 - y) + f(0, 1) * (1 - x) * y + f(1, 1) * x * y \quad (1)$$

Segundo Efford (2000), sabe-se que quanto menor a distância do pixel a ser interpolado em relação ao seu vizinho, mais influenciado por este ele será e, conseqüentemente, influenciará na sua cor final. Consoante a esta ideia, suponha que existam os pixels na matriz da imagem nas posições definidas na Figura 9, a qual ilustra um exemplo da interpolação bilinear a ser realizada. Para o exemplo, admita que o ponto de saída seja no meio dos pixels informados, ou seja, na posição (0.5, 0.5)

**Figura 9** - Exemplo numérico de interpolação

Fonte: Autor, 2015.

Aplicando a equação (1), tem-se:

$$f(x, y) = 115*(1 - 0.5)*(1 - 0.5) + 50*(0.5)*(1 - 0.5) + 90*(1 - 0.5)*(0.5) + 200*(0.5)*(0.5)$$

$$f(x, y) = 28.75 + 12.5 + 22.5 + 50$$

$$f(x, y) = 113.75$$

$$f(x, y) = 113$$

Este valor é então arredondado para o tipo de dado inteiro, pois a representação do valor em escala de cinza vai de 0 a 255 em um formato de imagem padrão de profundidade de 8 bits. Por fim, o novo valor é adicionado à nova matriz da imagem redimensionada. Existem outros métodos de redimensionamento de imagens como: *nearest neighbor*, o qual utiliza um cálculo simples baseado no vizinho mais próximo, considerando assim apenas um pixel vizinho. Este método causa um “serrilhamento” na imagem redimensionada, por este motivo não se optou pelo seu uso. Também existem técnicas mais sofisticadas, como: interpolação bicúbica, que utiliza uma vizinhança de 4x4, aumentando assim a qualidade da nova imagem. Contudo, exige um poder computacional maior para sua execução (PETROU; PETROU, 2010).

### 4.2.3 Imagem Invertida (Invert)

Normalmente uma imagem comum é dita imagem positiva, e quando se deseja invertê-la o valor de cada pixel é submetido a uma subtração do valor máximo da profundidade da imagem, ou seja, para uma profundidade de 8 bits tem-se uma variação de 0 a 255, sendo então utilizado o valor máximo 255. Este tipo de filtro é comumente conhecido como negativo. A equação (2) denota o valor em escala de cinza do novo pixel P', o qual teve seu valor subtraído

de 255. Aplicar o negativo a uma dada imagem ajuda a discriminar alvos ajudando no processo de identificação de características, como por exemplos, em imagens médicas (QUEIROZ, GOMES, 2001).

$$P'(x, y) = 255 - P(x, y) \quad (2)$$

**Figura 10** - Aplicação do filtro negativo.



Fonte: (QUEIROZ, GOMES, 2001).

Na Figura 10, tem-se a ilustração de uma imagem original em (a) e a aplicação do filtro negativo da imagem em (b).

#### 4.2.4 Threshold

O filtro *Threshold* basicamente faz a transformação de uma dada imagem para binário usando o valor limite especificado. Todos os pixels com intensidades iguais ou superiores ao valor limiar são convertidos em pixels brancos. Todos os outros pixels com intensidades abaixo do valor limiar são convertidos em pixels pretos. Este tipo de efeito é normalmente usado quando se deseja uma abordagem envolvendo segmentação de imagens. Matematicamente seria representado como segue na equação (3).

$$F'(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{se } F(x, y) \geq T \\ 0 & \text{se } F(x, y) < T \end{cases} \quad (3)$$

Portanto, para este tipo simples de threshold, se o valor do limiar (T) fosse 140, por exemplo, então todos os pixels acima deste valor receberiam 1, enquanto os valores abaixo de 140 ficariam com 0. Existem várias técnicas que utilizam a abordagem de segmentação de imagens. A seguir serão explicados mais algumas formas de aplicar o threshold.

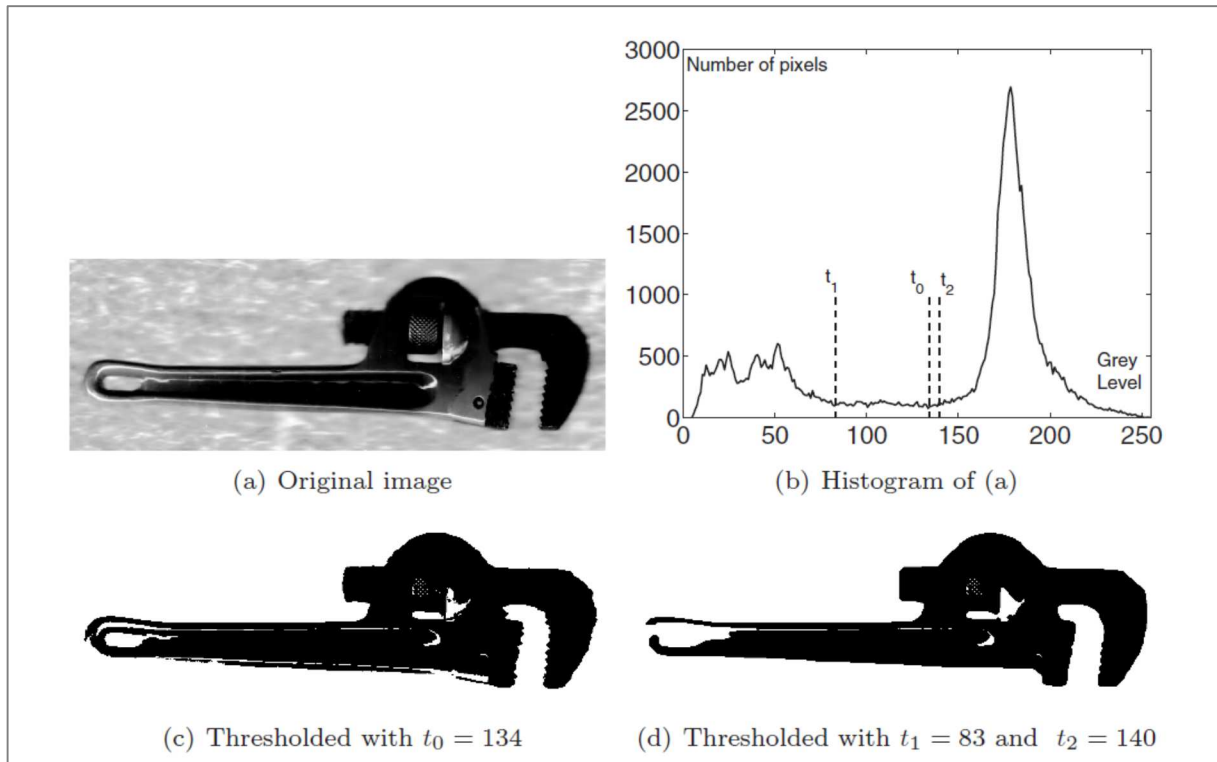
#### 4.2.4.1 Amplitude Thresholding ou Window Slicing

Segundo Jain (1989) este tipo de abordagem deve ser utilizado quando as características da amplitude da imagem são marcantes para definir o objeto. Então, um valor que defina o objeto deve ser usado para calibrar o limiar a ser usado na filtragem. Desta forma, os pixels que não fazem parte do objeto serão filtrados. Logo, o resultado será a exposição do objeto. Esta técnica é geralmente usada em documentos impressos e digitalizados, desenho de linhas e gráficos, imagens de raio X, dentre outras. Para utilizar esta técnica alguns passos são importantes:

- a) Analisar o histograma da imagem para encontrar os valores de picos e vales, e se for multimodal, o valor de vale pode ser usado como limiar;
- b) Selecione o limiar ( $T$ ) de modo que a fração determinada do número total de amostras seja inferior a  $T$ ;
- c) O limiar deve ser alterado de acordo com a análise dos vizinhos locais do histograma;
- d) Selecione o limiar ( $T$ ) de acordo com o histograma destes pontos que satisfazem o critério escolhido;
- e) Se o modelo probabilístico de uma classe de segmentação diferente é conhecida, calcula-se o limiar para minimizar o erro ou algum outro risco.

A Figura 11 (b) ilustra o histograma da imagem original (a). Neste histograma é marcado os pontos  $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$  representando os vales de *threshold* encontrados. Neste caso, há vários pixels no fundo da imagem que parecem com os pixels do objeto, sendo que estes são encontrados próximos da borda do objeto com o fundo da imagem. Assim, é usado então uma técnica chamada de *hysteresis thresholding*, a qual utiliza dois níveis de limiar ao invés de um, sendo usado os dois de cada lado do vale encontrado no histograma. Na imagem (c) e (d) percebe-se a aplicação do *threshold* usando apenas o  $t_0$  e depois  $t_1$  e  $t_2$  em histerese, respectivamente (PETROU; PETROU, 2010).

**Figura 11** - Demonstração de aplicação do Threshold e análise do histograma da imagem.



Fonte: PETROU; PETROU (2010).

Deve-se salientar que quanto maior for o valor aplicado do limiar ( $t$ ) na imagem, maior será o nível de distorção produzido tanto no objeto a ser segmentado quanto no fundo da imagem.

#### 4.2.4.2 Labeling

Esta é uma outra técnica usada para segmentação de imagens. É uma técnica simples para segmentar imagens binárias onde é feita uma análise dos pixels vizinhos de modo que os pixels semelhantes são marcados. Para aplicar este tipo de filtro, cria-se uma matriz com o mesmo tamanho da imagem original, depois é atribuído uma marcação (*label*) para cada pixel. Deste modo, todos os pixels que fazem parte do conjunto do objeto principal da imagem devem conter o mesmo *label*. Os demais fazem parte do fundo da imagem e devem receber um *label* diferente. Esta marcação pode ser feita de várias formas, utiliza-se números, cores, letras dentre outros (PETROU; PETROU, 2010).



Vale destacar que quanto mais sofisticada e mais incrementada é a técnica de segmentação, maior poder computação será necessário para construir a nova imagem filtrada, e neste trabalho visa-se trabalhar com dispositivos móveis, portanto, é necessário equilibrar as técnicas para que elas sejam possíveis de serem executadas em um celular. Assim sendo, buscou-se trabalhar com técnicas mais simplistas em relação à necessidade computacional disponível. Após a realização da segmentação do objeto, a imagem ainda apresenta pixels indesejados no fundo, e para ajudar a retirá-los, pode-se utilizar algumas técnicas, as quais serão discutidas nos próximos tópicos.

#### 4.2.5 Blob Filtering

Esta técnica é embasada em um método matemático de detecção de regiões em imagens digitais que busca encontrar na imagem os pixels que possuem características semelhantes, como brilho ou cor, e comparando-as com as regiões ao redor. Um *blob* é uma região da imagem que apresenta característica constante ou varia dentro de uma faixa definida, ou seja, dentro de um mesmo *blob* considera-se que seus pixels são todos similares. Neste contexto, as tarefas envolvendo visão de máquinas o *blob detection* é uma técnica muito usada, como: rastreamento de uma bola vermelha, detectar a pele de uma pessoa e movimentos da mão (GONZALEZ; WOODS, 2007).

Neste sentido é possível caracterizar e conseguir informações sobre as regiões da imagem, sendo que por meio de outras técnicas como detecção de borda ou de cantos não seria possível. Assim, depois de detectar a região pode-se fazer a busca por reconhecimento de objetos. Um dos tipos de *blob detection* mais comuns é o *Laplacian of Gaussian (LoG)*, onde se utilizam uma matriz como *kernel* para aplicar uma equação matemática, a qual resulta em respostas positivas para *blobs* escuros e respostas negativas para *blobs* claros. Outros tipos de filtros são: *the determinant of the Hessian*, este utiliza uma matriz quadrada denominada matriz de Hessian para suavizar a seleção do *blob*; *affine-adapted differential blob detectors*, refere-se a uma técnica mais elaborada que trabalha com formas invariantes de translação, rotação e escala no domínio espacial para detecção e seleção dos *blobs* (GONZALEZ; WOODS, 2007).

Segundo Wang, Ren e Liu (2008), alguns passos são executados para buscar as manchas na imagem. O valor da faixa do pixel, neste processo, deve estar entre 0 e 255 caracterizando o tom de cinza da imagem. Após a transformação da imagem em escala de cinza, é feito um processamento da matriz de dados no sentido de encontrar os *blobs*. Depois é feito alguns cálculos para levantar informações do *blob*, como o tamanho e o valor da coordenada do ponto

central. Em sequência, a função de detecção de *blobs* busca identificar os pixels com o mesmo nível de cinza, e estes pixels são então diferenciados e separados baseados no critério de interconexão entre eles. Por fim, a coordenada do centro do *blob* pode ser calculada de acordo com a equação (4):

$$x_{center} = \int_A x dA / A, \quad y_{center} = \int_A y dA / A \quad (4)$$

Assim, o centroide do *blob* é calculado e, esta informação será utilizada para, por exemplo, delinear a área do *blob*.

#### 4.2.6 Extract Biggest Blob

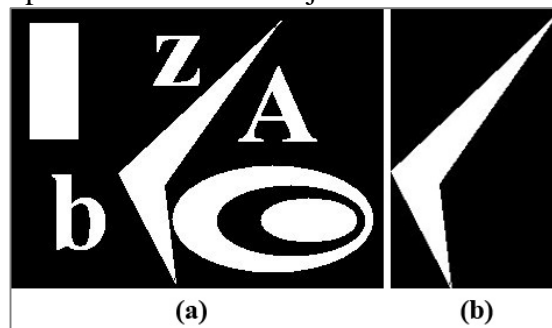
Este filtro utiliza parte das técnicas já mostradas no tópico anterior, contudo a ideia fundamental deste filtro é buscar na imagem uma mancha (*blob*) grande e extrair ela, ou utilizar a localização deste *biggest blob* para realizar operações diversas. Normalmente, utiliza-se uma imagem de fonte para encontrar as manchas e realizar as operações pertinentes em uma outra imagem cópia para não danificar a imagem original (QUEIROZ, GOMES, 2001).

Os passos utilizados em um algoritmo para extrair os *blobs* poderiam ser:

- Buscar as regiões da imagem que, de alguma forma, são coerentes;
- Marcar os grupos destas regiões;
- Extrair a mancha maior da imagem.

A Figura 12 ilustra a aplicação do filtro para extrair o maior *blob*.

**Figura 12** - Extração do maior blob. Em (a) tem-se a imagem original, e (b) o resultado após extrair o maior objeto.



Fonte: AForge.NET (2012).

### 4.2.7 Binary Erosion

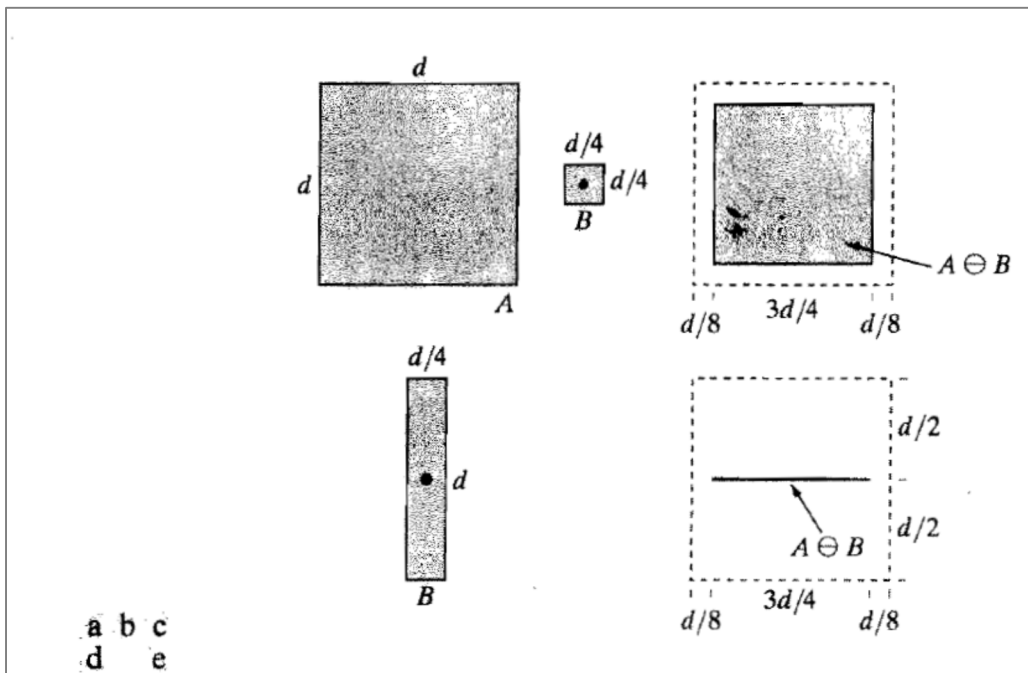
A erosão da imagem é usada para tornar o objeto menor do que em seu tamanho original. A camada mais externa de pixels do objeto é removida. Para isso, verifica-se e marca os pixels pretos que tenham pelo menos um vizinho branco, posteriormente, é atribuído para estes pixels marcados a cor branca. A Figura 13 mostra a aplicação desta operação básica da morfologia matemática, erosão binária (PARKER, 2011).

Sendo Gonzalez e Woods (2007), tendo A e B como conjuntos de Z, a erosão de A por B, denotado por  $A \ominus B$  é definida na equação (5):

$$A \ominus B = \{Z \mid (B)_z \subseteq A\} \quad (5)$$

Desta forma, esta equação indica que a erosão de A por B é um conjunto de todos os pontos de Z tal que B, traduzido por z, está contido em A. O conjunto B é tido como um elemento estruturante.

**Figura 13** - Aplicação da erosão. Em (a) temos o conjunto A, ou imagem original, (b) temos o conjunto estruturante, em (c) a erosão de B em A, (d) representa um outro elemento estruturante, (e) o resultado da erosão provocada pelo novo conjunto B em A.



Fonte: GONZALEZ, WOODS (2007).

Por fim, pode-se perceber que a erosão é uma boa técnica para afinar objetos de uma imagem binária, mas dependendo de sua intensidade e/ou do tamanho do conjunto estruturante, a erosão pode trazer resultados indesejados.

### 4.3 COMPRESSÃO DO SINAL

De acordo com Takahashi (2002), a transformada de Fourier é um dos métodos mais usados para decompor um dado sinal em componentes de frequência e amplitudes, saindo do domínio do tempo e passando para o domínio da frequência. A série de Fourier tem a característica de se repetir a cada ciclo. Quando o sinal do ECG é submetido à transformada de Fourier o resultado se compõe nos espectros de frequências e conduz o sinal para um formato de distribuição complexa. A equação (6) define a transformada de Fourier como uma distribuição complexa  $X(\omega)$ :

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad (6)$$

Já na equação (7) tem-se a substituição de  $X(\omega)$  em  $\rho(\omega) e^{i\theta(\omega)}$  :

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \rho(\omega) e^{i\theta(\omega)} e^{i\omega t} d\omega \quad (7)$$

Ao se realizar a soma dos expoentes de Euler, tem-se a equação (8):

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} \rho(\omega) \left( e^{i(\omega t + \theta(\omega))} + e^{-i(\omega t + \theta(\omega))} \right) d\omega \quad (8)$$

Sabendo que pela fórmula de Euler, verifica-se a igualdade na equação (9) e fazendo a substituição da mesma na equação (8) chega-se na relação mostrada na equação (10).

$$\rho \cos(\omega t + \theta) = \frac{\rho}{2} e^{i(\omega t + \theta)} + \frac{\rho}{2} e^{-i(\omega t + \theta)} \quad (9)$$

$$x(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \rho(\omega) \cos(\omega t + \theta(\omega)) d\omega \quad (10)$$

Assim sendo,  $\rho(\omega)$  ilustra as cossenóides e suas amplitudes presentes no sinal  $x(t)$ , já  $\Theta(\omega)$  denota a defasagem relativa às cossenóides no sinal. Portanto,  $X(\omega)$  representa a distribuição

complexa que detêm as informações das cossenóides do sinal  $x(t)$ . Para concluir, a equação (11) ilustra a transformada de Fourier e a transformada de Fourier Inversa, ou seja, realizando o processo inverso, saindo do domínio da frequência e passando para o domínio do tempo (TAKAHASHI, 2002).

$$\begin{aligned} X(\omega) &= \mathcal{F}(x(t)) \\ x(t) &= \mathcal{F}^{-1}(X(\omega)) \end{aligned} \quad (11)$$

Contudo, como o sinal do ECG foi digitalizado, ele passa a ser um sinal amostrado e não pode-se utilizar este formato da transformada de Fourier. Neste caso, é necessário utilizar a transformada discreta de Fourier que pode ser aplicada a sinais discretos e periódicos. O sinal também deve ser amostrado com um período  $T$  que deve ser múltiplo do período  $t$  do sinal, ou seja,  $t = T / N$ . Segundo o teorema da amostragem de Nyquist, a frequência de amostragem necessita ser maior que o dobro da maior frequência contida no sinal  $x(t)$ , sendo  $N$  o número de amostrados do sinal. Deste modo, a equação (12) define a transformada discreta de Fourier ou DFT. Considera-se que  $N$  deve conter as amostras no domínio do tempo, ou seja,  $f(k)$  onde  $k = 0, 1, 2, \dots, N-1$  passando do domínio do tempo para a frequência, que é representada por  $F(n)$ , onde  $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$  (BONATTI et. al., 2013).

$$\begin{aligned} F(n) &= \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(k) e^{-\frac{j2\pi nk}{N}} \\ f(k) &= \sum_{n=0}^{N-1} F(n) e^{\frac{j2\pi nk}{N}} \end{aligned} \quad (12)$$

O resultado produzido por  $f(k)$  representam a amplitude e a fase das componentes do sinal de entrada. A transformada inversa neste caso pode ser obtida aplicando  $F(n)$  em  $f(k)$ , ou seja, passando do domínio da frequência para o domínio do tempo (TAKAHASHI, 2002).

No próximo tópico serão mostrados os resultados obtidos objetivando além de digitalizar a imagem de um eletrocardiograma, filtrá-la de modo a isolar o sinal para estudos, compartilhar os resultados, e também aplicar a transformada de Fourier para compactar o ECG em pontos representados por números complexos e salvar em arquivo texto para facilitar a transmissão e recomposição do sinal, assim como propiciar pesquisas futuras com estes dados da transformada de Fourier.

#### 4.4 ANDROID

O Android é baseado no sistema operacional Linux trazendo consigo vários aplicativos nativos. Por ser baseado no kernel 2.6 do Linux, o Android faz o controle de memória, dos processos, das *threads*, da segurança dos arquivos, dentre outros. Quando uma aplicação é instalado no Android, internamente é criado um usuário específico para ela, deste modo somente a aplicação pode ter acesso aos seus próprios dados (LECHETA, 2010).

Para desenvolver para esta plataforma é preciso trabalhar com a linguagem Java juntamente com uma versão do Android SDK (*Software Development kit*) – pacote de desenvolvimento de software. Existem várias versões do SDK, cada uma com um codinome e, quanto mais nova a versão, mais recursos disponibilizados e mais poder computacional os celulares precisam ter. Para este trabalho foi escolhido a versão 4.0 (API 14 também chamada de *Ice Cream Sandwich*) para trabalhar, pois foram necessários alguns recursos adicionais, como a medição de área na câmera. O SDK traz consigo um emulador do celular para simular as aplicações criadas (GOOGLE, 2014).

Para que o Android funcionasse nos dispositivos móveis o fabricante desenvolveu uma máquina virtual denominada Dalvik. Ela funciona de forma parecida com a JVM da linguagem Java, a qual permite a portabilidade das aplicações. Sendo assim, toda a aplicação é desenvolvida normalmente em Java e após se fazer a compilação do bytecode (.class), há uma conversão para Dalvik Executable (.dex), o qual é o arquivo executável para o dispositivo móvel. Contudo, ainda neste formato, são adicionados mais alguns recursos necessários à especificidade de cada aplicação, imagens, arquivo de configuração, dentre outros. Tudo é compactado e assim gerado o arquivo final, Android Package File ou apk. Este arquivo pode então ser instalado em um dispositivo que tenha o sistema Android (LECHETA, 2010).

Para criar uma aplicação para o Android é necessário um ambiente de desenvolvimento configurado corretamente. Sendo assim, optou-se por utilizar o *Android Developer Tools* de direito da *The Android Open Source Project*. Este ambiente de desenvolvimento faz uso da plataforma Eclipse, o qual possui vários ambientes de desenvolvimentos para inúmeras linguagens de programação. De posse desta IDE, é necessário instalar também o Java Runtime Environment (JRE): um programa que permite o usuário rodar aplicativos Java em seu computador. Para este trabalho foi usado a versão 1.7.0.51-b13 64 bits para o sistema operacional Windows 7. Para garantir o funcionamento correto do ambiente de

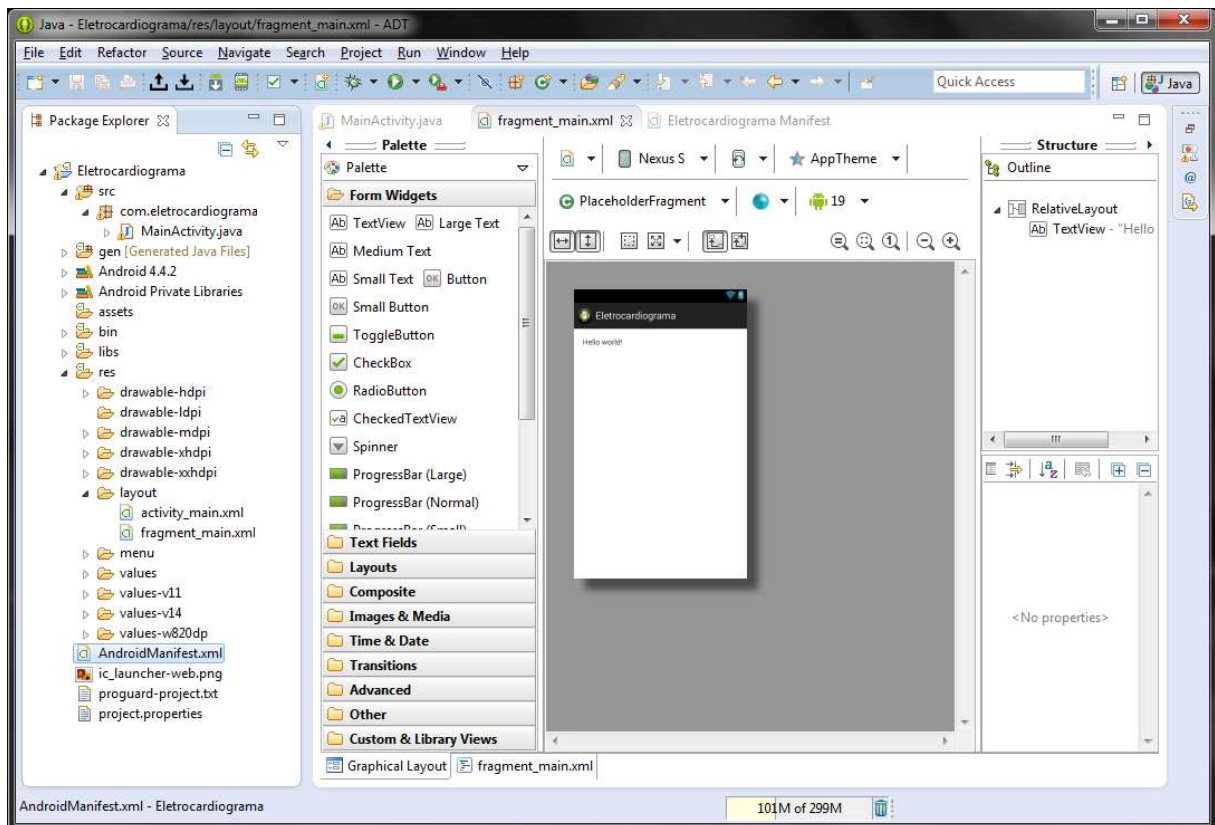
desenvolvimento ainda é necessário instalar o Java Development Kit (JDK). Este JDK é um pacote de ferramentas (compilador e bibliotecas) necessárias para criar aplicações para a plataforma Java. A versão usada foi a jdk1.7.0\_09 para Windows 7 64 bits (MEDNIEKS et al., 2011).

Após todo este cenário configurado o desenvolvedor está pronto para criar aplicativos para dispositivos móveis. Após uma aplicação pronta é possível copiar apenas o arquivo .apk para o celular ou tablet e fazer a instalação do mesmo. Uma outra opção para disponibilização do aplicativo criado é o Google Play, um site onde é possível criar uma conta privada, onde é paga uma taxa de aproximadamente \$ 25.00 (vinte e cinco dólares) para que o usuário faça o upload de sua apk. O proprietário desta conta, a partir de então, pode fornecer seu software para todo o mundo, cobrando ou não por ele.

#### **4.4.1 O ambiente de desenvolvimento**

O ADT Bundle é um ambiente que contém o necessário para dar início à criação de aplicações para o Android. Ele inclui os componentes do SDK, uma versão da IDE do Eclipse para Android (plugin ADT), ferramentas para plataforma Android e o emulador. A Figura 14 ilustra as características deste ambiente de desenvolvimento, sendo que, no maior painel da direita, percebe-se os itens para criação do layout do dispositivo móvel escolhido. Estes itens funcionam no formato *'Drag and Drop'* ou é possível escrevê-los manualmente na linguagem de marcação XML.

**Figura 14** - ADT Bundle, IDE para desenvolvimento de Aplicações Android.



**Fonte:** Autor, 2015.

Ainda na Figura 14, pode-se notar um painel à esquerda cujo título é *Package Explorer*, no qual existem várias pastas e arquivos diversos. De forma simples, ao se criar um primeiro projeto Android, esta estrutura de arquivos é montada automaticamente. No caso exemplificado, criou-se um projeto Android voltado para o SDK 4.0 (Ice Cream Sandwich) como base e, como alvo, o SDK 4.4 (kitkat). Nesta estrutura, a pasta nomeada 'src' contém as classes Java. Dentro da pasta 'gen' existe uma classe chamada R.java que é gerada automaticamente com recursos usados pelo aplicativo desenvolvido. Quando se adiciona uma imagem no projeto, por exemplo, esta classe, de forma automática, disponibiliza este recurso para o projeto. Já no diretório 'assets' o programador pode adicionar qualquer recurso extra, como um estilo de fonte diferente, scripts, dentre outros. A pasta 'res' e suas subpastas contém todos os recursos de imagem e layouts das telas, como configuração do estilo, fontes e menus. Por outro lado, as bibliotecas de suporte ao Android e/ou outros arquivos com estas características ficam na pasta 'libs'. O diretório 'bin' contém todos os arquivos .class que fazem parte da geração do arquivo .apk, o qual também está localizado nesta pasta. Por fim, na raiz do diretório do projeto existe um arquivo chamado 'AndroidManifest.xml' que detém as



configurações da aplicação, ou seja, o desenvolvedor deve incluir as características de cada *activity* (tela) que terá na aplicação, assim como qual será a tela principal de abertura ao se iniciar o aplicativo (LECHETA, 2010).

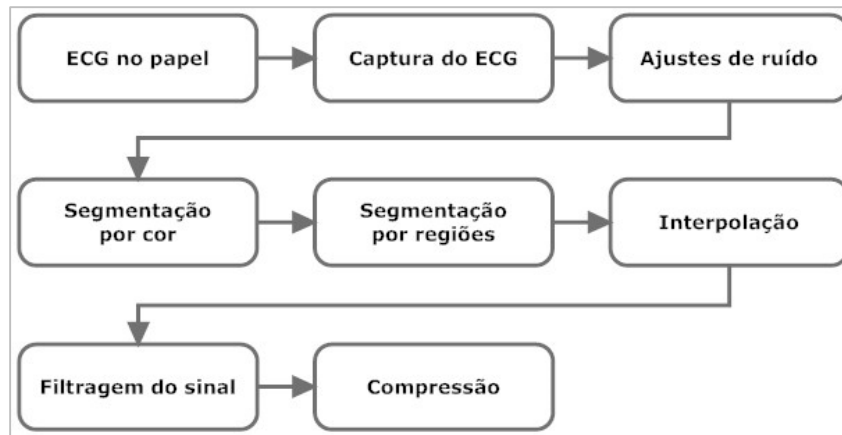
#### 4.4.2 Fluxo do processo e Biblioteca de apoio ao desenvolvimento

Após analisar os passos necessários desde a captura da imagem até a limpeza do sinal do eletrocardiograma, optou-se pela verificação de algo já implementado. Contudo, em um primeiro momento encontram-se muitos trabalhos aplicados utilizando a ferramenta MATLAB, outros com implementação para desktop e pouquíssimo para dispositivos móveis voltados para o sistema circulatório. Posteriormente, encontrou-se um conjunto de bibliotecas denominadas Catalano Framework, desenvolvida por Marcos Diego Catalano e disponibilizado de forma open source e voltada para programação Java e Android. Este framework tem várias funções que podem ser utilizadas nos projetos de processamento de imagens.

Sendo assim, fez-se uso desta biblioteca como auxílio na construção do projeto, e como hardware para testes utilizou-se basicamente um celular S3 mini da Samsung e um outro celular também do mesmo fabricante denominado Grand Duos, ambos com processador acima de 1 GHz, memória RAM de 1 GB e armazenamento de 8 GB em cartão micro SD. O Grand Duos possui tela de 5 polegadas e câmera de 8 megapixels, ao passo que o S3 mini possui tela de 4 polegadas e câmera de 5 megapixels.

De posse destas características verificou-se como seriam feitos os passos desde o exame do eletrocardiograma até seu tratamento para futuras análises. Segundo Garg (2012), após a captura da imagem é necessário fazer alguns ajustes para remover os ruídos da imagem, e posteriormente partir para a remoção da grade de fundo do ECG utilizando segmentação. Por fim, é feito a interpolação dos pixels e a compressão do sinal para futuro armazenamento e transmissão. A Figura 15 ilustra o fluxo base do modo como é realizado o processamento do sinal do ECG, desde a captura do ECG que anteriormente estava no papel até a sua compressão.

**Figura 15** - Fluxo do processamento do sinal do ECG.



**Fonte:** adaptado Garg et. al. (2012)

Assim sendo, a seguir foram tratados os tópicos relativos a cada etapa do processo de obtenção e processamento da imagem do eletrocardiograma utilizando um dispositivo móvel para tal.

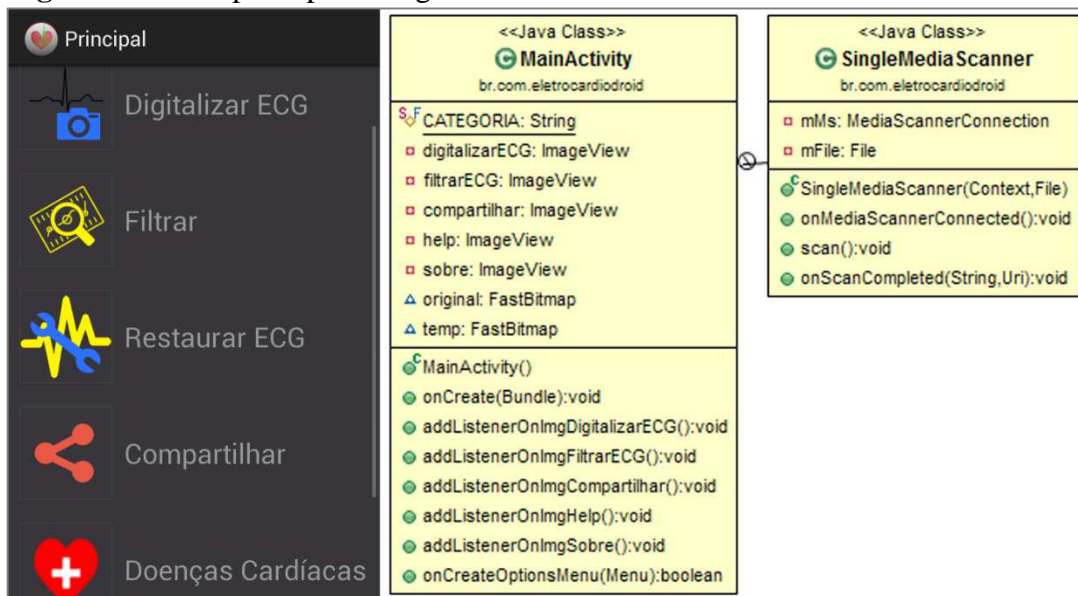
## 5 RESULTADOS

### 5.1 TELA PRINCIPAL DA APLICAÇÃO

Para montar a tela principal do aplicativo optou-se por um layout linear dentro de uma estrutura chamada scrollView, que é um tipo de interface visual que pode ter uma barra de rolagem lateral à medida que o conteúdo se expande (LECHETA, 2010).

A Figura 16 ilustra cada ícone que representa um botão de entrada em cada parte do software, as quais serão explicadas nos tópicos subsequentes. Portanto, no botão digitalizar ECG é onde o usuário deve entrar para capturar parte da imagem de um eletrocardiograma. Em filtrar, é possível limpar a imagem anteriormente digitalizada, de modo a retirar a grade de fundo e preservar o apenas o sinal em formato binário para futuras análises. Em restaurar ECG o usuário pode remontar o sinal a partir de um arquivo texto transmitido com os pontos comprimidos pela transformada de Fourier. Com o botão compartilhar, o profissional responsável pelo eletro pode enviar a parte do ECG digitalizado para outro profissional por meio de mensagens de texto com o ECG em anexo, ou e-mail, whatsapp dentre outras formas disponíveis no sistema Android.

**Figura 16** - Tela principal e diagrama de classe.



Fonte: Autor, 2015.

Ainda na Figura 16 está representado o diagrama de classes para construção desta tela. A classe MainActivity contém os atributos do tipo imageView, os quais recebem a montagem do layout de cada ícone presente nesta tela, assim como os eventos que representam as ações do clique do usuário na opção desejada. Já a classe SingleMediaScanner serve para criar a chamada nativa dos recursos do sistema de compartilhamentos do Android (GOOGLE, 2014).

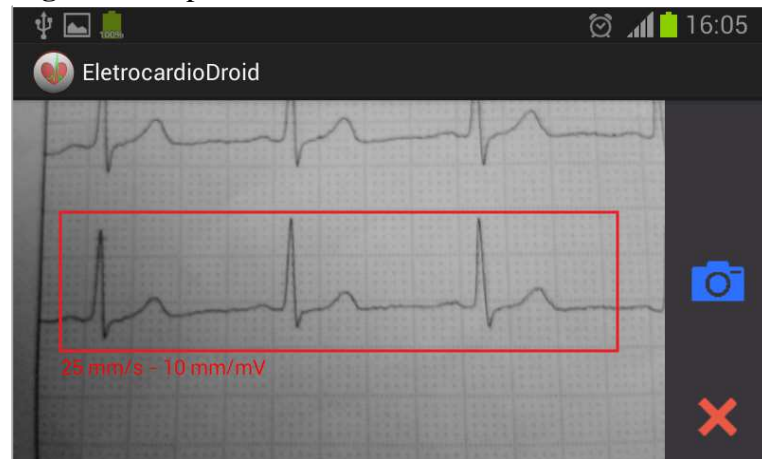
## 5.2 CAPTURA DO ECG

O processo de captura do eletrocardiograma se dá por meio da câmera fotográfica do dispositivo móvel. Sendo assim, foi necessário o desenvolvimento de uma tela específica para esta tarefa. Se fez necessário padronizar a digitalização em escala de cinza, pois a grade de fundo dos ECG variam a cor, podendo ser azul, vermelho, dentre outras cores. Outra função importante foi deixar a câmera com autofocus e auto iluminação para garantir uma melhor qualidade da imagem. Para se criar uma tela ou *activity* no Android, basicamente é necessário no mínimo dois arquivos: um arquivo xml que contém o layout da tela e uma classe java que controla e manipula os eventos.

Num primeiro momento foi decidido codificar o uso padrão do hardware da câmera no Android, onde existe uma classe para esta finalidade: `android.hardware.Camera`. Com esta classe é possível realizar a chamada de uma tela já existente no próprio Android que disponibiliza a câmera pronta para fotografar. A criação da tela da câmera exige um pouco de codificação e ajustes do layout da tela para uso simples no projeto (LECHETA, 2010).

Contudo, posteriormente viu-se a necessidade de implementar algumas funcionalidades para facilitar e guiar o usuário quando utilizasse este recurso e, conseqüentemente, ajudar no desempenho da aplicação em outros processos. Para que estas características fossem implementadas, foi necessário desenvolver uma mini aplicação para utilizar a câmera do dispositivo móvel (veja Figura 17) onde fosse permitido desenhar uma guia na tela do usuário, escrever alguma informação pertinente, salvar a imagem em um local específico e realizar o corte da imagem fotografada pelo usuário dentro destas guias de apoio.

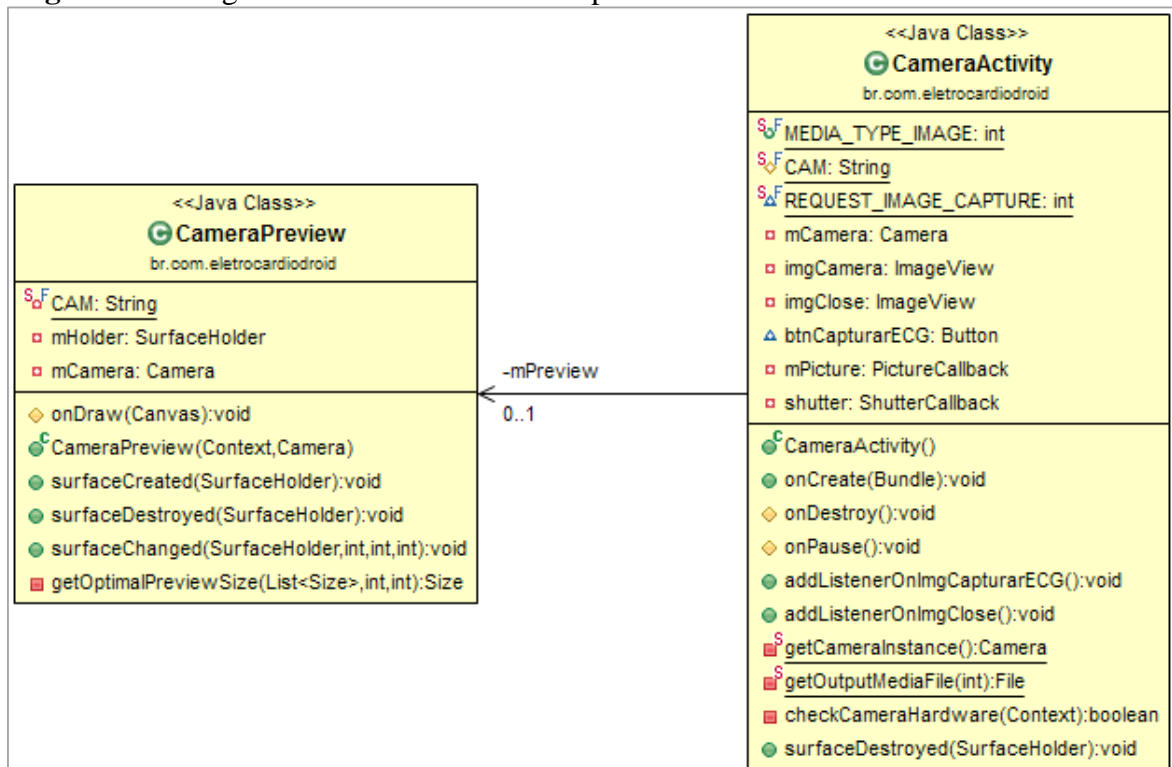
**Figura 17** - aplicativo de uso da câmera no Android.



Fonte: Autor, 2015.

Na Figura 17, o usuário deve então posicionar, dentro do retângulo vermelho, a parte do eletrocardiograma que ele deseja compartilhar e/ou analisar. O ícone que representa a câmera fotográfica em azul serve então para tirar a foto e o ícone vermelho no formato de um “x” serve para que ele feche a tela da câmera. Quando a imagem é capturada, ela é cortada com a mesma proporção do retângulo e salva dentro de uma pasta denominada “eletrocardiogramas” dentro do cartão de memória do dispositivo móvel. Na Figura 18 tem-se o diagrama de classe com os atributos e métodos responsáveis pelo funcionamento desta parte do projeto. Os pontos mais importantes deste diagrama serão comentados adiante.

**Figura 18** - Diagrama de classe da tela de captura do ECG.



Fonte: Autor, 2015.

Na Figura 18, de acordo com Google (2014), a classe `CameraPreview` estende a classe `surfaceView` nativa do Android, a qual fornece uma superfície de desenho que pode ser alterada, redimensionada, ou seja, ajustada de acordo com as necessidades da aplicação. A `CameraPreview` ainda implementa a interface `SurfaceHolder.Callback` que serve para retornar informações de alteração que ocorrem na superfície da câmera. Os métodos que se destacam na classe `CameraPreview` são:

- `onDraw` – permite realizar desenhos e escrever textos por meio do parâmetro `canvas`;
- `CameraPreview` – método construtor da classe, que inicializa a variável `mCamera` e `mHolder`, que recebem uma instância da câmera e do `surfaceHolder` que controla as alterações da superfície, respectivamente;
- `surfaceCreated` – este método é imediatamente chamado após a criação da superfície, configurando onde será desenhado a superfície da câmera e também inicia a visualização da câmera;
- `surfaceDestroyed` – método executado quando a superfície é destruída, porém ele pára a visualização da câmera antes de liberar a mesma para outras aplicações do dispositivo;
- `surfaceChanged` – método chamado assim que acontece qualquer alteração de tamanho ou formato na superfície. Nesta etapa também é feito o ajuste da taxa de aspecto da tela (*aspect ratio*) para conseguir um melhor ajuste na tela quando acontece a mudança na superfície, e isso é feito pelo outro método denominado *getOptimalPreviewSize*.

Já a classe `CameraActivity` faz a extensão da classe `Activity`, esta fornece as características pertinentes para criar uma tela para interação com o usuário (GOOGLE, 2014). Esta tela utiliza o layout criado no arquivo xml, que contém um *framelayout* para posicionar o local onde ficará câmera e um *gridlayout* para os botões laterais (veja Figura 18), e implementa também os métodos relativos aos eventos dos botões e outros necessários para salvar a imagem capturada. A seguir são comentados os métodos mais importantes:

- `onCreate`: este é método que dá início à configuração da tela. É onde há chamada dos métodos dos eventos dos botões e aqueles que necessitam de configuração, como a câmera, a qual foi configurada ao auto foco, a flash automático, a cor em escala de cinza e a resolução da câmera a ser utilizada. Também é neste método que é feita a chamada de um método auxiliar, *getCameraInstance*, que verifica se existe câmera no dispositivo e faz a requisição ao hardware para sua abertura e atribuindo assim a instância na variável `mCamera`;

- `onDestroy`: libera o hardware da câmera ao finalizar a tela;
- `onPause`: caso haja a interrupção de outra aplicação no dispositivo móvel, este método pára a visualização da câmera;
- `addListenerOnImgCapturarECG`: este método está associado ao clique do botão de captura da imagem. Ao capturar a imagem é feito corte da mesma na marcação feita e mostrada anteriormente na Figura 17. Este método também utiliza um outro método auxiliar: `getOutputMediaFile`, este último criar o diretório “eletrocardiogramas” e também a saída do arquivo da imagem com extensão `.jpg`. O nome do arquivo começa com `ECG_` mais um valor gerado aleatoriamente e, por fim, concatenado a extensão da imagem para evitar que as imagens sobrescrevessem uma a outra. Ex.: `ECG_165487901.jpg`;
- `addListenerOnImgClose`: este método executa o evento do botão fechar da câmera;

Deste modo, esta mini aplicação serve para fotografar o eletrocardiograma e, conseqüentemente, o digitaliza para ser processado por outras partes que compõem o projeto.

### 5.3 FILTRAR A IMAGEM

Para ajustar a imagem digitalizada do ECG verificou-se a importância em retirar a grade de fundo do eletro deixando apenas o sinal, de modo a reduzir a quantidade de ruídos, melhorar o tamanho da imagem para transferência e facilitar outros tipos de processamento, tais como aplicação de transformada de Fourier, e análise do sinal do ECG por uma rede neural artificial. Assim sendo, após a digitalização o usuário segue para esta parte de filtragem, onde ele escolhe o eletrocardiograma que deseja aplicar os filtros, ajusta os filtros e visualiza na própria tela o resultado da filtragem, podendo rapidamente reajustar os valores para melhorar e aplicar novamente na imagem, conforme Figura 19 (GARG et. al, 2012).

**Figura 19** - telas para filtrar as imagens. Em (a) deve se escolher o ECG, (b) ajustes dos algoritmos de filtragem e aplicação, e em (c) o resultado comparando com a imagem original.



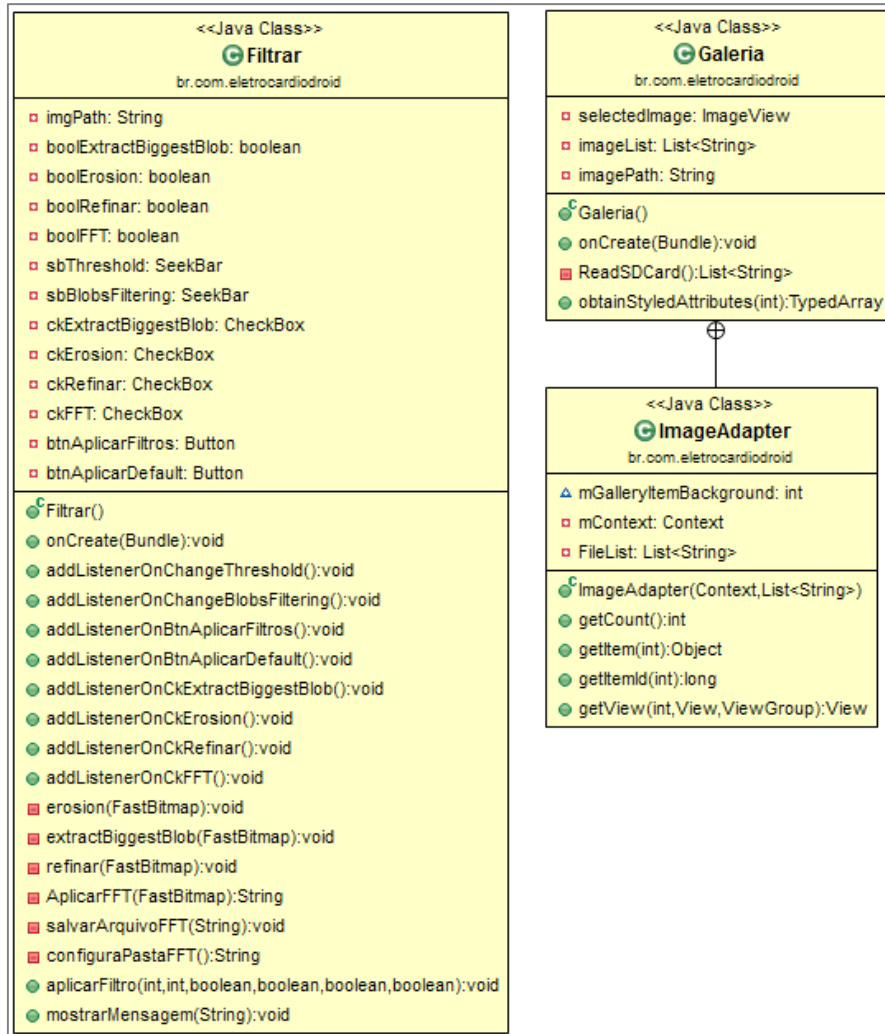
**Fonte:** Autor, 2015.

Na Figura 19, o usuário deve escolher um dentre os eletrocardiogramas digitalizados na parte superior da tela (a) e, em seguida, tocar na imagem ampliada para seguir para o ajuste dos filtros em (b). Neste passo, existem alguns filtros importantes para extrair o fundo da imagem. Para facilitar a remoção da grade de fundo do ECG é importante converter a imagem para escala de cinza ou binário (SHEN; LAIO, 2009). Neste sentido, como já foi citado, a câmera é configurada para escala de cinza, mas caso o dispositivo móvel não tenha este efeito na câmera, ao aplicar os filtros a imagem é convertida para escala de cinza.

O limiar (*threshold*) e a filtragem de gotas (*Blob Filtering*) são configurados (veja Figura 19 (b)) tocando a suas respectivas barras (*seekbar*) e fazendo o movimento de arrastar. Os valores destas barras foram pré-configuradas em 142 para *threshold* e 63 para *Blob Filtering*, pois analisando algumas fotografias feitas e testando estes filtros, fez-se uma média dos valores para facilitar sua aplicação. Já nas caixas de marcação (*checkbox*), tem-se os filtros: *Extract Biggest Blob*, que é imprescindível para extrair o sinal do ECG como um todo, logo o destacando do fundo da imagem ao final do processo; a *Erosão (Erosion)*, que utiliza um método para desgastar os pixels ao redor do objeto da imagem; o *Refinar* que é responsável por deixar apenas um pixel por coordenada (x, y) e, por fim, transformada rápida de Fourier (FFT), o qual salva um arquivo com conteúdo texto contendo os pontos no formato de números complexos, mais relevantes para a FFT ser reconstruída após a transmissão deste arquivo. A Figura 20 ilustra o diagrama de classe responsável por esta parte da aplicação.



**Figura 20** - Diagrama de classe do processo de filtragem do ECG



Fonte: Autor, 2015.

Na Figura 20, a classe `ImageAdapter` estende a classe nativa do Android chamada `BaseAdapter` que permite criar uma tela com visualização de itens preparados em uma matriz. O método `getItem(int)` retorna a posição do item selecionado. Já o `getView()` e seus parâmetros montam o objeto de visualização de cada item da lista com altura e largura definida, ou seja, para cada imagem de um dado diretório, este método cria uma pequena imagem de visualização em miniatura para que o usuário possa escolher (veja Figura 16 (a)). A classe `Galeria.java` é a implementação da tela em si, ou seja, em seu método `onCreate` o atributo `imageUrl` é preenchido com as imagens lidas do diretório que contém os eletrocardiogramas digitalizados, depois prepara o evento para pegar a imagem selecionada, que posteriormente é passada como parâmetro para ser filtrada (GOOGLE, 2014).

A classe `filtrar.java` é onde acontece a aplicação de todos os algoritmos de filtragem da imagem. De forma simples, os atributos desta classe terão a seguinte finalidade:

- A variável `imgPath`, deve conter o caminho da imagem que antes foi passado via parâmetro da classe galeria, onde o usuário fez a escolha do ECG;
- Todas as variáveis que começam com `bool` (`boolExtractBiggestBlob`, `boolErosion`, `boolRefinar`, etc) são do tipo booleano para controlar se este tipo de algoritmo será ou não utilizado.

Os demais atributos são para controle dos eventos de cada componente da tela, por exemplo, `sbThreshold` recebe uma instância do objeto `seekbar` para controlar as alterações deste elemento, `ckRefinar` serve para configurar o layout de um `checkbox` na tela e controlar seus eventos e assim por diante. Todos os métodos que começam seus nomes por “`addListenerOn...`” referem à criação do objeto relacionado a uma parte específica do layout e adição do evento que espera a ação do usuário (GOOGLE, 2014). A seguir tem-se um exemplo contendo treze linhas de código para melhor ilustrar esta ideia:

```

1. public void addListenerOnCkRefinar() {
2.     ckRefinar = (CheckBox) findViewById(R.id.checkBoxRefinar);
3.     ckRefinar.setOnClickListener(new OnClickListener() {
4.         @Override
5.         public void onClick(View v) {
6.             if (((CheckBox) v).isChecked()) {
7.                 boolRefinar = true;
8.             }else{
9.                 boolRefinar = false;
10.            }
11.        }
12.    });
13.}

```

A linha de número 1 do código acima traz a implementação do método chamado `addListenerOnCkRefinar`. Este método cria uma instância do layout definido em um arquivo `xml` e o atribui para a variável `ckRefinar`, veja linha 2. Já na sequência, linha 3, há a adição do evento “ao clicar” deste elemento que, posteriormente, na linha 6, faz a verificação condicional analisando se o elemento foi marcado e em caso afirmativo, a variável “`boolRefinar`” recebe verdadeiro se não recebe falso. Assim, similarmente acontece o preparo dos outros métodos que tenham seus nomes começados por “`addListenerOn...`” (LECHETA, 2010).

O método `aplicarFiltro` (`int`, `int`, `bool`, `bool`, `bool`, `bool`) é o mais complexo, sendo passados dois parâmetros do tipo inteiro para ele. O primeiro está relacionado ao valor do *threshold* e o segundo ao *blobFiltering*, anteriormente comentados. Depois tem-se quatro parâmetros booleanos para marcar a utilização dos filtros escolhidos, sendo: `extractBiggestBlob`, `erosão`,

refinar e FFT, respectivamente. Deste modo, os passos que compõem as ações deste métodos são:

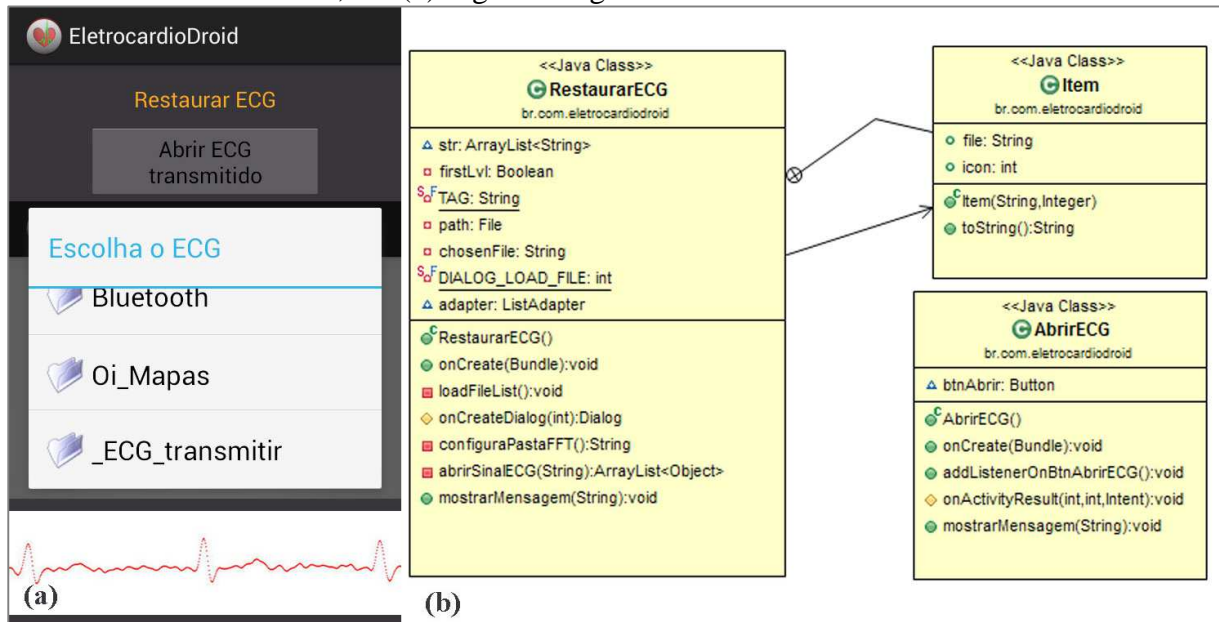
1. A imagem escolhida é aberta e decodificada para um objeto no formato bitmap, por meio do método “BitmapFactory.decodeFile”;
2. Posteriormente, é feita uma cópia desta imagem sendo redimensionada pela metade de seu tamanho original, diminuindo a carga de processamento, logo a imagem original é liberada da memória;
3. Esta nova imagem é transformada em escala de cinza;
4. Neste passo, a imagem é invertida aplicando o efeito negativo, ou seja, a cor de cada pixel é subtraída de 255;
5. Após a inversão, é aplicado o *threshold* sendo padrão igual 142 ou então ajustado pelo usuário. Quando o *threshold* é aplicado, valores maiores ou iguais que o limiar passam a ser 1 e os abaixo passam a ser 0. Nesta etapa a imagem é binarizada;
6. O *blob filtering* segue logo após o *threshold* para eliminar os grupos de pixels isolados que sobraram do grid no fundo da imagem;
7. Depois é verificado se foi marcada a opção para extrair a maior mancha (*extractBiggestBlob*), que retira o maior objeto da imagem, ou seja, o sinal do ECG;
8. Caso a opção de erosão tenha sido marcada é então feito o desgaste dos pixel ao redor deste objeto que restou;
9. Mais adiante, o refinar é verificado, caso esteja selecionado um algoritmo encontrará o ponto médio de cada coluna de pixels do sinal, portanto restará apenas um pixels por coordenada (x, y);
10. Se o filtro da transformada de Fourier estiver marcado é então feita a compressão da imagem para a forma complexa e salva em arquivo texto para transmissão;
11. Por fim, a imagem resultante é salva no celular em uma pasta denominada eletrocardiogramas, com o nome do arquivo da imagem começando por “resultado\_” e concatenado com uma data e hora da geração da mesma. Esta figura tem o formato .png. A imagem resultante é então mostrada na tela do dispositivo para visualização do usuário.

#### 5.4 RESTAURAR ECG

A tela de restaurar ECG foi criada especificamente para fazer a transformada inversa de Fourier do pontos salvos no formato texto na tela de filtragem. Neste caso, foi desenvolvido

uma tela anterior a esta que permitisse ao usuário navegar nas pastas do dispositivo para buscar o arquivo transmitido com os pontos a serem restaurados e recompor o sinal do ECG. A Figura 21 ilustra a tela e o diagrama de classe que dos códigos a compõe.

**Figura 21** – Tela e diagrama de classe da tela de restaurar ECG. Em (a) tem-se a tela para buscar e restaurar o ECG, em (b) segue o diagrama de classe.



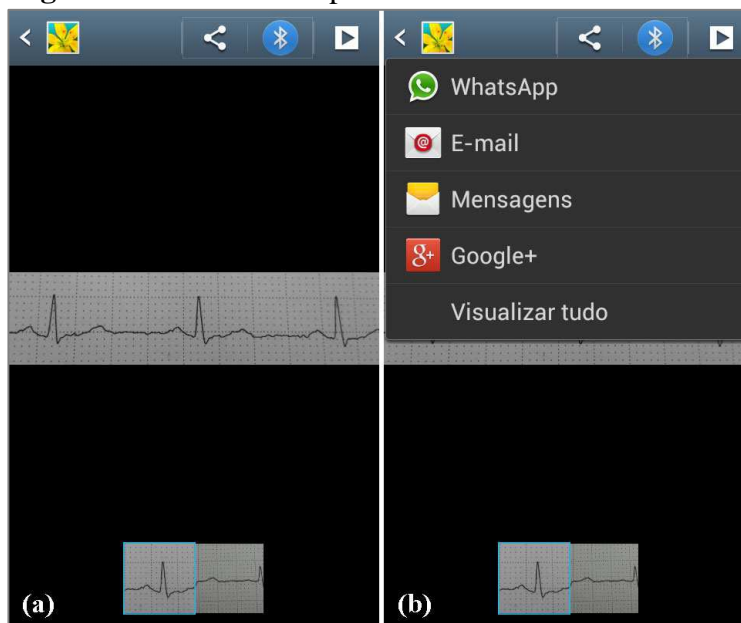
Fonte: Autor, 2015.

Para compreender melhor o funcionamento da tela de restaurar eletrocardiogramas, tem-se a ilustração da Figura 21 (b), na qual existe uma classe implementada chamada “AbrirECG”. Esta é uma tela intermediária que possui um método que é executado ao click do botão “Abrir ECG transmitido”. Em consequente, é aberta uma tela para escolher o ECG, cujo código está na classe “RestaurarECG” e “Item”. A “RestaurarECG” cria uma lista das pastas e arquivos lidos no cartão do dispositivo usando a classe “Item” como formatar o estilo dos arquivos. O arquivo que compõe os pontos em números complexos criados pela FFT são salvos no formato texto, e que comumente são salvos dentro da pasta “\_ECG\_transmitir”, com o nome “ecg\_restaurado\_<data>\_<hora>.png”, onde data e hora são geradas ao salvar o arquivo. Após escolhido o arquivo com os pontos, é realizada a Transformada de Fourier Inversa por meio do método “RestaurarECG()”, que faz a chamada ao método privado “abrirSinalECG(String)”, sendo este último o responsável por abrir o arquivo e executar Transformada inversa. A imagem é então reconstruída, salva e devolvida para a classe “AbrirECG” que, em seu método onActivityResult, mostra para o usuário a imagem salva e reconstruída. Esta imagem é salva em uma pasta na raiz do cartão chamada “eletrocardiogramas” (GOOGLE, 2014).

## 5.5 COMPARTILHAR

A tela de compartilhamento foi feita com o intuito de facilitar a troca dos exames digitalizados entre os usuários. Portanto, a pasta que contém as imagens digitalizadas dos ECG é lida pela aplicação e torna os ECGs disponíveis para envio por meio de e-mail, SMS, WhatsApp, bluetooth ou qualquer outra forma disponível no dispositivo, já que ele utiliza os recursos de compartilhamentos nativos do Android, inclusive de aplicativos extras que foram adicionados ao sistema do dispositivo móvel (LECHETA, 2010).

**Figura 22** - Tela de compartilhamento dos ECG



Fonte: Autor, 2015.

Assim sendo, foi feito um vetor de arquivos contendo as imagens da pasta pertinente e, posteriormente, passando-o para uma classe responsável em montar a tela e disponibilizar os diferentes tipos de compartilhamentos. Um exemplo do código segue abaixo:

1. `File[] allFiles = null;`
2. `File folder = new File(E.getExternalStorageDirectory().getPath() + "/eletrocardiogramas/");`
3. `allFiles = folder.listFiles();`
4. `new SingleMediaScanner(MainActivity.this, allFiles[0]);`

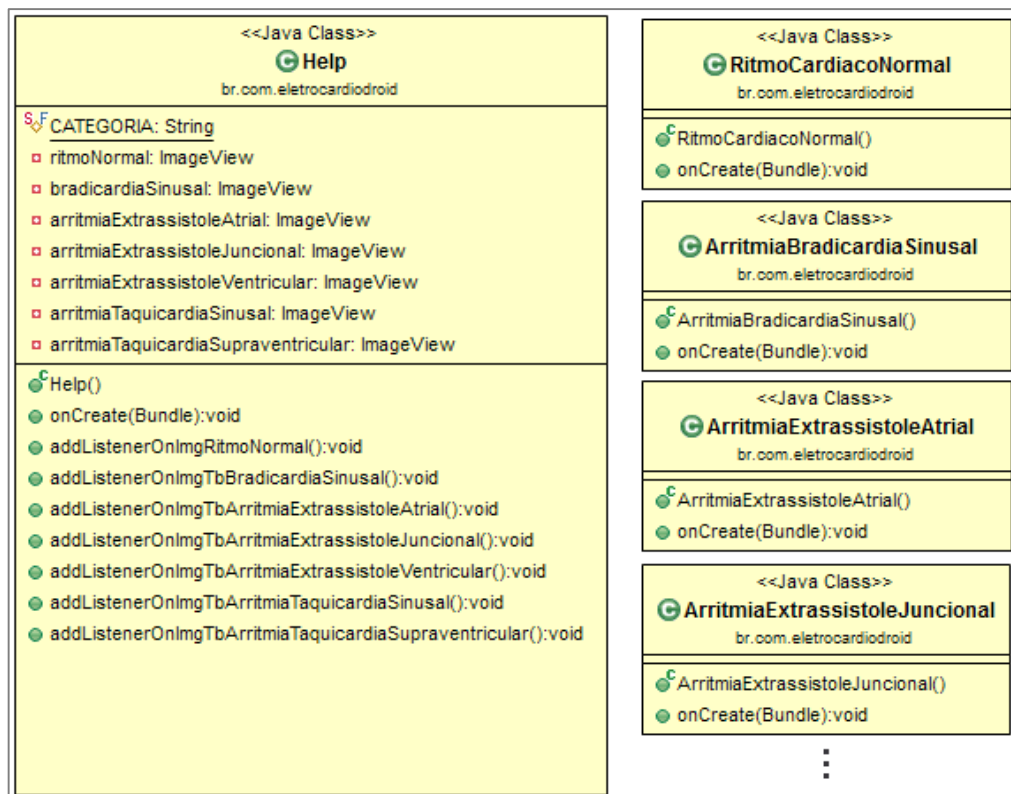
Esta parte do código foi montada no evento onclick de um botão da tela principal, mostrada no tópico 5.1 na Figura 16. Na linha 1, cria-se o vetor do tipo de arquivos, na 2 é feita a

atribuição do caminho onde se encontram as imagens, na linha 3 é montado um vetor contendo cada imagem encontrada no diretório, e na linha 4 faz-se a montagem da área de compartilhamento, passando a tela pai que a chama e as imagens no vetor. Assim é criada a tela mostrada na Figura 22 usada para compartilhar os eletrocardiogramas digitalizados ou os digitalizados e filtrados (GOOGLE, 2014).

## 5.6 MANUAL DE DOENÇAS CARDÍACAS

Optou-se por adicionar à aplicação uma área na qual o usuário possa visualizar um manual de doenças cardíacas. Para isso, na Figura 23, tem-se o diagrama de classes desta etapa da aplicação. A classe “Help” foi criada contendo um botão para cada tipo diferente de doença. Ao clicar em um destes botões é feita a chamada à respectiva classe que constrói as informações de cada doença.

**Figura 23** - Diagrama do manual dos tipos de doenças cardíacas.

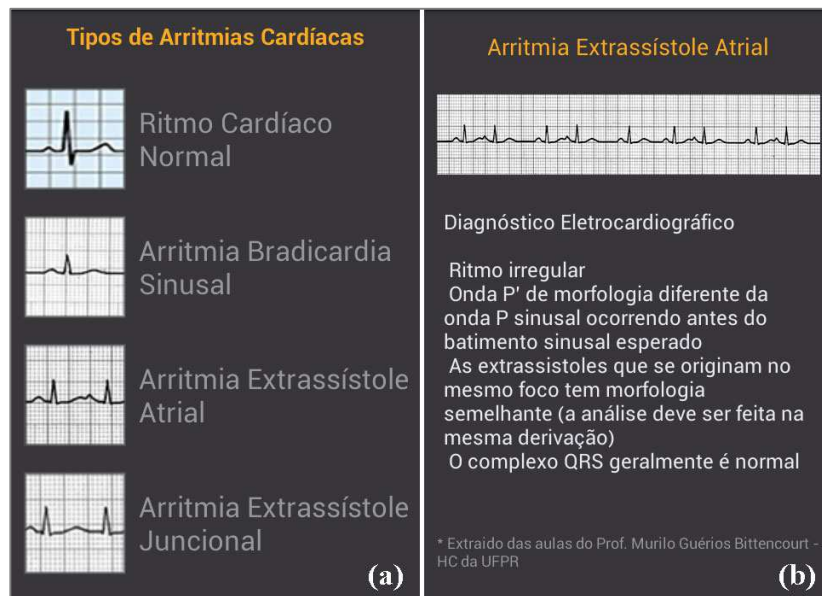


Fonte: Autor, 2015.

Cada atributo da classe “Help” é um imageView para se colocar uma pequena imagem do eletrocardiograma correspondente, no qual ainda é adicionado o evento onclick para fazer a

chamada na tela que traz informações sobre a doença e o eletrocardiograma que a representa em formato maior, conforme Figura 24 (LECHETA, 2010).

**Figura 24** - Tela dos tipos de doenças cardíacas.



**Fonte:** Autor, 2015.

A Figura 24 ilustra em (a) a tela principal contendo os tipos de arritmias cardíacas, e para escolher um tipo, o usuário deve tocar na miniatura da imagem para que se abra a tela com as descrição da arritmia e o exemplo do ECG especificado (veja Figura 24 (b)). Deste modo, o usuário passa a ter um guia portátil para auxiliar na tomada de decisão.

Portanto, estas foram as telas e classes que compõem a aplicação desenvolvida para digitalizar parte do sinal de um eletrocardiograma, facilitar seu compartilhamento entre os profissionais da área, aplicar os filtros para extração do fundo da imagem de modo a isolar o sinal e trata-lo e aplicar a transformada de Fourier para compressão e transmissão em um formato de pontos complexos reduzindo consideravelmente a imagem. De acordo com testes usando o aplicativo, uma imagem comum digitalizada fica com um tamanho médio de 550 KB, e após filtrada sem o fundo ela atinge cerca de 10 KB, e após a aplicação da transformada de Fourier, os pontos salvos em arquivo passam a ter um tamanho médio de 3 KB. Este último filtro, além de facilitar a transmissão por meio de mensagens, é bastante importante para futuras implementações envolvendo detecção de arritmias cardíacas. No próximo tópico serão mostrados os resultados do uso do aplicativo EletrocardioDroid nos exames de eletrocardiogramas impressos em papel de alguns pacientes.

## 5.7 PROCESSAMENTO DOS ALGORITMOS DE FILTRAGEM

Foram solicitados alguns exames de eletrocardiogramas impressos em papel para a realização de alguns testes envolvendo desde o processo de digitalização e corte da imagem fotografada do ECG até o processo de filtragem. O pedido de utilização dos exames de ECG impressos em papel foi submetido e aprovado pelo comitê de ética sob o número do parecer 914.795 (veja anexo A). Assim, a Figura 25 ilustra a digitalização de uma parte de um eletrocardiograma que foi impresso em papel e submetido ao programa desenvolvido neste projeto.

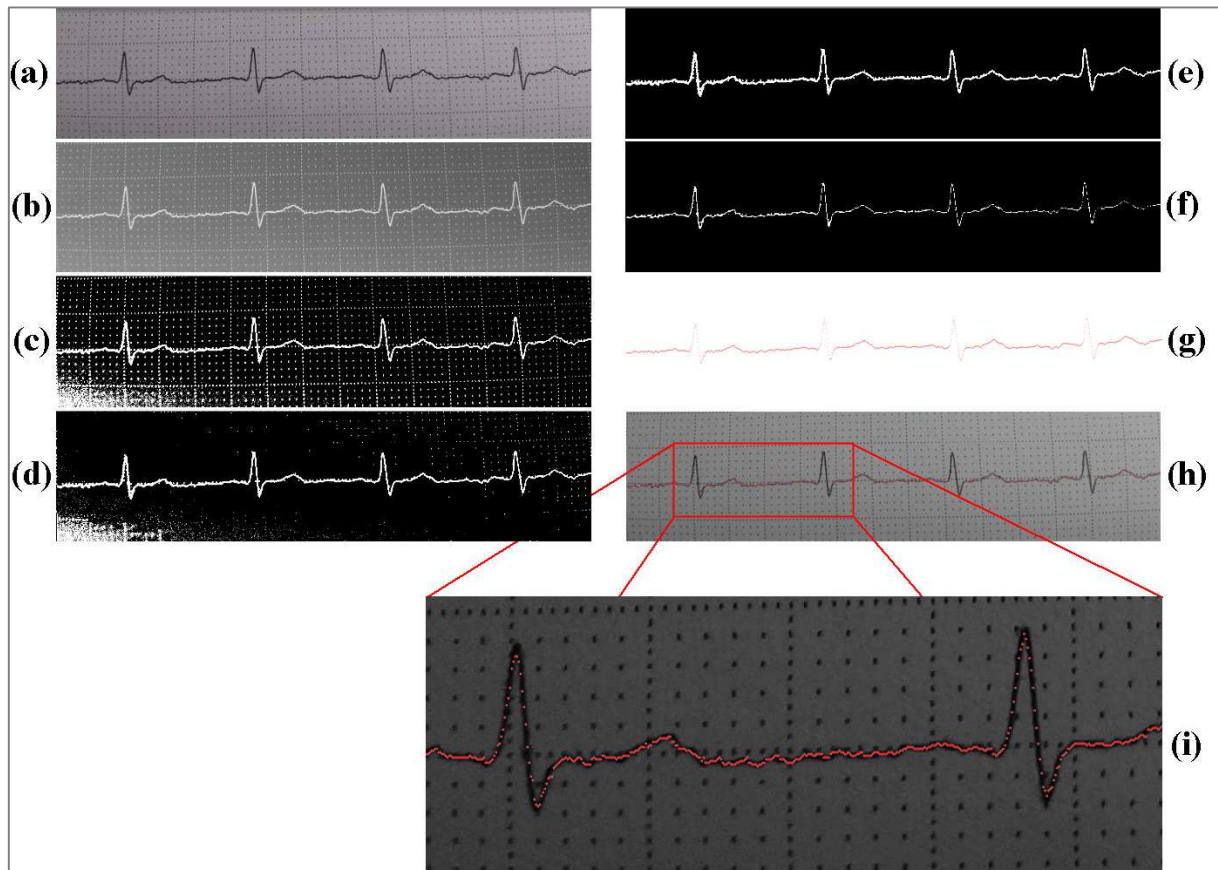
Ainda analisando a Figura 25, tem-se em (a) a imagem original digitalizada a partir de um ECG impresso em papel com fundo milimetrado. Já em (b), há a aplicação do filtro *invert* ou imagem invertida que também é comumente chamado de negativo, o qual foi comentado anteriormente. Em (c) a imagem passou pelo filtro *threshold*, que faz o binário da imagem a partir de um limiar. A etapa (d) da Figura 25 corresponde à aplicação do filtro *Blob Filtering*, sendo este para remover os conjuntos de pixels isolados e menores. Em (e) há a aplicação do *Extract Biggest Blob* que retorna o maior conjunto de pixels que no caso já é o sinal do ECG. Na sub imagem (f) é a ilustração da aplicação do filtro erosão, o qual desbasta o sinal deixando-o mais fino, e este é um filtro que pode ou não ser usado pelo usuário. Em (g) tem-se o resultado final da aplicação dos filtros para remoção do fundo da imagem e isolamento total do sinal do eletrocardiograma. Nesta etapa é aplicado ao sinal o refinar, onde é feita a média dos pixels na vertical de cada coluna da matriz de pixels, deixando assim, apenas um pixel por coordenada x e y. Em (h) é montado o sinal extraído do ECG sobre a imagem original, facilitando a visualização do resultado conseguido. Por fim, na Figura 25 (i), o resultado ampliado da etapa (h) é mostrado para melhor compreensão dos pontos sobre o sinal.

Assim, o resultado da extração do sinal do eletrocardiograma feito neste trabalho por meio do “EletrocardioDroid” foi bastante satisfatória, pois os pontos ficaram, praticamente todos, dentro do sinal original, como mostra a Figura 25 (i), e quando acontece de algum ponto ficar fora, imediatamente o usuário do programa pode refazer o processo apenas reajustando os parâmetros até que fique o mais adequado possível. O programa EletrocardioDroid já realiza os cálculos automáticos destes parâmetros para execução dos filtros, contudo ainda é possível reajustá-los manualmente. Assim, a ideia proposta por Garg et al. (2012), o qual utiliza filtragem de mediana para retirar os ruídos das imagem digitalizada e segmentação por cores



para retirar a grade de fundo do ECG, sendo os algoritmos criados baseados na linguagem Pascal e destinados a computadores comuns. Quando se compara aos resultados de Garg et al. (2012) com a ideia proposta neste trabalho com o EletrocardioDroid, pode-se concluir que foi bastante eficaz a extração da grade de fundo do ECG e ajustes de filtros realizados num dispositivo móvel com a plataforma Android, pois este consegue realizar todas as operações com eficiência, rapidez e praticidade.

**Figura 25** – Composição passo-a-passo da execução dos filtros usáveis pela aplicação EletrocardioDroid.



Fonte: Autor, 2015.

No Anexo C foram disponibilizados alguns eletrocardiogramas que foram digitalizados pelo EletrocardioDroid e as imagens do resultado final das filtrações. Cada imagem ilustra este processo e traz consigo apenas a informação de sexo e idade de cada paciente não identificado. Assim é possível visualizar com maior clareza a eficiência do trabalho nesta etapa. Junto a estas imagens também segue o sinal restaurado pelo transformada de Fourier inversa.

Quando se realiza a filtração para retirar a grade de fundo do ECG e ajustar o sinal, é realizado a FFT sobre os pontos que compõem o eletrocardiograma sem o fundo da imagem. Assim, após esta etapa, é criado um arquivo no formato texto contendo a posição, o par

complexo gerado dos pontos, a largura e altura da imagem que gerou o sinal, veja um exemplo ilustrado na Figura 26.

**Figura 26** - Arquivo texto da FFT.

```
0_191320.0_0.0
1_4.0_-3521.33
2_-1466.84_-2653.59
7_-464.84_-960.95
8_400.43_-1738.42
16_-1587.14_-1549.23
17_574.7_701.79
18_217.35_-226.5
19_423.95_-77.02
49_-1287.39_1101.28
50_764.94_-44.86
1194_-135.21_-844.15
1197_574.7_-701.79
1198_-1587.14_1549.23
1199_-766.18_728.76
1200_-672.25_794.42
1201_-823.77_1806.59
1202_291.94_-2333.51
1214
297
```

**Fonte:** Autor, 2015.

Assim, o arquivo texto é gravado em uma pasta específica chamada “\_ECG\_transmitir” dentro do dispositivo móvel. Este arquivo é gravado com as iniciais `fft_ecg_data_hora.txt`, onde a data e a hora são geradas automaticamente ao gravar o arquivo. Por fim, este arquivo fica pronto para ser transmitido via MMS, anexado por e-mail, via WhatsApp, dentre outras formas de compartilhamento disponíveis no dispositivo móvel. É possível enviar também via SMS, porém o usuário teria que copiar os dados da mensagem e salvar em um arquivo no formato `.txt` para depois restaurar o sinal. No anexo C, pode-se visualizar o sinal restaurado nos testes realizados nas imagens parte (c). A parte que é restaurada ainda apresenta alguns ruídos que não foram possíveis identificar nestes estudos, porém o sinal ficou bem próximo da imagem original.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, a plataforma Android destinada a dispositivos móveis foi usada para desenvolver uma aplicação voltada para digitalização de parte de um determinado eletrocardiograma, corte e armazenamento em um dispositivo móvel. Este aplicativo foi criado com uma interface amigável e para facilitar a filtragem do sinal do eletrocardiograma, permitindo que este sinal pudesse ser compartilhado entre profissionais da área. Existem locais em que não há um profissional capacitado para analisar o ECG, e deste modo, parte deste exame, que apresente uma dada arritmia, pode ser enviado entre profissionais para discutir rapidamente o exame e, possivelmente, evitar a morte de um dado paciente em emergência.

No mesmo aplicativo existe uma espécie de guia de arritmias cardíacas, o qual idealiza uma consulta rápida, por parte do profissional, nos diferentes tipos de arritmias graves e suas características básicas.

O exame digitalizado é passado em alguns algoritmos que filtram o sinal do ECG de modo a deixá-lo mais simplificado para visualização e compressão. Esta compressão do sinal foi criada para, num primeiro momento, enviar entre dispositivos móveis por meios de troca de mensagens, como SMS, MMS ou como anexos de e-mails. Neste caso, são enviados apenas alguns pontos comprimidos usando a transformada de Fourier e depois restaurados no receptor do arquivo.

Os resultados demonstram que a proposta inicial de criar um aplicativo com as características citadas é viável, pois foi possível digitalizar, extrair o fundo do ECG e isolar o sinal, aplicar um tipo de compressão e facilitar o compartilhamento dos resultados obtidos tudo em um dispositivo móvel que utilize a plataforma Android. Além disso, o aplicativo desenvolvido obteve um bom desempenho na execução dos algoritmos, sem apresentar lentidão exagerada e/ou travamentos.

Posteriormente, seria interessante melhorar a qualidade do sinal restaurado aproximando-o ainda mais da imagem original que foi digitalizada. Além disso, seria prudente implementar novas formas de compressão e testar o formato mais eficiente e que possuir melhor qualidade na hora da restauração do sinal, garantindo um refinamento ainda melhor.

Futuramente, os pontos comprimidos via FFT podem, também, ser usados como ponto de partida para detecção de arritmias cardíacas por meio, por exemplo, de uma rede neural artificial, facilitando a tomada de decisão pelo médico. Outra parte importante a ser

implementado seria a criação de um dispositivo de baixo custo que pudesse ser acoplado ao celular ou tablet, uma espécie de mini aparelho de eletrocardiograma com 3 eletrodos para se realizar um eletrocardiograma simples.

## REFERÊNCIAS

- AdNews, **Pesquisa revela dados sobre o uso de smartphones**, 2013.  
Disponível em: <<http://adnews.com.br/tecnologia/pesquisa-revela-dados-sobre-o-uso-de-smartphones>>. Acesso em: 30 de fev. 2014.
- AForge.NET, **Blobs Processing**. 2012.  
Disponível em: <[http://www.aforge.net/framework/features/blobs\\_processing.html](http://www.aforge.net/framework/features/blobs_processing.html)>. Acesso em: 20 de maio de 2014.
- AMORIM, T. V. **Cardiologia Aplicada**, 2014.  
Disponível em: <<http://www.enfaseconcursos.com.br/AULAS/Cardiologia-Neurologia-Gastro%20aplicadas.pdf>>. Acesso em: 20 de Jul. de 2014.
- AZEVEDO, D. F. de. **Iniciação à Eletrocardiografia**. Porto Alegre: editora Artes médicas Sul, 1999.
- BENALI, R.; REGUIG, F. B.; SLIMANE, Z. H. **Automatic classification of heartbeats using wavelet neural network**. Journal of Medical Systems, v. 36, n. 2, p. 883-92, Apr 2012. ISSN 0148-5598. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20703646>>. Acesso em: 10 de Jan. 2014
- BONATTI, I. S. et al. **Linearidade em Sinais e Sistemas**. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Universidade Estadual de Campinas, 2013.  
Disponível em: <<http://www.dt.fee.unicamp.br/~peres/LSS.pdf>>. Acesso em: 10 de nov. de 2014.
- CHEN, YING-JOU et al. **ECG baseline extraction by gradient varying weighting functions**. Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA), 2013 Asia-Pacific, vol., pp.1-4, 2013.  
Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6694129&isnumber=6694103>>. Acesso em: 20 maio de 2014.
- CURY, L. K. P.; SIQUEIRA, E. B.; GOMES, T. S. **Um software para a análise de eletrocardiograma (ECG)**. Revista CEPPG – Centro de Ensino Superior de Catalão, Ano XIV, n. 24, p. 187-198. 2011.
- EFFORD, N. **Digital Image Processing: a Practical Introduction Using Java**. 1 ed. Estados Unidos: Pearson Education. 2000.
- GARG, D. K. et al. **ECG Paper Records Digitization through Image Processing Techniques**. International Journal of Computer Applications. v. 48, n. 13, Junho 2012.  
Disponível em: <<http://research.ijcaonline.org/volume48/number13/pxc3880485.pdf>>. Acesso em: 20 de Jan. 2014.
- GINEFRA, P. **A Evolução do Eletrodo no Registro dos Potenciais Elétricos Cardíacos: Um pouco de história**. 2007.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. 3 ed. United States: Prentice Hall. 2007.

GOOGLE. **Android Guide: How to build apps using Android's various APIs**, 2014. Disponível em: <<http://developer.android.com/guide/index.html>>. Acesso: 01 de Mar. de 2014.

GOTHWAL, H.; KEDAWAT, S.; KUMAR, R. **Cardiac arrhythmias detection in an ECG beat signal using fast fourier transform and artificial neural network**. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, p. 289-296. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4236/jbise.2011.44039>>. Acesso: 20 de nov. de 2013.

JAIN, A. k. **Fundamentals of Digital Image Processing**. Davis: Prentice Hall. 1989.

JENKINS, D.; GERRED, S. **A Concise History of the ECG**. 2012. Disponível em: <[http://en.ecgpedia.org/wiki/A\\_Concise\\_History\\_of\\_the\\_ECG](http://en.ecgpedia.org/wiki/A_Concise_History_of_the_ECG)>. Acesso em: 10 de junho de 2014.

LECHETA, R. R. **Google Android: Aprenda a criar aplicativos para dispositivos móveis com o Android SDK**. 2 ed. São Paulo: Novatec. 2010.

MANSUR, P. H. G. et al. **Análise de registros eletrocardiográficos associados ao infarto agudo do miocárdio**. *Arq. Bras. Cardiol.*. 2006, vol. 87, n.2, pp. 106-114. ISSN 0066-782X.

MCHUGH, S. **Cambridge in Colour: A learning community for photographers**. 2014. Disponível em: <<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/image-interpolation.htm>>. Acesso em 05 de maio de 2014.

MEDNIEKS, Z. et al. **Programming Android**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.

PARKER, J. R. **Algorithms for image Processing and Computer Vision**. 2 ed. Indianapolis: Wiley Publishing Inc. 2011.

PETROU, M.; PETROU, C. **Image Processing: The Fundamentals**. 2 ed. Chennai, India: John Wiley Professio. 2010.

QUEIROZ, J. E. R.; GOMES, H. M. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Departamento de Sistemas e Computação, UFCG. Revista RITA. v. 7, n. 1, 2001.

RIPSA, **Rede Interagencial de Informações para a Saúde**. 2010. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?idb2012/d29.def>>. Acesso em: 14 de maio de 2013.

ROSA, I. C. R. da; MATTA, Cláudia E. da. **Classificação de sinais eletrocardiográficos usando redes neurais artificiais**. Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, p. 82-85. 2004.

SCURI, A. E. **Fundamentos da imagem digital**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. 2002.

Disponível em: <<http://www.tecgraf.puc-rio.br/~scuri/download/fid.pdf>>. Acesso em: 11 de out. de 2014.

SHEN, T. W.; LAIO, T. F. **Image processing on ECG chart for ECG signal recovery**. *Computers in Cardiology*, pp.725-728, 13-16 Sept. 2009

Disponível

em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5445282&isnumber=5445250>>. Acesso em: 05 de fev. de 2014.

SOARES, P. A., NASCIMENTO, L. F. C. **Análise espacial das interações por doenças do coração no Vale do Paraíba**. *Arq. Bras. Cardiol.* vol. 94, n.6, pp. 747-753.

2010. Epub Apr 30, 2010. ISSN 0066-782X. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2010005000038>>. Acesso: 16 de set. de 2013.

TAKAHASHI, R. H. C. **Transformada discreta de Fourier: Motivação e Aplicações**. Belo Horizonte, 2002. Notas de aula de mini-curso, I Bienal de Matemática – SBM, Universidade Federal de Minas Gerais: Departamento de Matemática.

Disponível em: <<http://www.cnpq.br/documents/10157/9fe4bbf5-0bfe-4d3f-b9bb-17f9b827e228>>. Acesso em: 20 de nov. de 2014.

TARASSENKO, L. et al. **Medical signal processing using the Software Monitor**. The Institution of Electrical Engineers. Oxford, London. vol., no., pp.3/1 - 3/4, 2001.

Disponível em: <URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=938219&isnumber=20299>>. Acesso em: 20 jun. de 2014.

TRIGO, J. D. et al. **An HTML5-based ECG viewer**. Computing in Cardiology Conference (CinC). vol. 22, no. 25, pp. 979-982, 2013.

Disponível em: <URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6713543&isnumber=6712387>>. Acesso em: 25 jun. de 2014.

WANG, F.; REN, X.; LIU, Z. **A Robust Blob Recognition and Tracking Method in Vision-based Multitouch Technique**. International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications. IEEE Computer Society. p. 971-974. 2008.

## Anexo A – Documento de aprovação do comitê de ética

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
TRIÂNGULO MINEIRO - MG



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Eletrocardiograma, dispositivos móveis, processamento de imagens

**Pesquisador:** David Calhau Jorge

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 32141014.6.0000.5154

**Instituição Proponente:** Pro Reitoria de Pesquisa

**Patrocinador Principal:** Universidade Federal do Triângulo Mineiro

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 914.795

**Data da Relatoria:** 18/11/2014

#### Apresentação do Projeto:

Segundo o pesquisador: "A – INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

Os primeiros registros dos sinais do coração datam por volta da metade do século XIX.

Físicos, fisiologistas e médicos foram autores da descoberta dos eletrodos, item indispensável para verificar a diferença de potencial elétricos no corpo humano e produzir os sinais registrados de um eletrocardiograma até os dias atuais. A partir de testes em pequenos animais, foi possível averiguar a contratura muscular na presença de corrente elétrica, trabalho este feito por Kollicker e Muller. Posteriormente, em 1887, Waller, por meio do eletrômetro capilar – instrumento desenvolvido por Gabriel Lippmann – conseguiu medir o nível de corrente elétrica do corpo em relação ao coração. (GINEFRA, 2007).

Já em 1901, Willem Einthoven conseguiu registrar com eficiência a corrente elétrica gerada pelo coração e a sua propagação pelo corpo humano. Para isso, o pesquisador utilizou pares de eletrodos bipolar para captar a variação da tensão e um galvanômetro de corda para os registros. De acordo com a figura 1, percebe-se que os eletrodos nada mais eram do que potes com uma solução

**Endereço:** Rua Madre Maria José, 122

**Bairro:** Nossa Sra. Abadia

**CEP:** 38.025-100

**UF:** MG

**Município:** UBERABA

**Telefone:** (34)3318-5776

**Fax:** (34)3318-5776

**E-mail:** cep@pesqg.uftrm.edu.br



Continuação do Parecer: 914.795

salina concentrada, onde o paciente mergulhava as mãos e o pé esquerdo. Esta solução servia como condutor de eletricidade entre a pele e o metal do pote. As duas mãos formavam um par de eletrodo a mão esquerda e o pé esquerda formavam o outro par, e o último par era formado pelo braço direito e o pé esquerdo do paciente. (GINEFRA, 2007).

Em consequente, Einthoven, fez algumas correções matemáticas no sinal registrado por Lippmann e introduz o conceito dos pontos PQRST no sinal registrado (Figura 2). Em 1902, Einthoven consegue registrar o eletrocardiograma de um paciente no hospital universitário a uma distância superior a um quilômetro a partir de seu laboratório usando um cabo telefônico. Este evento, também histórico, Einthoven o chamou de "telecardiograma".

Em 1906, publicou um trabalho que mostrava a compreensão sobre o funcionamento do coração e a variedade de anomalias. Após alguns anos, ele desenvolveu a corda de galvanômetro, a qual o permitiu descrever detalhes eletrocardiográficos de doenças acometidas pelo coração. Em 1924, seus anos de dedicação e estudos o consagraram com o prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina. Desta época em diante, vários trabalhos relacionados com o estudo de eletrocardiogramas tornaram-se foco de estudos.

Atualmente, pode-se dizer que o equipamento responsável em registrar o exame eletrocardiograma é denominado eletrocardiógrafo. Este equipamento passou por várias mudanças desde sua primeira versão onde se tinha uma agulha que desenhava um gráfico sobre um rolo de papel em movimento. Sendo, atualmente, encontrado com características digitais, dotados ou não de impressoras de alta resolução, saída para outros dispositivos dentre outras características. O eletrocardiograma é um exame no qual o paciente fica em repouso e, geralmente, coloca-se no paciente, em torno de doze eletrodos, nos membros inferiores, superiores, tórax e peito. Assim, é captada a atividade elétrica do coração e enviado ao equipamento que repassa este sinal, no formato de um gráfico impresso em um papel, o qual, posteriormente, serve para análise das sequências dos batimentos. Podendo assim, caracterizar um tipo de doença. (CURY, et. al. 2011).

**Endereço:** Rua Madre Maria José, 122

**Bairro:** Nossa Sra. Abadia

**CEP:** 38.025-100

**UF:** MG

**Município:** UBERABA

**Telefone:** (34)3318-5776

**Fax:** (34)3318-5776

**E-mail:** cep@pesqpg.uftm.edu.br

Continuação do Parecer: 914.795

Tendo em vista os diferentes exames para detecção de várias doenças do coração, a tecnologia vem servir de ferramenta no auxílio à tomada de decisão do médico ou ainda, alertar de um possível problema que o médico não tenha notado num primeiro momento e que possa ser urgente. Segundo SALERNO et. al. (2003, apud CURY et. al, 2011) foram feitos alguns estudos comparando os resultados publicados de programas de interpretação de ECG, sendo levado em consideração apenas os resultados obtidos e não as metodologias aplicadas. No mesmo estudo verificou-se alguns pacientes em emergência hospitalar e, se caracterizou a precisão dos diagnósticos entre 57,6 % e 83,0 %, sendo notado, uma variação muito alta nesta precisão. Posteriormente, confirmaram que a eficiência de uso de computadores para auxiliar no diagnóstico era acima de 80% de precisão de acerto.

Alguns eletrocardiogramas atuais possuem a funcionalidade de capturar as informações do sinal analisado e, além de imprimi-lo em papel, também o disponibiliza para ser enviado remotamente. Isto permite que o exame seja analisado por um profissional qualificado que esteja em outro lugar diferente ao do paciente. De acordo com Mansur (2006), o qual implementou um software chamado Eletrocheckup, sendo este, de baixo custo, voltado para digitalização de eletrocardiogramas e também para fazer uso dos arquivos em formato PDF, relata que existem ainda, inúmeros eletrocardiogramas analógicos que apenas disponibilizam o exame em papel. Desta forma, a prática da digitalização dos eletrocardiogramas analógicos se torna viável.

Em complementação aos estudos de digitalização e transmissão remota do exame, Rosa e Matta (2004) utilizaram as redes neurais artificiais para auxiliar a classificação dos sinais normais e/ou que apresentem algum tipo de arritmia e poder constatar a eficiência da classificação pela RNA no diagnóstico. Com isso, caracterizou-se uma proporcionalidade de acerto de 70% dos exames estudados. Assim, observa-se um importante método usado como ferramenta para auxiliar o médico na detecção de problemas cardíacos.

Percebe-se uma tentativa de melhorar a qualidade dos equipamentos existentes e também em adicionar funcionalidade e/ou métodos que facilitem o armazenamento, identificação, transmissão e classificação destes exames com intuito de auxiliar os médicos na tomada de decisão.

**Endereço:** Rua Madre Maria José, 122

**Bairro:** Nossa Sra. Abadia

**CEP:** 38.025-100

**UF:** MG

**Município:** UBERABA

**Telefone:** (34)3318-5776

**Fax:** (34)3318-5776

**E-mail:** cep@pesqpg.ufm.edu.br

Continuação do Parecer: 914.795

Neste contexto, este trabalho busca desenvolver uma aplicação voltada para dispositivos móveis capaz de unir algumas das funcionalidades encontradas separadas em softwares destinados para desktops, ou seja, digitalizar um eletrocardiograma, processar a imagem obtida, disponibilizá-la para transferência e analisar os dados do eletro. Além disso, proporcionar uma interface amigável atrelada a rapidez na interação entre profissionais da área para troca destas informações melhorando a análise e/ou discussão sobre um dado exame de urgência.

#### A.1. O TEMA EM ESTUDO

Busca-se desenvolver uma aplicação voltada para dispositivos móveis capaz de processar uma imagem de um exame de eletrocardiograma, analisar os dados e facilitar a transmissão destas informações entre os profissionais que tratam as doenças cardíacas.

#### A.2. IMPACTO SOCIAL DO TEMA

Tornar possível a comunicação e/ou agilizar a troca de informações de parte dos exames entre os profissionais da área de saúde envolvidos com exames cardíacos. Desta forma, em áreas com poucos profissionais, estes podem tirar opiniões rápidas com outros profissionais que estão em outros lugares.

#### A.3. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Para este trabalho será necessário o uso dos papéis dos exames dos eletrocardiogramas de vários participantes. Estes exames não precisam de identificação. Apenas serão perguntados a idade, sexo, peso e

possível diagnóstico do participantes para futuras comparações, a resposta as questões será opcional. O software a ser produzido fará a digitalização apenas de uma parte do eletrocardiograma, a qual será analisada e transformada para facilitar o compartilhamento.

#### A.4. LACUNAS NO CONHECIMENTO SOBRE O TEMA

De acordo com os indicadores de mortalidade da Rede Interagencial de Informações para a Saúde (RIPSA) mostrados na tabela 1, pode-se perceber os diferentes grupos de causas relacionando os óbitos separados por região do Brasil. Percebe-se que de todas as causas, as doenças do aparelho circulatório são as que mais matam em todas as regiões do país. Com base

**Endereço:** Rua Madre Maria José, 122

**Bairro:** Nossa Sra. Abadia

**CEP:** 38.025-100

**UF:** MG

**Município:** UBERABA

**Telefone:** (34)3318-5776

**Fax:** (34)3318-5776

**E-mail:** cep@pesqpg.ufm.edu.br



Continuação do Parecer: 914.795

neste fato, é perceptível que o grupo de causas das doenças do aparelho circulatório é uma grande área para estudos, visto que, as doenças cardiovasculares são as que mais causam óbitos. No Brasil, a taxa chega a uma média de 30% de mortalidade por este tipo de doença (SOARES, 2010).

O eletrocardiograma é o tipo de exame mais usado para detectar doenças do coração nos pacientes. Contudo, a classificação dos padrões mostrados nos exames são uma tarefa difícil de ser feita, dado os diferentes tipos de doenças existentes. Os programas de computador podem ajudar a reconhecer estes padrões e disponibilizá-los para que o médico possa avaliá-los. Exames como o Holter que captam informações do paciente por longos períodos de tempo (24 horas por exemplo) geram muitas informações que demandam muito tempo de análise. Deste modo, o processamento automático destes exames auxilia e reduz o tempo de resposta ao caso examinado (BENALI et. al, 2012).

Tendo em vista que ainda há uma boa quantidade de eletrocardiógrafos analógicos, principalmente na rede pública de hospitais e ainda a falta de profissionais qualificados para dar conta da demanda de exames feitos, pondera-se que a tecnologia pode ajudar a encontrar soluções para alguns destes problemas. Existem alguns softwares que tratam e interpretam o eletrocardiograma.

Um deles é o Cardiax, um software que possibilita ao usuário armazenar e interpretar os sinais do exame, sendo esta avaliação feita por meio da mediana do complexo QRS. O outro é o CardioPerfect que além das funções do Cardiax, também permite comparar os exames dos pacientes. Contudo, são softwares que não possibilitam o processamento dos eletrocardiogramas analógicos e são softwares desenvolvidos para computadores comuns (PC). (CURY, 2011).

Segundo Cury (2011), o software desenvolvido e denominado eletrocheckup, permite a digitalização do exame por meio de um scanner óptico. O software então faz uma matriz de pontos desta imagem capturando as informações necessárias e armazena em um tipo de imagem, como: BMP, JPG, GIF dentre outros formatos. Este aplicativo é funcional tanto no sistema operacional Windows quanto no Linux. E também, permite a associação de alguns dados do paciente à imagem do eletrocardiograma digitalizado. Além disso, é possível fazer a leitura de um exame que já esteja

**Endereço:** Rua Madre Maria José, 122

**Bairro:** Nossa Sra. Abadia

**CEP:** 38.025-100

**UF:** MG

**Município:** UBERABA

**Telefone:** (34)3318-5776

**Fax:** (34)3318-5776

**E-mail:** cep@pesqpg.ufm.edu.br

Continuação do Parecer: 914.795

no formato PDF.

Neste mesmo seguimento, existem algumas aplicações focadas na detecção do tipo de doença que o exame pode mostrar. De acordo com Rosa e Matta (2004), foi criada uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico médico na tentativa de detectar as diversas arritmias cardíacas. Para isso, foi utilizado as redes neurais artificiais (RNA), as quais têm a capacidade computacional de aprender e generalizar as informações. Por fim, através do modelo matemático encontrado e aplicado, o software consegue identificar uma possível doença. Essa detecção obteve uma margem de acerto da doença em 70%, o que torna viável como alerta ao profissional, ajudando na tomada de decisão. Outra abordagem interessante na detecção de anomalias cardíacas, segundo Gothwal et. al. (2011), é a utilização da transformada de Fourier juntamente com a rede neural artificial para detectar as anomalias do coração. Ao aplicar transformada rápida de Fourier é identificado os picos do sinal no ECG e, posteriormente a RNA identifica a doença. Neste método, houve uma precisão de 98,48% no acerto dos diagnósticos. Isto mostra a melhora significativa em relação à RNA utilizada sozinha.

Segundo Benali (2012), o uso da rede neural wavelet (WNN) no reconhecimento de padrão do sinal do eletrocardiograma é uma abordagem eficiente. A WNN é uma técnica que combina a rede neural artificial com a transformada Wavelet. Neste caso, há um módulo de extração das características do ECG e depois a classificação, onde é aplicado a WNN para encontrar as doenças do coração. Em relação a outros métodos esta técnica obteve uma precisão de 98,78% de acerto. Percebe-se a importância de diferentes métodos eficazes na detecção das diferentes doenças que podem atingir o coração. E, atrelado a esta característica, proporcionar a digitalização dos eletrocardiogramas, visto que ainda existem muitos equipamentos obsoletos na rede pública, permitir a transmissão deste exame ou parte crítica dele, para outros profissionais da área. Neste trabalho, além destas características, objetiva-se principalmente, desenvolver uma aplicação para dispositivos móveis que utilizem o sistema Android, disponibilizando uma forma rápida de compartilhar e/ou detectar as doenças do coração. Com isso, é possível tentar combater a elevada taxa de erros provocada pelos problemas no sistema circulatório.

#### A.5. PERGUNTAS DA PESQUISA

1. Uma imagem de um ECG obtida por uma câmera de celular poderá ser transformada de modo satisfatório em um sinal digital que posteriormente poderá sofrer manipulações

Endereço: Rua Madre Maria José, 122  
 Bairro: Nossa Sra. Abadia CEP: 38.025-100  
 UF: MG Município: UBERABA  
 Telefone: (34)3318-5776 Fax: (34)3318-5776 E-mail: cep@pesqpg.ufm.edu.br

Continuação do Parecer: 914.795

matemáticas?

2. A utilização de um sinal digital de um ECG pode sofrer compressão utilizando a Transformada de Fourier e ser transmitido através de dispositivos móveis via SMS ou outros métodos mais simples, mantendo uma integridade suficiente para sua análise?
3. É possível um dispositivo móvel, tais como celulares ou tablets, analisar de modo eficaz um sinal de ECG e auxiliar o profissional de saúde no diagnóstico de doenças cardíacas?"

**Objetivo da Pesquisa:**

Segundo o pesquisador: "B - OBJETIVOS

1. O projeto visa criar um protótipo para análise de imagens de eletrocardiograma;
2. Tratar estas imagens de modo a facilitar a leitura;
3. Melhorar a forma de transmissão do exame digitalizado.
4. Facilitar a comunicação destes exames por meio de um dispositivo móvel"

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Segundo o pesquisador:

"A.6. BENEFÍCIOS ESPERADOS DA PESQUISA

A pesquisa proporcionará a criação de um software para dispositivo móvel que agilizará a troca de informações entre profissionais que trabalham diretamente com eletrocardiogramas. Esta rapidez pode contribuir com o diagnóstico certo e preservar a vida do paciente.

A.6.1. Para os participantes da pesquisa (indivíduos ou comunidades pesquisadas)

No final deste trabalho os pacientes poderão ter seus exames melhor analisados, seu exame poderá ser compartilhado com outros profissionais, visto que existem lugares que nem tem o profissional especializado na área. Portanto, proporcionará agilidade no diagnóstico, podendo salvar vidas de pacientes com problemas cardíacos que necessitam de atendimento rápido e/ou evitar sequelas por falta de diagnóstico ou lentidão no processo de análise do exame

K – BENEFÍCIOS CONTINUADOS EM COMUNIDADES

Possibilidade do uso de um dispositivo móvel para auxiliar no diagnóstico do ECG.

L - ANÁLISE CRÍTICA DE RISCOS E BENEFÍCIOS

Como já mencionado o participante não será identificado, portanto, será resguardada sua identificação. O exame disponibilizado para este trabalho será usado única e exclusivamente para

**Endereço:** Rua Madre Maria José, 122  
**Bairro:** Nossa Sra. Abadia **CEP:** 38.025-100  
**UF:** MG **Município:** UBERABA  
**Telefone:** (34)3318-5776 **Fax:** (34)3318-5776 **E-mail:** cep@pesqpg.ufm.edu.br



UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
TRIÂNGULO MINEIRO - MG



Continuação do Parecer: 914.795

testes

de digitalização e processamento de imagens pelo software a ser desenvolvido. Este aplicativo será criado para dispositivos móveis com intuito de proporcionar uma comunicação e/ou agilizar o processo de diagnóstico entre os profissionais envolvidos. Não existem riscos para os participantes."

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa é de relevância social e científica.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os termos foram apresentados adequadamente.

**Recomendações:**

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Tendo como base os preceitos da ética em pesquisa instituídos pela Resolução CNS 466/12, o projeto encontra-se apto a ser executado, e o relator recomenda a aprovação.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

UBERABA, 15 de Dezembro de 2014

---

**Assinado por:**  
**Marly Aparecida Spadotto Balarin**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Rua Madre Maria José, 122

**Bairro:** Nossa Sra. Abadia

**CEP:** 38.025-100

**UF:** MG

**Município:** UBERABA

**Telefone:** (34)3318-5776

**Fax:** (34)3318-5776

**E-mail:** cep@pesqpg.ufm.edu.br

## Anexo B – Termo de consentimento livre



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO - Uberaba-MG  
Comitê de Ética em Pesquisa- CEP  
Rua Madre Maria José, 122, 38025-100, Bairro Nossa Senhora da Abadia  
E-mail: [cep@pesqpg.uftm.edu.br](mailto:cep@pesqpg.uftm.edu.br) Telefone 34 3318 5776

### TERMO DE CONSENTIMENTO PARA SUJEITOS MAIORES DE IDADE

Título do Projeto: **Desenvolvimento de um aplicativo para análise de eletrocardiogramas utilizando dispositivos móveis**

#### TERMO DE ESCLARECIMENTO

Você está sendo convidado (a) a participar do estudo para o desenvolvimento de um aplicativo para análise de eletrocardiogramas utilizando dispositivos móveis, por dispor de um exame de eletrocardiograma já realizado que poderia ser útil para os estudos. Os avanços na área das ocorrem através de estudos como este, por isso a sua participação é importante. O objetivo deste estudo é desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis (celulares e *tablets*) que possibilitarão auxiliar o profissional da área de saúde na análise de eletrocardiogramas e caso você participe, será necessária uma cópia de seu eletrocardiograma já realizado e a resposta às perguntas: idade, sexo, eventual diagnóstico detectado no exame. Não será feito nenhum procedimento que lhe traga qualquer desconforto ou risco à sua vida ou a realização de qualquer exame, uma vez que apenas exames já realizados serão utilizados.

Você poderá obter todas as informações que quiser e poderá não participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem prejuízo no seu atendimento. Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade. Seu nome não aparecerá em qualquer momento do estudo, pois você será identificado com um número.





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO - Uberaba-MG  
 Comitê de Ética em Pesquisa- CEP  
 Rua Madre Maria José, 122, 38025-100, Bairro Nossa Senhora da Abadia  
 E-mail: [cep@pesqpg.uftm.edu.br](mailto:cep@pesqpg.uftm.edu.br) Telefone 34 3318 5776

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO**

Título do Projeto: **Desenvolvimento de um aplicativo para análise de eletrocardiogramas utilizando dispositivos móveis**

Eu, (*nome do voluntário*), li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi para que serve o estudo e qual procedimento a que serei submetido. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não afetará meu tratamento. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro por participar do estudo. Eu concordo em participar do estudo.

Uberaba, ...../...../.....

\_\_\_\_\_  
 Assinatura do voluntário ou seu responsável legal

\_\_\_\_\_  
 Documento de Identidade

\_\_\_\_\_  
 Prof. Dr. David Calhau Jorge  
 (orientador)

\_\_\_\_\_  
 Sr. João Paulo Folador  
 (pesquisador)

**Telefone de contato dos pesquisadores**

*Prof. Dr. David Calhau Jorge (orientador): (34)9936-1394 / 3318-5600 – david@eletrica.uftm.edu.br*

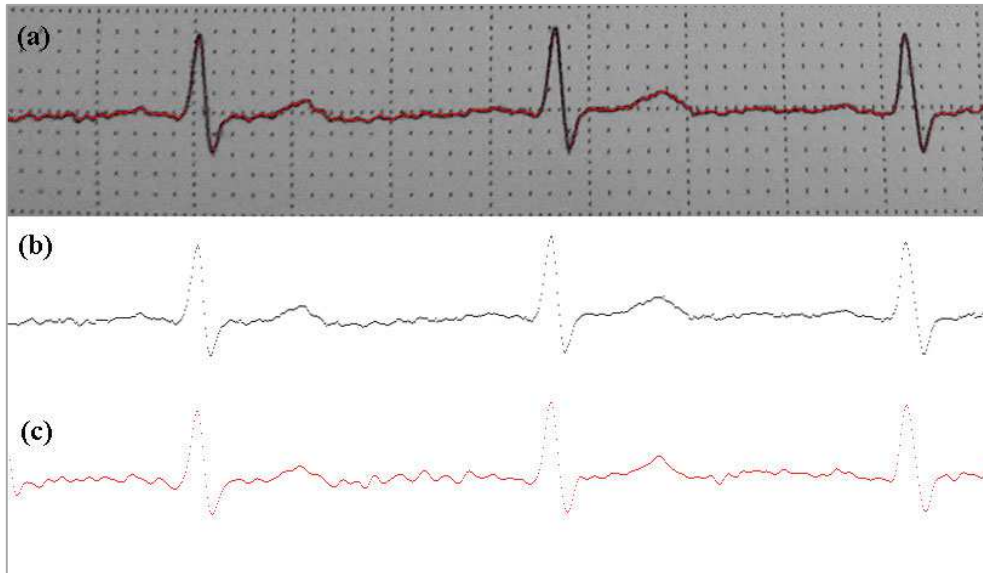
*Sr. João Paulo Folador (pesquisador): (34)8859-1311 – jpfolador@gmail.com*

**Em caso de dúvida em relação a esse documento, você pode entrar em contato com o Comitê Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, pelo telefone 3318-5776.**

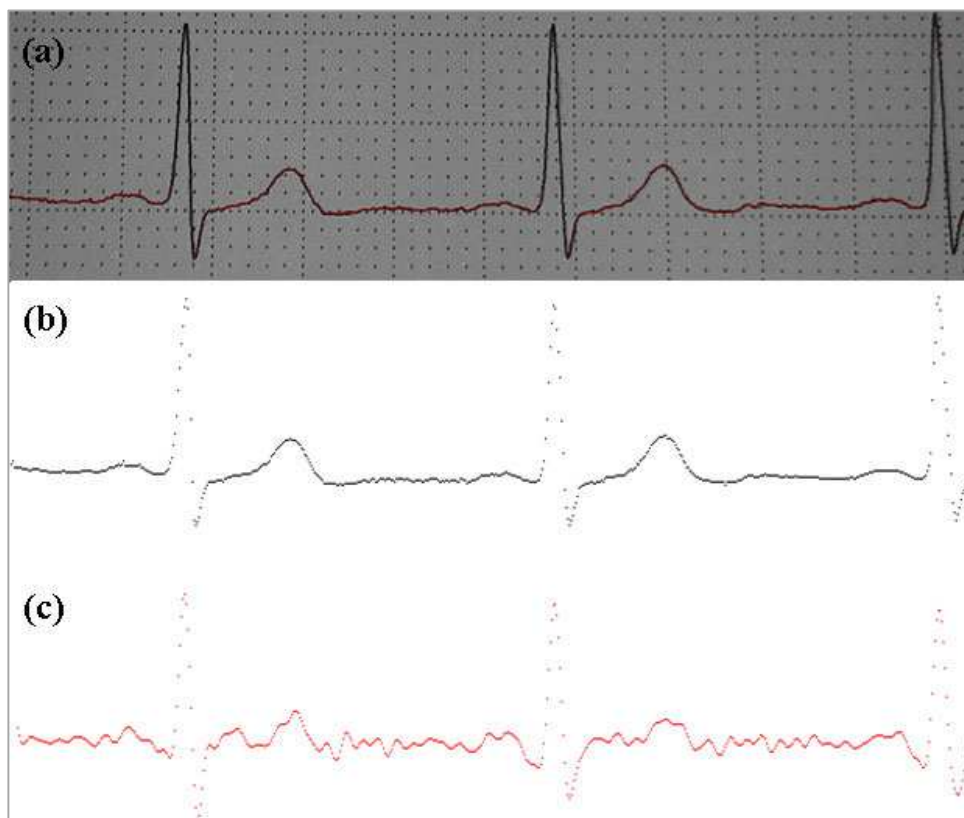
**IMPORTANTÍSSIMO: SEGUNDO DETERMINAÇÃO DA COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA, OS PESQUISADORES E OS SUJEITOS DA PESQUISA DEVERÃO RUBRICAR TODAS AS PÁGINAS DO TERMO (APÓS A COLETA DE DADOS). UMA VIA DO TERMO DEVERÁ SER ENTREGUE AOS SUJEITOS.**

### Anexo C – Exames de ECG digitalizados e filtrados pelo EletrocardioDroid

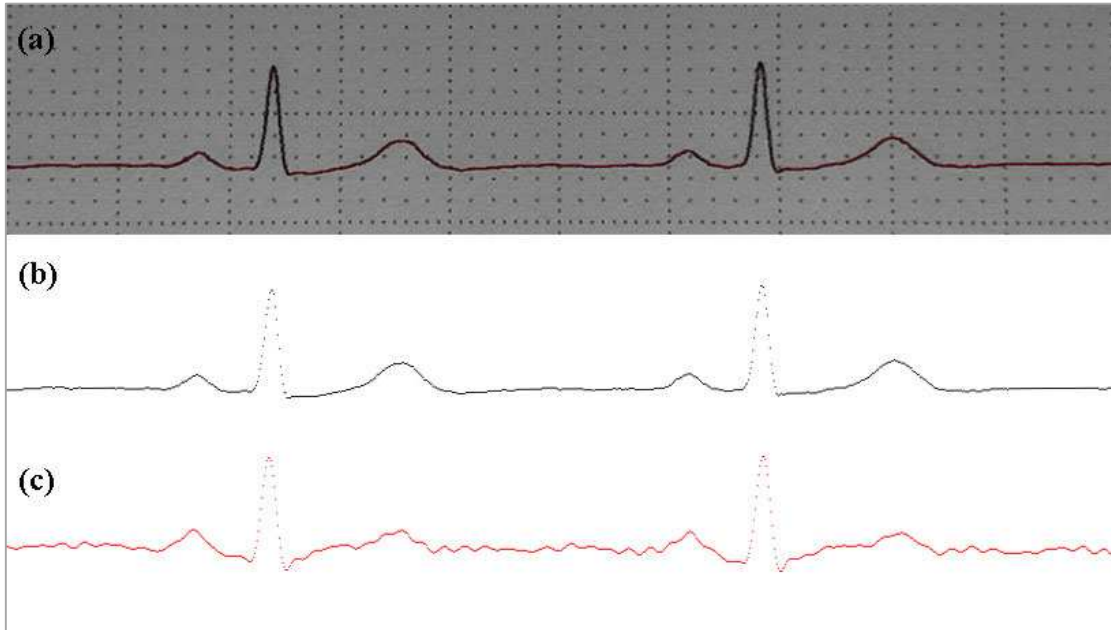
Nas imagens a seguir, (a) representa imagem original digitalizada do eletrocardiograma com os pontos extraídos sobrepostos, em (b) o sinal extraído sem a grade de fundo e em (c) o sinal restaurando via transformada de Fourier inversa.



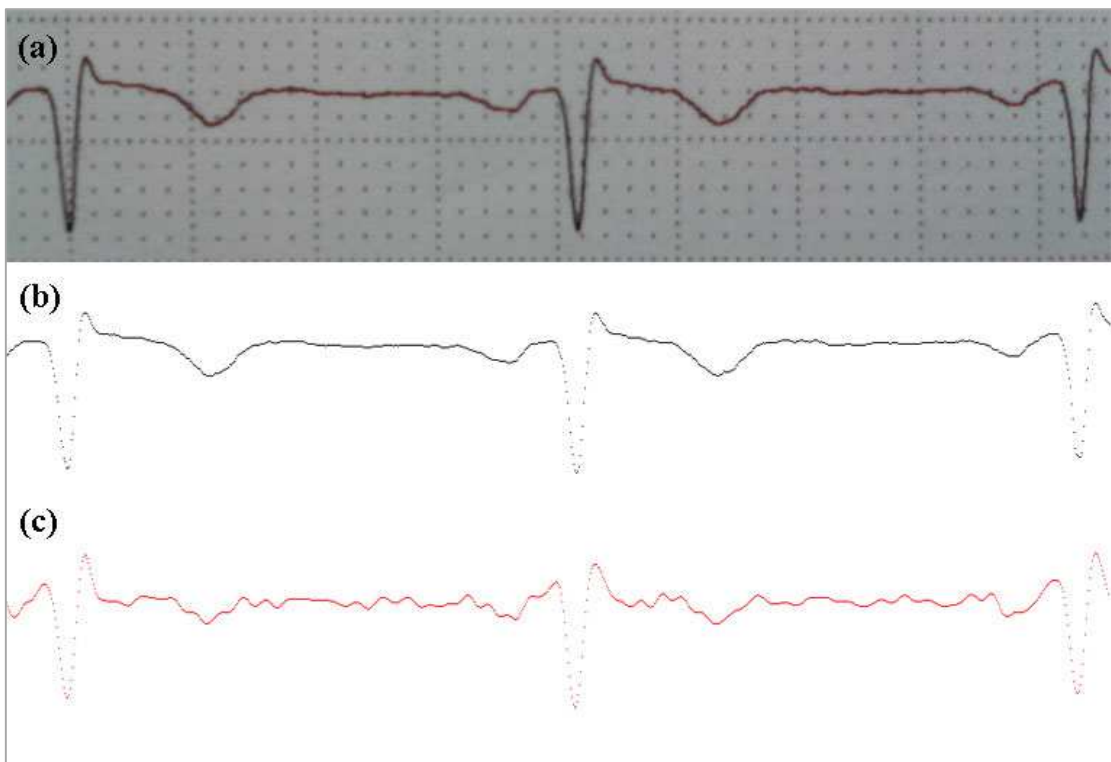
Paciente: 1; Sexo: masculino; Idade: 59 anos.  
Características do ECG: D2, N/2, 25 mm/s, filtro de rede MUSC.



Paciente: 1; Sexo: masculino; Idade: 59 anos.  
Características do ECG: V5, N, 25 mm/s, filtro de rede MUSC.



Paciente: 2; Sexo: feminino; Idade: 29 anos.  
Características do ECG: D2, N/2, 25 mm/s, filtro de rede MUSC.



Paciente: 3; Sexo: masculino; Idade: 32 anos.  
Características do ECG: aVR, N, 25 mm/s, filtro de rede MUSC.