



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA**  
**E ENGENHARIA DE MATERIAIS**



**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ESTUDO E AVALIAÇÃO DE GEL COSMÉTICO PARA APLICAÇÃO EM**  
**ECOCARDIOGRAFIA**

**Aluno: GRACIANO JOSÉ DA COSTA LIMA**

**Orientador: PROF. DR. MARCUS VINICIUS LIA FOOK**

**CAMPINA GRANDE**  
**DEZEMBRO / 2013**

# **ESTUDO E AVALIAÇÃO DE GEL COSMÉTICO PARA APLICAÇÃO EM ECOCARDIOGRAFIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais

**Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Lia Fook**

**CAMPINA GRANDE  
DEZEMBRO / 2013**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA  
E ENGENHARIA DE MATERIAIS

ESTUDO E AVALIAÇÃO DE GEL COSMÉTICO PARA APLICAÇÃO EM  
ECOCARDIOGRAFIA

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

L732e

Lima, Graciano José da Costa.

Estudo e avaliação do gel cosmético para aplicação em ecocardiografia /  
Graciano José da Costa Lima. – Campina Grande, 2013.  
55 f. : il. Color.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) -  
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

"Orientação: Prof. Dr. Marcus Vinicius Lia Fook".  
Referências.

1. Medicina. 2. Imagens Ecocardiográficas. 3. Gel. I. Fook, Marcus  
Vinicius Lia. II. Título.

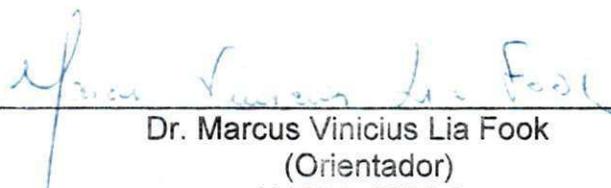
CDU 620.1:611.12(043)

CAMPINA GRANDE  
DEZEMBRO 2013

**ESTUDO E AVALIAÇÃO DO GEL COSMÉTICO PARA APLICAÇÃO EM  
ECOCARDIOGRAFIA.**

**GRACIANO JOSÉ DA COSTA LIMA**

Dissertação Aprovada em 19/12/2013 pela banca examinadora constituída dos seguintes membros:



---

Dr. Marcus Vinicius Lia Fook  
(Orientador)  
UAEMa/UFCG



---

Dr. Gelmires de Araújo Neves  
(Examinador Interno)  
UAEMa/UFCG



---

Dr. Reginaldo Severo de Macedo  
(Examinador Interno)  
UAEMa/UFCG

## Dedicatória

Dedico esta dissertação a minha  
esposa e minha mãe pela fé e  
confiança demonstrada.

Ao orientador pela paciência  
demonstrada no decorrer do trabalho  
Enfim, a todos que de alguma forma  
tornaram este caminho mais fácil de  
ser trilhado.

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar realizando este trabalho.

A Izabelle, minha esposa, por todo o apoio, pela ajuda, pela paciência, pelo incentivo e por todo amor a mim dedicado.

A minha mãe, pelas orações que sempre me sustentaram durante toda minha vida escolar e ainda me sustentam.

A Valdênia, pelas observações feitas que foram de grande contribuição ao trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcus Vinicius, pela paciência e ajuda.

Ao Prof. Dr. Gelmires, pelo incentivo de fazer parte deste Programa de Pós-Graduação.

Aos membros do laboratório Certbio, que me auxiliaram na realização dos ensaios feitos para este trabalho.

## Resumo

A medicina vem passando por muitos avanços desde as últimas quatro décadas, principalmente, no que tange o desenvolvimento de novas tecnologias, sejam elas aplicadas para o tratamento de doenças ou para o diagnóstico de entidades nosológicas das mais diversas especialidades da área médica. No tocante a abordagem de doenças cardiológicas, a ecocardiografia, desde os seus primórdios, nos idos da década de 1950, se apresenta como ferramenta de fundamental importância no diagnóstico e seguimento clínico de pacientes. E nesse particular, a necessidade da presença de géis, de modo a permitir a obtenção de imagens ecocardiográficas, se faz de muita importância. Diante disso, este trabalho teve como objetivo caracterizar e avaliar o gel utilizado como meio de contato na obtenção de imagens na ecocardiografia, dada a importância deste material para a realização deste procedimento diagnóstico. Para isso foram utilizados dois tipos de gel, sendo um deles um gel já utilizado apropriadamente para ultrassonografia e o outro, um gel cosmético utilizado para aplicação no couro cabeludo. Foram realizados ensaios de caracterização como a Espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier (FTIR), a Microscopia Óptica, a Difração de Raios X, bem como a avaliação da qualidade das imagens obtidas com a utilização dos dois géis. De acordo com os resultados obtidos, foi observado que os dois materiais apresentaram, mediante os métodos de caracterização utilizados, propriedades morfológicas e químicas semelhantes, assim como na avaliação feita durante a obtenção das imagens ecocardiográficas, observou-se que os géis analisados apresentaram, também, o mesmo comportamento.

**Palavras-chave:** medicina, imagens ecocardiográficas, gel.

## **Abstract**

The medicine has succeeded for many advances since the last four decades, mainly regarding the development of new technologies, whether applied to the treatment of disease or for the diagnosis of nosological from various specialties of medical areas. In relation to cardiac disease approach, echocardiography, since its inception, the ldes of 1950, is presented as extremely important tool in clinical diagnosis and patient follow-up. And in particular, the need for the presence of gel so as to achieve echocardiographic images, is very important. Thus, this study aimed to characterize and evaluate the gel used as a means of contact in obtainment of images in echocardiography, given the importance of this material to perform this diagnostic procedure . For this purpose two types of gels were used. The first one is already used appropriately to ultrasound and the other is used for a cosmetic gel application on the scalp. Characterization tests were performed as Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), the Optical Microscopy, the X-ray Diffraction, as well as evaluating the quality of the images obtained with the use of two gels. According to the results, it was observed that the two materials presented the same chemical and morphological properties, according to the characterization methods used, as well as in the evaluation of echocardiographic images, it was observed that the gels analyzed also presented the same behavior.

**Keywords** : medicine, echocardiographic images , gel.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivos específicos .....	15
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
3.1 Ultrassom e Ecocardiografia .....	16
3.2 Dispersões coloidais .....	25
3.3 Gel .....	32
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
4.1 Local da Pesquisa .....	37
4.2 Materiais .....	37
4.3 Métodos.....	37
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS .....</b>	<b>51</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1-</b> Propriedades de soluções, sistemas coloidais e dispersões.....	26
<b>Tabela 2-</b> Classificação dos sistemas coloidais.....	31

## Índice de Figuras

<b>Figura 1-</b> Ecocardiografia modo M do ventrículo esquerdo.....	18
<b>Figura 2-</b> Ecocardiografia modo M da valva mitral.....	19
<b>Figura 3-</b> Ecocardiografia modo bibimensional.....	20
<b>Figura 4-</b> Ecocardiografia com Doppler pulsado.....	21
<b>Figura 5-</b> Ecocardiografia com Doppler contínuo.....	21
<b>Figura 6-</b> Ecocardiografia com Doppler colorido.....	22
<b>Figura 7-</b> Ecocardiografia com Doppler tecidual.....	23
<b>Figura 8-</b> Ilustração do método de ecocardiografia transesofágica.....	24
<b>Figura 9-</b> Ilustração do método de ecocardiografia transtorácica.....	24
<b>Figura 10-</b> Ecocardiografia transesofágica.....	25
<b>Figura 11-</b> Efeito Tyndall.....	28
<b>Figura 12-</b> Fluxograma de atividades.....	38
<b>Figura 13-</b> Imagens de microscopia óptica obtidas para o gel cosmético (a) detalhe, (b) aumento de 50x, (c) aumento de 100x e (d) aumento de 200x.....	40
<b>Figura 14-</b> Imagens de microscopia óptica obtidas para o gel para ultrassom (a) detalhe, (b) aumento de 50x, (c) aumento de 100x e (d) aumento de 200x.....	42
<b>Figura 15-</b> Espectroscopia na região do Infra-vermelho com transformada de Fourier do gel cosmético.....	44
<b>Figura 16-</b> Espectroscopia na região do Infra-vermelho com transformada de Fourier do gel para Ultrassom.....	45
<b>Figura 17-</b> Difrátogramas de raio X do gel cosmético e do gel para Ultrassom.....	46
<b>Figura 18-</b> Imagens de Ecocardiografia obtidas através do uso do gel para Ultrassom.....	46
<b>Figura 19-</b> Imagens de Ecocardiografia obtidas através do uso do gel cosmético...48	48

## **Símbolos e abreviações**

FTIR – Espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier

DLVO - Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek

C – carbono

AINE – Anti-inflamatório não esteróide

DRX – Difração de Raios X

MO – Microscopia óptica

## 1 INTRODUÇÃO

A ciência médica passou por muitas mudanças nas últimas décadas com a evolução de novas técnicas e novos produtos buscando melhorar a qualidade de vida do ser humano. Desse processo evolutivo, pode-se citar o desenvolvimento de métodos de imagens mais apropriadas e pouco invasivas, a progressão terapêutica com novos antibióticos, antivirais e drogas oncológicas e o desenvolvimento do campo genômico e molecular dentre outras (HOLANDA, 2008).

Como contribuição no estabelecimento do diagnóstico, os exames de imagem constituem importante ferramenta de ajuda na área médica, sendo que a ecografia permanece em sua maioria como um dos métodos de imagem mais abrangente e de menor custo. O ecocardiograma é um método através do qual se utiliza um aparelho de ultrassom para obtenção e reprodução de imagens do coração. É um equipamento útil e não invasivo dado as suas características de viabilidade, segurança e reprodutividade (VALDES, 2003).

O exame ecográfico atualmente se refere à integração de todos os seus elementos atuais (ecocardiograma uni e bidimensional, estudo do fluxo com Doppler espectral pulsátil e contínuo, e mapeamento do fluxo em cores), que constituem modalidades complementares e indissociáveis para um diagnóstico não invasivo completo e abrangente dos aspectos estruturais e funcionais do coração e grandes vasos (CAMPOS FILHO; ZIELINSKY; ORTIZ, 2004).

Para que isso aconteça, utiliza-se de meios materiais para a diminuição da impedância acústica, como os géis poliméricos. Neste particular, a presença do gel é necessária em virtude de a obtenção da imagem ultrassonográfica se dar através da geração de uma onda de ultrassom a partir de um cristal piezoelétrico contido em um transdutor que vibra mediante a aplicação de uma diferença de potencial elétrico, o que gera a onda de ultrassom. Esta onda deve se propagar até os órgãos internos do paciente, sendo que, em virtude da impedância acústica existente entre o transdutor e a pele, esta mesma onda se reflete totalmente neste nível, não penetrando até os seus órgãos. Para que a onda de ultrassom se propague além da pele, é necessária a diminuição da impedância entre os meios referidos, e isso ocorre através do uso do gel, aplicado na pele ou sobre a membrana do transdutor.

Dessa forma, observa-se a importância do gel neste processo, e neste particular, a importância dos polímeros utilizados na produção destes géis, dada a facilidade de obtenção desses materiais, sua vasta oferta no mercado, bem como suas propriedades que possibilitam sua aplicação na produção dos géis utilizados na geração de imagens ecocardiográficas.

Os polímeros constituem vasta fonte de possibilidades de aplicação na área da medicina e biomedicina, em virtude do seu fácil processamento e de se assemelharem aos materiais biológicos quanto as suas propriedades. (PARK, 1992; ORÉFICE, 2006). Dessa forma, a utilização dos polímeros como biomateriais tem aumentado muito nos últimos anos, principalmente como suportes poliméricos para regeneração tridimensional, substituição de tecidos, membranas para liberação lenta de medicamentos, gel para tratamentos fisioterápicos, bem como para diminuir impedância na geração de imagens em ultrassonografia.

O estabelecimento de uma necessidade fundamental para qualquer material sintético ou natural ser utilizado como biomaterial, passa pela minimização de processos inflamatórios bem como não propiciar qualquer reação indesejável do corpo. Esta propriedade é conhecida como biocompatibilidade. Em consequência, um biomaterial deve resistir/suportar exigências químicas, térmicas e mecânicas sem importante degradação (reação química, fratura, abrasão) e, também, não pode alterar o meio biológico, característica conhecida como biofuncionalidade (FOOK, 2005).

O grande interesse de cientistas pelos materiais poliméricos, dá-se pela sua diversidade de aplicações, que vão desde o seu uso na área de construção civil, indústria alimentícia, na área biomédica, na medicina, indústria farmacêutica, dentre outros. A gama de disponibilidade de materiais poliméricos, sejam eles naturais ou sintéticos, possibilita esse rol de aplicações, bem como a sua participação na produção de materiais compósitos, que traz ganhos em propriedades de outros tipos de materiais, mediante a intenção de suas aplicações. A apresentação dos polímeros na forma de gel, também, não foge à regra, apresentando, no caso deste trabalho, grande importância, em virtude da sua aplicação na realização de exames ultrassonográficos, como citado acima.

Diante dessas observações, este trabalho tem como objetivo a caracterização de gel utilizado para diminuição de impedância na obtenção de imagens

ultrassonográficas, de modo a, incrementar os estudos a cerca desses materiais, que são fundamentais na operacionalidade da ultrassonografia, sendo necessários como meio de contato entre o transdutor e o paciente, com o objetivo da obtenção de imagens ultrassonográficas.

## **2 OBJETIVOS**

Caracterizar e avaliar o gel utilizado comercialmente como meio de contato para diminuição de impedância na obtenção de imagens ecocardiográficas.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Determinar a composição do material comercial;
- Comparar o gel utilizado em ultrassonografia com o gel utilizado na indústria de cosméticos.
- Avaliar o gel utilizado na indústria de cosméticos na obtenção de imagens no exame ecocardiográfico.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ULTRASSOM E ECOCARDIOGRAFIA

As ondas de ultrassom são vibrações induzidas mecanicamente que produzem compressões e rarefações das moléculas de determinado meio. Elas são definidas como ondas acústicas acima da capacidade de detecção pelo ouvido humano, ou seja, acima de 20 KHz. O ultrassom utilizado em medicina emite frequências de 1 a 20 MHz (GALHARDO JUNIOR et al., 2011).

As frequências de som são enviadas para a cavidade torácica e sofrem interações com os tecidos. Essas interações ocorrem por fenômenos de reflexão, dispersão, refração e/ou atenuação das ondas de ultrassom, sendo que a base da imagem ultrassonográfica está relacionada com a reflexão (eco) das ondas transmitidas aos tecidos (GALHARDO JUNIOR et al., 2011).

A capacidade de reflexão das ondas de ultrassom é determinada pela diferença de impedância acústica entre os tecidos e pelo ângulo de insonação em relação à estrutura insonada. A impedância acústica no tecido resulta de sua densidade pela velocidade de propagação naquele tecido. Quanto maior a diferença entre a densidade dos tecidos, maior será a reflexão das ondas de som. A quantidade de som produzida por essa reflexão é recebida pelo transdutor, amplificada, processada e traduzida em imagem no monitor (GALHARDO JUNIOR et al., 2011).

Os transdutores de ultrassom utilizam cristais piezoelétricos como transmissores e receptores de ondas sonoras de alta frequência. São cristais de quartzo com a capacidade de alterar sua conformação e vibrar quando submetidos a uma corrente elétrica, produzindo ondas de ultrassom (GALHARDO JUNIOR et al., 2011).

O físico austríaco Johann Doppler descreveu no século XIX, um dos princípios físicos mais utilizados em medicina, principalmente para obter informações sobre as características do fluxo sanguíneo. Esse efeito representa a variação da frequência do som refletida por uma superfície móvel, de modo que um observador, situado próximo ao local da fonte emissora, notará aumento da frequência do eco caso a superfície refletora se aproxime, ou uma diminuição dessa frequência caso

ela se afaste. Portanto, o aumento ou a diminuição da frequência indicam o sentido do movimento da superfície refletora. Aplicando-se esses conhecimentos à prática clínica, verifica-se que, após a emissão da energia ultrassônica, a aproximação ou o afastamento das hemácias da fonte dessa energia determinará a variação na frequência das ondas ecográficas (GALHARDO JÚNIOR et al., 2011).

O austríaco Karl Dussik foi, muito provavelmente, a primeira pessoa a aplicar o ultrassom no diagnóstico médico em 1941, tentando delinear os ventrículos do cérebro, utilizando o ultrassom transmitido ao invés do ultrassom refletido. Em 1942, Floyd Firestone, iniciou a aplicação de uma técnica desenvolvida por Sokolov em 1929 para detecção de defeitos em metais através de ecos sonoros. Essa é a técnica que foi utilizada na medicina (FEIGENBAUM et al., 2007).

Em 1950, Keidel, usou o ultrassom para examinar o coração, usando a técnica de transmitir ondas de ultrassom através do coração e registrar o seu efeito do outro lado do tórax, tentando determinar os volumes cardíacos. Porém o primeiro a utilizar o ultrassom refletido em pulsos para examinar o coração foi Helmut Hertz, que depois colaborou com o cardiologista sueco Inge Edler, onde utilizaram o ultrassonoscópio comercial para examinar o coração, sendo suas colaborações comumente consideradas como o começo da ecocardiografia como a conhecemos hoje (FEIGENBAUM et al., 2007).

Centros de pesquisa em países como a China, Japão e Estados Unidos, foram fundamentais no desenvolvimento da técnica que estava surgindo, tendo sido o esforço de vários pesquisadores, nesses países, durante os últimos 60 anos o responsável por esse desenvolvimento da área do ultrassom utilizado em cardiologia, apresentando como marca a colaboração entre físicos, engenheiros e médicos, cada qual contribuindo com seus conhecimentos específicos, porém com o objetivo comum do desenvolvimento tecnológico que, nesse caso em particular, beneficiaria diretamente a saúde de muitos, demonstrando, por sua vez, que a interdisciplinaridade, antes mesmo do que uma prática sempre benéfica se mostra fundamental quando a finalidade é sempre o desenvolvimento e a produção de novas tecnologias (FEIGENBAUM et al., 2007).

A história da ecocardiografia passa pela evolução e o desenvolvimento de suas modalidades como o modo M, bidimensional, Doppler pulsado, Doppler

contínuo, Doppler tecidual, Doppler colorido e transesofágica tendo passado por uma longa estrada desde o seu início, por volta da década de 1950.

O **modo M do ecocardiograma** serve para medir o tamanho e avaliar a função das câmaras cardíacas. Pode ser usado nos doentes em que a contração ventricular é simétrica, porque o modo M só apresenta o septo e a parede livre a nível médio ventricular. A Figura 1 apresenta a imagem do modo M do ventrículo esquerdo. A Figura 2 apresenta a imagem do modo M da valva mitral.

Figura 1 – Ecocardiografia modo M do ventrículo esquerdo

Fonte: PINTO, 2006.

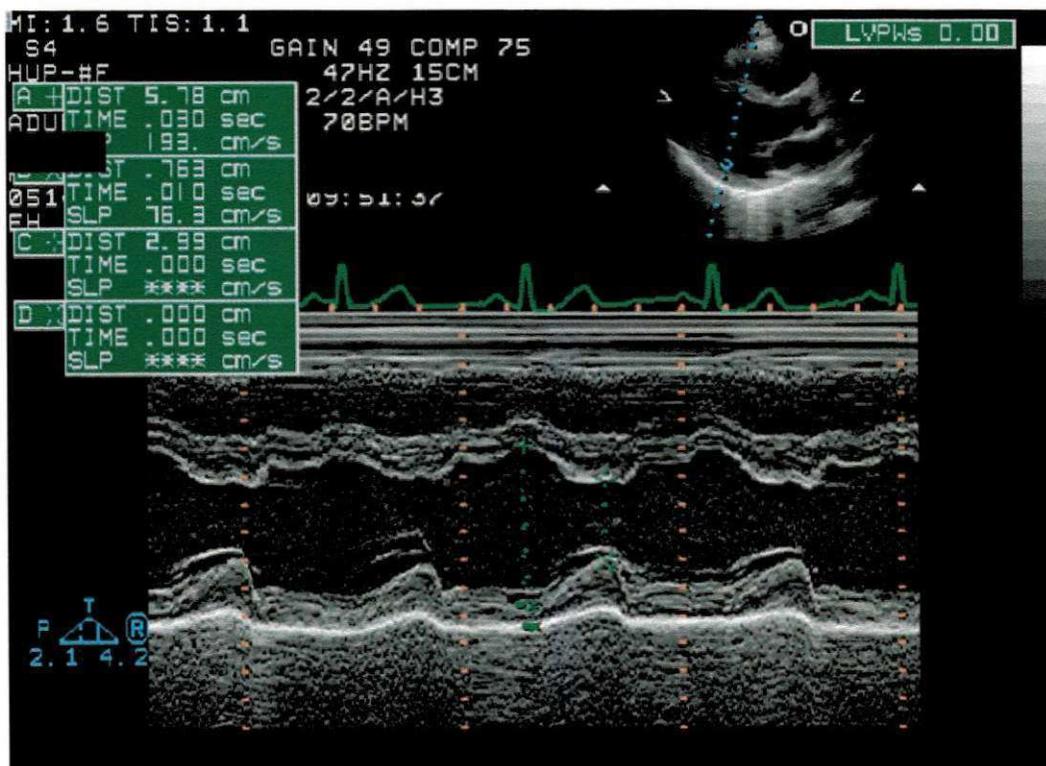
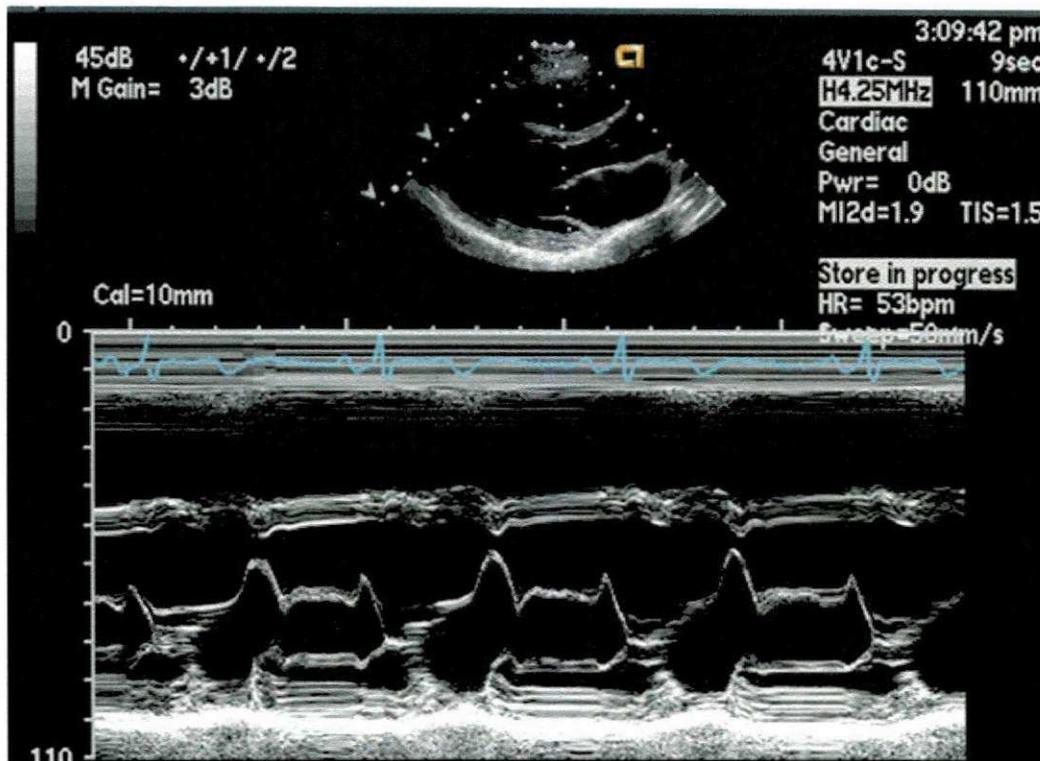


Figura 2 – Ecocardiografia modo M da valva mitral

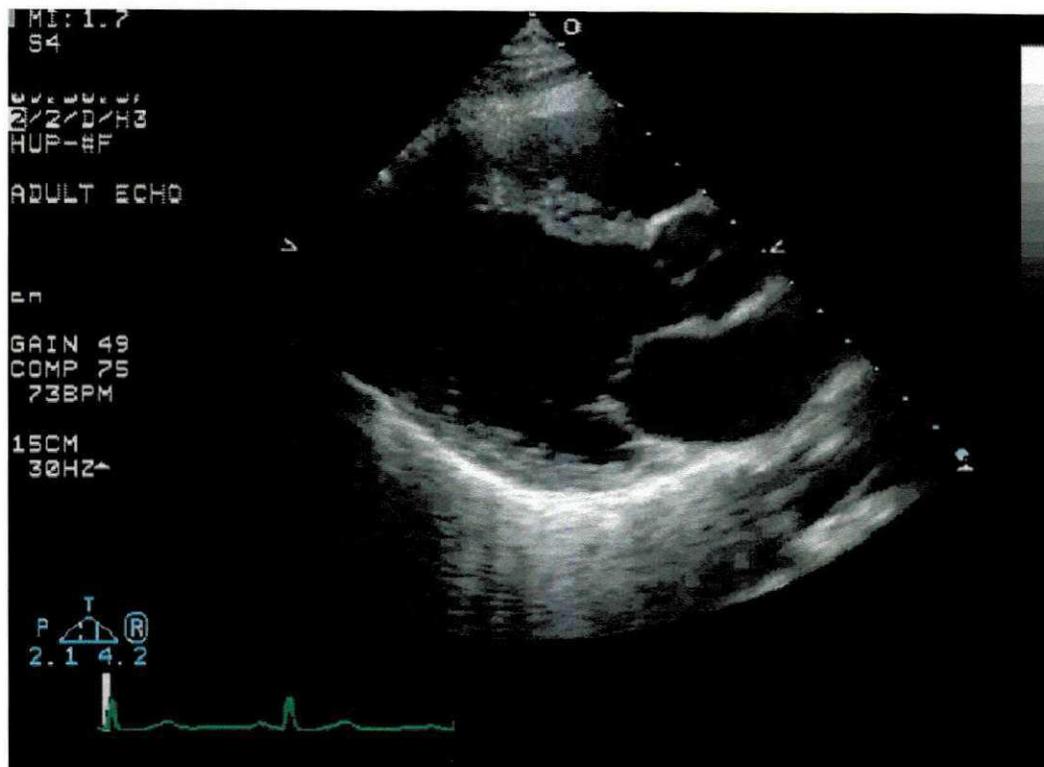
Fonte: PINTO, 2006.



O **Ecocardiograma Bidimensional** tem por princípio a reflexão do ultrassom a partir das estruturas cardíacas para produzir imagens do coração. O feixe de ultrassom é enviado e as ondas são refletidas nas estruturas cardíacas, sendo traduzidas em imagem. Na Figura 3 pode-se observar uma imagem obtida através do modo bidimensional.

Figura 3 – Ecocardiografia modo bidimensional

Fonte: PINTO, 2006.



O **Doppler Ecocardiográfico** usa a reflexão do ultrassom a partir dos eritrócitos em movimento para medir a velocidade intra-cardíaca de fluxo sanguíneo através das válvulas, dentro das câmaras cardíacas e através dos grandes vasos. O Eco Doppler pode ser de três tipos que são: pulsado, contínuo e em cores. Existe ainda, também, o Doppler Tecidual. Nas Figuras 4, 5 e 6 pode-se observar imagens obtidas através da ecocardiografia com Doppler Pulsado, Doppler Contínuo e Doppler Colorido, respectivamente.

Figura 4 – Ecocardiografia com Doppler pulsado

FONTE: SOLOCARDIOLOGIA (Acesso: 08/11/2013)

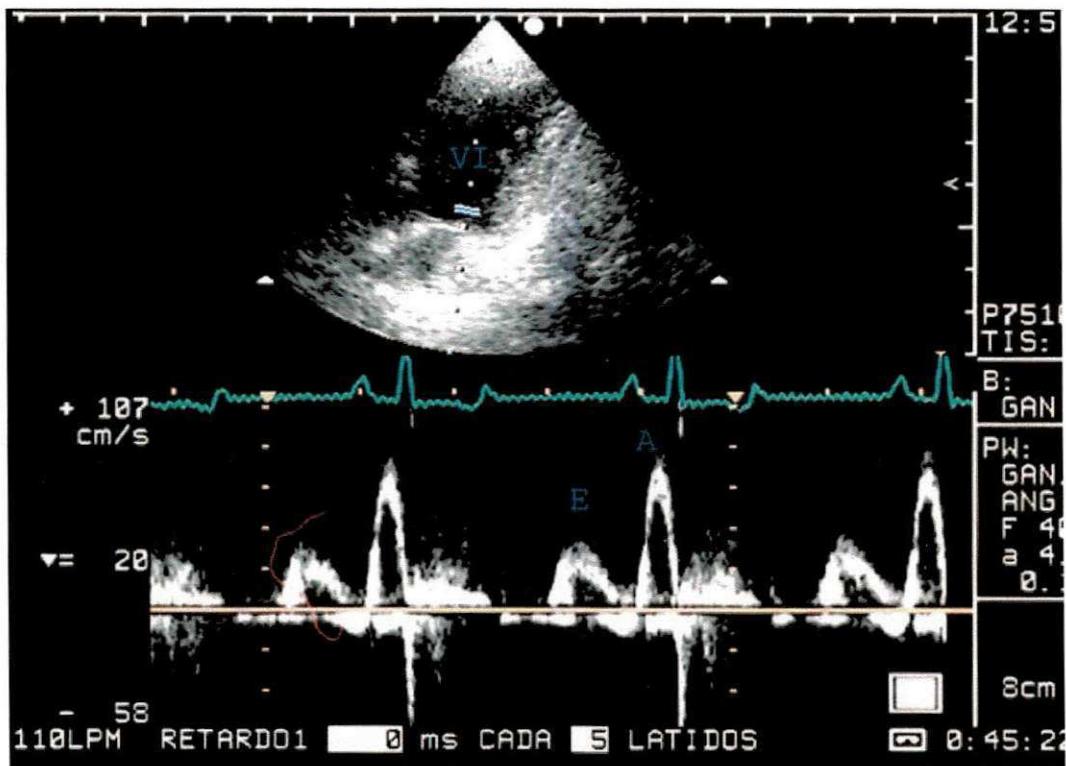


Figura 5 – Ecocardiografia com Doppler contínuo

Fonte: PINTO, 2006.

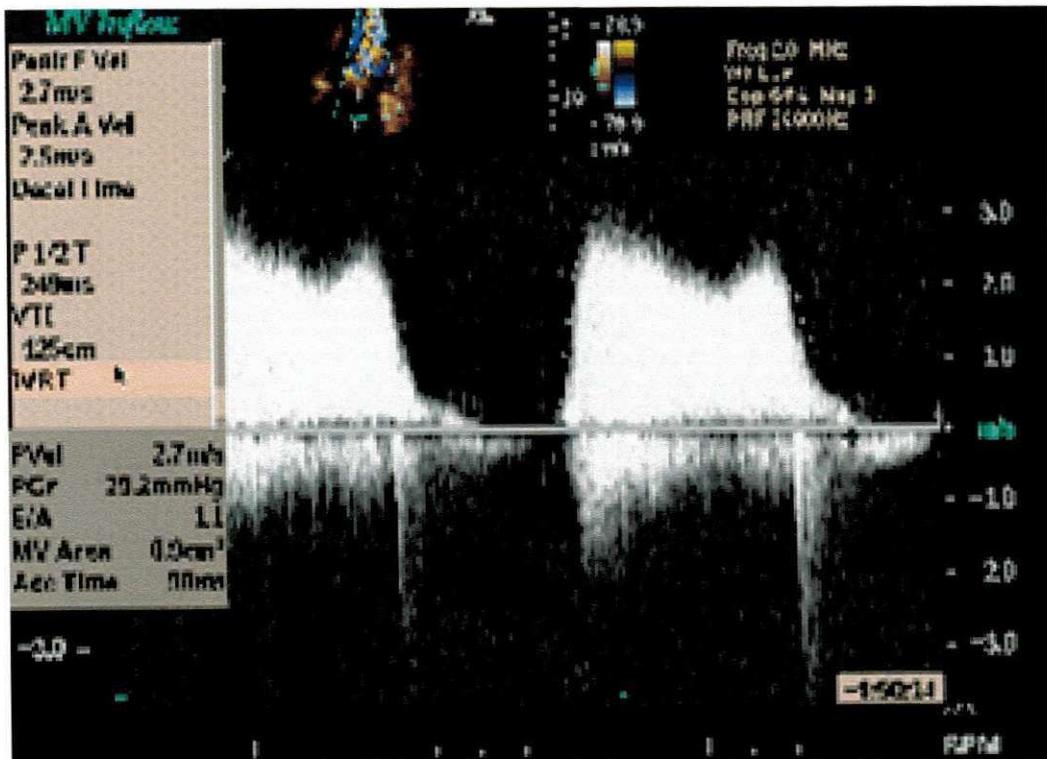
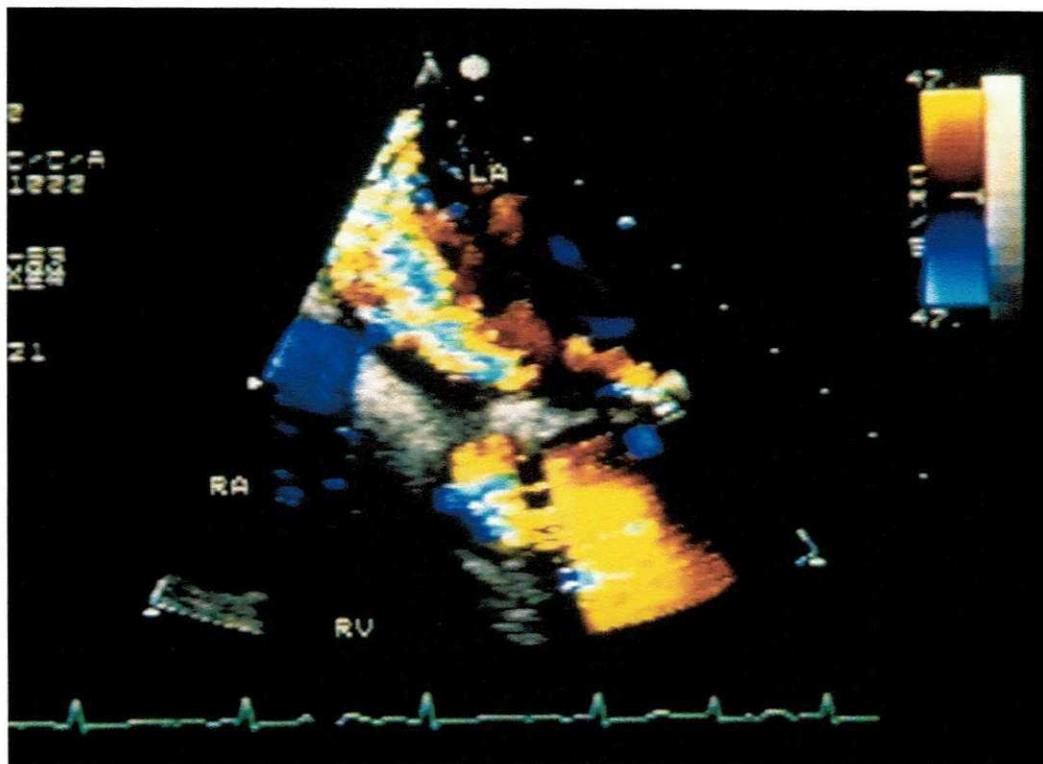


Figura 6 – Ecocardiografia com Doppler colorido

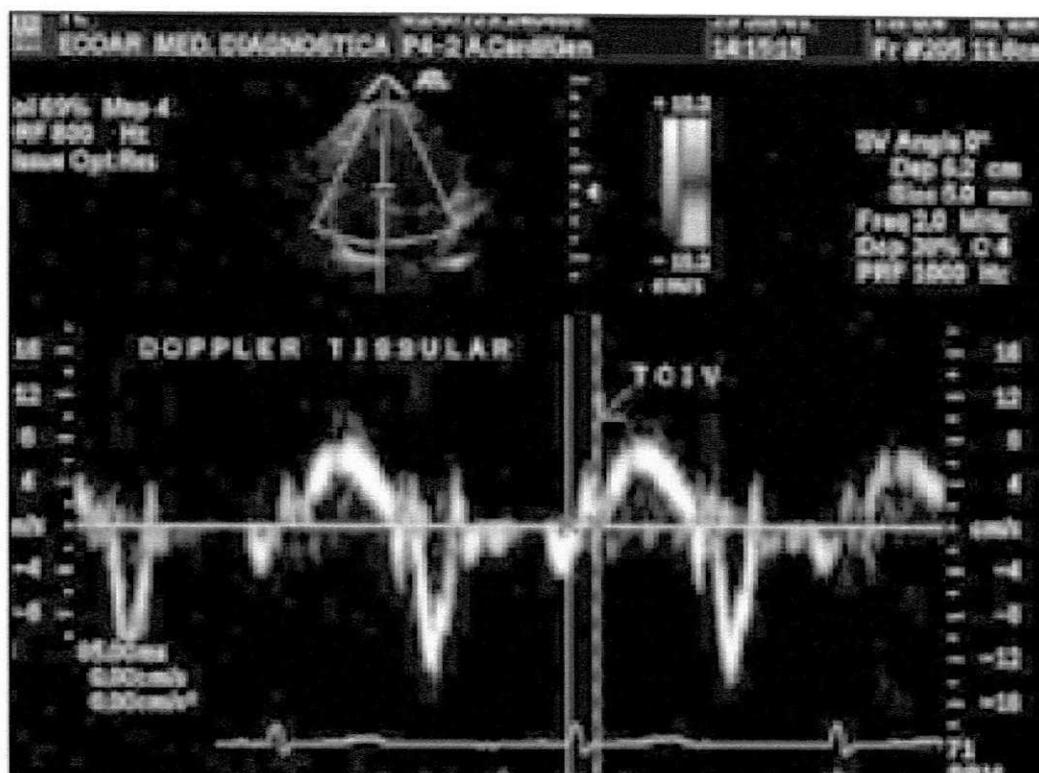
Fonte: PINTO, 2006.



O Doppler tecidual ou tissular é uma modalidade diagnóstica, recentemente incorporada à ecocardiografia, e que permite analisar, regional e quantitativamente, a contração e expansão do músculo cardíaco. A Figura 7 apresenta uma imagem obtida por essa modalidade.

Figura 7 – Ecocardiografia com Doppler tecidual

FONTE: BARROS, 2003.



O **Ecocardiograma Transesofágico**, apesar de ser parte integrante da ecocardiografia, quase sempre consiste em uma modalidade separada. Trata-se de método realizado por meio de um transdutor que é conduzido na ponta de uma sonda, que, por sua vez é introduzida através do esôfago do paciente (tal qual é realizado na Endoscopia Digestiva Alta), Figura 8, de modo a fazer com que o transdutor fique bem próximo do coração, aproveitando-se da íntima proximidade do esôfago com a sua parede posterior. Ela complementa a ecocardiografia transtorácica, que é realizada com o transdutor no tórax do paciente, Figura 9, em algumas circunstâncias, tais quais na pesquisa de vegetações durante a avaliação de endocardite infecciosa e na pesquisa de trombos intracardíacos. A Figura 10 apresenta uma imagem obtida durante um procedimento de ecocardiografia transesofágica.

Figura 8 – Ilustração do método de ecocardiografia transesofágica  
FONTE: CLÍNICA DUBIN (Acesso: 08/11/2013)

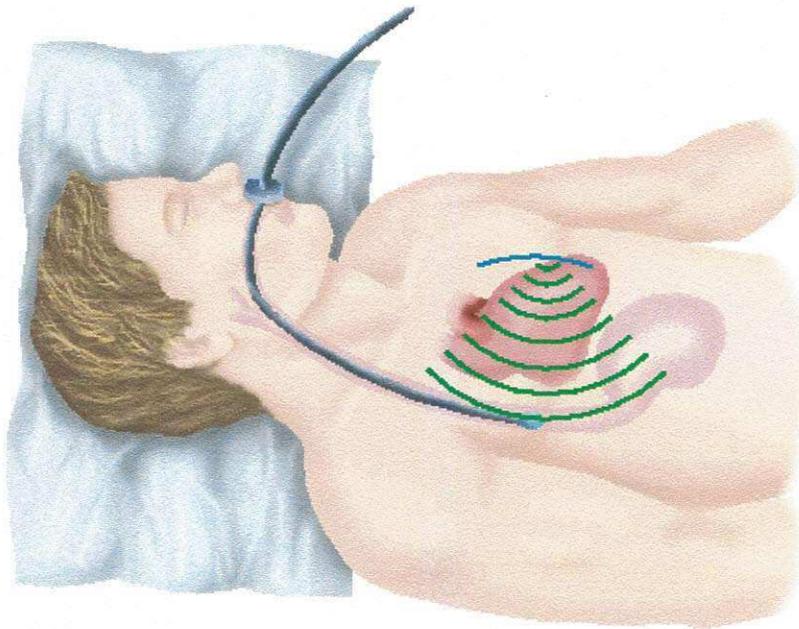


Figura 9 – Ilustração do método de ecocardiografia transtorácica  
FONTE: CARDIOEXPRESSO (Acesso: 08/11/2013)

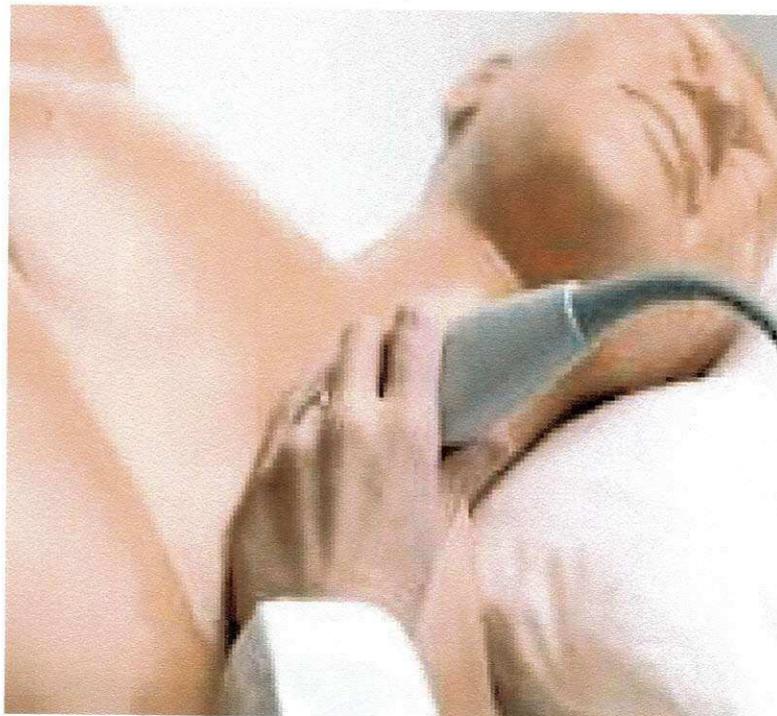


Figura 10 – Ecocardiografia transesofágica

Fonte: PINTO, 2006.



Ainda hoje permanece toda razão para acreditar na permanência da utilidade da ecocardiografia em procedimentos diagnósticos. Constitui-se em uma versátil ferramenta técnica, com ótimo custo-benefício, apresentando boas condições de reprodutibilidade de seus resultados, existindo novas possibilidades de oferta de melhores informações através do método, bem como a capacidade de seu contínuo aperfeiçoamento técnico.

### 3.2 DISPERSÕES COLOIDAIS

Não obstante, traduzir-se em material abundantemente usado pelo homem, os polímeros também são utilizados como meio de contato em ultrassonografia diagnóstica, em forma de gel, e mostram a importância de estudos e pesquisas a seu respeito, visto o gel tratar-se de um tipo de dispersão, e as dispersões serem estudadas no seu contexto de misturas, principalmente quando se trata das dispersões coloidais.

As dispersões, de uma forma geral, consistem em misturas onde há a disseminação de uma substância ao longo do volume de outra substância. Dessa forma ela ocorre apresentando um agente disperso (soluto) e um agente dispergente (meio no qual o disperso é disseminado). Nas dispersões, por sua vez, quando as partículas dispersas apresentam tamanho menor que  $1 \mu\text{m}$ , temos uma mistura homogênea chamada de solução ou solução verdadeira.

Quando as partículas dispersas apresentam tamanho entre  $1$  e  $1000 \mu\text{m}$  temos uma mistura chamada de coloide ou dispersão coloidal ou sistema coloidal, que, aparentemente é uma mistura homogênea a olho nu, mas trata-se de uma mistura onde as partículas dispersas acumulam-se ao longo do dispergente. De outra forma, quando as partículas dispersas apresentam tamanho de mais de  $1000 \mu\text{m}$ , temos misturas chamadas de suspensão.

Na Tabela 1 estão identificadas as principais características dos tipos de dispersões.

Tabela 1 – Propriedades de soluções, sistema coloidal e dispersões

<b>Propriedade</b>	<b>Solução</b>	<b>Sistema coloidal</b>	<b>Suspensão</b>
Natureza das moléculas	Átomos; íons ou pequenas moléculas	Grandes partículas ou grupos de moléculas	Moléculas bem grandes e visíveis
Efeito da luz	Transparente	Translúcido ou opaco	Translúcida ou opaca
Efeito da gravidade	Não sedimenta	Não sedimenta	Sedimenta rapidamente
Uniformidade	Homogênea	Menos homogêneo que a solução	Heterogênea e não pode ser separada por filtração
Separabilidade	Não pode ser separada por filtração	Pode ser separado somente por membranas especiais	Pode ser separada por filtro de papel

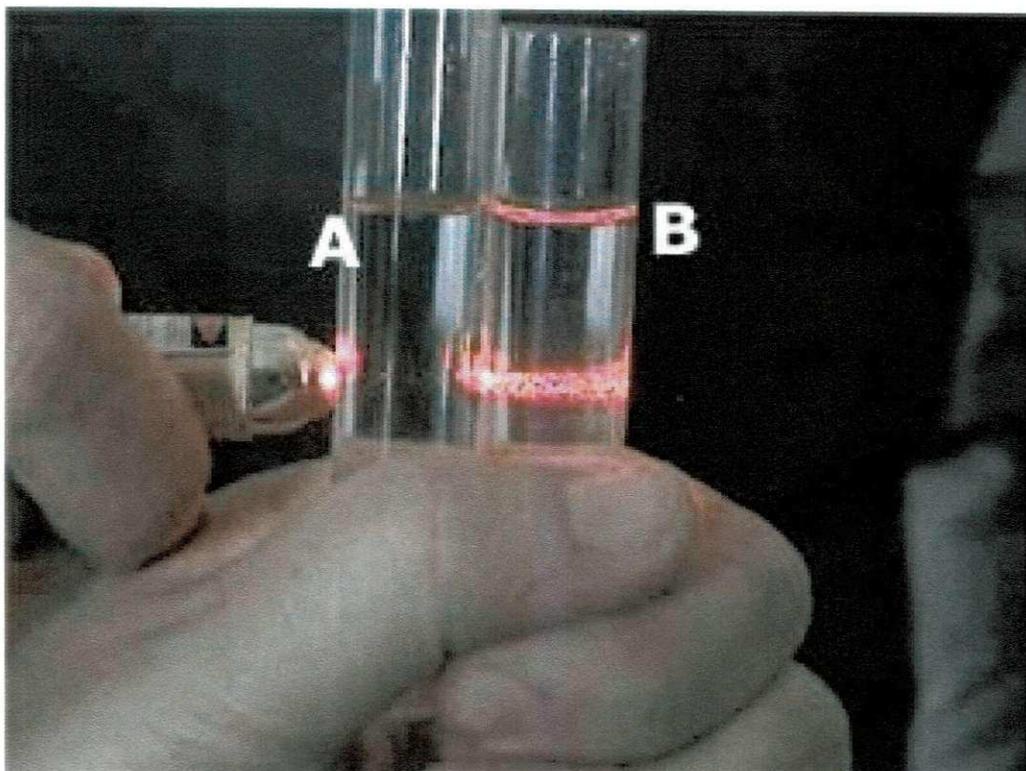
No século XIX, o químico escocês Thomas Graham observou que substâncias como a albumina do ovo e a cola apresentavam difusão lenta quando misturados a água, ao passo que substâncias como o açúcar e o sal de cozinha difundiam-se rapidamente. A albumina do ovo e a cola também apresentavam comportamento diferente quanto a sua difusão através de membranas delgadas, em relação ao açúcar e o sal. Ao mesmo tempo em que estes se difundiam rapidamente através das membranas, aqueles não se difundiam. Além disso, Thomas Graham também observou que o açúcar e o sal eram facilmente cristalizáveis, da mesma forma que outras soluções verdadeiras, enquanto que a cola e a albumina do ovo não se cristalizavam, apesar de que, hoje, certas substâncias coloidais podem ser cristalizadas com alguma dificuldade. Graham, assim, passava a identificar uma nova classe de dispersões, pelo que passou à história da química como grande estudioso, e para identificá-la chamou-a de colóide, que vem do grego kolla, cola, em virtude da cola apresentar esses tipo de comportamento (LIMA, 2008).

Os sistemas coloidais são misturas, onde o diâmetro médio das partículas dispersas encontra-se compreendido entre  $1\text{nm}$  e  $1\mu\text{m}$  e têm, em geral, características específicas, como possuir massa elevada e apresentar elevada relação área/volume de partícula (LIMA, 2008). Estas partículas podem caracterizar-se como gotas líquidas, partículas sólidas ou bolhas de gás.

Apesar de serem tão pequenas, a ponto de não serem vistas a olho nu, as partículas componentes dos colóides são grandes o suficiente para desviarem a luz, efeito esse que foi observado pela primeira vez por John Tyndall, que percebeu que um feixe de luz se tornava visível em um meio contendo partículas em suspensão (na verdade um sistema coloidal). Esse efeito, que passou a ser chamado de efeito Tyndall, ocorre em virtude do tamanho das partículas de um colóide ser maior que o comprimento de onda da luz visível, acarretando em um espalhamento de um feixe de luz, por essas partículas, que atravesse uma solução coloidal, conforme demonstra a Figura 11.

Figura 11 – Efeito Tyndall

FONTE: BRASIL ESCOLA (Acesso: 08/11/2013)



Embora o uso de colóides e sistemas coloidais venham desde um passado longínquo e sua identificação seja antiga, teorias e abordagens desses sistemas e de suas interações vêm ocorrendo nos últimos tempos. A teoria DLVO (Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek) apresenta-se como fundamento de grandes discussões e estrutura importantes progressos, há várias décadas. Foi desenvolvida por Derjagin e Landau (1941) e independentemente por Verwey e Overbeek (1948). A teoria clássica DLVO foi um grande avanço na época de sua formulação, uma vez que aborda as interações eletrostáticas e de dispersão entre macro-partículas como interações de mesma magnitude (MOREIRA, 2007 apud LIMA, 2008).

A caracterização dos sistemas coloidais se dá, também, pela descrição das forças intermoleculares entre as macro-partículas em mistura. Estas interações chamadas não covalentes ou intermoleculares são interações físicas. Em uma interação física, as moléculas podem atrair-se ou repelir-se, não havendo quebra de ligações químicas ou formação de novas e as energias envolvidas nessas interações são muito menores que aquelas envolvidas em processos reativos (LIMA, 2008).

O estudo das interações entre as partículas não é um tópico recente. Desde o início do século XIX, as forças entre partículas têm sido alvo de estudos e teorias. Em 1831, Poisson afirmou que nas proximidades de uma interface em um meio líquido deveria haver um perfil não uniforme (de densidade, orientação) induzido pelas interações das moléculas do líquido com a interface (NINHAM, 1999 apud LIMA, 2008). Após um longo caminho de estudos e teorias, muitas vezes conflitantes e polêmicos, a teoria DLVO forneceu à ciência dos colóides e de superfície os fundamentos de um modelo quantitativo para as interações entre macro-partículas. Neste modelo, considera-se que dois tipos de força de natureza eletromagnética, as forças eletrostáticas da dupla camada e as forças atrativas de van der Waals, agem entre as partículas em função da distância entre as mesmas (MOREIRA, 2007 apud LIMA, 2008).

As interações coulombianas da dupla camada têm origem nas interações elétricas das partículas carregadas. A força destas interações é diretamente proporcional à quantidade de carga e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa (LIMA, 2008).

Assim como as interações coulombianas, as forças de van der Waals têm origem nas interações elétricas das partículas. Porém, enquanto a natureza das interações coulombianas da dupla camada é puramente eletrostática e atua apenas em partículas formalmente carregadas, as forças de atração de van der Waals atuam em todas as partículas, estejam elas carregadas ou não (ISRAELACHVILI, 1992 apud LIMA, 2008).

Em 1873, van der Waals postulou a existência das forças intermoleculares, que ficaram conhecidas pelo seu nome. Fritz London (1930) descreveu a natureza destas forças e as atribuiu ao movimento (flutuações) dos elétrons dentro das moléculas. As interações de van der Waals decorrentes especificamente das flutuações das nuvens eletrônicas nas moléculas, ficaram conhecidas com os nomes de forças de London, forças de flutuação de cargas. Estas forças desempenham um papel importante em todos os fenômenos intermoleculares. Assim, a interação total entre duas superfícies quaisquer tem sempre que incluir as interações de van der Waals (LIMA, 2008).

Diferentemente das interações coulombianas, o potencial de interação de van der Waals é altamente insensível a variações na concentração do eletrólito e pH do

meio, podendo ser considerada constante a uma dada distância, em primeira aproximação. (ISRAELACHVILI, 1992 apud LIMA, 2008).

Esses dois tipos de forças (coulombianas e de van der Waals) são a base da teoria DLVO que, há mais de meio século, vem sendo utilizada na descrição quantitativa do comportamento de dispersões coloidais. Nesta teoria, a estabilidade de colóides é tratada em termos do potencial de campo médio entre duas partículas coloidais. A teoria envolve estimativas da energia de atração de van der Waals e da energia de repulsão (superposição da dupla camada elétrica), ambas em termos da distância interpartículas macroscópicas (LIMA, 2008).

De maneira geral, como se vê, o estudo dos coloides é experimental e grandes esforços estão sendo realizados no campo teórico para a compreensão dos comportamentos dos sistemas coloidais, inclusive com simulações informáticas. A maior parte dos fenômenos coloidais, como a condutividade e a mobilidade eletroforética, são teorias que somente reproduzem a realidade de maneira qualitativa, ficando o quantitativo ainda sem ser completamente esclarecido.

As dispersões coloidais podem ser classificadas de acordo com o estado das fases do disperso e dispersante, a saber:

- Aerosol: consiste em um sólido ou um líquido dissolvido em um gás.
- Espuma: consiste em um gás disperso em sólido ou líquido.
- Emulsão: são coloides formados por líquido disperso em outro líquido.
- Sol: são coloides formados pela dispersão de um sólido em um líquido.
- Gel: sólido aparentemente, de material gelatinoso formado de uma dispersão coloidal, em que o disperso apresenta-se no estado líquido e o dispersante no estado sólido.

A Tabela 2 a seguir mostra de forma mais didática a classificação dos sistemas coloidais de acordo com o estado da fase de seus componentes.

Tabela 2 – Classificação dos sistemas coloidais

Dispersante	Disperso		
	Gás	Líquido	Sólido
Gás	Não existe. Todos os gases são solúveis entre si.	Aerossol líquido. Ex: nuvem, neblina	Aerossol sólido. Ex: fumaça, pó em suspensão
Líquido	Espuma líquida. Ex: espuma de sabão, espuma de barbear e chantilly	Emulsão. Ex: leite, mel, maionese, cremes e sangue	Sol. Ex: tintas, vidros coloridos e sangue
Sólido	Espuma sólida. Ex: pedra-pomes, poliestireno expandido	Gel. Ex: gelatina, queijo e geleia	Sol sólido. Ex: cristal de rubi, cristal de safira e ligas metálicas

O sol e o gel são muito presentes em nosso cotidiano. Eles apresentam características opostas, mas podem se transformar um no outro. Quando isso é possível, são chamados de reversíveis. Por exemplo, ao se dissolver a gelatina na água fervendo, obtemos um coloide denominado sol, que muitas vezes é confundido com uma solução verdadeira.

O coloide sol pode ser definido da seguinte maneira:

A fase dispersa é um sólido e o meio de dispersão é um líquido, e a mistura tem aparência de líquido. No caso citado da gelatina, quando ela é resfriada na geladeira, seu meio deixa de ser líquido. Ela se torna então um coloide denominado gel.

O gel é exatamente o contrário do sol:

A fase dispersa é líquida e o meio de dispersão é sólido, e a mistura tem aparência de sólido.

Nesse tipo de coloide as partículas formam uma complexa malha tridimensional, que mantém o dispersante em uma estrutura semirrígida. Dessa forma, ele passa a ter algumas propriedades macroscópicas parecidas com as dos sólidos, como a elasticidade e a manutenção do formato. Não se torna sólido, pois não possui retículo cristalino. Os géis para cabelos são outro tipo de coloide gel, como o próprio nome indica. O queijo e a geleia também o são.

Outros exemplos de colóides reversíveis são os colóides dos cremes dentais e as tintas (que, apenas por meio da agitação com o pincel, são transformadas de gel em sol. Quando se pinta a parede, após o repouso elas voltam a se tornar gel). Existe também um tipo de sol sólido, em que tanto o dispersante como o disperso são sólidos. Exemplos:

- Sol sólido: cristal de rubi (normalmente encontramos nele óxido de cromo e metais dispersos);

### 3.3 GEL

Para que a obtenção da imagem ecocardiográfica ocorra, é necessário que haja um meio de contato de modo a diminuir a impedância entre o transdutor e a pele, proporcionando a transmissão da onda ultrassônica na pele de modo que ocorra a sua reflexão – o eco – internamente, de modo a gerar a imagem ultrassonográfica do coração, que consiste no objetivo da técnica e a partir daí, passar a realização das análises necessárias. O meio de contato comumente utilizado é o gel polimérico, de fácil obtenção comercial e utilizado, também, em terapêutica fisioterápica com ultrassom.

O gel, como mostrado, é uma preparação semi-sólida composta de partículas coloidais que não se sedimentam (ficam dispersas). Geralmente, as substâncias formadoras de géis são polímeros que, quando dispersos em meio aquoso assumem conformação que dá viscosidade à mistura. Existem várias substâncias que podem formar géis sendo que as mais empregadas como bases em cosmética são: o polímero carboxivinílico fornecido na forma ácida e neutralizado durante a preparação com uma base, gerando géis com maior viscosidade e pH entre 6,5 e 7,5; e a hidróxi-etil-celulose que em concentração adequada intumescce com a água formando géis de consistência média e de característica não-iônica. O gel não iônico é compatível com a maior parte dos ativos hidrossolúveis usados em cosmética.

Os géis têm sido muito usados como bases dermatológicas, pois possuem bom espalhamento, são não-gordurosos e podem veicular vários princípios ativos hidrossolúveis e lipossomas. São mais usados para as peles mistas ou oleosas. O gel-creme são emulsões contendo alta porcentagem de fase aquosa e baixíssimo conteúdo óleos, estabilizadas por colóide hidrófilico. São também chamados de

cremes oil-free. Trata-se de uma preparação que tem sido largamente utilizada, pois em um gel-creme é possível veicular substâncias lipossolúveis, tais como filtros solares, princípios ativos oleosos, sem que o produto final deixe na pele uma sensação gordurosa. Podem ser usados em todos os tipos de pele.

Um gel polimérico pode ser definido como um composto que possui a habilidade de se expandir em alguns solventes retendo uma fração significativa do solvente dentro de sua estrutura sem se dissolver no mesmo. Recentemente, várias aplicações de géis poliméricos tem se apresentado, tais como dispositivos de administração controlada de medicamentos, purificação de águas residuais, operações de separação em biotecnologia, imobilização de enzimas (Sousa & Freitas, 1995), meio de contato para realização de ultrassonografia diagnóstica e tratamentos fisioterápicos por meio de ultrassom, dentre outras.

Sendo assim, é evidente a importância dos polímeros na sociedade, em virtude da versatilidade na sua utilização, bem como da abundância de compostos poliméricos encontrados, que são responsáveis pelas diversas aplicações em várias áreas, como na construção civil, indústria de cosméticos, indústria alimentícia, área de saúde, dentre outras. Neste particular, o desenvolvimento de géis poliméricos comerciais se estabelece como de suma importância, haja visto os exemplos demonstrados acima.

Um histórico sobre tecnologia de polímeros evidenciaria, sem dúvida alguma, que uma das propriedades mais importantes destes materiais é a capacidade de comportarem-se como excelentes isolantes elétricos, tanto para altas frequências quanto para voltagens (MAIA et al., 2000). Desta forma seu uso seguro, quando da sua utilização em métodos diagnósticos em pessoas estabelece-se, haja vista que aparelhos que permitem o fluxo de correntes elétricas, podem ser utilizados em virtude de uma proteção ao paciente dada pelo polímero.

No entanto, nos últimos anos uma nova classe de polímeros orgânicos tem sido desenvolvida, cuja importância está relacionada à possibilidade de conduzir eletricidade. Os membros desta nova classe de materiais, chamados de “metais sintéticos”, possuem uma característica em comum: longos sistemas conjugados, ou seja, uma alternância de ligações simples e duplas ao longo da cadeia. O interesse evidente é combinar em um mesmo material as propriedades elétricas de um semicondutor ou metal com as vantagens de um polímero (MAIA et al., 2000).

A descoberta dos polímeros condutores teve início acidentalmente em 1976 no laboratório de Hideki Shirakawa, localizado no Instituto de Tecnologia de Tóquio. Este químico japonês prescreveu a rota da síntese do poliacetileno a um de seus assistentes. Este aluno, ao invés de produzir, ao final da síntese, um pó infusível preto, inesperadamente obteve uma película polimérica escura e de brilho metálico, semelhante a uma folha de alumínio. Mais tarde, o aluno percebeu que errara na composição molar de uma mistura catalítica importante no processo de síntese, utilizando uma quantidade de catalisador muito maior que a necessária. Shirakawa tratou de guardar cuidadosamente o filme polimérico obtido. Tempos depois, mostrou-o ao professor Alan MacDiarmid, que percebeu que estava diante de um material que, pela sua constituição mecânica, cor e brilho, eram um sistema até então desconhecido. A convite de MacDiarmid, Shirakawa foi trabalhar com ele na Universidade da Pensilvânia. Lá, ambos, com a colaboração do professor Alan Hegger, iniciaram uma parceria que resultaria numa nova linha de pesquisa (hoje seguida em muitos países). Em 1977, eles verificaram que após a dopagem do poliacetileno com iodo, aquele filme prateado flexível tornou-se uma folha metálica dourada, cuja condutividade elétrica era sensivelmente aumentada (ABREU, 2010).

Já na década de 80, os pesquisadores Naarmann e Theophilou da BASF AG, em Ludwingshafen, Alemanha, conseguiram incrementar ainda mais a condutividade do poliacetileno. Usando um novo catalisador e orientando o filme por estiramento, conseguiram, após dopagem, condutividade semelhante a do cobre metálico à temperatura ambiente. Assim, a descoberta do poliacetileno condutor mostrou que não havia razão para que um polímero orgânico não fosse um bom condutor de eletricidade (ABREU, 2010).

Os polímeros condutores são geralmente chamados de “metais sintéticos” por possuírem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores. O mais adequado seria chamá-los de “polímeros conjugados” porque são formados por cadeias contendo duplas ligações C=C conjugadas. Esta conjugação permite que seja criado um fluxo de elétrons em condições específicas (FAEZ et al., 2000).

Os elétrons  $\pi$  da dupla ligação podem ser facilmente removidos ou adicionados para formar um íon, neste caso polimérico. A oxidação/redução da cadeia polimérica é efetuada por agentes de transferência de carga

(aceptores/doadores de elétrons), convertendo o polímero de isolante em condutor ou semicondutor. Esses agentes são chamados de “dopantes” em analogia com a dopagem dos semicondutores, porém são adicionados em quantidades muito superiores, pois a massa do dopante pode chegar a até 50% da massa total do composto. Nos semicondutores inorgânicos, a condutividade só é alcançada pela inserção de elementos (dopantes) que possam doar ou receber elétrons a fim de proporcionar um fluxo de elétrons e assim gerar portadores de corrente elétrica (FAEZ et al., 2000).

Fica evidenciado, portanto, que os polímeros, apesar de serem compostos orgânicos, podem servir de condutores elétricos, através de mecanismos sintéticos específicos, que modificam suas características primordiais de material isolante.

Além de condutores elétricos, os polímeros, sob a forma de gel, são utilizados como meio de contato em ultrassonografia de modo a diminuir a impedância entre a cabeça emissora de ondas ultrassônicas e a estrutura do corpo a ser examinada.

Como vemos, conseqüentemente, o uso da ultrassonografia como meio diagnóstico constitui importante arma na prática médica, justificando-se, para isso, estudo de materiais poliméricos sob a forma de gel de modo a melhorar o desempenho do método. Porém a ultrassonografia que é utilizada como meio diagnóstico, também é utilizada em terapêutica, como tão bem é aplicada na fisioterapia.

O ultrassom em fisioterapia utiliza a vibração com objetivos mecânicos, térmicos e permeabilizantes. Na literatura específica ou mais geral sobre ultrassom, a busca de informação sobre as propriedades dos diversos produtos utilizados, resulta frequentemente na descoberta de pouco mais que meia dúzia de artigos e autores. Reid (1973) apud Henrion em 1990, utilizou um osciloscópio para medir a percentagem de passagem do ultrassom a 870KHz e 3mm de agente transmissor. Warren em 1976, avaliou a condutibilidade de uma série de substâncias com um ultrassom de 1MHz e um voltímetro, tendo concluído que todas elas apresentavam uma condução semelhante e eficaz, à exceção das hidrocortisonas e cremes, admitindo por isso a escolha do meio de contato, com base em critérios de custo financeiro (FERREIRA et al., 2006). Conforme Griffin (1980), a condução da água, glicerina e outros óleos minerais, com duas cabeças ultrassônicas totalmente imersas, e diversas intensidades e distâncias 0,5 a 5cm, utilizando igualmente um

voltímetro, tendo observado alterações significativas com a variação dos parâmetros e as diferentes substâncias. Em 1982 foram, pela primeira vez, classificados 14 diferentes meios de acoplamento comercial tendo sido utilizado uma cabeça ultrassônica de 2MHz. Para Docker (1982), o autor do estudo, definiu-se então como ideal a substância que conjugasse altas viscosidades, transmissão e impedância, baixas atenuação, susceptibilidade a formar bolhas de ar e custo, a par de um odor agradável. Segundo Benson (1994) utilizando um watímetro Bio-tek, frequências de 0,75 e 1MHz e um afastamento de 4mm, testou seis medicamentos de aplicação tópica (antiinflamatórios não esteróides, AINE) concluindo pela interferência na condutibilidade, relacionada com frequência da emissão ultrassônica, e admitindo como válidas as formulações dos produtos para utilização em ultrassonografia (FERREIRA et al., 2006).

Sendo assim, observamos alguns estudos, onde a aplicação dos polímeros estabelece-se de forma consistente e mais ainda, em particular, como meio de contato para utilização em ultrassonografia, na forma de gel, seja como técnica terapêutica ou diagnóstica, como no caso específico da ecocardiografia, confirmando-se a necessidade de pesquisas a respeito de suas características químicas e morfológicas, possibilitando a interferência na sua síntese, à medida que se encontrem características onde haja a possibilidade de modificações, de modo a melhorar sua eficácia na obtenção de imagens mais nítidas ou baratear seus custos de produção.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Local da Pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Desenvolvimento e Avaliação de Biomateriais/ CERTBIO, localizado na Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, na Universidade Federal de Campina Grande/UFCG.

### **4.2 Materiais**

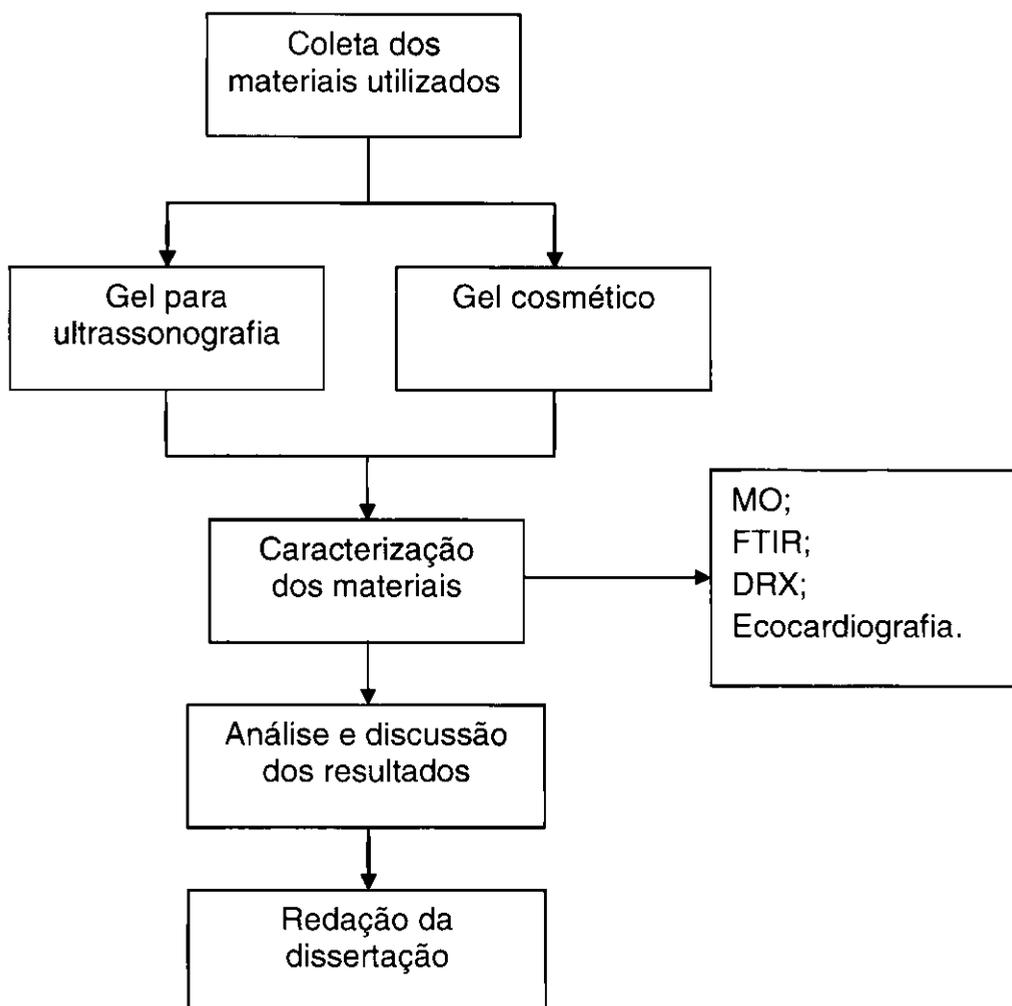
Para realização desta pesquisa foram utilizados dois tipos de géis:

- Gel comercial utilizado para realização de ultrassonografia apresentando a seguinte composição química: polímero carboxivinílico, trietanolamina, propilenoglicol, conservante e água purificada.
- Gel cosmético, obtido no comércio de Campina Grande-PB.

### **4.3 Métodos**

A metodologia utilizada nesta pesquisa pode ser observada no fluxograma apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Fluxograma de atividades realizadas



Conforme observado no fluxograma anterior as amostras do gel para ultrassom e do gel cosmético foram caracterizadas por Microscopia Óptica (MO), Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Difração de Raios X (DRX) e realização do Ecocardiograma para analisar a possível diferença nas imagens obtidas com os dois tipos de géis utilizados.

### **Microscopia Óptica (MO)**

A caracterização por MO foi realizada em um Microscópio Óptico HIROX, com resolução máxima de 3500X, onde o mesmo pode operar com luz transmitida ou refletida, acoplado a uma estação de Captura e Análise de Imagens com Software, instalado na Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, no Laboratório CERTBIO.

## **Espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier (FTIR)**

A caracterização por FTIR foi realizada através da análise de espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier da PERKIN ELMER SPECTRUM 400, para identificar as bandas características dos grupos funcionais, presentes na matéria-prima utilizada nesta pesquisa utilizando a faixa de varredura na região do infravermelho médio de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , instalado na Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, no Laboratório CERTBIO.

## **Difração de Raios X (DRX)**

A caracterização por DRX foi realizada em um Difratorômetro de raios-X. As análises de difração de raios-X serão conduzidas a temperatura ambiente em aparelho XRD-7000 Shimadzu, utilizando radiação  $K\alpha$  do cobre (1,5418 Å), tensão de 40kV e corrente 30mA, instalado na Universidade Federal de Campina Grande/UFCG, do Laboratório de Desenvolvimento, Avaliação e Certificação de Biomateriais do CERTBIO, Campina Grande, Paraíba.

## **Ecocardiografia**

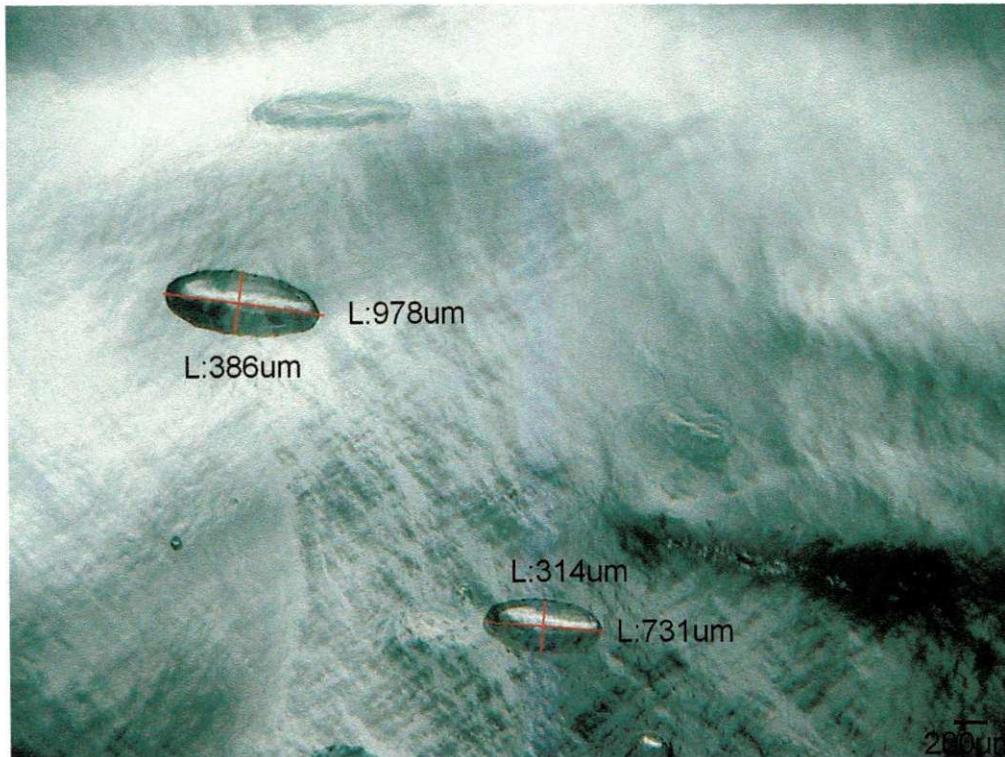
O exame de ecocardiografia foi realizado em um ecocardiógrafo VIVID S5, da marca GE, instalado na clínica Campimagem em Campina Grande. Nessa etapa foi utilizado os dois tipos de géis com o propósito de verificar uma possível diferença na qualidade das imagens obtidas.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

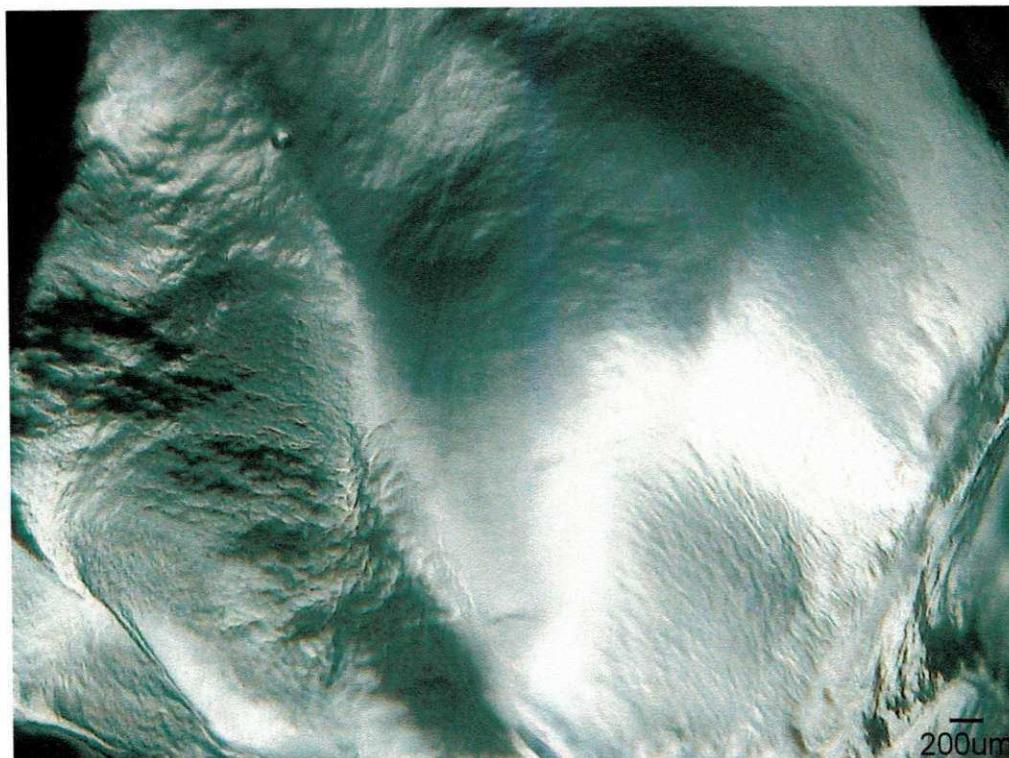
As Figuras 13 e 14 apresentam as imagens obtidas através dos ensaios de microscopia óptica para o gel de ultrassom e para o gel cosmético.

Figura 13 – Imagens de microscopia óptica obtidas para o gel cosmético (a) detalhe – aumento de 50x, (b) aumento de 50x, (c) aumento de 100x e (d) aumento de 200x

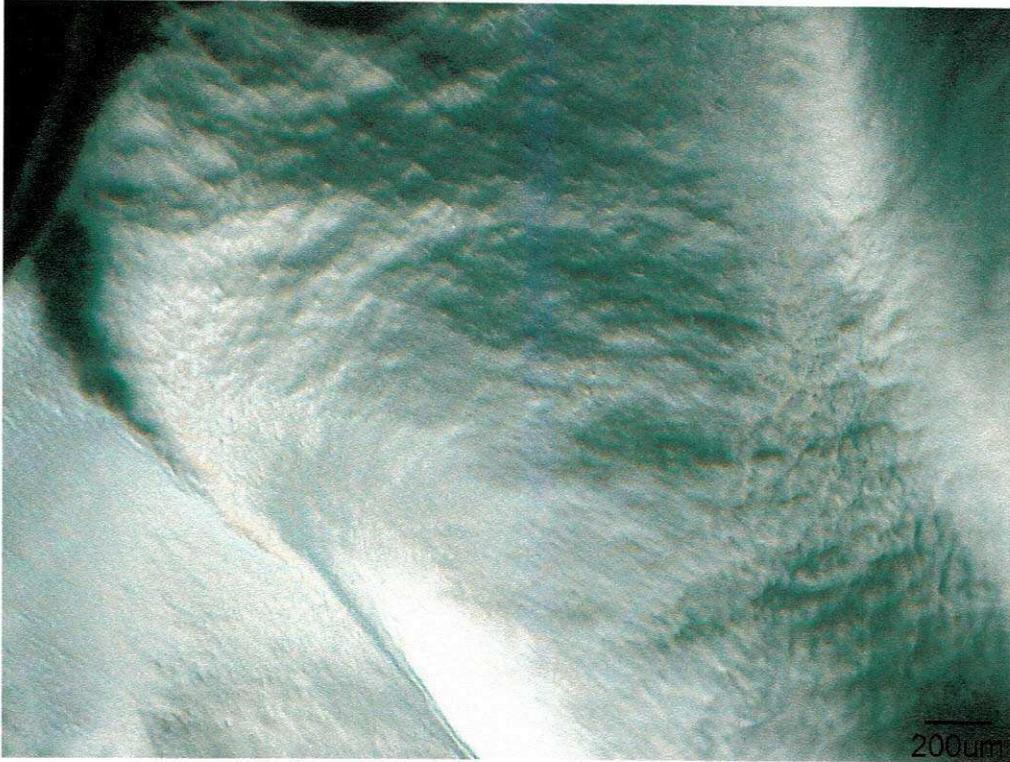
(a) Detalhe – Aumento de 50x



(b) Aumento de 50x



(c) Aumento de 100x



(d) Aumento de 200x

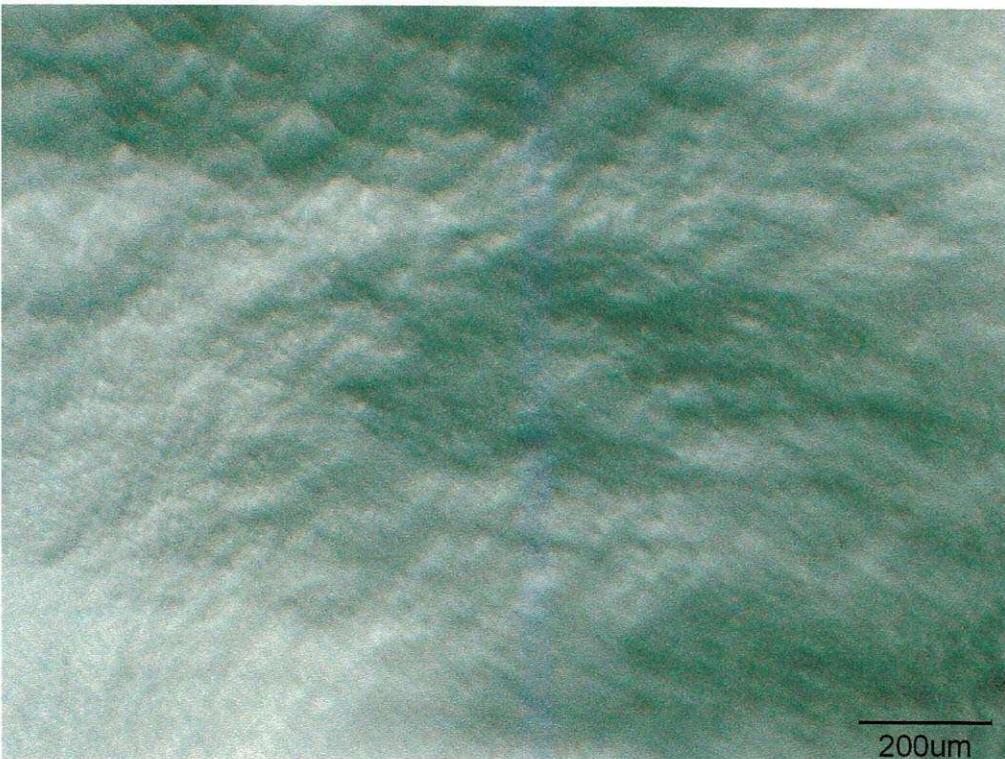
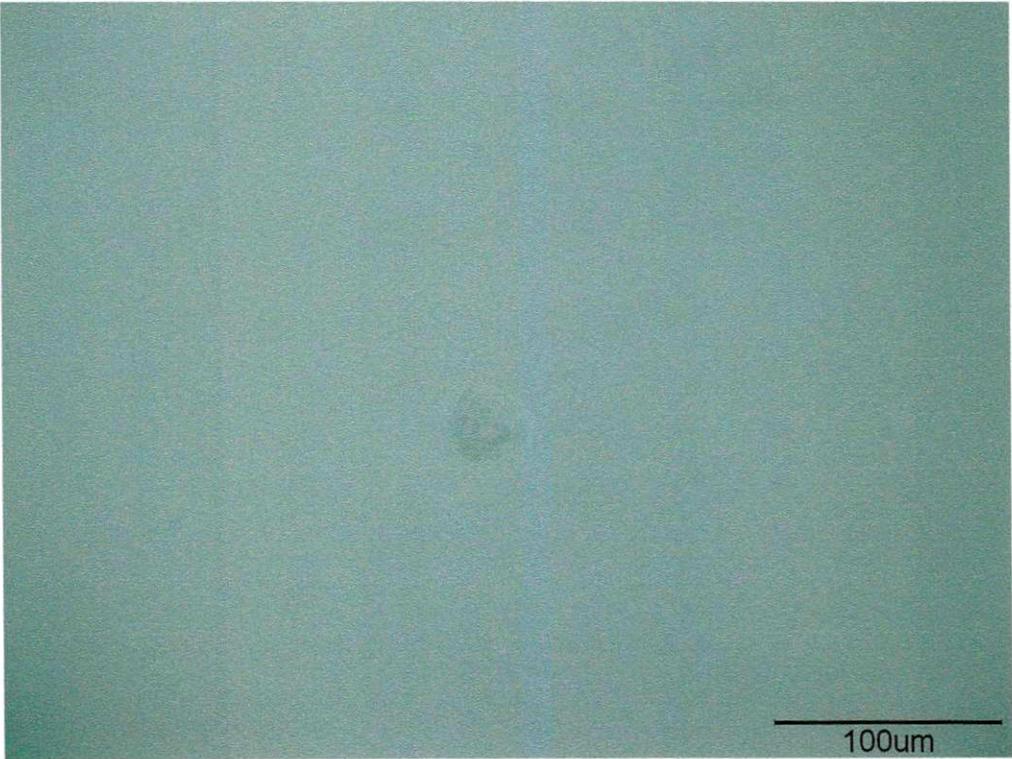
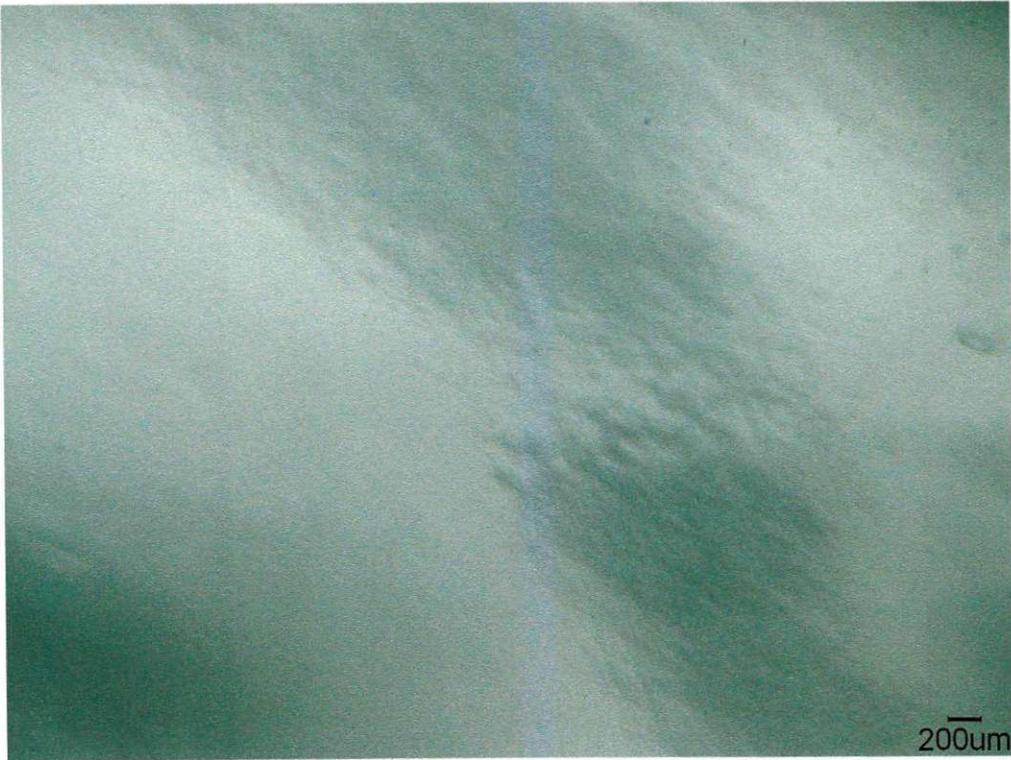


Figura 14 – Imagens de microscopia óptica obtidas para o gel para ultrassom (a) detalhe – aumento de 700x, (b) aumento de 50x, (c) aumento de 100x e (d) aumento de 200x

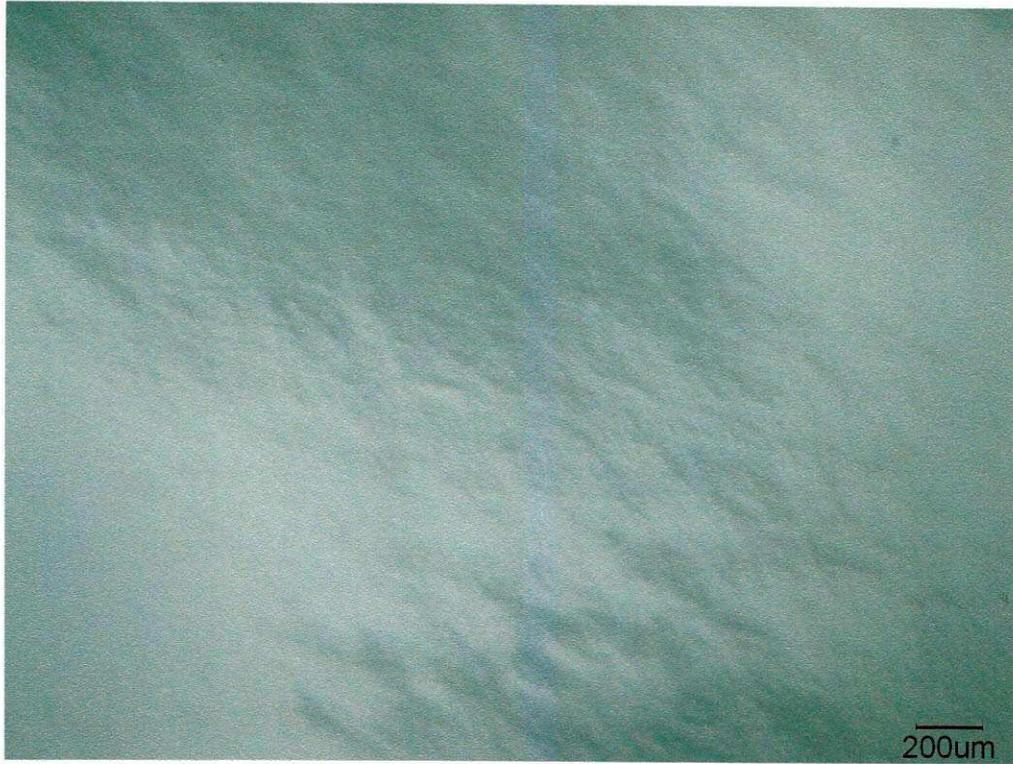
(a) Detalhe - Aumento de 700x



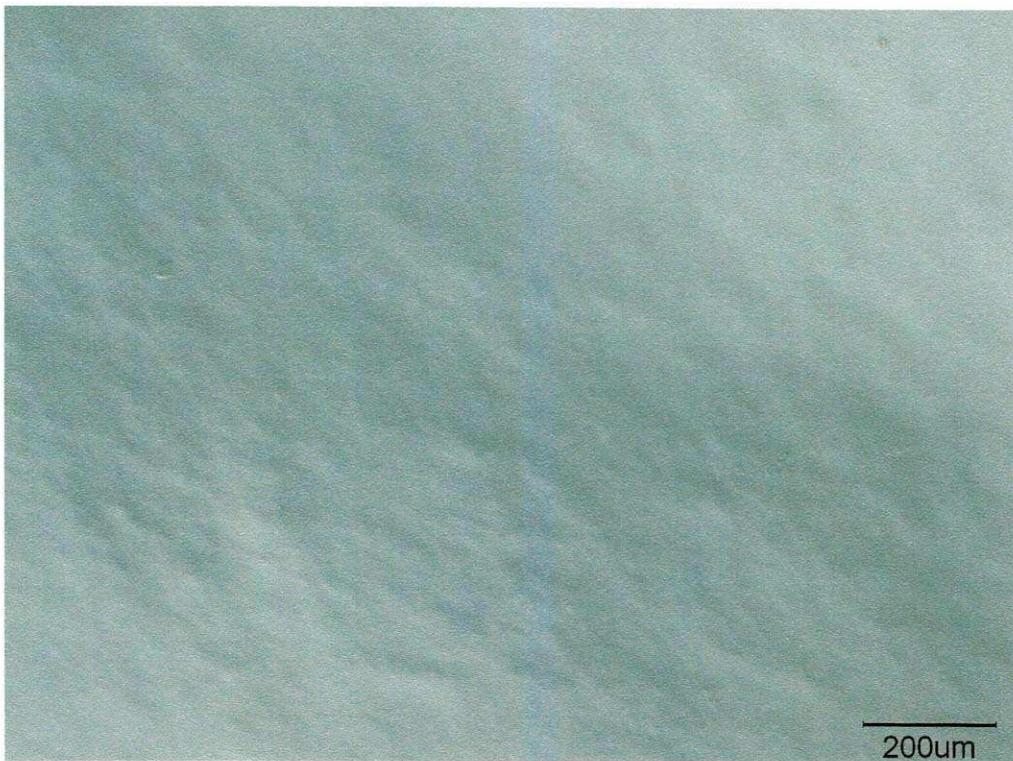
(b) Aumento de 50x



(c) Aumento de 100x



(d) Aumento de 200x



As imagens obtidas para as amostras de gel cosmético, como pode ser observado na Figura 13, demonstram a presença de uma morfologia contínua e homogênea predominante. Contudo, destaca-se que há uma segregação de fase com formação de grãos na ordem de aproximadamente  $900\mu\text{m}$  no seu maior diâmetro, que parecem ser da mesma composição da imagem de morfologia homogênea e que podem estar associados a contaminação da matéria-prima ou a má dispersão na formação do gel. Para a Figura 14, nas imagens para o gel de ultrassom, foi observado, comparativamente, uma maior uniformidade e dispersão efetiva dos componentes nas condições avaliadas na microscopia. Contudo, da mesma forma que o gel cosmético, apresenta, também, uma segregação de fase com formação de grãos, porém em uma ordem de dimensão menor, na faixa de, aproximadamente,  $35\mu\text{m}$ .

As Figuras 15 e 16 apresentam os gráficos de obtidos através da Espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier (FTIR) para o gel cosmético e gel para ultrassom respectivamente.

Figura 15 – Espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier do gel cosmético

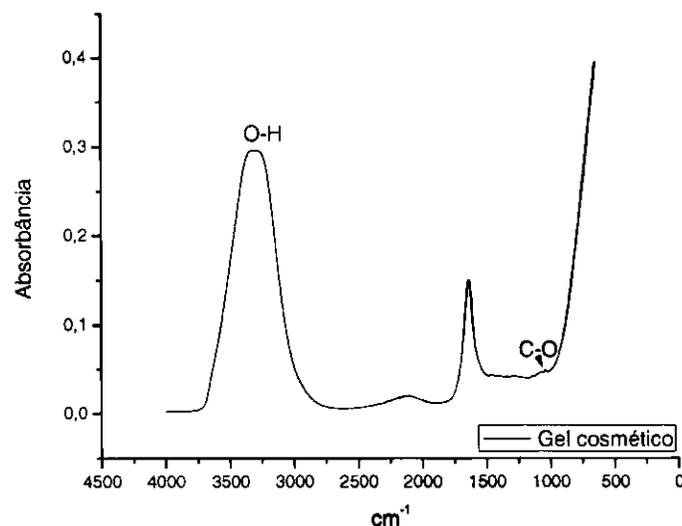
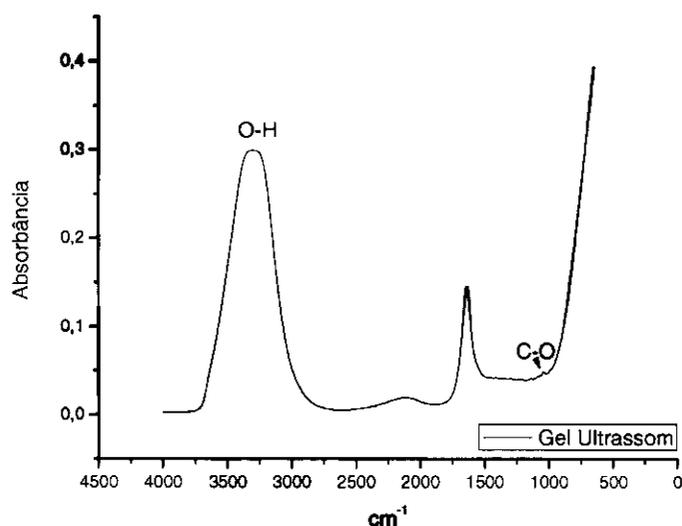


Figura 16 – Espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier do gel para ultrassom



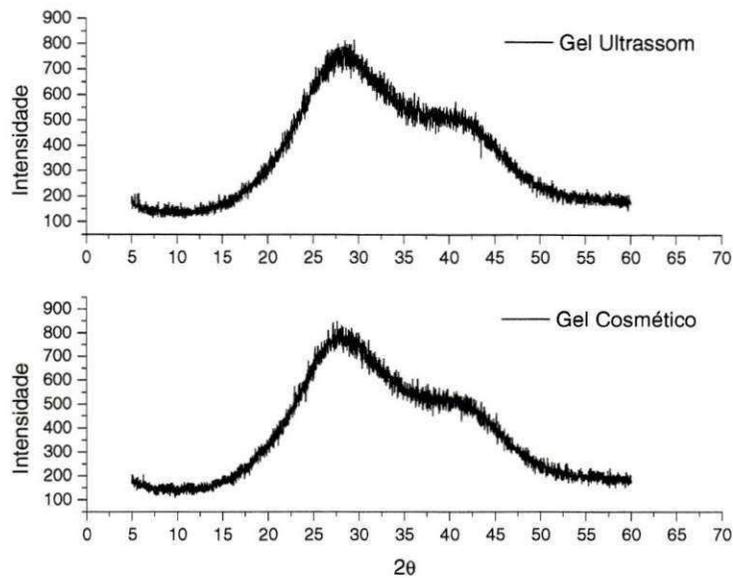
Analisando as espectroscopias de Infravermelho com transformada de Fourier dos géis examinados, nas Figuras 15 e 16, pode-se observar que apresentam os mesmos números de onda ( $\text{cm}^{-1}$ ), representados pelos picos.

Para as duas amostras, das Figuras 15 e 16, observa-se a presença de um pico em torno de  $3650 - 3600\text{cm}^{-1}$  que é característico do estiramento do grupo funcional O-H livre. Neste caso, pode-se observar a formação de pontes de hidrogênio decorrente do alargamento do pico e seu deslocamento mais para a direita em torno de  $3500 - 3200\text{cm}^{-1}$ . Este pico representa os alcoóis e fenóis.

A presença do O-H dos alcoóis e fenóis é confirmada pelo C-O encontrado no pico de pequena intensidade perto de  $1300 - 1000\text{cm}^{-1}$ . Sendo assim, este pico é decorrente dos alcoóis primários em um número de onda de aproximadamente  $1050\text{cm}^{-1}$ .

Na Figura 17 observa-se os difratogramas de raios X das amostras do gel de ultrassom e do gel cosmético.

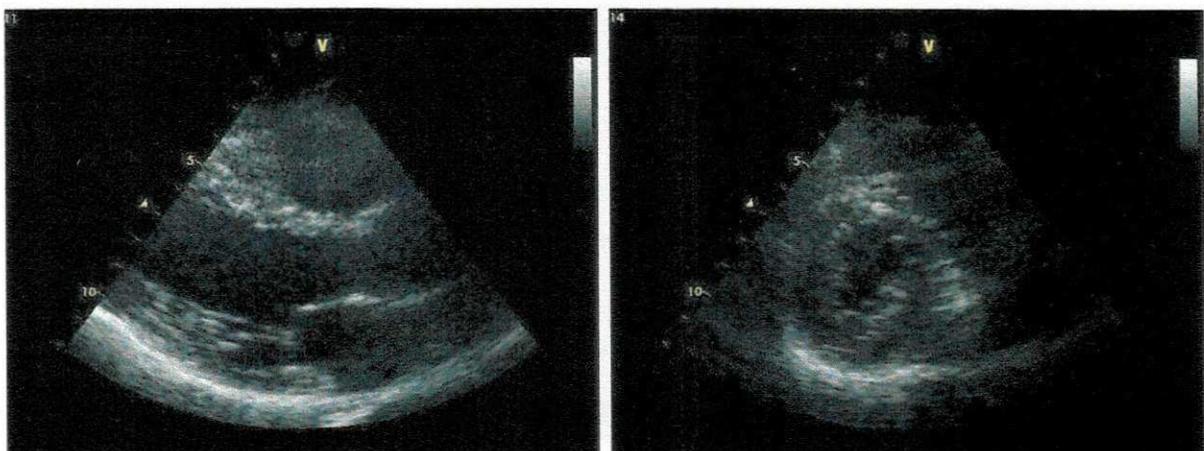
Figura 17 – Difratogramas de raios X do gel cosmético e do gel para ultrassom

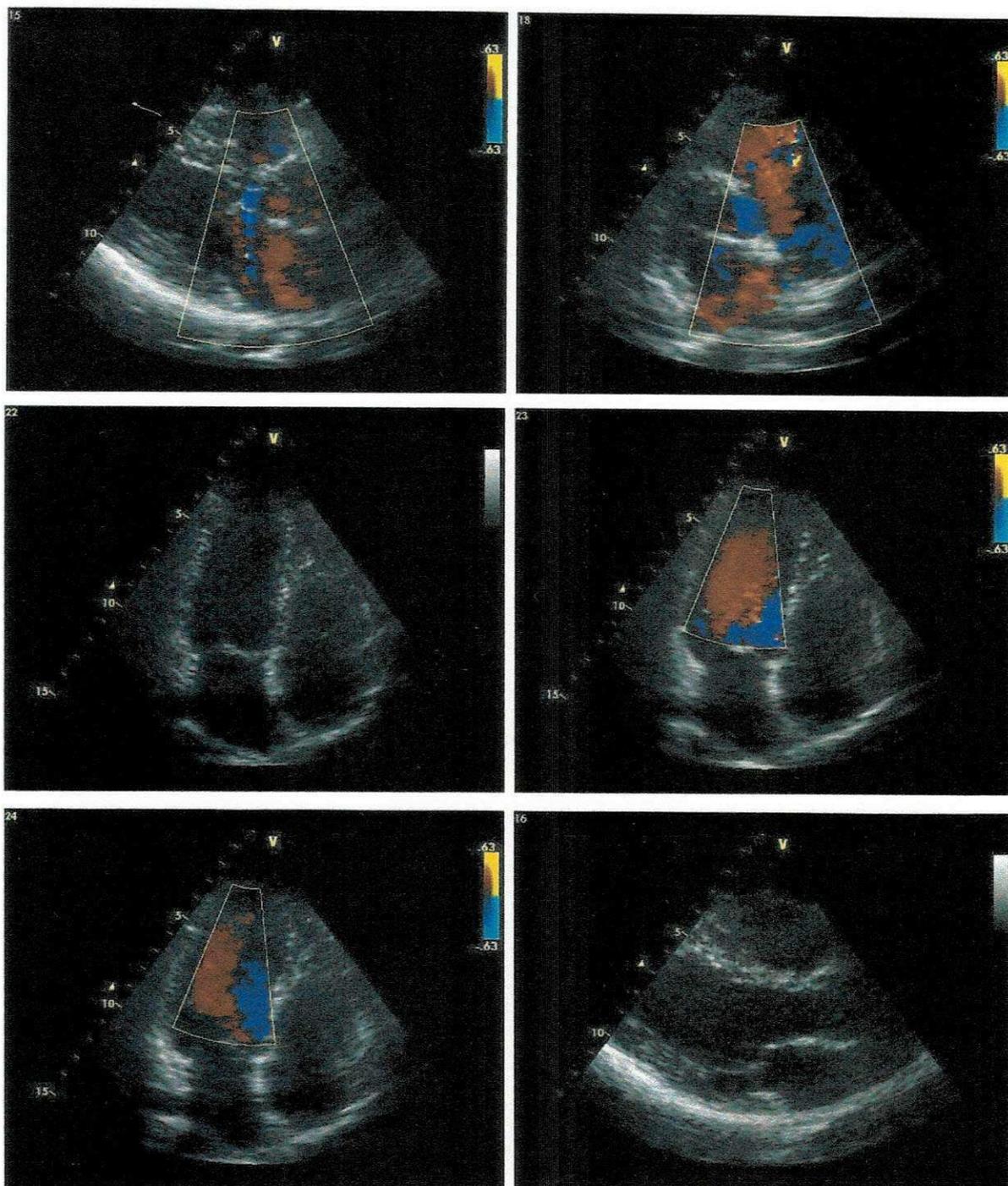


De acordo com os difratogramas do gel para ultrassom e o gel cosmético observados na Figura 17, pode-se verificar que os dois materiais apresentam o mesmo comportamento, sendo confirmado pela presença de uma banda amorfa entre 17-50° ( $2\theta$ ) característica da fase amorfa do polímero.

Na Figura 18 observam-se as imagens obtidas no exame de ecocardiografia utilizando gel para ultrassom.

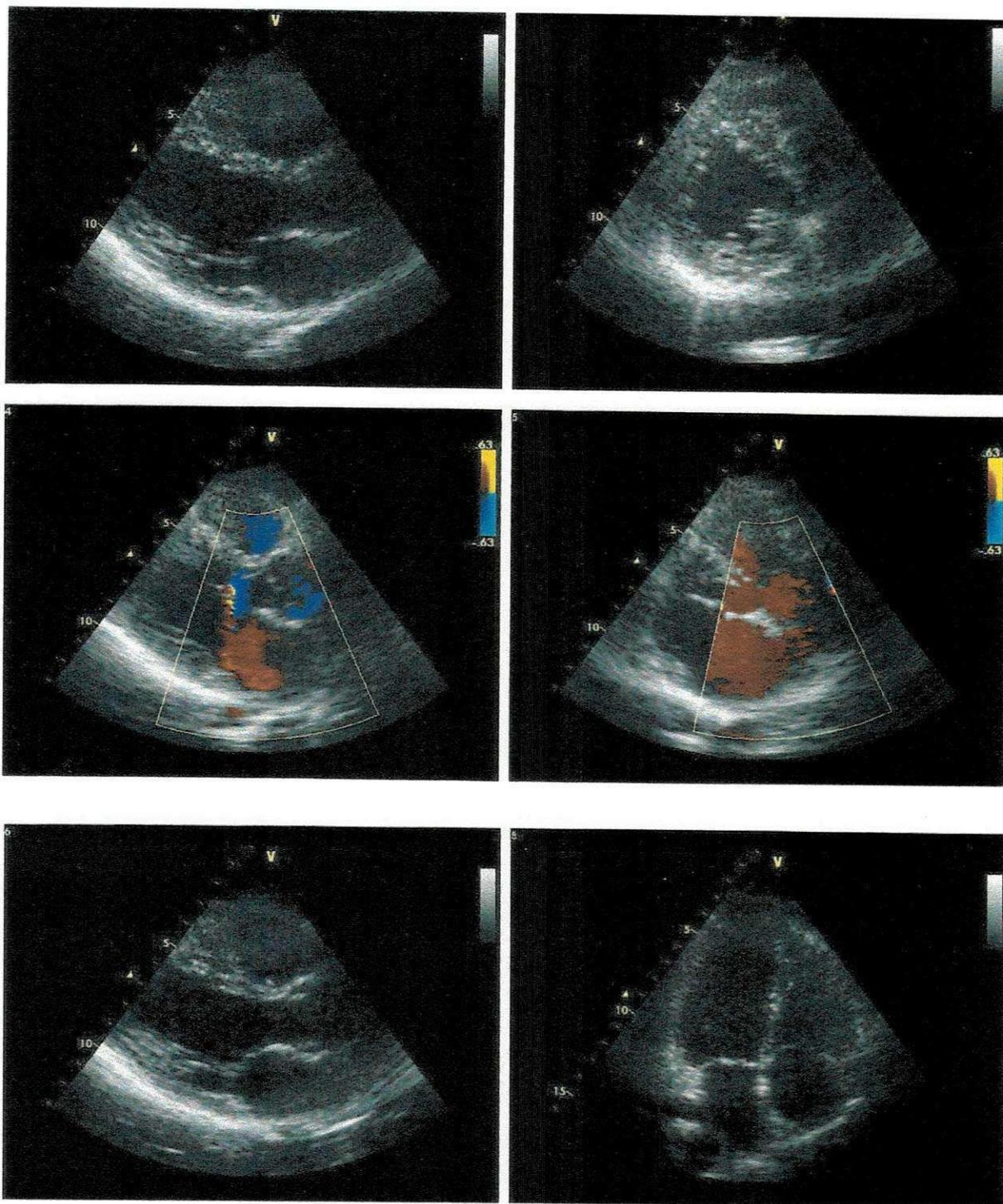
Figura 18 – Imagens de Ecocardiografia obtidas através do uso do gel para ultrassom

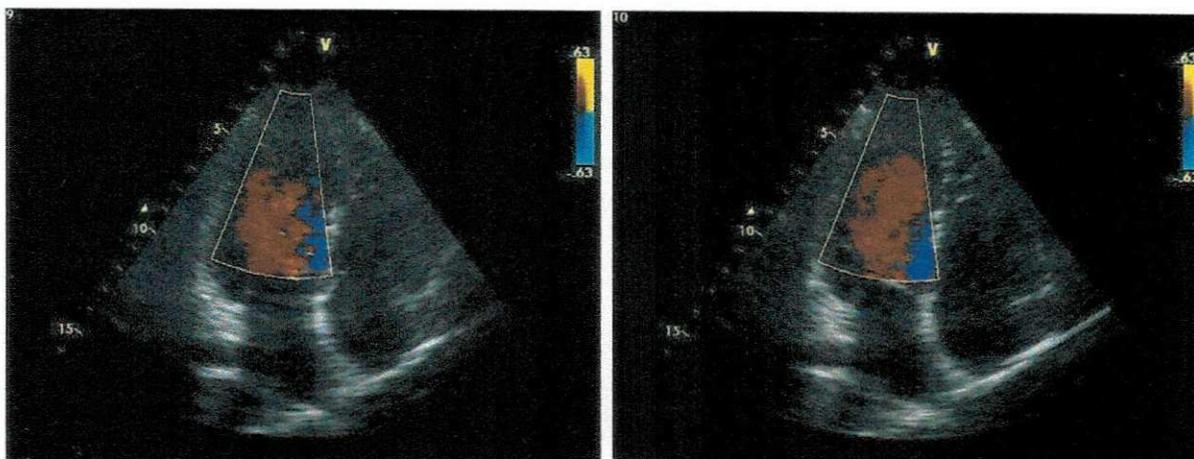




A Figura 19 apresenta as imagens obtidas no exame de ecocardiografia utilizando gel cosmético.

Figura 19 – Imagens de Ecocardiografia obtidas através do uso do gel cosmético





Conforme observado nas Figuras 18 e 19, as imagens ecocardiográficas obtidas a partir do uso do gel cosmético, como meio de contato, não apresentaram diferença na sua qualidade, em comparação com as imagens ecocardiográficas obtidas a partir do uso do gel para ultrassom, como meio de contato.

Dessa forma conclui-se que, para fins de formação da imagem ecocardiográfica, que necessita de um meio de contato para a propagação da onda de ultrassom entre o transdutor ultrassonográfico e a pele, de modo a diminuir a impedância existente entre esses dois componentes (transdutor e pele), tanto o gel cosmético como o gel para ultrassom, preencheram satisfatoriamente essa lacuna, provavelmente porque o necessário, nesse aspecto, seja o tipo de dispersão coloidal a ser usada, no caso o gel, que permite a diminuição de impedância em relação ao transdutor e em relação a pele, permitindo a propagação do ultrassom desde o transdutor até o coração, haja visto, as imagens ecográficas contidas nas Figuras 18 e 19, que apresentaram a mesma qualidade.

Porém, o uso do gel cosmético não é recomendado, provavelmente, para uso irrestrito em ultrassonografia, em virtude de outros aspectos, que podem interferir diretamente no material constituinte do transdutor, por exemplo, vindo a danificá-lo. Da mesma forma, o gel para ultrassom, provavelmente, não deve apresentar as características adicionais necessárias para utilização como cosmético do couro cabeludo.

## 6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos na caracterização e avaliação dos géis utilizados nesta pesquisa pode-se concluir que os materiais apresentam as mesmas características, de acordo com os métodos de caracterização utilizados, sendo claramente confirmadas através das vibrações observadas na Espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier, dos difratogramas de raios X, das imagens obtidas na microscopia óptica, assim como na avaliação durante a obtenção das imagens ultrassonográficas através do exame de ecocardiografia.

Observou-se que o gel cosmético quando utilizado para fins de obtenção de imagem, apresentou bom resultado, em virtude de, provavelmente, também permitir a diminuição da impedância do transdutor em relação a pele, promovendo a propagação do ultrassom desde o transdutor até o coração; haja visto, as imagens ecográficas obtidas durante a realização do ecocardiograma, que apresentaram a mesma qualidade das imagens conseguidas com a utilização do gel específico para ultrassonografia.

## 7 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- Promover estudos que acarretem em diminuição de custos para a produção de gel para utilização em medicina;
- Realizar um estudo mais aprofundado das características do gel utilizado em ultrassonografia, no intuito de verificar uma possível diferença na obtenção de imagens ultrassonográficas em relação a outros tipos de géis.
- Analisar um possível efeito nocivo ao material do transdutor durante o uso do gel cosmético na obtenção de imagens ultrassonográficas.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. M. S. P. **Polímeros condutores. Fundamentos e Aplicações.** Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de Lorena-EEL. Departamento de Engenharia de Materiais, 2010.

BARROS, M. V. L.; RIBEIRO, A. L. P.; MACHADO, F. S.; ROCHA, M. O. da C. **Doppler tissular na avaliação da função sistólica na doença de chagas.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 80, n. 1, p.36-40, 2003.

BENSON, H. A. E. & McElroy, J. C. **Topical Non-steroidal Anti- inflammatory Products as Ultrasound Couplants: Their Potential in Phonophoresis.** Physiotherapy, v. 80, n. 2, p.74-76, 1994.

BERGER, J.; REIST, M.; MAYER, J. M.; FELT, O.; GURNY, R. **Structure and interactions in chitosan hydrogels formed by complexation or aggregation for biomedical applications.** European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, v. 57, n. 1, p.35-52, 2004.

BRASIL ESCOLA, Disponível em: <http://www.brasilecola.com/quimica/efeito-tyndall.htm>. Acesso em: 08/11/2013.

CAMPANA, S. P.; SIGNINI, R. **Efeitos de aditivos na desacetilação de quitina.** Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 11, n. 4, p.169-173, 2001.

CAMPOS FILHO, O.; ZIELINSKY, P.; ORTIZ, J. Diretriz para Indicações e Utilização da Ecocardiografia na Prática Clínica. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 82, n. 2, p.12-34, 2004.

CARDIOEXPRESSO, Disponível em: <http://www.cardioexpresso.com/servi%C3%A7os/ecocardiograma-transtoracico/>. Acesso em: 08/11/2013.

CLÍNICA DUBIN, Disponível em: <http://www.clinicadubin.com.br/exame.php?id=7>. Acesso em: 08/11/2013.

DALLAN, P. R. M. **Síntese e caracterização de membranas de quitosana para aplicação na regeneração da Pele.** 194f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Campinas, 2005.

DOCKER, M. F. & PATRICK, M. K. **Ultrasound Couplants for Physiotherapy.** Physiotherapy, v. 68, n. 4, p.124-125, 1982.

FAEZ, R.; REIS, C.; FREITAS, P. S.; KOSIMA, O. K.; RUGGERI, G.; PAOLI, M. A. **Polímero condutores.** Química Nova na Escola, n. 11, 2000.

FEIGENBAUM, H.; ARMSTRONG, W. F.; RYAN, T. **Feigenbaum ecocardiografia.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

FERREIRA, L.; STATTMILER, C.; BELO, F.; PINHEIRO, H.; PEDROSA, L.; GASPAS, P.; COUTINHO, I.; DIAS, N. **Ultra-som e meios de contacto: medição das condutibilidades específicas.** Arquivos de fisioterapia, v. 1, n. 2, p.14-22, 2006.

FOOK, M. V. L. In: **Desenvolvimento de técnica de deposição de hidroxiapatita pelo método biomimético na superfície polietileno de ultra-alto peso molecular para aplicação como biomaterial.** 96f. Tese (Doutorado em Química)-Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química. Araraquara, 2005.

GALHARDO JÚNIOR, C.; BOTELHO, E. S. L.; DIEGO, L. A. S. **Monitorização intraoperatória com ecocardiografia transesofágica em cirurgia cardíaca.** Revista Brasileira de Anestesiologia, v. 61, n. 4, p.495-512, 2011.

GRIFFIN, J. E. **Transmissiveness of ultrasound through tap water, glycerin, and mineral oil.** Physical Therapy, v. 60, n. 8, p.1010-1016, 1980.



SOUSA, R. G.; FREITAS, R. F. S. **Determinação do Diagrama de Fases do Gel Termossensível Poli(N-Isopropilacrilamida)**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 3, p.32-37, 1995.

VALDÉS, J. A. A. Ecocardiografía: principios y aplicaciones. **Acta Médica Grupo Ángeles**, México, v. 1, n. 4, p.225-229, Octubre- Diciembre 2003.

WARREN, C. G.; KOBLANSKI, J. N.; SIGELMANN, R. A. **Ultrasound coupling media: their relative transmissivity**. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 57, n. 5, p.218-222, 1976.