



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



OSCAR GOMES DA SILVA NETO

**EXTRAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E
BIOLÓGICAS DO GEL DE *ALOE VERA* PARA APLICAÇÃO EM ECOGRAFIA**

CAMPINA GRANDE - PB

2015

OSCAR GOMES DA SILVA NETO

EXTRAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO GEL DE *ALOE VERA* PARA APLICAÇÃO EM ECOGRAFIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande, Área de Concentração: Materiais Avançados, como requisito final à obtenção do título de **Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais**.

Orientador: PROF. DR. GELMIRES DE ARAÚJO NEVES

Orientador: Prof. Dr. MARCUS VINÍCIUS LIA FOOK

CAMPINA GRANDE - PB

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586e Silva Neto, Oscar Gomes da Silva.
Extração e avaliação das propriedades físicas , químicas e biológicas do gel de *aloe vera* para aplicação em ecografia / Oscar Gomes da Silva Neto. – Campina Grande, 2015.
62 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia, 2015.

"Orientação: Prof. Dr. Gelmires de Araújo Neves, Prof. Dr. Marcus Vinicius Lia Fook".

Referências.

1. *Aloe Vera*. 2. Gel. 3. Ecografia. I. Neves, Gelmires de Araújo. II. Fook, Marcus Vinicius Lia. III. Título.

CDU 62:582.573.41(043)

VITAE DO CANDIDATO

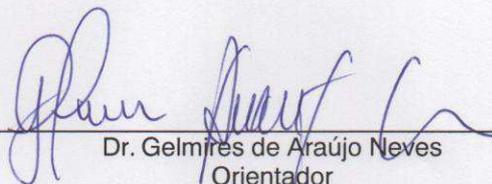
Oscar Gomes da Silva Neto

- Médico formado na Faculdade de Ciências Médicas da Universidade de Pernambuco (UPE) em 2005.
- Aperfeiçoando do terceiro ano de Radiologia e Diagnóstico por Imagem desde 2013 pelo Centro de Treinamento em Imagem CETRIM/ ECOCLÍNICA.

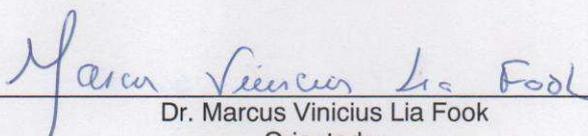
EXTRAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DO GEL DE ALOE vera PARA APLICAÇÃO EM ECOGRAFIA

OSCAR GOMES DA SILVA NETO

Dissertação aprovada em 21/07/2015 pela banca examinadora constituída dos seguintes membros:



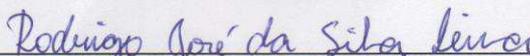
Dr. Gelmires de Araújo Neves
Orientador
PPG-CEMat/UAEMA/UFCG



Dr. Marcus Vinicius Lia Fook
Orientador
PPG-CEMat/UAEMA/UFCG



Dr. Carlos Fernando de Mello Júnior
Examinador Externo
DCM/UFPB



Dr. Rodrigo José da Silva Lima
Examinador Externo
UFCG

*Aos meus familiares, em especial,
meu pai Divanildo de Lima e Silva,
minha mãe Maria da Graça Freire
de Lima Silva, tia Dadá pelo
alicerce de solidez do afeto e
estímulo aos estudos desde a
infância. Aos meus filhos Maria
Júlia, Oscarzinho e Maria Cecília,
razão da minha vida, e convivência
do amor infinito e diário. **Dedico.***

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que a cada dia nos proporciona saúde, nos guia e nos ilumina para caminhos corretos e virtuosos.

Agradeço também ao Laboratório CERTBIO, pelo aprendizado adquirido, aos professores sempre solícitos e atenciosos às minhas necessidades, em especial ao Prof. Dr. Marcus Vinicius Lia Fook, Prof. Rossemberg Barbosa, Wladymyr e a Prof^a. Alecsandra pela grande colaboração neste projeto.

Por fim, agradeço à Associação Médica da Paraíba em parceria com o Programa de Pós-graduação de Ciência e Engenharia de Biomateriais e a Universidade Federal de Campina Grande pela oportunidade de enriquecer o conhecimento associando ciências gerando biotecnologia.

RESUMO

A ecografia é um dos métodos de diagnóstico por imagem mais versátil e difundido na atualidade, de aplicação relativamente simples, basear-se no fenômeno de interação de uma onda mecânica com os tecidos corporais, ou seja, observa as propriedades mecânicas dos tecidos ao longo da propagação da onda pelos mesmos, necessitando de um gel de acoplamento acústico para aumentar o contato entre a pele e o aparelho. A *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) é uma planta suculenta perene, que desenvolve um tecido de armazenamento de água no interior das folhas, o gel, para sobreviver em zonas áridas de pluviosidade baixa ou irregular. Desta forma, este trabalho objetivou a extração do gel de *Aloe vera*, com subsequente análise de suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Foram realizados testes de avaliação da sua funcionalidade para aquisição de imagens por ecografia e, por fim, realizado estudo comparativo com imagens ecográficas adquiridas com o gel de *Aloe vera* e com o gel comercial atualmente utilizado. O gel de *Aloe Vera* a 100% foi extraído da própria planta, processado e caracterizado por Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDS), Ensaio de Citotoxicidade e Ecografia. As análises foram realizadas no Laboratório de Desenvolvimento e Avaliação de Biomateriais (CERTBIO). O gel de *Aloe vera* quando utilizado para fins de obtenção de imagem, apresentou resultado igual ou superior às imagens obtidas com o gel comercial, podendo ter ocorrido devido a menor resistência oferecida pelo mesmo e conseqüentemente maior condutividade, provavelmente pela maior quantidade de íons livres, permitindo a diminuição da impedância do transdutor em relação à pele, promovendo a propagação do ultrassom desde o transdutor até os órgãos avaliados. Com base nos resultados obtidos nos ensaios de Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier, Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X, Citotoxicidade e Exames Ecográficos, pode-se concluir que os materiais apresentam características semelhantes, indicando que o gel de *Aloe vera* possa ser utilizado em exames de ultrassonografia.

Palavras - chaves: *Aloe vera*. Gel. Ecografia.

ABSTRACT

Ultrasound is a diagnostic methods for more versatile and widespread image today, relatively simple application, be based on the interaction phenomenon of a mechanical wave with body tissues, ie observe the mechanical properties of tissues along the Wave propagation through the same, necessitating an acoustic coupling gel to increase the contact between the skin and the device. Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) is a succulent perennial plant which develops a water storage tissue sheets within the gel, to survive in arid zones of low rainfall or irregular. Thus, this study aimed to extract the gel of Aloe vera, with subsequent analysis of their physical, chemical and biological properties, as well as evaluation tests were carried out of its functionality for image acquisition by ultrasound and finally performed study comparison with ultrasound images acquired with the gel of Aloe vera and commercial gel currently used. The gel of Aloe Vera 100% was extracted from the plant itself, processed and characterized by Spectroscopy in Infrared Region Fourier Transform (FTIR) Spectroscopy Energy Dispersive X-ray (EDS), Cytotoxicity and ultrasound test. The analyzes were performed at the Development Laboratory and Biomaterials Assessment (CERTBIO). The Aloe vera gel when used for the purpose of obtaining image presented results equal to or better than the images obtained with the commercial gel and this may be due to lower resistance of the same and therefore higher conductivity and this can probably allow the reduction of the impedance of the transducer relative to the skin, promoting the propagation of ultrasound from the transducer to the evaluated organs. Since based on the results obtained in tests spectroscopy in the infrared Fourier transform spectroscopy, by Energy Dispersive X-ray, ultrasound examinations and cytotoxicity, it can be concluded that the materials have similar characteristics indicative that the aloe vera gel may be used on ultrasound examination.

Keywords: Aloe vera. Gel. Ultrasound.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O transdutor e seus componentes internos.	16
Figura 2 – Aparelho de ultrassom	19
Figura 3 – A imagem ultrassonográfica.....	20
Figura 4 – Imagem de Doppler.....	21
Figura 5 - Imagem de ultrassonografia obstétrica em 3D.....	22
Figura 6 – Planta de Aloe vera.	27
Figura 7 – Mostra o tecido do parênquima da planta destacando a mucilagem rica em água na forma de gel incolor no interior da folha da babosa.....	28
Figura 8 - Estrutura química do Acemannam.....	30
Figura 9 - Espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier da Aloe vera	37
Figura 10 - Espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier do gel comercial parcialmente desidratado.....	38
Figura 11 - Espectroscopia na Região do Infra-Vermelho com Transformada de Fourier do gel comercial.....	39
Figura 12 – Viabilidade de macrófagos de camundongos Swis na presença do gel de ultrassom comercial e do gel de Aloe-vera.....	41
Figura 13 – Evidencia ecogenicidades diferentes no interior do fígado destacando cistos anecogênicos em meio ao parênquima hepático.	42
Figura 14 – Observa-se as diferenças de ecogenicidade entre estruturas anatômicas, neste caso, examina a vesícula biliar que apresenta paredes espessadas (seta) com foco hiperecogênico em seu interior compatível com colelitíase.	43
Figura 15 – Demonstrando a ecotextura habitual do fígado. Note estruturas tubulares anecogênicas lineares no interior do parênquima, achado normal das veias hepáticas que servem como referenciais anatômicos.....	44
Figura 16 – Observe a ecotextura heterogênea do fígado por implantes metastáticos, atente para as diferenças de ecogenicidade e ecotextural definindo as lesões	44
Figura 17 – Imagens ecográficas realizadas utilizando o gel comercial e o gel de Aloe vera para visualização do fígado. Destaque para a confluência das veias hepáticas direita (VHD), média (VHM) e esquerda (VHE) para drenagem na veia cava inferior (VCI)..	45

Figura 18 – Imagens ecográficas realizadas utilizando o gel comercial e o gel de Aloe vera para visualização do fígado, LE= lobo esquerdo do fígado; VCI = veia cava inferior.	47
Figura 19 – Imagens comparativas do baço usando o gel comercial e o gel de Aloe vera.	48
Figura 20 – Imagens ecográficas do rim direito adquiridas usando gel comercial e gel de Aloe vera, observe no quadrante superior direito da imagem os parâmetros de ajustes do aparelho em ambas as imagens estão rigorosamente iguais.	49
Figura 21 – Observe imagens comparativas do rim esquerdo utilizando o gel comercial e o gel de Aloe vera.	50
Figura 22 – Imagem comparativa da bexiga adquirida com gel comercial e gel de Aloe vera.	52
Figura 23 – Imagens comparativas abordando a inserção do músculo subescapular do ombro, em exames realizados com gel comercial e gel de Aloe vera, respectivamente, conforme legenda nas imagens.	53
Figura 24 – Imagens obtidas com gel comercial e gel de Aloe vera, examinando a inserção do músculo supraespinhal do ombro.	54
Figura 25 – Resultado de condutividade do gel comercial e do gel de Aloe vera.	55
Figura 26 – Resultado de resistência do gel comercial e do gel de Aloe vera.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Substâncias existentes na babosa	29
Tabela 2 – Composição química dos géis de Aloe vera e o comercial de ultrassom.	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

USG – ultrassonografia

SONAR - do inglês, *Sound Navigation and Ranging*

EUA – Estados Unidos da América

3D – tridimensional

4D – quarta dimensão

Teoria DLVO (Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek)

UV – Ultravioleta

RENISUS - Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS

RENAFITO - Relação Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos

CETRIM – Centro de Treinamento em Imagem

VHD – Veia hepática direita

VHM – Veia hepática média

VHE – Veia hepática esquerda

VCI – Veia cava inferior

LD – Lobo direito do fígado

LE – Lobo esquerdo do fígado

RD – Rim direito

RE – Rim esquerdo

FTIR - Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier

EDS - Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 <i>Ultrassom e Ecografia</i>	15
2.2 Gel	22
2.3 <i>Aloe vera</i>	26
2.4 Biomateriais	31
3 MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1 Local Da Pesquisa	33
3.2 Materiais	33
3.3 Métodos	33
3.4 Caracterização	34
3.4.1 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier	34
3.4.2 Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDS)	34
3.4.3 Ensaio de Citotoxicidade	35
3.4.4 Ecografia.....	35
3.4.5 Condutividade.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	37
4.2 Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDS).....	40
4.3 Ensaio de Citotoxicidade.....	40
4.4 Ecografia.....	41
4.5 Condutividade	55
5 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1 INTRODUÇÃO

A ecografia consiste em uma modalidade complementar e indissociável para um diagnóstico não invasivo completo e abrangente dos aspectos estruturais e funcionais do organismo (Campos Filho; Zielinsky; Ortiz, 2004).

A partir do final do século XX, o desenvolvimento tecnológico transformou a ecografia em uma técnica poderosa de investigação médica dirigida, exigindo um conhecimento ainda mais amplo dos fenômenos físicos, presentes neste método diagnóstico, bem como, dos biomateriais utilizados nos aparelhos desta técnica (Cerri, 2009).

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 (Bressler et al., 1987).

No século XIX em 1880, Pierre e Jacques Curie fundamentaram o efeito de transdução, ou seja, determinados materiais (cristais reticulados) tinham a capacidade de transformar um tipo de energia em outra, por exemplo, energia elétrica em energia mecânica, e descobriram o efeito piezoelétrico, pelo qual a passagem de corrente elétrica alternada através de uma cerâmica causa contração e expansão, produzindo ondas de som (produção de som). O processo também atua ao contrário, indicando que as ondas de som que atingem o cristal geraram correntes elétricas no cristal piezoelétrico (Standring, 2005; Cerri, 2009).

O gel no exame ecográfico é de fundamental importância em virtude da obtenção da imagem ultrassonográfica ocorrer 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 corrente elétrica, o que gera a onda de ultrassom. Esse gel de acoplamento acústico é utilizado para aumentar o contato entre a pele e o transdutor, caso contrário o feixe seria refletido por causa da interface transdutor / ar e iria interferir na qualidade do exame (Ferreira et al., 2013). Daí o fundamento do gel neste processo, e em particular, a importância dos polímeros utilizados na produção destes géis é considerável (Valdes, 2003).

A gama de materiais poliméricos disponíveis sejam eles naturais ou sintéticos, biodegradáveis ou não, possibilita diversas 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 ecográficos. No entanto a substituição dos géis utilizados, atualmente, para realização de exames ecográficos por géis de origem natural, biodegradável, de baixo custo e com várias propriedades terapêuticas como exemplo da *Aloe vera*, pode ser uma alternativa viável.

A *Aloe vera* é uma planta que pertence à família *Liliaceae* e é conhecida popularmente como babosa, suculenta perene, que desenvolve um tecido de armazenamento de água no interior das folhas, a mucilagem, também chamada de gel, cuja em sua constituição se sobressaem os polissacarídeos, apresenta consistência gelatinosa e aspecto transparente. Esta mucilagem tem sido utilizada na medicina tradicional para cura de diversas doenças, pois apresenta ação cicatrizante, anti-inflamatória e protetora da pele. A utilização na pele é, fundamentalmente, devido ao seu poder suavizante e nutritivo. Vitaminas C, E, do complexo B e ácido fólico, além de minerais, aminoácidos essenciais e polissacarídeos que estimulam o crescimento dos tecidos e a regeneração celular estão presentes na babosa (Haraguchi; Carvalho, 2010).

A *Aloe vera*, aplicada na Biomedicina, é um biomaterial considerado biodegradável, biofuncional e biocompatível que dentre outras atividades biológicas favorece a hidratação, nutrição e proteção fisiológica da pele, razão pela qual é estudada para aplicação em produtos tópicos dermatológicos e fitoterápicos principalmente na forma de gel. A planta possui um gel de aparência incolor com alguns tipos de glicoproteínas e polissacarídeos, dando ao mesmo grande capacidade de regenerar tecidos lesados, ação cicatrizante, antibacteriana, antifúngica e antivirótica. Sendo popularmente utilizada como hidratante. (Mckown, 1987; Kuzuya et al., 2001; Steinert et al., 1996; Grindlay, 1986; Reynolds; Dweck, 1999).

Devido às várias aplicações do gel *Aloe vera*, ele pode ser uma alternativa viável para realização de exames ecográficos, pois diminui a impedância acústica, como os géis poliméricos usados atualmente e exercer efeito protetor, hidratante e nutritivo na pele do paciente. Desta forma, este trabalho objetivou extrair e avaliar as propriedades físicas, químicas e biológicas do gel de *Aloe vera* para aplicação em ecografia e comparar sua funcionalidade com o gel comercial atualmente utilizado, vislumbrando assim mais uma perspectiva de avanço biotecnológico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Ultrassom e Ecografia*

O emprego do som como um meio de “visualização” ocorreu muito antes da evolução das espécies humanas. Seu exemplo mais amplamente conhecido é o sistema ultra-sônico altamente desenvolvido de navegação pelo ar, utilizado pelos morcegos, que lhes permite a realização de manobras com precisão até mesmo no escuro. O uso de ondas de som como meio de diagnóstico clínico data, pelo menos, da época de Hipócrates, que reconheceu a importância do som do ar e dos líquidos que fluem através do tórax, que hoje em dia são denominados “ruídos adventícios” (Gundermann, 2007).

A produção clínica do som com fins diagnósticos começou em uma adega quando o médico alemão Leopold Auenbrugger, no século XVIII, filho de um fermentador, percebeu que a percussão utilizada para avaliar o volume de cerveja contida nos barris também poderia ser aplicada nos pacientes, com vários processos mórbidos provocando achados característicos à percussão (comparar o som timpânico do abdome distendido com o gás ao som maciço da percussão do tórax sobrejacente ao pulmão consolidado), (Gundermann, 2007).

Do ponto de vista clínico, o uso do som como meio de visualização de estruturas humanas exigiu inovação significativa na tecnologia, especificamente a produção de sons e a recepção de ecos que permitiram a construção de um quadro bidimensional e posteriormente tridimensional (Rumack, 2004).

O som é uma vibração mecânica oscilando na faixa audível pelo ouvido humano com frequência entre 16 e 20.000 ciclos por segundo ou hertz (Hz). O ultrassom são vibrações mecânicas acima de 20.000 ciclos por segundo. O som possui propriedades ondulatórias e apresenta efeitos diversos de interação com o meio. As características do fenômeno sonoro estão relacionadas à sua fonte e ao meio de propagação. A propagação da onda sonora provoca vibrações do meio material, produzindo deflexões em relação à direção de propagação do som, com áreas de compressão e rarefação alternadas e periódicas. Robert Hooke (1635-1703) afirmou que qualquer som é resultado da propagação de vibrações mecânicas através de um meio material, carregando energia e não matéria (Middleton, 2004; Cerri, 2009).

A história do ultrassom remonta a 1794 quando Lazzaro Spallanzini, biólogo italiano, demonstrou que os morcegos se orientavam mais pela audição que pela visão para localizar obstáculos e presas (Leite, 2007).

O primeiro desenvolvimento fundamental ocorreu no século XIX, ano de 1880, quando Pierre e Jacques Curie descobriram o efeito piezoelétrico, pelo qual a passagem de corrente elétrica alternada através de cerâmica causa contração e expansão, produzindo ondas de som (produção de som). O processo também atua ao contrário, indicando que as ondas de som que atingem o cristal provocam correntes elétricas (detecção de eco). Este efeito de transdução, denominado de piezelétrico, é produzido por sólidos com retículo cristalino que não apresentam um centro de simetria que permite uma inversão de posição. Vários elementos sólidos possuem esta propriedade, como o quartzo, a turmalina, o sulfeto de lítio, o titanato de bário e os cristais de tartarato de sódio ou potássio (Standring, 2005; Cerri, 2009).

O feixe sonoro é gerado por dispositivos denominados transdutores, compostos por materiais sólidos (cristais piezoelétricos) (Figura 1) que apresentam a característica de transformar um tipo de energia em outro, quando submetidos a um estresse mecânico, geram uma diferença de potencial elétrico e, analogamente, quando submetidos a um pulso elétrico, apresentam uma deformação espacial que gera uma onda mecânica. O transdutor é colocado no corpo do paciente, ou no seu interior, durante o exame ecográfico, contém muitos cristais piezoelétricos. Assim, quando as partículas do meio são defletidas pela onda em propagação, retornam, posteriormente, ao seu estado original, transmitindo somente energia e momento, não havendo resultante de movimento de matéria (Cerri, 2009).

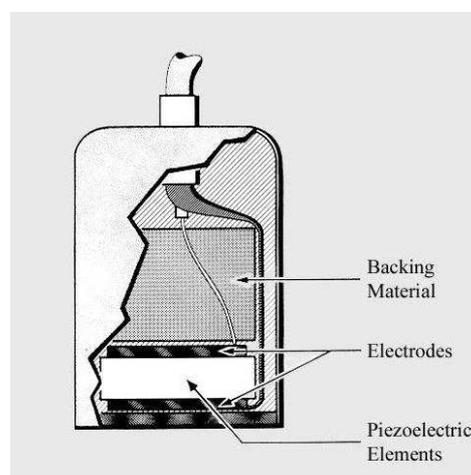


Figura 1 - O transdutor e seus componentes internos (Cerri, 2009).

Durante a Segunda Guerra Mundial, a marinha utilizou extensivamente o ultrassom, então conhecido como SONAR (do inglês, *Sound Navigation and Ranging*), para rastrear os movimentos dos submarinos inimigos (Gunderman, 2007). O estudo do ultrassom foi impulsionado por objetivos militares e industriais. Sendo que a pesquisa em aplicações médicas se deu após a segunda guerra mundial. O austríaco Karl Dussik foi, 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).

Um dos pioneiros foi Douglas Howry que junto com W. Roderic Bliss que construiu o primeiro sistema com objetivo médico durante os anos de 1948 a 1949, produzindo a primeira imagem seccional em 1950 nos EUA. No início, as imagens eram em preto e branco sem gradações. Um novo entusiasmo surgiu com a introdução da escala de cinza na imagem, em 1971 por Kossof, na Austrália, onde diversos níveis de intensidade de ecos foram representados por diferentes tons de cinza (escala de cinzas) na tela de vídeo (Leite, 2007).

O processamento do sinal ocorre por ondas produzidas em pulsos curtos que são emitidos e recebidos alternadamente, permitindo a caracterização da profundidade do eco gerado pelo meio. Esta codificação espacial não seria possível se tivéssemos um sistema de onda contínua, pois os ecos gerados a diferentes profundidades retornariam sucessivamente ao equipamento, sem que pudéssemos determinar a profundidade em que se originaram. Durante o intervalo entre um pulso e o subsequente, o transdutor opera como receptor dos ecos gerados nas diversas interfaces ao longo da trajetória do feixe acústico.

Para a construção da imagem, cada linha da imagem corresponde aos ecos gerados por um único pulso de ultrassom. A informação recebida como eco é convertida em pulsos elétricos pelo transdutor, amplificada e processada na forma de uma sequência de pontos brilhantes numa tela de vídeo. A aquisição de sucessivas linhas ao longo de uma determinada direção permite a construção da imagem seccional bidimensional.

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, 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).

O ultrassom é muito utilizado na indústria, onde os ecos ajudam a detectar falhas nos materiais e/ou na construção. Um dos exemplos mais bem conhecidos ocorre na indústria aeronáutica, onde minúsculas falhas nas asas de um avião podem ser detectadas ultrassonograficamente antes que ocorra um acidente (Gunderman, 2007; Netter, 1957). Sinais de ultrassom são utilizados também para caracterização de uma grande variedade de estruturas na engenharia, como construção civil, usinas de energia nuclear, vasos de alta-pressão e dutos de transporte de fluidos, além do já difundido uso para inspeção do corpo humano (Kundu, 2003).

Embora, hoje em dia, o ultrassom tenha muitas aplicações clínicas, seus usos mais frequentes incluem a avaliação da estrutura e função cardíaca por meio da ecocardiografia, ultrassonografia obstétrica e imagem do abdome e músculo esquelético (Rumack, 2004). Um avanço tecnológico importante foi a implementação de equipamentos de ultrassom (Figura 2) de varredura automática “em tempo real” em que um elemento piezelétrico se movimenta em uma trajetória definida, geralmente oscilando o eixo, permitindo a varredura automática de um setor do corpo em intervalos de tempo variáveis.



Figura 2 – Aparelho de ultrassom (Rumack, 2004).

As frequências de som são enviadas para a cavidade abdominal (estrutura a ser examinada) 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, processada e traduzida em imagem no monitor (Galhardo Junior *et al.*, 2011).

A ultrassonografia é um dos principais métodos de diagnóstico na radiologia e seu uso é bem difundido na medicina. Por meio dela podem-se realizar procedimentos tanto diagnósticos bem como terapêuticos. Sua abordagem é tão ampla e de fácil acesso que muitos equipamentos de ultrassonografia são

encontrados atualmente em pequenos consultórios, sendo manejados por médicos especializados em áreas bem distintas da radiologia.

Trata-se da formação de imagens (Figura 3) através das propriedades físicas do som, permitindo a visualização e estudo de estruturas anatômicas internas. Essa técnica é de grande interesse pelas suas diversas vantagens em relação a outros exames radiológicos. Além do baixo custo envolvido no exame, permite maior contato entre o paciente e o radiologista, o que propicia uma maior obtenção de dados clínicos e ajuda a focar a pesquisa ultrassonográfica; permite a obtenção de imagens em diversos planos; com o advento do Doppler (Figura 4), pode-se estudar o perfil hemodinâmico de uma estrutura; é seguro, pois, não utiliza radiação, como outros exames; e possui a grande vantagem de ser um exame em tempo real (Masselli; Wu; Pinhedo, 2013).



Figura 3 – A imagem ultrassonográfica (Própria).

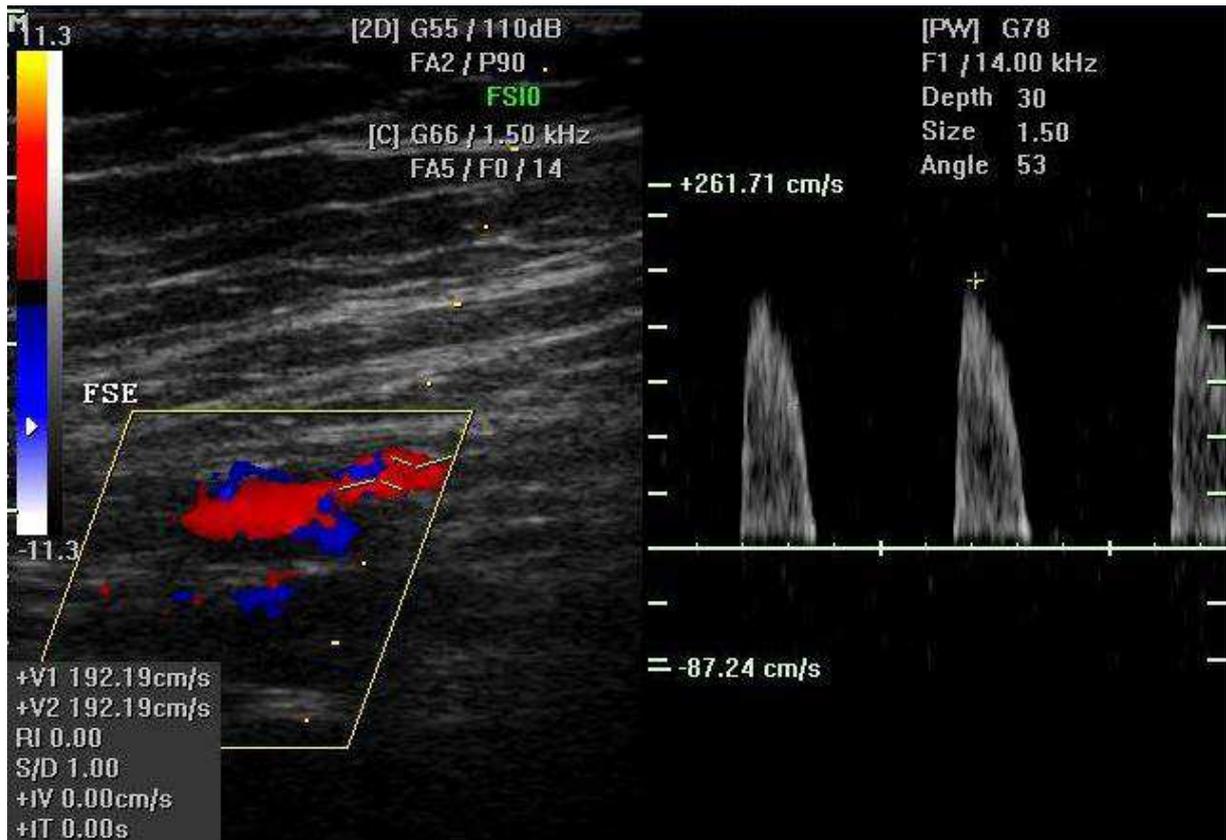


Figura 4 – Imagem de Doppler (Própria)

Após toda física do ultrassom, desde a emissão de pulsos de ultrassom, a interação com os tecidos e os ecos refletidos, os dados são processados eletronicamente pelo equipamento para formação da imagem. Esta forma de processar os ecos refletidos (em imagem bidimensional) é denominada modo-B (brilho). Além desta forma de processamento dos ecos, existem outras como os gráficos de amplitude (modo-A, muito utilizado em oftalmologia) gráficos de movimentação temporal (modo-M, bastante empregado em ecocardiografia), além dos modos 3D (tridimensional) como observado na Figura 5 e 4D (Mari, *et al.*, 2007).

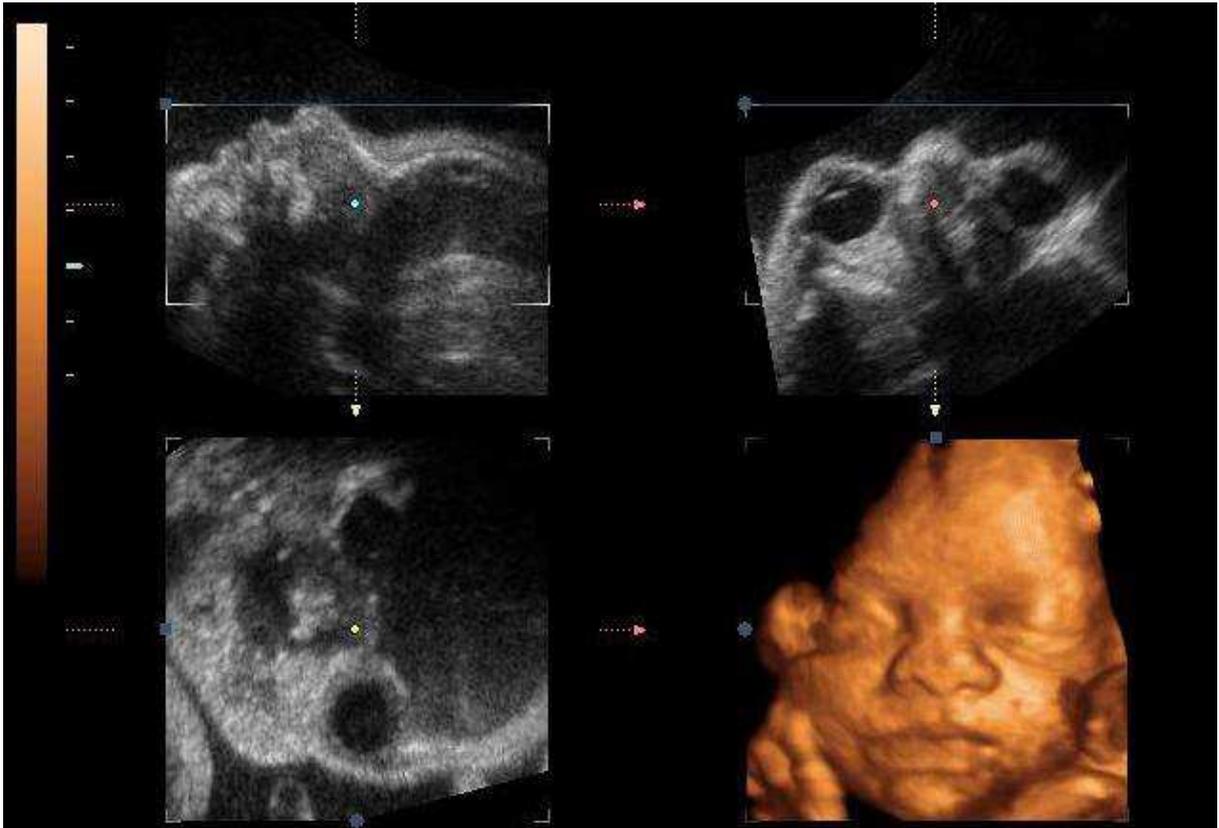


Figura 5 - Imagem de ultrassonografia obstétrica em 3D (Própria).

Para que a obtenção da imagem ecográfica 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 órgão em questão, 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.

Para a realização do exame ultrassonográfico é obrigatório utilizar um agente acoplador que interrompe a interface de ar entre o transdutor e o paciente (Mello Júnior, 2010).

2.2 Gel

O gel é o agente de acoplamento acústico necessário e obrigatório para o perfeito funcionamento do ultrassom como método de diagnóstico por imagem, aumentando o contato da pele com o transdutor, diminuindo a impedância acústica e

favorecendo o chamado “casamento de impedância” entre o transdutor e o paciente a ser examinado. A importância do casamento de impedância é obter a conexão de circuitos ou estruturas com impedâncias diferentes de forma que o máximo em rendimento possa ser obtido.

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 examinado, 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 (Brangel, 2011).

Geralmente, as substâncias formadoras de géis são polímeros que, quando dispersos em meio aquoso assumem conformação que resulta na viscosidade da 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 (Corrêa et al., 2005).

O gel é um tipo de dispersante, e as dispersões devem ser 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 dispersante (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 dispersante. De outra forma, quando as partículas dispersas apresentam tamanho de mais de $1000 \mu\text{m}$, temos misturas chamadas de suspensão.

John Tyndall observou que 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, percebendo que um feixe de luz se tornava visível em um meio contendo partículas em suspensão (um sistema coloidal). Esse efeito, que passou a ser chamado de efeito Tyndall, ocorre em virtude do tamanho das partículas de um coloide ser maior que o comprimento de onda da luz visível, acarretando em um espalhamento de um feixe de luz, por essas partículas, que atravessasse uma solução coloidal.

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).

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; 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 de Waals têm origem nas interações elétricas das partículas. Porém, enquanto a natureza das interações 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, o estudo dos colóides 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. O aerossol consiste em um sólido ou um líquido dissolvido em um gás, a espuma apresenta-se como um gás disperso em sólido ou líquido, as emulsões são coloides formados por líquido disperso em outro líquido, o Sol consiste em coloides formados pela dispersão de um sólido em um líquido, o Gel é sólido aparentemente, material gelatinoso formado de uma dispersão coloidal, em que o disperso apresenta-se no estado líquido e o dispersante no estado 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. O gel, como mostrado, é uma preparação semi-sólida composta de partículas coloidais que não se sedimentam (ficam dispersas), possuem bom espalhamento, se moldam as irregularidades de superfície dos objetos a serem examinados e podem funcionar como acopladores acústicos nos exames de ultrassonografia.

Alguns estudos, onde a aplicação dos polímeros estabelece-se de forma consistente e mais ainda, em particular, na forma de gel como meio de contato para utilização em ultrassonografia. A possibilidade de novos estudos visando a substituição dos polímeros atualmente usados em ultrassonografia por polímeros naturais, biodegradáveis como a gel de *Aloe vera* pode ser uma alternativa de modo a melhorar sua eficácia na obtenção de imagens mais nítidas ou baratear seus custos de produção (Brangel, 2011).

2.3 *Aloe vera*

A *Aloe vera* na forma de gel vem sendo objeto de muitos estudos por suas características bem fundamentadas de um biomaterial possuidor de grandes perspectivas biotecnológicas a serem desenvolvidas na atualidade. Já se encontram catalogadas mais de 200 espécies de *Aloe*. Deste universo, apenas 4 espécies são seguras para uso em seres humanos, dentre as quais destacam-se a *Aloe arborensis* e a *Aloe barbadensis* Miller, sendo esta última reconhecida como a

espécie de maior concentração de nutrientes no gel da folha (Tanaka, 2006). Aloe vem do árabe, via grego e latim, que significa amargo e brilhante ou transparente, porque quando se remove a casca, o gel interno assemelha-se a um bloco de gelo lavado (Zago, 2007).

Ela é conhecida popularmente por babosa e é uma planta suculenta perene, que desenvolve um tecido de armazenamento de água no interior das folhas, verdes e túrgidas, para sobreviver em zonas áridas de pluviosidade baixa ou irregular. As babosas são plantas características de climas tropicais e subtropicais, de fácil cultivo, pois não são exigentes quanto ao solo, desde que este seja drenado e permeável (arenoso e areno-argiloso), mas são sensíveis à acidez (Correa JR. *et al.*, 1991).

A planta (Figura 6) constitui-se das folhas esverdeadas, densas, lanceoladas, que se estreitam da base para o ápice, côncavas na página superior e convexas na inferior, sinuoso-serradas (espinhos triangulares curtos e espaçados), carnosas e manchadas (Corrêa, 1984; Grindlay e Reynolds, 1986).



Figura 6 – Planta de Aloe vera (Grindlay e Reynolds, 1986).

O tecido do parênquima da planta contém aproximadamente 98,5% de água, sendo o restante constituído por proteínas, vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis entre outros. Ela é um potente e natural antisséptico, entregue pronto para utilizar pela Natureza (Tanaka, 2006; Hamman, 2008).

A mucilagem (Figura 7) consiste de uma longa cadeia de polissacarídeos, cuja função é agir como um recipiente para a manutenção da esterilidade do gel. A camada de gel consiste de células parenquimatosas grandes que estocam água e grandes quantidades de carboidratos (Marshall, 1990; Davis, 1992;)



Figura 7 – Mostra o tecido do parênquima da planta destacando a mucilagem rica em água na forma de gel incolor no interior da folha da babosa (Bondemos, 2009).

A composição química da *Aloe vera* contém uma extensa quantidade de polissacarídeos, minerais, enzimas, dentre outras tantas substâncias presentes em suas folhas como observado na Tabela 1. Todavia, cada estrutura da Aloe apresentará substâncias específicas e em quantidades distintas, assim, dependendo do resultado desejado, pode-se utilizar uma parte específica da planta (Silva, 2004).

Tabela 1 - Substâncias existentes na babosa

Ligininas e Saponinas
Antraquinonas: aloína, isobarbaloína, antracena, ácido cinâmico, emodina, emodina de aloe, éster de ácido cinâmico, barbaloína, óleos etéreos (efeito tranquilizante), antranol, ácido aloético, resistanóis, ácido crisofânico.
Vitaminas: betacaroteno, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B3, vitamina E, ácido fólico, vitamina C, vitamina B6, colina.
Monossacarídeos e polissacarídeos: celulose, glicose, manose, galactose, arabinose, aldonentose, L-ranose, ácido glucorônico.
Enzimas: oxidase, amilase, catalase, lipase, alinase.
Taninos e Esteróides.
Fonte: Silva (2004).

Apresenta em sua constituição o glucomanano, um hormônio de crescimento vegetal que interage com receptores de fator de crescimento em fibroblastos, resultando na proliferação destas células e no aumento da síntese de colágeno, com aumento da resistência à ruptura favorecendo, assim, a contração da ferida e aumentando os níveis de ácido hialurônico, além de ter ação hidratante para pele.

No gel de *Aloe vera*, os carboidratos (polissacarídios) são os principais componentes e compreendem aproximadamente 20% dos sólidos totais nas folhas da *Aloe vera*. Além disso, existem vinte proteínas de distintas classes, associadas com o polissacarídeos. Entre os principais componentes químicos das folhas de *Aloe vera* se encontram derivados da 1,8 dihidroxiantraquinona. Estes são encontrados em sua forma livre (aloe-emodina, ácido crisofâmico) e como C-glucosídeos e ramnosídeos, entre os quais se destacam a barbaloína e isobarbaloína e os aloinosídeos A e B, que originam aloe-emodina-antrona como aglicona ao hidrolizar-se (Kwack *et al.*, 2009).

O gel de *Aloe vera* contém a mucilagem característica das folhas da espécie e cuja em sua constituição se sobressaem os polissacarídeos. A mucilagem possui

entre 80-94% de carboidratos, principalmente de glicose (22-35%), galactose (11-15%), manose (6.0-6.4%), ramnose (1.6-4.0%), arabinose (2.8-3.2%) e xilose (1.8-2.0%) (Cui et al., 2006), e devido a alta hidrofiliidade, estas substâncias não atravessam as barreiras impostas pela pele ou atravessam com muita dificuldade (Simões *et al.*, 2004).

Observa-se, também, em estudos da estrutura química de alguns componentes a presença dos átomos carbono, oxigênio, cálcio e magnésio, a presença dos átomos carbono e oxigênio estão relacionados, em grande parte, ao polímero Acemannam (Figura 8), principal constituinte do gel de *Aloe-vera*. Muitos dos efeitos benéficos à saúde proporcionados pela *Aloe vera* são oriundos da presença deste polímero em sua constituição, como por exemplo, propriedades imunomoduladoras, antimicrobianas e cicatrizantes (Turner *et al.*, 2004).

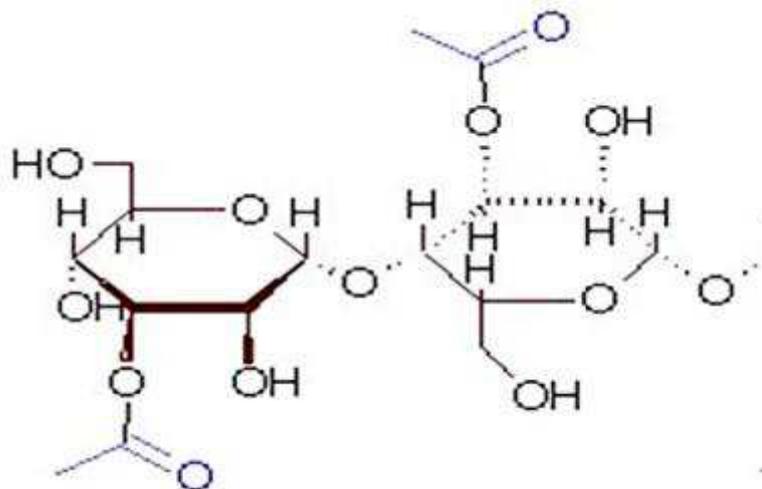


Figura 8 - Estrutura química do Acemannam (Adaptado de Turner *et al.*, 2004; Stamford, 2006).

No Brasil, produtos à base de *Aloe vera* de uso tópico estão autorizados como fitoterápico para cicatrização. No entanto, não há registro de medicamento a base de *Aloe vera* para uso oral (Carvalho, 2008). As propriedades salutares e protetoras da saúde atraem hoje a atenção de cientistas e médicos. Formaram-se também grupos de estudos sobre a planta. Muitos cientistas e pesquisadores descobriram os poderes dessa planta milenar e confirmam suas propriedades recuperadoras e mantenedoras da saúde (Bondemos, 2012).

O uso de plantas medicinais como a babosa já começa a ter apoio científico em todo mundo. O Brasil está começando a resgatar a medicina popular e

recentemente, encontra-se facilmente em jornais, revistas e também em publicações da área da saúde uma variada gama de artigos sobre plantas medicinais, que estão sendo utilizadas, cada vez mais, com respaldo científico (Maia Filho *et al.*, 2011).

Outros registros de seu uso com fins medicinais e na cosmética são encontrados nas civilizações, árabe, grega, egípcia, romana, asiática e africana. Há relatos que Alexandre, o Grande, teria tomado regiões da África e a ilha de Socotra, no oceano Índico, por existirem grandes quantidades de *Aloe vera* naqueles locais, que foram usadas para curar os ferimentos de seus soldados (Dominguez *et al.*, 2006).

A *Aloe vera* faz parte da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS), constituída de espécies vegetais com potencial de avançar nas etapas da cadeia produtiva e de gerar produtos de interesse do Ministério da Saúde do Brasil. A finalidade da RENISUS é subsidiar o desenvolvimento de toda cadeia produtiva relacionada à regulamentação, cultivo, manejo, produção, comercialização e dispensação de plantas medicinais e fitoterápicos. Terá também a função de orientar estudos e pesquisas que possam subsidiar a elaboração da RENAFITO (Relação Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos), o desenvolvimento e a inovação na área de plantas medicinais e fitoterápicos. Atualmente o Ministério da Saúde possui uma relação com 71 nomes de plantas no RENISUS sendo revisada e atualizada periodicamente (DAF/SCTIE/MS, 2015).

A apresentação de biomateriais na forma de gel, natural ou sintéticos, biodegradável ou não, têm papel importante na aplicação em diagnóstico por imagem. Comparar as imagens obtidas com o gel sintético, atualmente utilizado, e as imagens, em estruturas anatômicas semelhantes, usando o gel de *Aloe vera* objetivando caracterizar a funcionalidade, vislumbra uma perspectiva nos avanços da biotecnologia.

2.4 Biomateriais

Os biomateriais são desenvolvidos com o propósito de interagir com a interface de sistemas biológicos para avaliar, tratar, aumentar ou substituir qualquer tecido, órgão ou função no corpo humano, produzido ou modificado artificialmente. Deve apresentar características e propriedades como biocompatibilidade, biofuncionalidade e não deve alterar o meio biológico nem reagir com o sangue.

Além da biocompatibilidade, os biomateriais devem possuir biofuncionalidade, ou seja, a capacidade de desempenhar apropriadamente a função desejada, dada as suas propriedades mecânicas, físicas, e químicas (Hench, 1998). Eles são utilizados desde as civilizações mais antigas. Chineses e indianos já usavam ceras, resinas e tecidos para reconstruir partes perdidas ou defeitos do corpo. Ao longo dos séculos, avanços nos tipos de materiais sintéticos, técnicas cirúrgicas e métodos de esterilização vêm permitindo o uso de biomateriais em diversas aplicações (Schilling *et al.*, 2004).

A definição de biomaterial pode ser encontrada com diferentes interpretações, tanto no campo das Ciências dos Materiais quanto na Medicina Clínica. Conforme a aplicação e as características requeridas, pode-se optar por um ou outro tipo de material, ou pela utilização conjugada de mais de um deles (Uragami; Tokura, 2006; Ratner; Bryant, 2004).

O desenvolvimento de novos materiais e aplicações para materiais já existentes surge como opção viável e importante para as mais diversas áreas do conhecimento. Na Ciência dos Materiais, é cada vez mais evidente a necessidade de se lidar com materiais que possibilitem a obtenção de produtos de necessidade humana, com a máxima qualidade e desempenho, ao menor custo possível (Dobrzanski, 2006).

Dentre as diversas classes de biomateriais existentes, destaca-se a classe dos bioreabsorvíveis. A capacidade de reabsorção de um biomaterial está relacionada com a biocompatibilidade apresentada pelo mesmo. A biocompatibilidade é a capacidade de o material apresentar resposta apropriada, quando aplicado, não causando reação inflamatória crônica, reação de corpo estranho ou mesmo toxicidade. Ela gira em torno da interação celular com o biomaterial. Sendo o material ideal para executar a função desejada, aquele que eventualmente desaparece (reabsorve), sendo substituído por tecido natural. Deste modo, polímeros biodegradáveis são de grande interesse para a comunidade da engenharia biomédica (Santos Júnior; Wada, 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 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. Já a caracterização por ecografia foi realizada no Centro de Treinamento em Imagem/CETRIM Ecoclínica.

3.2 Materiais

Para realização desta pesquisa foi utilizado gel comercial utilizado para realização de ultrassonografia e o gel de *Aloe vera*.

3.3 Métodos

O gel comercial utilizado para realização de ultrassonografia foi adquirido no comércio local, peso líquido de 250 gramas, registrado na ANVISA, de uso diário nos serviços de diagnóstico por imagem, inclusive no Centro de Treinamento em Imagem/CETRIM.

O gel de *Aloe vera* foi obtido da planta cultivada no Laboratório CERTBIO, onde a polpa da folha (a mucilagem, o gel da folha) foi extraída, passada em liquidificador da marca Walita modelo R12102/40 PHILIPS 220V, 50-60Hz com 550W de potência, sendo executado 2 pulsos de 30 segundos e em seguida foi peneirado, armazenado em recipiente plástico tipo bisnaga previamente esterilizado e refrigerado a 8 graus Celsius por 6 horas, antes de ser usada.

As amostras disponíveis foram levadas ao Centro de Treinamento em Imagem/CETRIM Ecoclínica onde foi realizado o exame para obtenção de imagens com aparelho de ultrassom Volussom da marca General Eletrics, estando o aparelho ajustado para avaliação de exame de abdome e músculo esquelético do ombro utilizando os mesmos parâmetros do equipamento para uso das duas amostras de gel.

As imagens foram obtidas das estruturas anatômicas abdominais e no ombro na seguinte sequência: fígado lobo esquerdo, fígado lobo direito, rim direito, rim esquerdo, baço, bexiga e inserções dos músculos subescapulares e supraespinhal do ombro; utilizando o gel comercial e em seguida o gel de *Aloe vera*, para obtenção de ensaio pictográfico e posterior comparação das imagens captadas. As imagens ecográficas foram obtidas a partir de testes no próprio pesquisador.

As amostras do gel comercial para ultrassom e do gel de *Aloe vera* foram caracterizadas por Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X - EDS, Citotoxicidade, condutividade e realização da Ecografia para analisar as possíveis diferenças entre as imagens obtidas com os dois tipos de géis utilizados.

3.4 Caracterização

3.4.1 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier

As análises utilizando a técnica de espectroscopia na região de infravermelho com transformada de Fourier foram realizadas em temperatura ambiente e o equipamento utilizado foi um Spectrum 400 da Perkin Elmer. Assim, através de um sistema de filtros específico, selecionam-se as faixas de frequência de amplitude (infravermelho). A técnica FTIR teve como objetivo identificar as bandas características dos grupos funcionais presentes nos géis avaliados nesta pesquisa utilizando a faixa de varredura de 4000 a 650 cm^{-1} . Para o ensaio de FTIR as amostras do gel comercial foram parcialmente desidratadas ficando por 72 h em estufa a 37° C. Já o gel de *Aloe vera* foi congelado e liofilizado.

3.4.2 Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDS)

As amostras foram analisadas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV), Phenon TM Pro X. A análise de mapeamento e a análise semi-quantitativa dos óxidos e elementos presentes nas amostras foram determinadas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS). As análises por Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X foram realizadas em um detector instalado na câmara

de vácuo do MEV que mede a energia associada aos átomos da amostra, como os elétrons de um determinado átomo possuem energias distintas, é possível determinar quais elementos químicos estão presentes na amostra.

3.4.3 Ensaio de Citotoxicidade

Com o objetivo de atender a norma ABNT NBR ISO 10993-5:2009 que recomenda ensaios *in vitro* de citotoxicidade como testes iniciais para materiais que ficarão em contato com a pele, escolheu-se o teste de avaliação da viabilidade celular dos macrófagos por MTT [brometo de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazólio].

Este teste teve o objetivo de avaliar a viabilidade das células perante o material estudado.

3.4.4 Ecografia

O exame de ecografia foi realizado em um aparelho ultrassográfico VOLUSON, da marca GE, instalado no Centro de treinamento em imagem (CETRIM) anexo da Clínica de Radiologia e Diagnóstico por imagem ECOCLINICA. Nessa etapa serão utilizados os dois tipos de géis com o propósito de verificar uma possível diferença na qualidade das imagens obtidas, sendo executadas imagens em estruturas anatômicas.

3.4.5 Condutividade

O ensaio de condutividade foi realizado utilizando-se do equipamento de aquisição de dados, modelo "Mainframe e módulos de controle de aquisição de dados 34970A" da AgilentKeysight Technologies. Para essa análise foi realizado inicialmente as medidas de resistência das amostras e por meio desse calculado a condutividade que foi determinada pelo inverso da resistência.

Para determinação das medidas de resistência do gel comercial e do gel de *Aloe vera* os eletrodos foram imersos nas amostras e posicionados a uma distância

de aproximadamente 1 cm um do outro realizando a medida durante um tempo de 5 minutos em condições ambientes, os resultados foram obtidos em triplicada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Nas Figuras 9, 10 e 11, pode-se observar os espectros de infravermelho do gel de *Aloe vera*, gel comercial usado em exames de ultrassonografia parcialmente desidratado e do gel comercial normal respectivamente.

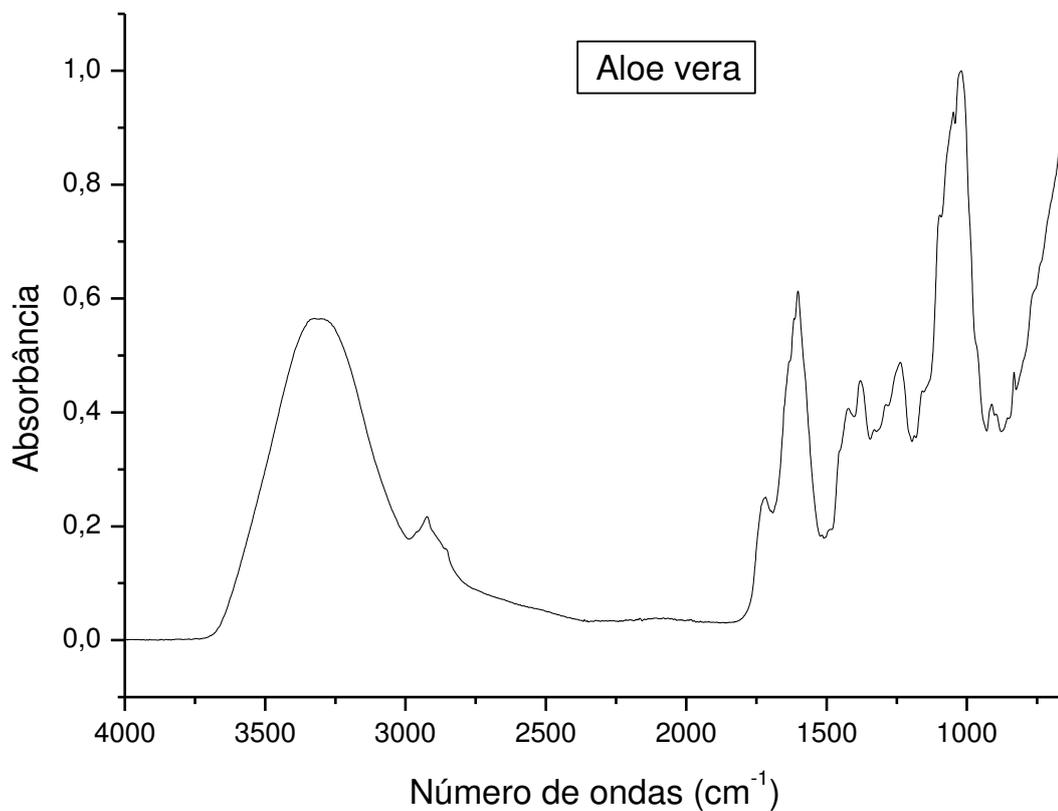


Figura 9 - Espectro da Aloe vera (Própria).

No espectro da *Aloe vera* é observado a presença de um pico em torno de 3334 cm⁻¹ referente ao grupo funcional O-H livre, em 2920 referente a deformação axial de C-H, em 1652 referente a deformação axial de C=O, em 1420 referente a deformação angular de O-H e C-H, em 1370 referente a deformação angular do C-H e em torno de 1070 referente a deformação axial de C-O-C. Estes resultados estão

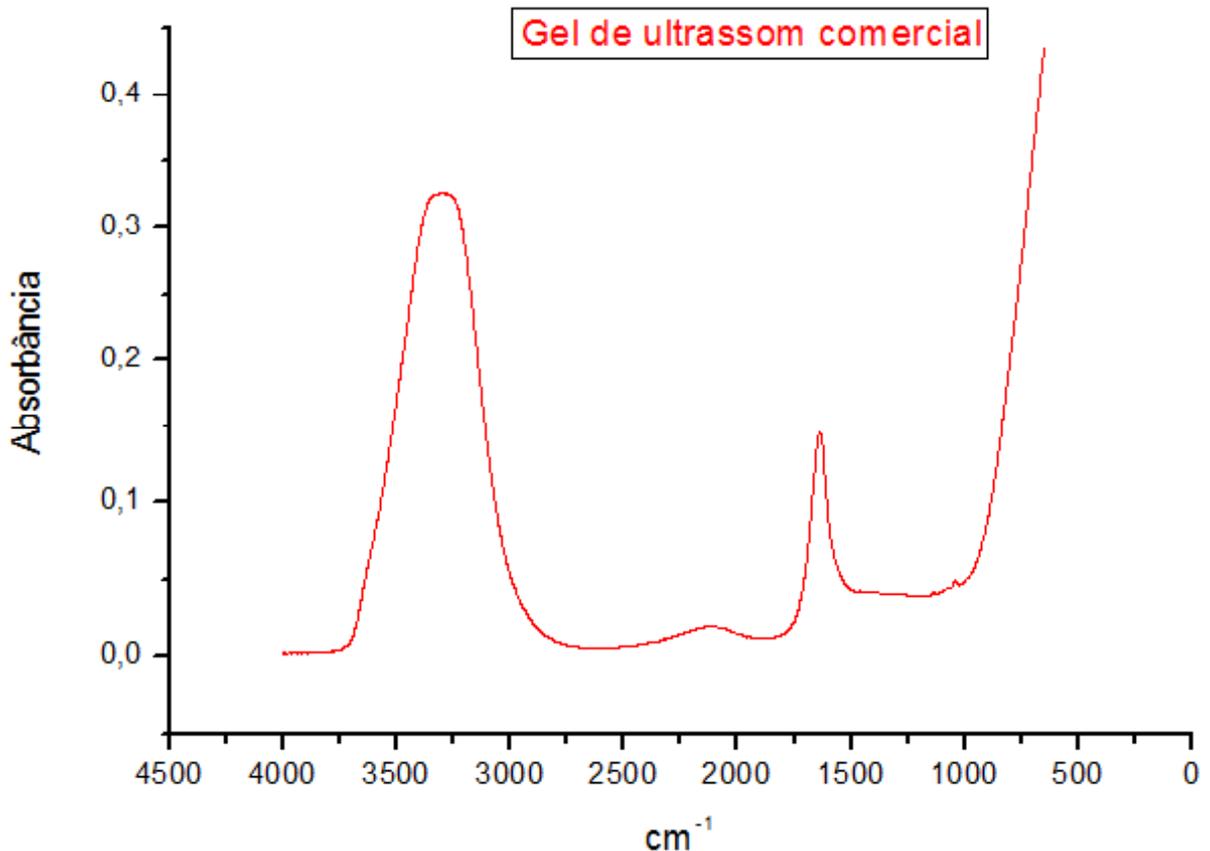


Figura 11 - Espectro do gel comercial (Própria).

Para as três amostras, observa-se a presença de um pico em torno de 3650 – 3600 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 cm^{-1} . Este pico representa os álcoois e fenóis.

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

Segundo Lima (2013) a presença do O-H dos álcoois e fenóis é confirmada pelo C-O encontrado no pico de pequena intensidade perto de 1300 – 1000 cm^{-1} . Sendo assim, este pico é decorrente dos álcoois primários em um número de onda de aproximadamente 1050 cm^{-1} . Esse pico é melhor observado na amostra de gel parcialmente desidratado.

4.2 Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDS)

Na Tabela 2 observam-se os resultados da análise de Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X para as amostras do gel comercial e da *Aloe vera*. Nota-se que para a amostra do gel comercial a presença dos átomos carbono e oxigênio. Já para a *Aloe vera*, observa-se a presença dos átomos de carbono, oxigênio, cálcio e magnésio, a presença dos átomos carbono e oxigênio estão relacionados, em grande parte, ao polímero Acemannam, principal constituinte do gel de *Aloe vera*. Segundo Grindlay, Reynolds (1986), o cálcio e o magnésio fazem parte de uma gama de outros elementos presentes no gel de *Aloe vera*, sendo o magnésio um dos responsáveis pela melhora no quadro de queimaduras tratadas com gel de *Aloe vera*.

Tabela 2 – Composição química dos géis de Aloe vera e o comercial de ultrassom.

Elemento químico	<i>Aloe vera</i> (%)	Gel comercial de ultrassom (%)
Carbono	45.01	66.67
Oxigênio	47.00	33.33
Magnésio	4.80	--
Cálcio	2.02	--
Fósforo	1.17	--

Fonte: Própria

Os resultados de EDS justificam a presença dos grupos funcionais observados no FTIR e também pode está relacionado, devido aos íons livre de magnésio, cálcio e fósforo, aos resultados obtidos de condutividade, resistência e no ecograma, onde pode-se confirmar uma melhor qualidade dos ecogramas devido a maior condutividade e menor resistência da amostra de gel de *Aloe vera* quando comparada ao gel de ultrassom comercial.

4.3 Ensaio de Citotoxicidade

Este teste teve o objetivo de avaliar a viabilidade das células perante o material produzido para uso em organismos vivos. As células em meio de cultura

(RPMI-16400) foram utilizadas como controle, equivalendo a 100 % de viabilidade celular.

Observam-se na Figura 12 os resultados obtidos no ensaio de citotoxicidade das amostras dos géis.

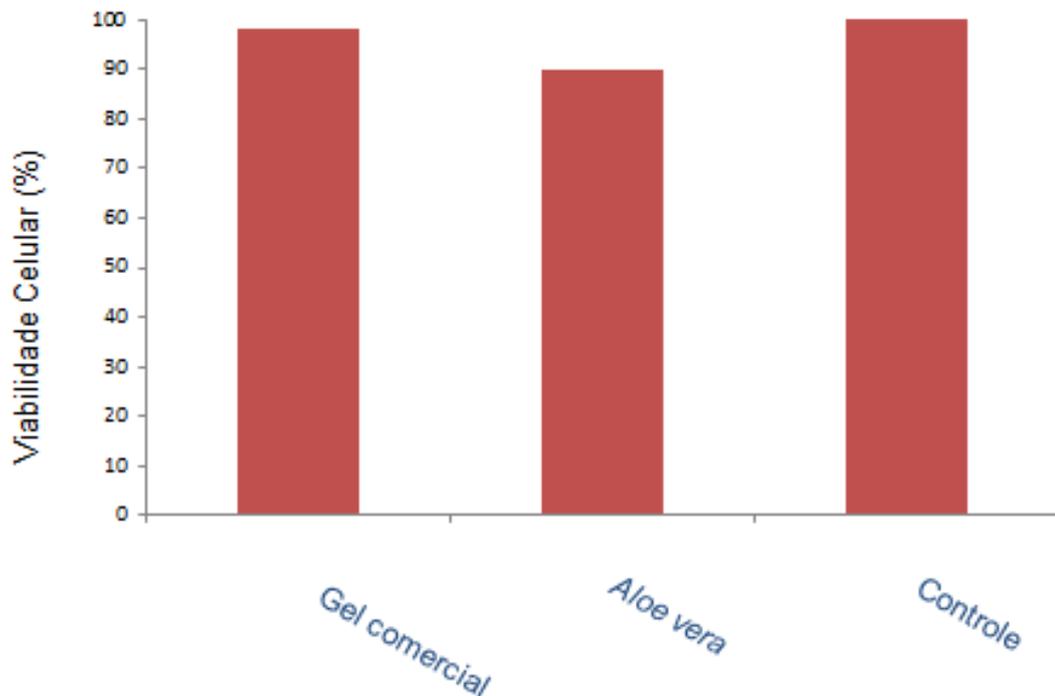


Figura 12 – Viabilidade de macrófagos de camundongos Swis na presença do gel de ultrassom comercial e do gel de Aloe vera (Própria).

Observa-se que todas as amostras apresentaram viabilidade celular superior a 90%, segundo a NBR ISO 10993-5:2009 (2009) viabilidades celulares maiores ou iguais a 70% indicam um material não citotóxico, o que comprova que nenhum dos géis analisados neste trabalho apresentou-se citotóxico. Os resultados de viabilidade celular do gel de Aloe vera corroboram com o trabalho de Freitas (2013).

De acordo com Bispo (2009), o valor mínimo requerido para o teste de biocompatibilidade é acima de 50%.

4.4 Ecografia

Quando observa-se uma imagem ultrassonográfica está vendo a distribuição espacial das estruturas geradoras de ecos ao longo da direção de propagação do som e ao longo da direção de varredura do feixe ultrassônico. As características do

feixe ultrassônico, do meio e do processamento da imagem definem a aparência dos objetos à ultrassonografia. Desta forma é possível estudar os órgãos e estruturas anatômicas de acordo com sua aparência, que tecnicamente será descrita com base na ecogenicidade e ecotextura como observado nas Figuras 13 a 24.

De acordo com Cerri e colaboradores (2009), estruturas que não geram ecos são denominadas anecogênicas, estruturas que geram poucos ecos, hipoeogênicas, e estruturas que geram ecos intensos, de hipereogênicas. Assim sendo, estruturas anecóicas significam que o ultrassom passa mais fácil por essas estruturas e voltam pouco para o aparelho, gerando imagens escuras ao ultrassom, por exemplo, têm-se os líquidos e, portanto, a bexiga cheia é uma estrutura anatômica anecóica ou hipoeóica. Por outro lado, estruturas hipereóicas dão origem a imagens claras, pois refletem grande parte das ondas emitidas pela sonda ecográfica, como exemplo, temos os focos de calcificação.



Figura 13 – Evidência ecogenicidades diferentes no interior do fígado destacando cistos anecogênicos em meio ao parênquima hepático (Própria).



Figura 14 – Observa-se as diferenças de ecogenicidade entre estruturas anatômicas, neste caso, examina a vesícula biliar que apresenta paredes espessadas (seta) com foco hiperecogênico em seu interior compatível com colelitíase (Própria).

A ecotextura refere à semelhança entre intensidades de brilho dos elementos formadores de imagem (pixels). Quanto mais semelhantes em um determinado órgão, mais homogênea é a ecotextura. Porém, quanto menos semelhantes as intensidades de brilho entre os pixels, mais heterogênea será a ecotextura do órgão avaliado. A ecotextura traduz, grosseiramente, a homogeneidade ou heterogeneidade dos tecidos estudados. Por exemplo, o fígado e o baço são órgãos com ecotextura homogênea. Alterações da ecotextura podem ser observadas em diversas doenças, como exemplo na cirrose hepática (Rumack, Wilson, Charboneau, 2004).



Figura 15 – Demonstrando a ecotextura habitual do fígado. Note estruturas tubulares anecogênicas lineares no interior do parênquima, achado normal das veias hepáticas que servem como referenciais anatômicos (Própria).



Figura 16 – Observe a ecotextura heterogênea do fígado por implantes metastáticos, atente para as diferenças de ecogenicidade e ecotextural definindo as lesões (Própria)

A ecotextura e a ecogenicidade foram às bases da avaliação e comparação das imagens realizadas nas mesmas estruturas anatômicas, utilizando minuciosamente os mesmos parâmetros e no mesmo aparelho de ecografia, em exame com aquisições de imagens usando gel comercial e em seguida, usando o gel de *Aloe vera* como observado na Figura 17.



Figura 17 – Imagens ecográficas realizadas utilizando o gel comercial e o gel de *Aloe vera* para visualização do fígado. Destaque para a confluência das veias hepáticas direitas (VHD), média (VHM) e esquerda (VHE) para drenagem na veia cava inferior (VCI), (Própria).

O fígado normal apresenta ecogenicidade intermediária (servindo de referência para os demais órgãos abdominais) e ecotextura homogênea. Em meio ao parênquima hepático, pode-se observar pequenos pontos hiperecogênicos distribuídos regularmente, corespondendo as tríades portais (região contendo vias biliares, arteríolas hepáticas e subsegmentos de veia porta). Observa na imagem adquirida com transdutor na posição transversal oblíqua, o fígado sendo demonstrado com três estruturas tubulares anecogênicas confluentes em meio ao parênquima hepático, em detalhe evidencia-se a confluência das veias hepáticas direita (VHD), média (VHM) e esquerda (VHE) para drenagem na veia cava inferior (VCI) (Cerri *et al.*, 2009) Nota-se a semelhança entre as imagens utilizando o gel comercial e o gel de *Aloe vera*, conforme legenda nas imagens, evidenciando os mesmos detalhes do órgão abordado, quanto a ecogenicidade e ecotextura.

A Figura 18 aborda o lobo esquerdo (LE) do fígado em um corte longitudinal ao nível da veia cava inferior, imagem ultrassonográfica de protocolo para exames de abdome. Imagem longitudinal obtida na linha esternal média, frequentemente realizada pelos ultrassonografistas para demonstração e realização da medida do lobo esquerdo do fígado. Observa-se a riqueza de detalhes apreciando as imagens obtidas com o gel comercial e o gel de *Aloe vera*, desde as camadas superficiais da pele, próximo ao transdutor, até camadas mais profundas onde se evidencia a veia cava inferior (VCI), estrutura tubular anecogênica localizada adjacente ao fígado.



Figura 18 – Imagens ecográficas realizadas utilizando o gel comercial e o gel de Aloe vera para visualização do fígado, LE= lobo esquerdo do fígado; VCI = veia cava inferior (Própria).

O baço é o maior órgão linfático do corpo humano, interposto na circulação sanguínea, situado posteriormente no quadrante superior esquerdo do abdome. À ultrassonografia o baço tem aspecto sólido com ecotextura altamente homogênea, não se podendo fazer a diferenciação entre os seus componentes histológicos. Sua

ecogenicidade é ligeiramente inferior á do fígado e consideravelmente maior que a dos rins como ilustrado na Figura 19 (Rumack, Wilson, Charboneau, 2004).



Figura 19 – Imagens comparativas do baço usando o gel comercial e o gel de Aloe vera (Própria).

As imagens adquiridas com gel comercial e gel de *Aloe vera* permitem de forma plena avaliar a ecotextura e ecogenicidade do baço bem como analisar

alterações morfológicas, executar as medidas necessárias para o cálculo das dimensões do órgão e efetuar as comparações com as demais vísceras abdominais.

Na Figura 20 observam-se as imagens do rim direito obtidas utilizando o gel comercial e o gel de *Aloe vera* respectivamente.



Figura 20 – Imagens ecográficas do rim direito adquiridas usando gel comercial e gel de Aloe vera, observe no quadrante superior direito da imagem os parâmetros de ajustes do aparelho em ambas as imagens estão rigorosamente iguais (Própria).

Na Figura 21 observam-se as imagens do rim esquerdo obtidas utilizando o gel comercial e o gel de *Aloe vera* respectivamente.



Figura 21 – Observe imagens comparativas do rim esquerdo utilizando o gel comercial e o gel de Aloe vera (Própria).

Os rins são órgãos encapsulados com formato grosseiramente ovalado possuindo uma arquitetura interna complexa, passível de avaliação à ultrassonografia devido a diferença de ecogenicidades internas, o córtex renal localiza-se na periferia com hipoecogenicidade e a camada medular mais central, onde localiza-se o seio renal apresentando hiperecogenicidade como visualizado nas imagens dos rins direito e esquerdo (Feigenbaum, Armstrong e Ryan, 2007). Note que as imagens adquiridas com gel comercial e com gel de *Aloe vera* guardam bastante semelhanças em corte longitudinal oblíquo, aprecie nas imagens as várias diferenças de ecogenicidade delimitando as bordas do órgão e a identificação da camada medular e o córtex renal.

A avaliação ultrassonográfica dos rins é de suma importância na avaliação de nefropatias difusas e focais, e reflete de forma fidedigna os detalhes anatômicos macroscópicos. Observando os detalhes da imagem em corte longitudinal do rim esquerdo mostra grande uniformidade entre as imagens obtidas com o gel comercial e o gel de *Aloe vera* analisando desde os limites dos órgãos até sua arquitetura interna.

Em ecografia, a bexiga é melhor avaliada quando moderadamente distendida, aparece como uma estrutura anecogênica com morfologia variável, dependendo do grau de distensão (Clemente, 1985).

Na Figura 22 evidencia-se imagens similares usando o gel comercial e o gel de *Aloe vera*, em cortes transversais do abdome inferior e pelve, a anecogenicidade da bexiga é bem avaliada, bem como, o aspecto em camadas hiperecogênicas da parede vesical.

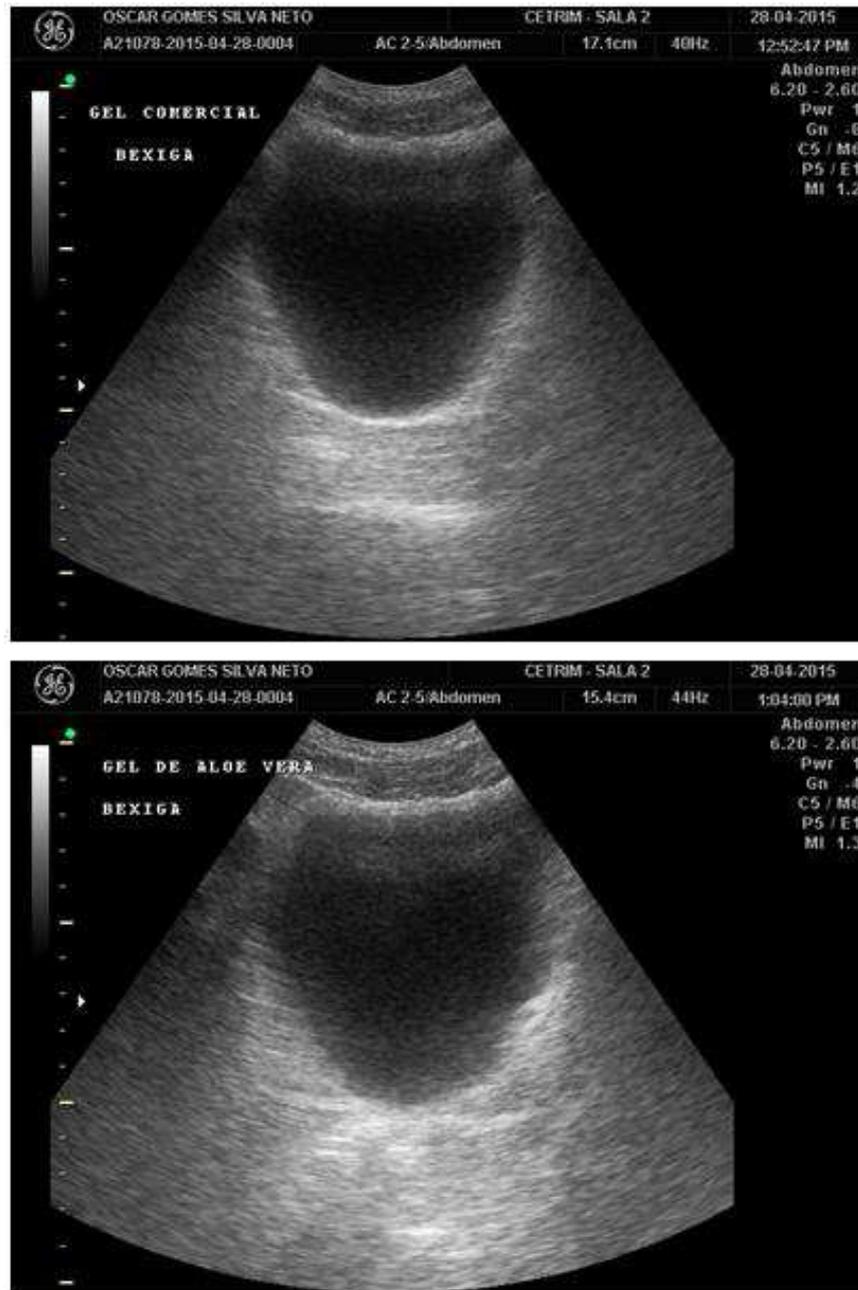


Figura 22 – Imagem comparativa da bexiga adquirida com gel comercial e gel de Aloe vera (Própria).

Segundo Sernik (2009), a inserção do músculo subescapular do ombro é abordada com transdutor linear de frequências altas variando entre 5 e 17 megahertz, dependendo do biótipo do paciente. A inserção do tendão tem aspecto em leque, e pela interposição de fibras musculares entre as fibras de colágeno, é comum haver certa heterogeneidade da ecotextura do tendão do subescapular. Analisando as imagens utilizando gel comercial e gel de Aloe vera (Figura 23), observa-se grande congruência entre as características das duas imagens, notando

igual heterogeneidade de ecotextura que habitualmente se evidencia no interior do tendão, no plano longitudinal oblíquo.

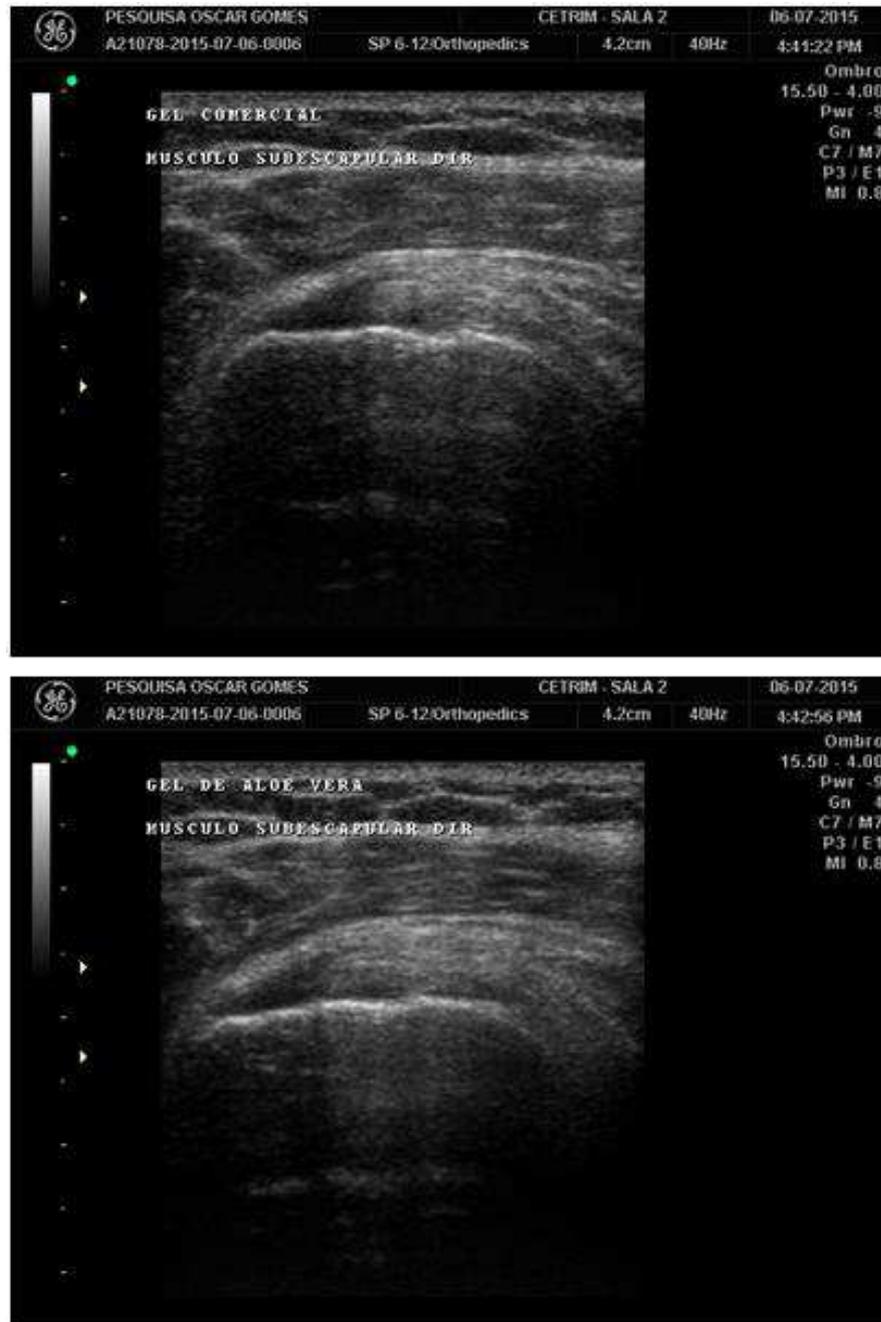


Figura 23 – Imagens comparativas abordando a inserção do músculo subescapular do ombro, em exames realizados com gel comercial e gel de Aloe vera, respectivamente, conforme legenda nas imagens (Própria).

Independentemente da técnica empregada, o tendão do supraespinhal apresenta no plano longitudinal, configuração semelhante à de um “bico de pássaro”. O tendão é identificado como uma faixa hiperecogênica (Figura 24),

exibindo afilamento gradual à medida que se aproxima do tubérculo maior do úmero, pode-se notar áreas de menor ecogenicidade em virtude das fibras musculares que se interpõem às tendíneas, dando aspecto fibrilar anatômico (Moore, 1992). Avaliando as aquisições de imagens com transdutor linear de alta frequência usando gel comercial e gel de Aloe vera em foco a inserção do músculo supraespinhal do ombro em corte longitudinal nota-se imagens similares com a heterogeneidade normal do tendão em virtude de sua orientação espacial e o aspecto fibrilar característico.

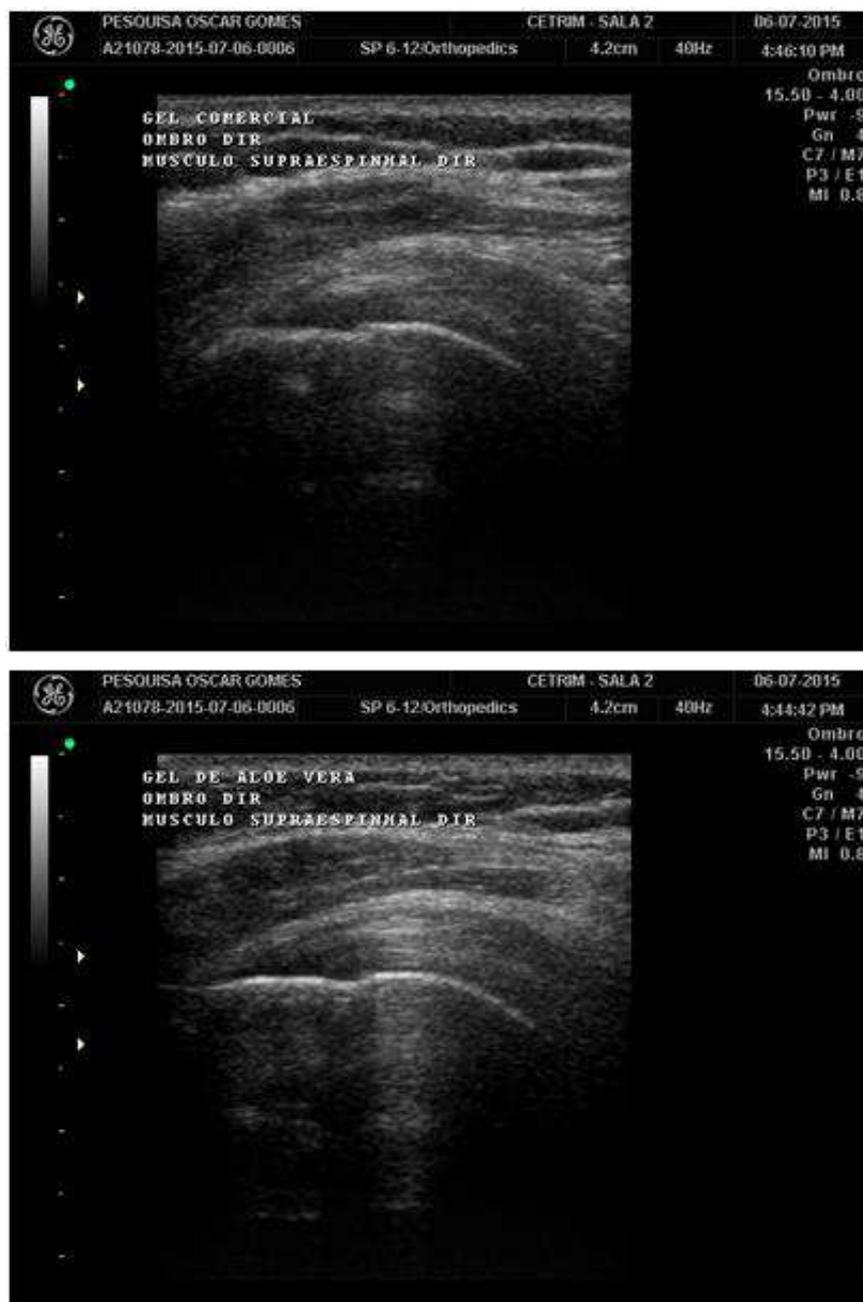


Figura 24 – Imagens obtidas com gel comercial e gel de Aloe vera, examinando a inserção do músculo supraespinhal do ombro (Própria).

4.5 Condutividade

A Figura 25 ilustra a condutividade do gel de ultrassom comercial e do gel de *Aloe vera*. Observa-se que os resultados de condutividade do gel de babosa apresentam valores superiores aos resultados do gel comercial. Isso pode está relacionado à quantidade de íons livres no gel da babosa e também a menor viscosidade. Esses resultados corroboram com os obtidos no ensaio de EDS que demonstraram maior quantidade de diferentes elementos químicos.

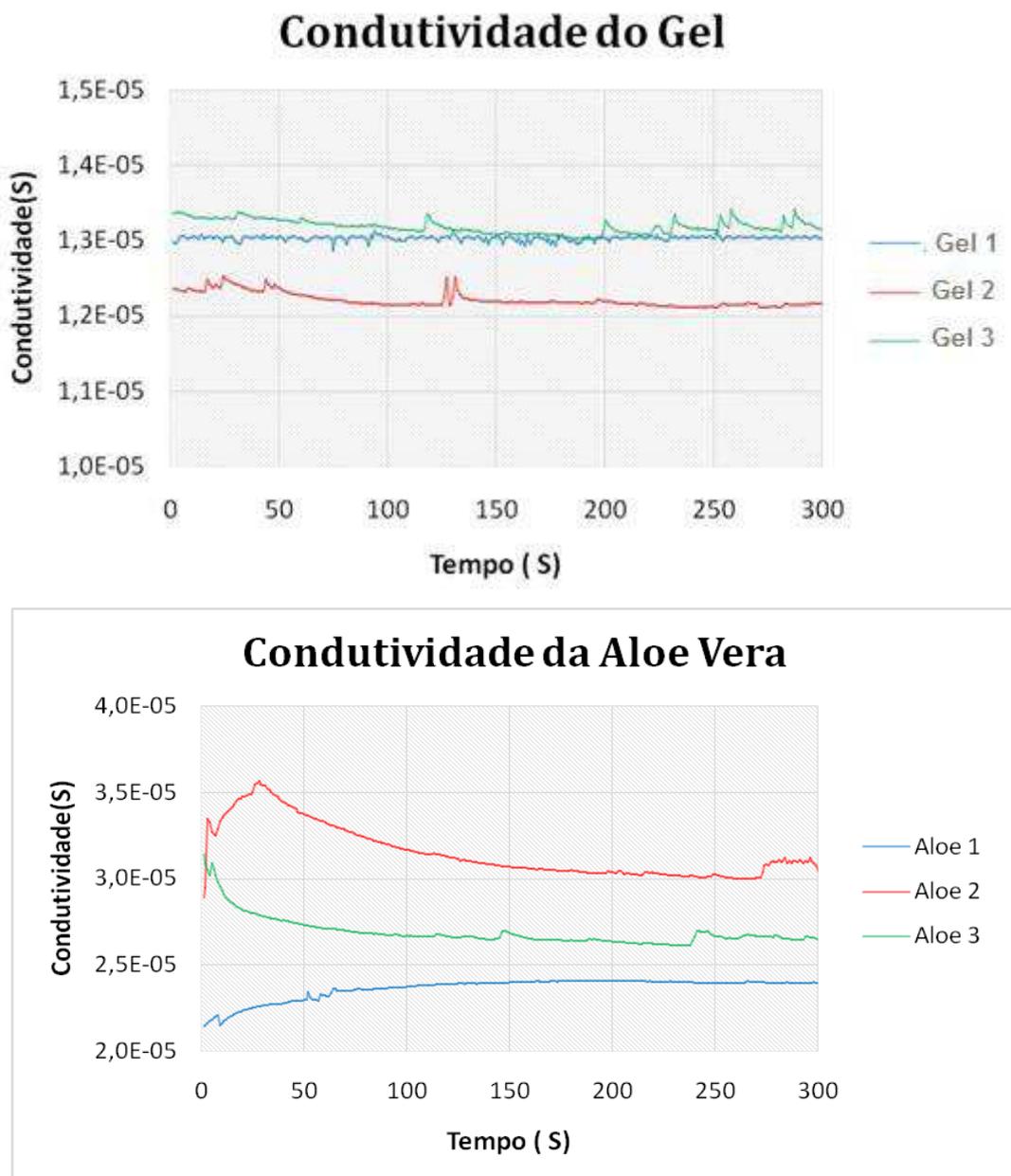


Figura 25 – Resultado de condutividade do gel comercial e do gel de Aloe vera (Própria).

Já nos resultados de resistência do gel comercial e do gel de Aloe vera observou-se resultados inversamente proporcionais aos de condutividade. Isso ocorre por que esse valor foi determinado pelo inverso da resistência.

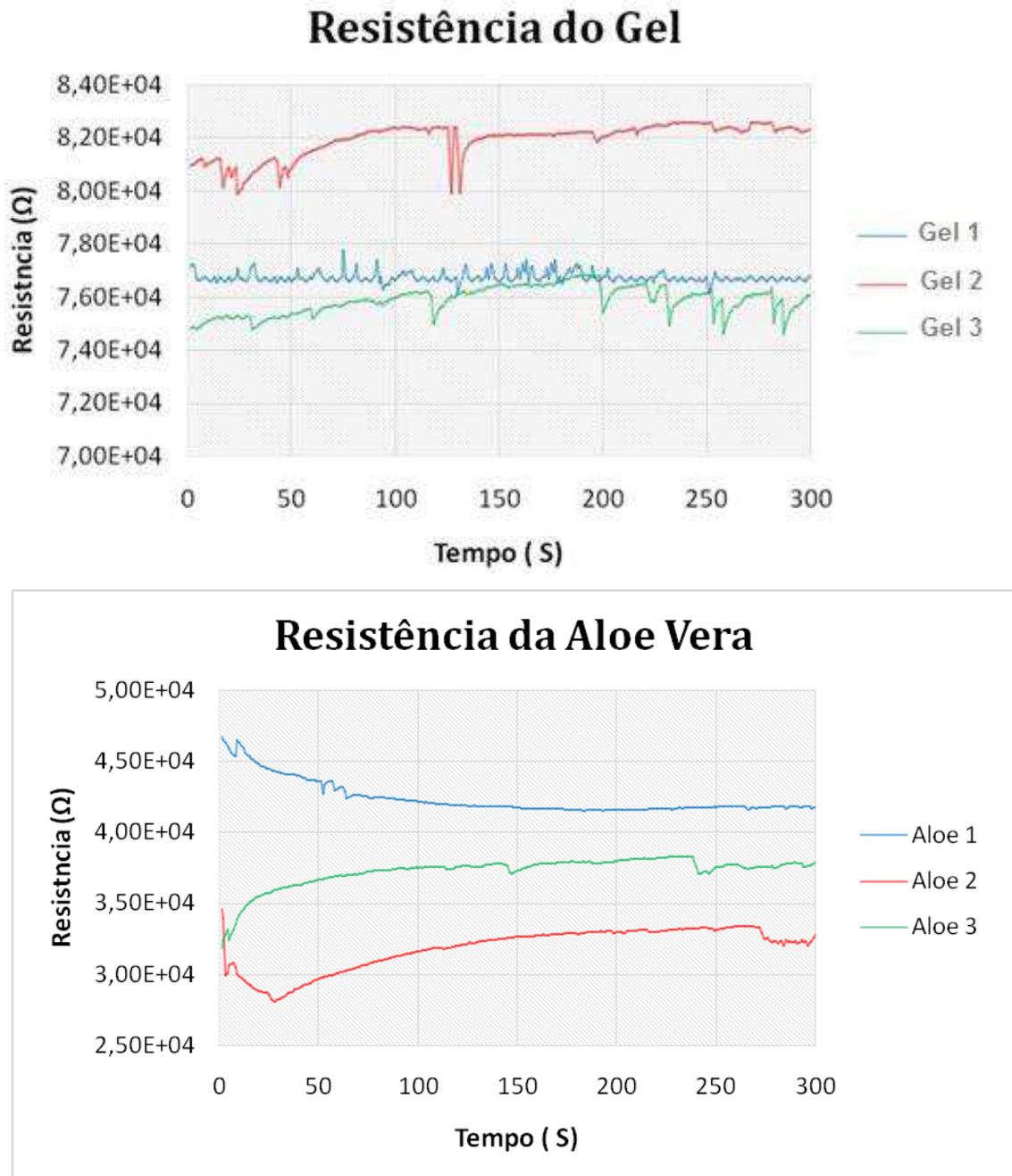


Figura 26 – Resultado de resistência do gel comercial e do gel de Aloe vera (Própria).

5 CONCLUSÃO

O gel de *Aloe vera* quando utilizado para fins de obtenção de imagem, apresentou resultados iguais ou superiores aos obtidos com o gel comercial. A menor resistência oferecida pelo gel de *Aloe vera* conseqüentemente maior condutividade, provavelmente ocorreu devido à quantidade de íons livres, permitindo a diminuição da impedância do transdutor em relação à pele, promovendo a propagação do ultrassom desde o transdutor até os órgãos avaliados.

Com base nos resultados obtidos nos ensaios de Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier, Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X, Citotoxicidade e Exames Ecográficos, pode-se concluir que os materiais apresentam características semelhantes indicando que o gel de *Aloe vera* possa ser utilizado em exame de ultrassonografia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. Informe Técnico n. 27, de 15 de junho de 2007. Orientações sobre os documentos necessários para avaliação do risco e segurança das espécies vegetais para uso em bebidas não-alcoólicas. Disponível em: www.anvisa.gov.br/alimentos/informestécnicos. Acesso em: 09 de nov. de 2011.

BONDEMOS, M. O Livro Definitivo da Aloe Vera - a Planta Milenar da Saúde, **Rio de Janeiro, 2012.**

BONDREAU, M. D. & BELAND, F. A. 2006. **An evaluation of the biological and toxicological properties of *Aloe barbadensis* (Miller), *Aloe vera*.** Journal of Environmental Science and Health Part C-Environmental Carcinogenesis & Ecotoxicology Reviews, 24, 103-154.

BRANGEL, L. M. **Desenvolvimento de hidrogéis a base de quitosana e ácido Lactobiônico com Adição de nanoelementos.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Química. Porto Alegre, 2011

BRESSLER EL, RUBIN JM, MCCRACKEN S. **Sonographic parallel channel sign: a reappraisal.** Radiology 1987; 164(2):343-346.

CAMPOS FILHO, ORLANDO. ZIELINSKY, P. ORTIZ, J. **Diretriz para Indicações e Utilização da Ecocardiografia na Prática Clínica.** Arq Bras Cardiol volume 82, (suplemento II), 2004.

CARVALHO ACB, Balbino EE, Maciel A, Perfeito JPS. **Situação do registro de medicamentos fitoterápicos no Brasil.** Revista Brasileira de Farmacognosia 18(2):314-319, 2008.

CERRI, GIOVANNI GUIDO. CHAMMAS, MARIA CRISTINA. **Ultrassonografia Abdominal.** Série Ultrassonografia. Segunda edição, cap 1, p.2-31, São Paulo 2009.

CLEMENTE C. **Gray's anatomy of the human body.** 30 ed. Lippincott Williams & Wilkins, December 1, 1985.

CORREA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M.C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas.** Curitiba: SEAB-EMATER-PR, il, 1991, p.150

CORRÊA, N.F., CAMARGO JR, F. B., IGNÁCIO, R. F., LEONARDI, G. R. **Avaliação do comportamento reológico de diferentes géis hidrofílicos.** Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, v. 41, n. 1, p.73-78, 2005.

CORRÊA, P. - **Dicionário de Plantas úteis do Brasil.** p. 227-228, 1984.

COUINAUD C. **Le foie: etudes anatomiques ET chirurgicales.** Paris: Masson, 1957.

CUI, S.W. et al. **Synergisms between yellow mustard mucilage and galactomannans and applications in food products** - A mini review. *Advances in Colloid and Interface Science*, v.128-30, n.1, p.249-56, 2006. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 15 dez. 2007.

DAF/SCTIE/MS – RENISUS. **Relação de plantas medicinais – SUS**. Disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/SUS/pdf/ms_relacao_plantasmedicinais_sus>. Acesso em: 05 mar. 2015.

DAVIS, R.H. - **Wound healing: oral and topical activity of Aloe vera**. *J. Am. Podiat. Med. Assoc.* 79(8): 395-397; 79(11): 559-562, 1992.

DUMITRIU, S. as **Biomaterials Polysaccharides. Polymeric Biomaterials**. Marcel Dekker: New York, 2002. Falkenberg LB. Grupos de metabólitos vegetais: Quinona. In: Simões CMO, Schenkel EP, Gosmann G, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR (Org). *Farmacognosia da planta ao medicamento*. Porto Alegre: Editora da UFSC, 2007. p.675.

FALKENBERG LB. **Grupos de metabólitos vegetais: Quinona**. In: Simões CMO, Schenkel EP, Gosmann G, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR (Org). *Farmacognosia da planta ao medicamento*. Porto Alegre: Editora da UFSC, 2007. p.675.

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

FEMENIA, A., SÁNCHEZ, E., SIMAL, S. & ROSSELLÓ, C. 1999. **Compositional features of polisaccharides from Aloe vera (Aloe barbadensis Miller) plant tissues**. *Carbohydrates polymers*, 3, 109-117.

FERREIRA, M. A. CARDOSO, K. C. F. DIAS, F. G. G. BRUNELLI, A. T.J. HONSHO, C. S. **Ultrassonografia Ocular como Complemento do Exame Oftalmológico**. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

FRANCO, L.C.L. **Uso de plantas medicinais tem apoio científico**. 2006. Disponível em: <<http://www.feridologo.com.br/fitoterapia2.htm>>. Acesso: 15 dez. 2007.

GRINDLAY, D.; REYNOLDS, T. **The Aloe vera Phenomenon: A review of properties and modern uses of the leaf parenchyma gel**. *Journal of Ethnopharmacology*. v. 16, p.117-151. Lausanne, 1986.

GUNDERMAN, RICHARD B. **Fundamentos de radiologia: apresentação clínica, fisiopatologia, técnicas de imagens** 2nd Ed. / Richard b. Gunderman: revisão técnica Henrique Manoel Lederman; tradução Telma Lúcia de Azevedo Hennemann. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

HAMMAN, J. H. **Composition and applications of Aloe vera leaf gel**. *Molecules*, vol. 13, p. 1599-1616, 2008.

HARAGUCHI, LINETE MARIA MENZENGA E CARVALHO, OSWALDO BARRETTO de. São Paulo: Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Divisão Técnica Escola Municipal de Jardinagem, 2010.

HENCH, L. L. **Biomaterials: a forecast for the future**. Biomaterials, v. 19, p. 1419-1423, 1998. Kwack SJ, Kim KB, Lee BM. Estimation of Tolerable Upper Intake Level (UL) of Active Aloe. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 72: 1455–1462, 2009.

KWACK SJ, Kim KB, Lee BM. **Estimation of Tolerable Upper Intake Level (UL) of Active Aloe**. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 72: 1455–1462, 2009.

KUNDU T. **Ultrasonic nondestructive evaluation: Engineering and Biological Material Characterization** [Livro]. - [s.l.] : CRC, 2003. - ISBN-10 0849314623.

KUZUYA, H.; TAMAI, I.; BEPPU, H.; SHIMPO, K. & CHIHARA, T. **Determination of aloenin, barbaloin and isobarbaloin in Aloe species by micellar electrokinetic chromatography**. Journal of Chromatography. v. 752, 2001. 91-97p.

LEITE C. C. **Física da ultra-sonografia** [Online]. - Departamento de Radiologia da Faculdade de Medicina da USP, 2007. - 20 de julho de 2009. - <http://www.hcnet.usp.br/inrad/departamento/graduacao/mdr609.htm>.

LIMA, E. R. de A. **Cálculo de Propriedades Físico-Químicas de Sistemas Coloidais via Equação de Poisson-Boltzmann**. 144f. Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química, 2008.

LOW, J.; REED. A. **Therapeutic ultrasound**. In: LOW, J.; REED. A. (Eds.). Electrotherapy explained: principles and practice. Philadelphia: Elsevier Health Science, 2002.472p.

MAIA-FILHO, A.L.M.; SILVA,V.S.; BARROS,T.L.; COSTA, C.L.S.; MAIA, E.P.V.D.; ARAÚJO, K.S.; SANTOS, I.M.S.P.; VILLAVERDE, A.G.J.B.; CARVALHO, F.A.S.; CARVALHO, R.A. **Efeito do gel da babosa (Aloe barbadensis Mill.) associado ao ultrassom em processo inflamatório agudo**. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.13, n.2, p.146-150, 2011.

MARSHALL, J.M. **Aloe vera gel: whats is the evidence?** The Pharmaceutical journal, 244: 360-62, 1990.

MARI J. M. e CACHARD C. Acquire real-time RF digital ultrasound data from a commercial scanner [Artigo] // Electronic Journal Technical Acoustics. - 2007.

MASSELLI, I. B. WU, D. S. K. PINHEDO,H. A. **Manual Básico de Ultrassonografia**. São Paulo: Departamento de Diagnóstico por Imagem da UNIFESP, 2013.

MAENTHAISONG, R. et al. **The efficacy of *Aloe vera* used for burn wound healing: A systematic review**. Burns, v.33, n.6, p.713-8,2007. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 09 mar. 2009.

MCKEOWN, E. ***Aloe vera***. Cosmetics & Toiletries. v. 102, 1987. 64-65p.

MELLO JÚNIOR, C.F. **Radiologia Básica**/ Carlos Fernando de Mello Júnior, cap 1, p.6-9, Rio de Janeiro: Revinter, 2010.

MEYERS MA. **Dynamic radiology of the abdômen: normal and pathologic anatomy**. 5th ed. Berlim: Springer, 2000.

MIDDLETON WD, KURTZ AB, HERTZBERG, BS. **Ultrasound – The requisites**. 2nd ed. St. Louis: Mosby, 2004.

MOORE K. **Clinically oriented anatomy**. Philadelphia: WB Saunders, 1992.

NETTER F. **The ciba collection of medical illustrations**. V.3. Digestive system. New York: Ciba, 1957.

NI, Y. et al. **Isolation and Characterization of structural componetes of *Aloe vera* L. leaf pulp**, 2004.

ORÉFICE, R. L. - “**Biomateriais: fundamentos e aplicações**”, Cultura Médica, Rio de Janeiro, 2006.

RUMACK CM, WILSON SR, CHARBONEAU JW. **Diagnostic ultrasound**. V.1. St. Louis: Mosby, 2004.

SCHILLING, A. F.; LINHART, W.; FILKE, S.; GEBAUER, M.; SCHINKE, T.; RUEGER, J. M.; AMLING, M. **Resorbability of bone substitute biomaterials by human osteoclasts**. Biomaterials, v. 25, p. 3963-3972, 2004.

SERNIK, R. **Ultrassonografia do sistema Musculoesquelético – Correlação com Ressonância Magnética**. Livraria e Editora Revinter. Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, A. R. **Aromaterapia em dermatologia e estética**. Editora, São Paulo, Roca 2004.

SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5.ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/Editora da UFSC, 2004.1102p.

STANDRING S. GRAY’S ANATOMY. **The anatomical basis of clinical practice**. London : Elsevier/Churchill Livingstone, 2005.

STEVENS, Neil, **O Poder Curativo da Babosa – *Aloe vera*** – Selestial Connection – (Tradução – SCAPIN, S.) – São Paulo: Madras Editora Ltda, 1999.

TANAKA M, Misawa E, Ito Y, Habara N, Nomaguchi K, Yamada M, Toida T, Hayasawa H, Takase M, Inagaki M, Higuchi R. **Identification of Five Phytosterols**

from *Aloe vera* Gel as Anti-diabetic Compounds. *Biol. Pharm. Bull.* 29(7) 1418-1422, 2006.

TURNER C, WILLIAMSON D.A, STROUD P.A, TALLEY D.J. **Evaluation and comparison of commercially available Aloe vera L. products using size exclusion chromatography with refractive index and multiangle laser light scattering detection.** *Int Immunopharmacol.* 2004;4:1727-37.

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

XAVIER, A. C. F. **Incorporação em Lipossomos da Aloína e imobilização em filmes nanoestruturados para aplicação em liberação modificada de fármacos,** 2011.

ZAGO, **Cancer tem cura!.** 37 ed. Petrópolis: Vozes,5: 53; 8: 129-142; 10: 170, 2007.