



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



VANESSA SENA CORREIA LIMA

**ESTUDO DO FLUORELASTÔMERO VITON® UTILIZADO PARA REVESTIMENTO
DA PONTEIRA DOS EQUIPAMENTOS ENDOSCÓPICOS**

CAMPINA GRANDE

2014

VANESSA SENA CORREIA LIMA

**ESTUDO DO FLUORELASTÔMERO VITON UTILIZADO PARA REVESTIMENTO
DA PONTEIRA DOS EQUIPAMENTOS ENDOSCÓPICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais como requisito parcial à Obtenção do título de mestre em Ciência e Engenharia de Materiais

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Lia Fook

CAMPINA GRANDE

2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

L732e Lima, Vanessa Sena Correia.
 Estudo do fluorelastômero viton utilizado para revestimento da ponteira dos equipamentos endoscópicos / Vanessa Sena Correia Lima. – Campina Grande, 2014.
 57 f. : il. color.

 Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

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

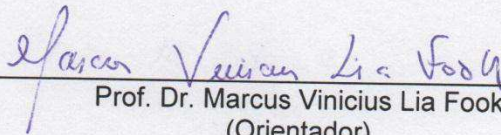
 1. Biomateriais. 2. Fluoreslatômero. 3. Viton. I Fook, Marcus Vinicius Lia. II. Título.

CDU 620.1(043)

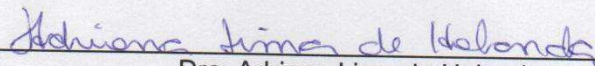
**Caracterização do Fluorelastômero Viton Utilizado para Revestimento da
Ponteira dos Equipamentos Endoscópicos**

Vanessa Sena Correia Lima

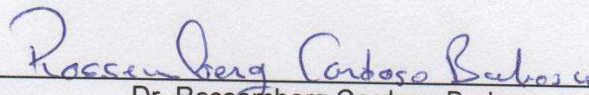
Dissertação Aprovada em 15/09/2014 pela banca examinadora constituída dos
seguintes membros:



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



Dra. Adriana Lima de Holanda
(Examinadora Externa)
FCM / FACISA



Dr. Rosserberg Cardoso Barbosa
(Examinador Externo)
Pesquisador

AGRADECIMENTOS

À minha mãe e ao meu pai, que são inspiração para todas as descobertas.

A meus amigos próximos, sem os quais não chegaria a lugar algum.

A Endossist, na figura de Claudio Bogea.

A todos os que ajudaram com dedicação e entusiasmo a realizar este trabalho e que podem agora conhecer o fim de mais uma jornada. Agradeço por terem acreditado.

“A persistência é o menor caminho do êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

Biomaterial é um termo usado para indicar os materiais que constituem as peças de implantes médicos, dispositivos extracorporais, e descartáveis que têm sido utilizados em medicina bem como em todos os aspectos de saúde do paciente. As aplicações dos biomateriais são muitas e variadas, incluindo desde dispositivos de uso prolongado, como veias e válvulas artificiais, a dispositivos de exames, como endoscópios. Endoscopia, que significa olhar por dentro, trata-se de uma especialidade médica que se utiliza de um equipamento chamado de endoscópio para diagnóstico e tratamento de enfermidades. Através da endoscopia podem-se diagnosticar enfermidades, efetuar biópsias de lesões, extrair corpos estranhos, realizar dilatações, fazer acompanhamentos após cirurgias, passar sondas ou cateteres, tratar sangramentos, retirar pólipos e acessar a via biliar para realizar procedimentos cirúrgicos. Os endoscópios flexíveis possuem em sua ponta flexível uma borracha conhecida como Fluorelastômero Viton®. Os fluorelastômeros são elastômeros sintéticos fluorados, conhecidos como Borracha Fluorada para serviços em temperaturas elevadas e ambientes quimicamente agressivos. Baseado no exposto este trabalho teve como objetivo estudar o fluorelastômero Viton® utilizado no revestimento de ponteiros dos equipamentos endoscópicos. Foram verificadas três grupos de amostras de ponteiros de endoscópios constituídas de Viton® denominadas G, M e P, em sua forma virgem e tratadas com álcool etílico e HCl, ambos concentrados, onde estas amostras foram caracterizadas por Microscopia Óptica (MO), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDS), Difração de raios X (DRX), Ensaio de Ângulo de Molhabilidade e Ensaio de Citotoxicidade. Verificou-se para todas as amostras (G, M e P) uma superfície com morfologia granulada e irregular, com presença de elementos contaminantes e imperfeições, com bandas características de fluorelastômeros, difratogramas amorfos típicos de elastômeros, caráter hidrofílico e toxicidade em meio celular exceto para a amostra M. Observou-se que o tratamento com álcool etílico não provocou alteração estrutural no fluorelastômero agindo apenas como eliminador de impurezas superficiais. O tratamento com HCl provocou alterações na morfologia e estrutura química do elastômero. Verificou-se a necessidade de adaptação da rota de produção deste fluorelastômero para utilização como biomaterial. Foi proposta a utilização de revestimentos a base siloxanos que possam aumentar a vida útil do fluorelastômero Viton®.

Palavras-chave: Biomaterial. Fluorelastômero. Viton®.

ABSTRACT

Biomaterial is a term used to indicate the materials constituting the parts of medical implants, extracorporeal devices, disposable and which have been used in medicine as well as in all aspects of patients' health. The applications of biomaterials are many and varied, ranging from extended use devices such as artificial valves and veins, the devices exams such as endoscopes. Endoscopy, which means looking inside, it is a medical specialty that uses a device called endoscope for diagnosis and treatment of diseases. By endoscopy can be diagnosed illnesses, perform biopsies of lesions, extracting foreign bodies, perform dilations, do follow ups after surgery, spend probes or catheters, to treat bleeding, remove polyps and access to the surgical procedures biliary. Flexible endoscopes have in your flexible rubber tip one known as Viton® fluoroelastomer. The fluoroelastomers are synthetic fluorinated elastomers, known as Rubber Fluorinated services to high temperatures and chemically aggressive environments. Based on the above this work was to study the Viton® fluoroelastomer coating used on tips of endoscopic equipment. Three groups of samples from the tips of endoscopes consist of Viton® called L, M and P, in its virgin form and treated with HCl and ethyl alcohol, both concentrated where these samples were characterized by Optical Microscopy (OM), Electron Microscopy Were Verified (SEM), Spectroscopy in the Region of Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy Energy Dispersive X-ray (EDS), diffraction (XRD), test of Angle Wettability and Cytotoxicity Assay rays. It was found for all samples (L, M, P) and a surface irregular with granular morphology, presence of contaminants and imperfections, characteristic bands of fluoroelastomers, typical XRD of amorphous elastomers, hydrophilic, and toxicity in cell except for M. In the sample was observed that treatment with ethanol did not cause structural changes in the fluoroelastomer as scavenger only surface impurities. Treatment with HCl caused changes in the morphology and chemical structure of the elastomer. There was a need to adapt the production of fluoroelastomer route for use as a biomaterial. The use of coatings siloxanes base that can increase the life of Viton® fluoroelastomer was proposed.

Keywords: Biomaterial. Fluoroelastomer. Viton®.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Exemplos de procedimentos onde a endoscopia é utilizada.....	19
Figura 2	a) Fibroendoscópio e b) Videoendoscópio	21
Figura 3	Laparoscópio ou telescópio.....	22
Figura 4	Diagrama ilustrando as composições possíveis entre os monômeros VF2/HFP/TFE.....	25
Figura 5	Fluxograma de execução das caracterizações	29
Figura 6	Microscopia Óptica (MO) do Viton® G nos aumentos de a) 350x e b) 3500x	33
Figura 7	Microscopia Óptica (MO) do Viton® M nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.....	33
Figura 8	Microscopia Óptica (MO) do Viton® M nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.....	34
Figura 9	Microscopia Óptica (MO) do Viton® G tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x	35
Figura 10	Microscopia Óptica (MO) do Viton® G tratadas com HCl P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.....	35
Figura 11	Microscopia Óptica (MO) do Viton® M tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x	36
Figura 12	Microscopia Óptica (MO) do Viton® M tratadas com HCl P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.....	36
Figura 13	Microscopia Óptica (MO) do Viton® P tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x	37
Figura 14	Microscopia Óptica (MO) do Viton® P tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x	37
Figura 15	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® G nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.....	38
Figura 16	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® M nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.....	39
Figura 17	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® P nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.....	39
Figura 18	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® G tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x	40
Figura 19	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® G tratadas com HCl P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.....	41
Figura 20	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® M tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x	41
Figura 21	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® M tratadas com HCl P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.....	42
Figura 22	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® P tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x	42

Figura 23	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® P tratadas com HCl P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.....	43
Figura 24	Espectroscopia na Região de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para as amostras de Viton® G, M e P	44
Figura 25	Espectroscopia na Região de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para a amostra de Viton® G Virgem e tratado com Álcool Etílico e HCl	44
Figura 26	Espectroscopia na Região de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para a amostra de Viton® M Virgem e tratado com Álcool Etílico e HCl	45
Figura 27	Espectroscopia na Região de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para a amostra de Viton® P Virgem e tratado com Álcool Etílico e HCl	45
Figura 28	Difração de Raios X (DRX) para amostra de Viton® G Virgem, tratada com Álcool Etílico Absoluto e com HCl. Figura	48
Figura 29	Difração de Raios X (DRX) para amostra de Viton® M Virgem, tratada com Álcool Etílico Absoluto e com HCl	49
Figura 30	Difração de Raios X (DRX) para amostra de Viton® P Virgem, tratada com Álcool Etílico Absoluto e com HCl	49
Figura 31	Ensaio de Tensão Superficial para as amostras de Viton® virgem, e tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. e HCl P.A.....	50
Figura 32	Ensaio de Citotoxicidade para as amostra de fluorelastômero Viton® G, M e P.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Ilustração esquemática do desenvolvimento histórico dos Fluorelastômeros, suas estruturas químicas e os nomes dos primeiros fabricantes.	23
Tabela 2	Impacto das propriedades nas combinações elastoméricas dos diversos monômeros	24
Tabela 3	Espectroscopia por Energia Dispersiva de Raios X (EDS) das amostras de fluorelastômero Viton® G, M e P	47

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CERTBIO	Laboratório de Avaliação e Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste
DRX	Difração de Raios X
EDS	Espectroscopia por Energia Dispersiva de Raios X
FTIR	Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MO	Microscopia Óptica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivos gerais	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO DA LITERATURA	16
3.1	Biomateriais	17
3.2	Endoscopia	18
3.2.1	<i>Endoscópio Flexível</i>	20
3.2.2	<i>Endoscópio Rígido</i>	21
3.3	Fluoroelastômeros	22
3.3.1	Histórico dos fluoroelastômeros	22
3.3.1	Tecnologia de produção dos fluoroelastômeros	25
3.3.1.1	<i>Mecanismo da vulcanização</i>	27
4	MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1	Materiais	29
4.2	Métodos	29
4.2.1	<i>Caracterizações</i>	30
4.2.1.1	<i>Microscopia Óptica (MO)</i>	30
4.2.1.2	<i>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</i>	30
4.2.1.3	<i>Espectroscopia da Região de infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)</i>	31
4.2.1.4	<i>Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDX)</i>	31
4.2.1.5	<i>Difração de raios X (DRX)</i>	31
4.2.1.5	<i>Tensão Superficial</i>	31
4.3.1.6	<i>Ensaio de Citotoxicidade</i>	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	<i>Microscopia Óptica (MO)</i>	33
5.2	<i>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</i>	33
5.3	<i>Espectroscopia da Região de infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)</i>	38
5.4	<i>Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDX)</i>	43
5.5	<i>Difração de raios X (DRX)</i>	46
5.6	<i>Tensão Superficial</i>	48
5.7	<i>Ensaio de Citotoxicidade</i>	51
6	CONCLUSÕES	53
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Endoscopia, que significa olhar por dentro, trata-se de uma especialidade médica que se utiliza de um equipamento chamado de endoscópio para diagnóstico e tratamento de enfermidades. O exame e a interpretação dos resultados encontrados são realizados em tempo real (COHEN, 2008).

O endoscópio é um aparelho que consta basicamente de uma fonte de luz e alguma forma de visualização da imagem. É utilizado para examinar a mucosa do trato digestivo, respiratório, urinário, etc. Existem diferentes tipos de endoscópios, podendo ser denominados por colonoscópios, enteroscópios, duodenoscópios, broncoscópios, nasoendoscópios, etc (BARBOSA 2010; DLUBECK; et al., 2004).

Os avanços tecnológicos tornaram os endoscópios mais flexíveis, permitindo o maior conforto para o paciente durante o exame. Esses avanços também proporcionaram ao equipamento a capacidade de diagnosticar enfermidades, efetuar biópsias de lesões, extrair corpos estranhos, realizar dilatações, fazer acompanhamentos após cirurgias, passar sondas ou cateteres, tratar sangramentos, retirar pólipos e acessar a via biliar para realizar procedimentos cirúrgicos (GIOVEDI; et al., 2005; THOMAS, 2003).

Existem basicamente dois diferentes tipos de equipamentos de endoscopia: Fibroscópios, que transmitem a imagem através de feixes de fibra ótica e os Vídeoscópios, que transmitem as imagens através de uma micro câmera, ou CCD, e com isso gera-se uma imagem eletrônica (OGUNNIYI D, HEPBURN, 2003).

Com a evolução da tecnologia, atualmente já se tornou possível ganhar um aumento da imagem de até 100 vezes o tamanho normal, com a magnificação ótica (ou zoom ótico) nos endoscópios eletrônicos (JAGELS, et al, 2008).

Na sua constituição, o equipamento de endoscopia é formado por diferentes tipos de materiais. Uma grande preocupação dos profissionais que lidam com esse equipamento é o comportamento desses materiais durante a realização dos exames como também durante o processo de esterilização. A ponta do endoscópio é revestida por uma malha de aço, que protege e aumenta a sua resistência, e por um fluorelastômero conhecido como Viton®. O Viton® é um elastômero fluorcarbônico que permite a flexibilidade da ponteira do equipamento, possibilitando a realização

de manobras durante o exame, caso ocorra algum desgaste e consequente fissura deste revestimento ocorrerá infiltração, contaminação e danos ao endoscópio.

O equipamento endoscópico é ferramenta essencial não somente na investigação como também no tratamento de enfermidades. Faltam técnicos em grande parte do território nacional. A motivação para este estudo surgiu por saber da possibilidade de degradação do material com consequente infiltração, reduzindo os atendimentos, podendo aumentar o risco de propagar infecções e reduzindo a vida útil do equipamento de trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Estudar o fluorelastômero Viton® utilizado no revestimento de ponteiros dos equipamentos endoscópicos.

2.2 Específicos

- Analisar as características morfológicas, químicas, físicas e biológicas do fluorelastômero Viton® virgens e submetidos aos tratamentos com Álcool Etílico e HCl;
- Propor materiais alternativos para o revestimento da ponteira de endoscópios que atendam as necessidades dos procedimentos em que é utilizada.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Biomateriais

Biomaterial é um termo usado para indicar os materiais que constituem as peças de implantes médicos, dispositivos extracorporais, e descartáveis que têm sido utilizados em medicina, cirurgia, odontologia e medicina veterinária, bem como em todos os aspectos de saúde do paciente. O National Institutes of Health Consensus Development Conference definiu como um biomaterial "qualquer substância (que não seja uma droga) ou a combinação de substâncias, sintéticas ou de origem natural, que podem ser utilizados para qualquer período de tempo, como um todo ou como parte de um sistema que trata, aumenta, ou substitui qualquer tecido, órgão ou função do corpo". O denominador comum de todas as definições que têm sido propostas para os biomateriais é o reconhecimento indiscutível que os biomateriais são distintos das outras classes de materiais por causa dos critérios de biocompatibilidade especiais que devem apresentar (BORETOS, ÉDEN, 1984).

Há enorme diversidade de biomateriais que se diferem pelo modo de aplicação, tempo de permanência em contato com os tecidos e o material utilizado para sua fabricação. A variedade de aplicações destes materiais compreende desde implantes dentários ou de articulações, como o joelho, placas e parafusos ortopédicos, até válvulas cardíacas, lentes de contato, DIU's, fios de sutura, enchimentos para cirurgia plástica e inúmeros outros (DANTAS et al, 2011).

O desenvolvimento dos biomateriais usados em dispositivos médicos tem ocorrido como resposta ao crescimento do número de pessoas afetadas por situações de origem traumática e não traumática que requerem uma intervenção por parte da medicina para proporcionar o tratamento e respectiva recuperação do indivíduo. À medida que a população envelhece, existe uma necessidade acrescida de dispositivos médicos para substituir ou reparar tecidos ou órgãos lesados (SILVER, 1994).

As aplicações dos biomateriais são muitas e variadas, incluindo desde dispositivos de uso prolongado, como veias e válvulas artificiais, e dispositivos de uso único ou de exames, como sacos para preservar sangue e endoscópios respectivamente (RIMMER, 2001).

3.2 Endoscopia

Após observar o desempenho de um engolidor de espadas, Adolf Kussman foi o primeiro a tentar observar diretamente o estômago e, em 1868, realizou uma demonstração do procedimento na seção da Sociedade de Naturalistas de Freiberg. A visibilidade do estômago, com o auxílio de dois tubos rígidos, ficou prejudicada pela fraca iluminação e pela presença de alimentos. A demonstração evidenciou a possibilidade de inserção de tubos de metal nas curvaturas naturais do estomago. Ainda em 1868, John A Bevan construiu o primeiro esofagoscópio. Com o advento da lâmpada e aperfeiçoamento dos sistemas ópticos foram lançadas as bases para o desenvolvimento de aparelhos cada vez mais sofisticados (MÓDENA, 1993; MOURÃO, 1984).

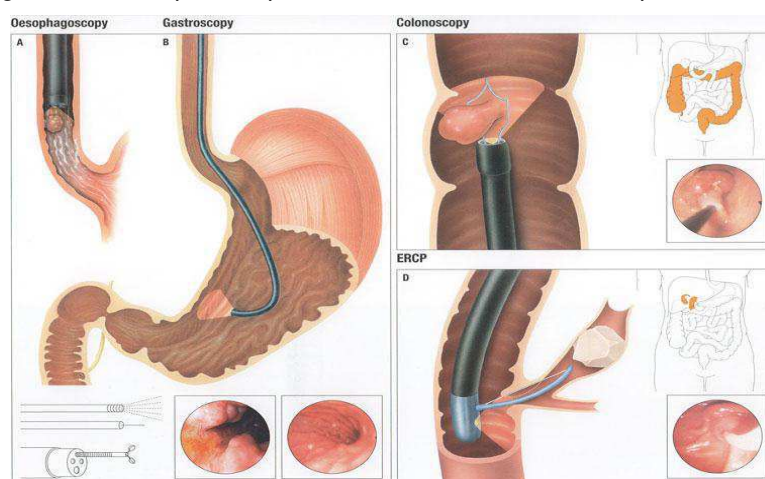
A primeira observação da mucosa gástrica, do peristaltismo antral e do piloro devem-se a Mikulitz em 1881, com o desenvolvimento do primeiro gastroscópio rígido, sendo, portanto, considerado o pai da endoscopia. Leoning, Stieda, Elsner, Rudolph e Schindler são também importantes nomes no desenvolvimento da área. Schindler em 1923 publicou o primeiro Atlas de Endoscopia com o resultado de 400 exames, deixando pouco a ser acrescentado em termos de doenças gástricas. Em parceria com o óptico George Wolf, Schindler construiu, em 1932, o primeiro gastroscópio semiflexível, sendo apenas, em meados da década de cinquenta, desenvolvido o primeiro gastroscópio totalmente flexível nos Estados Unidos por Hirschowitz. Utilizando feixes de fibras óticas formadas por duas camadas concêntricas de vidro, o gastroscópio totalmente flexível tornou possível a transmissão da luz e da imagem, mesmo quando há curvatura da fibra. Em 1962 foi lançado a gastrocâmara, que tornou possível fotografar o estômago. Desenvolvida no Japão e amplamente utilizada para diagnóstico precoce de câncer, a gastrocâmara permitiu, com a divulgação de trabalhos realizados por pesquisadores daquele país, ampla difusão mundial da endoscopia (CASTRO, 1994; MOURÃO, 1984; MÓDENA, 1993).

Aperfeiçoamentos recentes dos aparelhos de endoscopia incluíram canal para biópsia, insuflação automática e aspiração, maior sofisticação da iluminação, visão frontal e oblíqua, maior maleabilidade, calibre progressivamente reduzido e o vídeoendoscópio, que abriu novas perspectivas em termos de qualidade,

armazenamento e transmissão de imagens, facilitando o diagnóstico e intercâmbio de informações entre especialistas (MÓDENA, 1993).

A realização de uma endoscopia pode ser indicada com objetivo diagnóstico e/ou terapêutico. Através da endoscopia podem-se diagnosticar enfermidades, efetuar biópsias de lesões, extrair corpos estranhos, realizar dilatações, fazer acompanhamentos após cirurgias, passar sondas ou cateteres, tratar sangramentos, retirar pólipos e acessar a via biliar para realizar procedimentos cirúrgicos (Figura 1) (THOMAS, 2003).

Figura 1 – Exemplos de procedimentos onde a endoscopia é utilizada.



Fonte – THOMAS; ERIC, (2003).

A endoscopia digestiva alta visualiza o orofaringe, esôfago, estômago e o duodeno proximal e suas indicações vão desde a investigação de queixas como dispepsia e dor epigástrica, resultados anormais ou inconclusivos de exames radiológicos e acompanhamentos ou controle de determinadas doenças. A SOBED (Sociedade Brasileira de Endoscopia Digestiva) inclui como indicação diagnósticas, além de dispepsia, dor epigástrica e raio X anormal ou inconclusivo, azia ou pirose, náusea ou vômitos, disfagia, hemorragia digestiva alta, emagrecimento e ingestão cáustica. Indica ainda exame no controle do tratamento clínico de doença ulcerosa péptica e no seguimento de doenças com alta probabilidade de serem pré-cancerosas, como doença de Barrett e gastrite atrófica. Em pacientes que não apresentam sintomas do aparelho digestivo, o exame pode ser realizado para investigar causa primária de metástase de carcinoma, bem como diagnóstico

precoce de câncer gástrico em população de alto risco (MÓDENA, 1993; CASTRO, 1994).

A endoscopia digestiva alta também possibilita intervenções terapêuticas como hemostasia, dilatações de estenoses, colocação de stents, ablação do esôfago de Barrett, ressecção endoscópica de tumores gastrointestinais, remoção de corpo estranho, dilatação pneumática ou injeção de toxina botulínica na acalasia, terapia endoscópica para a doença do refluxo gastroesofágico (COHEN, 2008).

As complicações do exame endoscópico surgem devido a sedação, sangramento ou perfuração (COHEN, 2008).

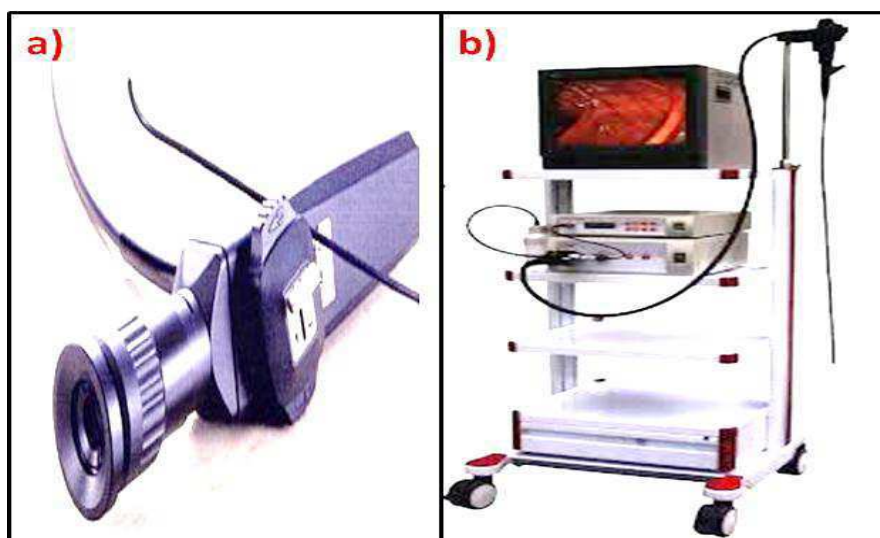
Os endoscópios tem contato com mucosas e exigem um cuidadoso nível de desinfecção. A desinfecção e esterilização são processos relativos, ou seja, tem a capacidade de redução microbiana da ordem de 1 milhão de unidades formadoras de bactérias por mililitro ou partículas virais (MOESOLETTO).

Existem basicamente dois diferentes tipos de equipamentos de endoscopia: endoscópio flexível e endoscópio rígido.

3.2.1 Endoscópio Flexível

Existem dois tipos de endoscópios flexíveis, o fibroendoscópio e o videoendoscópio. Diferenciam-se quanto à forma e como captam e transmitem as imagens para óptica ou monitor. Nos fibroendoscópios (Figura 2 a) as imagens são transmitidas do objeto, através das fibras de vidro ópticas até uma lente magnificente, porém a imagem não tem a mesma qualidade da observada na ótica. Segundo Burns (2004) a imagem fica mais escura, pois a câmera não tem habilidade de captar adequadamente, tal como o olho humano. A imagem pode ser transmitida através de um monitor, quando uma câmera de vídeo externa for acoplada à lente. Eles são a escolha frequente de clínicos que trabalham na prática ambulatorial, sendo a sua principal vantagem o custo barato e a facilidade de transporte (BARAKZAI, 2007).

Figura 2 – a) Fibroendoscópio e b) Videoendoscópio.



Fonte – Adaptado de BARAKZAI, (2007).

No videoendoscópio (Figura 2 b), a imagem é produzida na lente objetiva, que fica na ponta distal do endoscópio, e esta é detectada por um chip. A imagem é transmitida por fios até um processador onde irá ser convertida em um sinal de vídeo padrão, que pode ser exibido em uma tela, impresso ou gravado em DVD ou fita de vídeo. Eles são mais caros que os fibroendoscópios, entretanto produzem uma imagem de melhor qualidade. A maioria dos sistemas não é portátil, já que estão ligados a grandes monitores e sistemas de gravação (BARAKZAI, 2007).

3.2.2 Endoscópio Rígido

Laparoscópio ou telescópio (Figura 3) é um endoscópio rígido que produz imagem magnificada na ocular, por meio da iluminação das estruturas internas do abdômen ou tórax. Eles estão disponíveis em vários tipos e ângulo de visão, sendo os mais populares os de 0° e 30° . O telescópio de 0° permite uma manipulação e orientação do instrumento mais fácil, já o de 30° permite uma visão maior da anatomia interna apenas girando o endoscópio em seu eixo longitudinal. Os endoscópios estão disponíveis em vários comprimentos e diâmetros (CHAMNESS, 2002), sendo os de ângulo de visão de 0° mais fáceis de manipular, pois o objeto encontra-se na sua frente. Já em um endoscópio com ângulo oblíquo, essa manobra, é mais complicada necessitando e maior experiência por parte do videocirurgião (YANMAZ; OKUMUS; DOGAN, 2007).

Figura 3 – Laparoscópio ou telescópio.



Fonte – Adaptado de YANMAZ; OKUMUS; DOGAN, (2007).

Os endoscópios flexíveis possuem em sua ponta flexível um revestimento por uma malha de aço, que protege e aumenta a sua resistência, e uma borracha conhecida como Fluoroelastômero Viton®.

3.3 Fluoroelastômeros

Os fluoroelastômeros são elastômeros sintéticos fluorados, conhecidos como Borracha Fluorada para serviços em temperaturas elevadas e ambientes quimicamente agressivos. Sua composição e peso molecular são cuidadosamente controlados para combinar fácil processamento com propriedades mecânicas, resistência a combustíveis, solventes e estabilidade térmica (WORM, 2002).

3.3.1 Histórico dos fluoroelastômeros

Os primeiros copolímeros de fluoreto de vinilideno e clorotrifluoretileno (VF2/CTFE) produzidos pela M. W. Kellogg apareceram durante meados dos anos 50, por solicitação da indústria militar americana. Tratam-se dos primeiros fluoroelastômeros disponíveis comercialmente, onde as propriedades dos elastômeros vulcanizados eram nitidamente superiores às dos elastômeros existentes na época. Pouco depois foram desenvolvidos os copolímeros de fluoreto de vinilideno e hexafluorpropileno (VF2/HFP) (DuPont & Kellogg), que logo substituíram os copolímeros VF2/CTFE. No final dos anos 50 a DuPont introduziu

um terpolímero de fluoreto de vinilideno, hexafluorpropileno e tetrafluoretileno (VF2/HFP/TFE), com resistência térmica e resistência a solventes superior a dos copolímeros. Nos anos 60 a Montecatini-Edison introduziu os copolímeros de fluoreto de vinilideno e 1-hidro-pentafluor-propileno (VF2/HFPE) e os terpolímeros de fluoreto de vinilideno, 1-hidro-pentafluor-propileno e tetrafluoretileno (VF2/HFPE/TFE). Estes fluoroelastômeros são inferiores em resistência química e térmica daqueles com composição VF2/HFP e VF2/HFP/TFE, principalmente pelo conteúdo reduzido de flúor (MOORE, 2006; SCHMIEGELI, WALTER, 1995; MORTON, 1987; WORM, GROOTAERT, 2002; ARCELLA, FERRO, 1997), a Tabela 1 apresenta o histórico de desenvolvimento de fluoroelastômeros com seus respectivos fabricantes.

Tabela 1 – Ilustração esquemática do desenvolvimento histórico dos Fluoroelastômeros, suas estruturas químicas e os nomes dos primeiros fabricantes.

ANO	ESTRUTURA QUÍMICA	FABRICANTE
1955	$\text{---}(\text{CH}_2\text{---CF}_2)\text{---}(\text{CF}_2\text{---CF})\text{---}$ <p style="text-align: center;"> Cl</p>	3M
1957	$\text{---}(\text{CH}_2\text{---CF}_2)\text{---}(\text{CF}_2\text{---CF})\text{---}$ <p style="text-align: center;"> CF₃</p>	DuPont
1960	$\text{---}(\text{CH}_2\text{---CF}_2)\text{---}(\text{CF}_2\text{---CF---CF}_2\text{---CF}_2)\text{---}$ <p style="text-align: center;"> CF₃</p>	DuPont
1960	$\text{---}(\text{CH}_2\text{---CF}_2)\text{---}(\text{CHF---CF})\text{---}$ <p style="text-align: center;"> CF₃</p>	Montecatini Edison
1960	$\text{---}(\text{CH}_2\text{---CF}_2)\text{---}(\text{CHF---CF---CF}_2\text{---CF}_2)\text{---}$ <p style="text-align: center;"> CF₃</p>	Montecatini Edison
1975	$\text{---}(\text{CH}_2\text{---CF}_2)\text{---}(\text{CF}_2\text{---CF---CF}_2\text{---CF}_2)\text{---}$ <p style="text-align: center;"> OCF₃</p>	DuPont
1975	$\text{---}(\text{CH}_2\text{---CF}_2)\text{---}(\text{CF}_2\text{---CF---CF}_2\text{---CF}_2)\text{---}$ <p style="text-align: center;"> OCF₃</p>	DuPont
1977	$\text{---}(\text{CH}_2\text{---CF}_2)\text{---}(\text{CH}_2\text{---CH---CF}_2\text{---CF}_2)\text{---}$ <p style="text-align: center;"> CH₃</p>	Asahi Glass
1990	$\text{---}(\text{CF}_2\text{---CF}_2)\text{---}(\text{CH}_2\text{---CH---CF}_2\text{---CF}_2)\text{---}$ <p style="text-align: center;"> CH₃</p>	Asahi Glass/3M
1992	$\text{---}(\text{CH}_2\text{---CH}_2)\text{---}(\text{CF}_2\text{---CF---CF}_2\text{---CF}_2)\text{---}$ <p style="text-align: center;"> CF₃</p>	Ausimont

Fonte – MOORE, (2006).

Na metade dos anos 70 a DuPont introduziu polímeros com composição VF₂/HFP, VF₂/HFP/TFE, VF₂/PAVE/TFE contendo pequenas quantidades de uma olefina com um átomo de bromo que é susceptível à vulcanização. Estes polímeros são vulcanizáveis com dinucleófilos ou peróxidos e têm a vantagem de permitir composições químicas com mais alto teor de flúor (70%, em massa), o que melhora a resistência a solventes, apresentando ainda, adequado desempenho em baixas temperaturas. Na Tabela 2 estão relacionados os monômeros utilizados para produzir os elastômeros fluorados e as características impactadas por cada monômero. Três dos monômeros (VDF, TFE e E) contribuem para uma maior cristalinidade do polímero se incorporados em uma sequência suficientemente longa. Os outros 3 monômeros (HFP, PMVE e P) possuem ramificações numerosas que impedem a cristalização, permitindo a produção de elastômeros amorfos. VDF e PMVE contribuem para a redução da temperatura de transição vítrea e, portanto contribuem para uma boa flexibilidade a baixa temperatura. Todos os fluorelastômeros tem boa resistência a hidrocarbonetos. VDF é um grupo polar que, especialmente, quando incorporado adjacente às unidades monoméricas perfluoradas, favorece ao inchamento quando em contato com solventes polares de baixo peso molecular e são susceptíveis ao ataque por bases. Unidades de etileno e propileno contribuem para o inchamento em contato com hidrocarbonetos, entretanto, são resistentes a solventes polares e a bases (MOORE, 2006; SCHMIEGELI, WALTER, 1995; MORTON, 1987; WORM, GROOTAERT, 2002; ARCELLA, FERRO, 1997).

Tabela 2 – Impacto das propriedades nas combinações elastoméricas dos diversos monômeros.

Monômero	Fórmula	Contribuição				
		Tg	Cristalinidade	Resistência a:		
				Hidrocarbonetos	Solventes Polares	Bases
VDF	CH ₂ =CF ₂	D	A	D	D	D
HFP	CF ₂ =CF-CF ₃	A	D	A	D	N
TFE	CF ₂ =CF ₂	A	A	A	A	N
PMVE	CF ₂ =CF-O-CF ₂	D	D	D	A	N
E	CH ₂ =CH ₂	A	A	D	A	A
P	CH ₂ =CH-CH ₃	A	D	D	A	A

A – Aumenta; D – Diminui; N – Não influencia.

Fonte – MOORE, (2006).

A seleção dos monômeros é baseada nas propriedades finais solicitadas. O monômero de fluoreto de vinilideno é sempre utilizado. Quando é solicitada uma

resistência superior em baixas temperaturas, utiliza-se o perfluoralquilviniléter ao invés do hexafluorpropeno. A introdução do TFE na composição do fluorelastômero contribui para uma melhora na estabilidade térmica e química, em detrimento a flexibilidade em baixas temperaturas (MOORE, 2006; SCHMIEGELI, WALTER, 1995; MORTON, 1987; WORM, GROOTAERT, 2002; ARCELLA, FERRO, 1997).

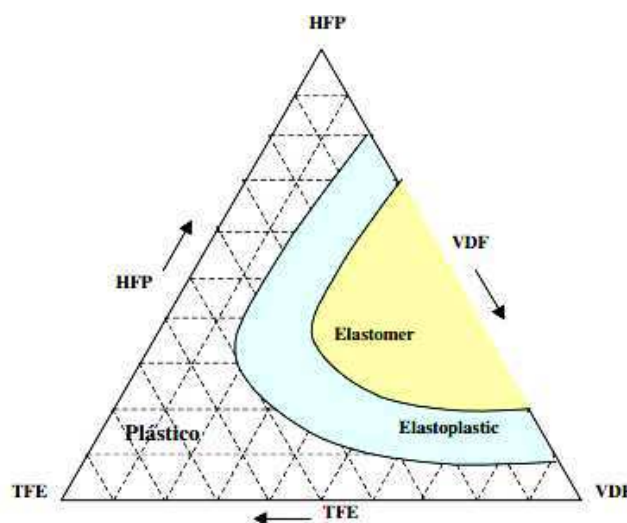
Variados processos de produção são empregados para produção de fluorelastômeros.

3.3.2 Tecnologia de produção dos fluorelastômeros

A Figura 4 mostra uma variação de composição que fornece uma estrutura elastomérica, relacionada aos três monômeros principais, VF₂, HFP e TFE. Sob aspecto molecular é importante ter aproximadamente uma unidade de HFP a cada 2 - 4 das outras unidades monoméricas para prevenir a cristalização do polímero e assegurar um polímero amorfo (SCHMIEGELI, WALTER, 1995; SANVITO, 2004; DOSTAL, MONAISH, 1936). As delimitações representadas pela área amarela na Figura 2 representam combinações de VF₂, HFP e TFE que geram características elastoméricas, enquanto que as combinações de VF₂, HFP e TFE representadas pela área branca representam materiais com características plásticas.

Os elastoplásticos, representados pela área azul, são materiais intermediários e não têm, geralmente, propriedades para uso comercial (MOORE, 2006).

Figura 4 – Diagrama ilustrando as composições possíveis entre os monômeros VF₂/HFP/TFE.



Fonte – MOORE, (2006).

Dostal (1936) mostrou que os fluorelastômeros são produzidos por polimerização de radicais livres em um sistema de emulsão. Os iniciadores de radicais livres mais comuns são os sais solúveis em solução aquosa de persulfatos de amônio ou potássio, ou o sistema redox persulfato/sódio sulfito. Conseqüentemente, os grupos terminais do fluorelastômero são principalmente grupos ácidos resultantes da hidrólise dos sulfatos intermediários. Em quantidades diferentes, estão presentes também os terminais da cadeia não-iônica, resultantes da transferência da cadeia ou desproporção do radical em crescimento.

Os fortes grupos de terminais iônicos agem como tensoativos internos, resultando em emulsões relativamente estáveis (ARCELLA, FERRO, 1997). O uso de tensoativos, os mais comuns são sais de ácidos perfluorcarboxílicos C8-C10, é opcional. Uma alta concentração de grupos terminais iônicos acarreta uma elevada formação de ionômeros, que, como conseqüência, confere altas viscosidades do polímero e da mistura. Ressaltamos que os polímeros de alta viscosidade são difíceis de processar (BOWER, 2002; BAUERLE, 1980). A concentração de grupos terminais iônicos destes polímeros pode ser minimizada fazendo a polimerização na presença de pequenas quantidades de agentes transferidores de cadeia, como álcoois e ésteres hidrocarbônicos, halogêneos e iodetos fluoralquílicos. Eles reagem com o radical agregando-se nas partículas ou como iniciador na fase aquosa, influenciando a velocidade de polimerização e a massa molar. Por essa razão é importante que para cada sistema de polimerização e combinação de monômeros, o tipo e a quantidade de agente transferidor de cadeia seja escolhido meticulosamente para dar um ótimo balanço entre peso molecular, velocidade de polimerização e concentração de terminais iônicos (MOORE, 2006; ARCELLA, FERRO, 1997; SANVITO, 2004).

A polimerização pode ser conduzida em contínuo, em condições de estado estacionário: monômeros, água, tensoativos, solução tampão e catalisadores são alimentados em contínuo em um reator com agitação nas condições ótimas de temperatura e pressão, enquanto a emulsão resultante é retirada continuamente. Uma técnica alternativa é a polimerização em “batch” ou “semi-batch”, obtida por meio da alimentação dos ingredientes em um reator com agitação, onde fixa-se a temperatura e a pressão por um tempo determinado ou até chegar ao equilíbrio da pressão. Ambos os métodos são utilizados comercialmente (MOORE, 2006; ARCELLA, FERRO, 1997; SANVITO, 2004).

As emulsões obtidas são normalmente coaguladas adicionando eletrólitos. O polímero precipitado é lavado com água e em seguida seco em estufa ou com extrusoras de dupla rosca operadas sob vácuo. Como agentes coagulantes pode-se usar cloreto de sódio, sulfato de magnésio ou alumínio. A quantidade e o tipo de eletrólito a ser utilizado define a estabilidade da emulsão. Uma emulsão pouco estável pode ser coagulada simplesmente por agitação (MOORE, 2006, ARCELLA, FERRO, 1997; SANVITO, 2004; MOORE, 1974).

Nas polimerizações iniciadas com persulfato, a massa molar aumenta com a redução da quantidade de iniciador. Nas polimerizações “batch” e “semi-batch”, as medidas de viscosidade intrínseca evidenciam uma não linearidade, na relação concentração de iniciador e massa molecular, para os campos de alto peso molecular, causado pela formação de gel. O uso dos transferidores de cadeia é um método eficaz para eliminar o gel, mediante a eliminação da transferência de cadeia entre o radical polimérico em aumento e a cadeia polimérica. Devido à elevada reatividade dos radicais fluorocarbônicos, quase todos os tipos de compostos são mais ou menos agentes eficazes de transferência de cadeia, exceto aqueles altamente fluorados (MOORE, 2006, ARCELLA, FERRO, 1997; SANVITO, 2004). Entre os preferidos são os fluorcarbonetos iodo-substituídos, porque dão vantagens posteriores às cadeias poliméricas com terminais iodados. A reatividade do terminal iodo é aproximadamente a mesma daquela do transferidor de cadeia. Portanto, sucessivas transferências de cadeia do terminal iodo fazem com que o sistema comporte-se como uma polimerização com radicais “living” (SANVITO, 2004; DOSTAL, MONAISH, 1936).

Com intuito de otimizar as propriedades dos fluorelastômeros aplica-se o processo de vulcanização.

3.3.3 Mecanismo da vulcanização

Os fluorelastômeros, como os outros tipos de elastômeros, precisam de vulcanização para otimizar as propriedades. Depois de aprofundados estudos (MOORE, 2006; ARCELLA, FERRO, 1997) concluiu-se que existem dois tipos fundamentais de vulcanização: Nucleófila (com diaminas ou bisfenóis) e Peroxídica.

Independentemente do sistema de vulcanização, o processo para se obter vulcanizados com propriedades superiores é realizado em duas fases. A primeira

fase consiste em uma aplicação de temperatura e de pressão, por exemplo: moldar um corpo-de-prova em uma prensa (vulcanização em prensa). A segunda fase (pós-vulcanização) que ocorre em ar ou nitrogênio com temperaturas mais elevadas do que as de moldagem e à pressão atmosférica. Para peças de espessura elevada, a temperatura da estufa é aumentada progressivamente para prevenir fissuras. As típicas condições de vulcanização são 150-180°C por 5-15 minutos, seguidas de 12-24 horas a 200-250°C em uma estufa de ar circulante. A pós-vulcanização contribui notavelmente para a melhora da deformação permanente por compressão, da carga a ruptura, da resistência aos fluidos e da resistência química (SANVITO, 2004).

Componentes fabricados a partir de fluorelastômeros trouxeram às áreas automotivas, aeroespacial, indústrias de processamento químico e geração de energia, maior confiabilidade e segurança, além destes materiais serem ambientalmente corretos (SANVITO, 2004; DUPONT, 2003). De acordo com a informação divulgada pela DuPont em 09 de outubro de 2007, quando comemorou os 50 anos da comercialização do Viton®, nome comercial do seu fluorelastômero, o mercado mundial de fluorelastômeros é de apenas 20.000 t/ano, mas apresentando um crescimento global considerável de 5-8% ao ano (DUPONT, 2003).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

O fluorelastômero Viton® destinado ao revestimento dos endoscópios foi fornecido pela empresa de material endoscópico ENDOSSIST Assistência Técnica de Equipamentos Hospitalares em um total de 24 ponteiros divididas em três grupos de tamanhos distintos. Estes grupos foram nomeados por G, M e P, nome estes que tem relação direta ao tamanho dos tipos de ponteira disponibilizados, representando na integra, Grande, Médio e Pequeno.

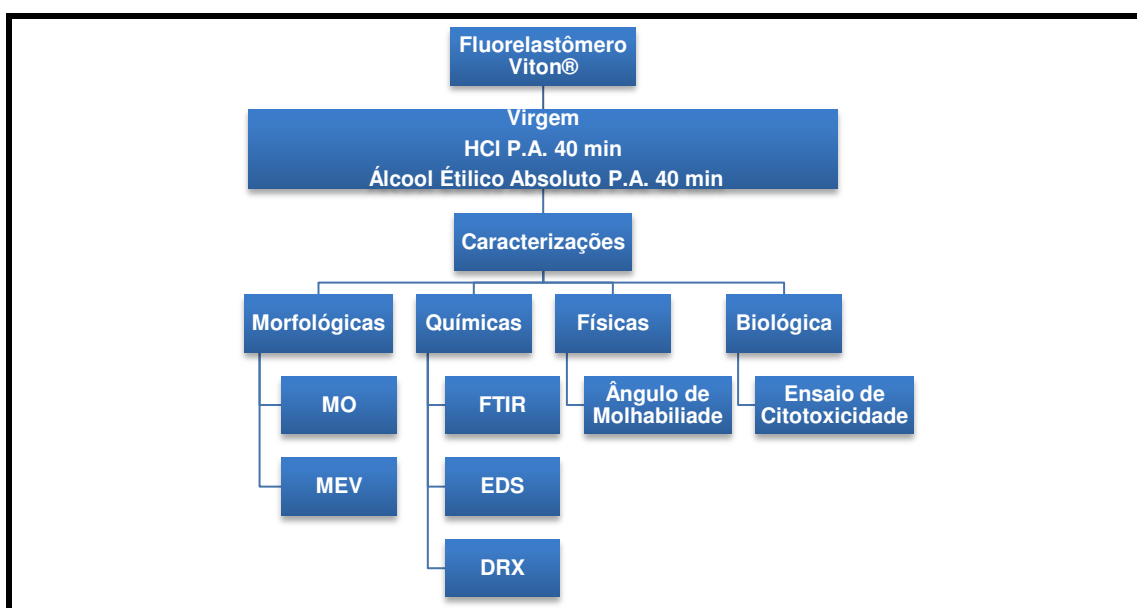
Outros reagentes utilizador foram:

- Ácido Clorídrico P.A., Vetec;
- Álcool Etilico Absoluto P.A., título 37,5, Vetec.

4.2 Métodos

. A pesquisa teve como base o roteiro metodológico da Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de execução das caracterizações.



Fonte – Próprio autor.

O fluorelastômero foi caracterizado virgem e submetido a dois tratamentos os quais tinham o objetivo de avaliar os efeitos de substâncias agressivas a superfície do material realizando submersão das amostras de fluorelastômero por 40 min em HCl título 37,5, P.A. e Álcool Etílico Absoluto 96%, estas substâncias foram escolhidas por apresentarem similaridade aos ambientes os quais esse material é submetido, como regiões com pH muito baixos (pH estomacal de -1) e processos de desinfecção com álcool 70-90%.

4.2.1 Caracterizações

Todas as amostras foram caracterizadas por Microscopia Óptica (MO), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDS), Difração de raios X (DRX) e Ângulo de Molhabilidade. O Ensaio de Citotoxicidade foi realizado apenas para a amostra virgem, pois esperava-se que os tratamentos empregados não agregassem novos compostos ao fluorelastômero, não sendo assim necessária a realização de novos Ensaio de Citotoxicidade.

4.2.1.1 Microscopia Ótica (MO)

A caracterização por microscopia ótica foi realizada em um Microscópio Óptico HIROX, com resolução máxima de 3500X, por luz transmitida, acoplado a uma estação de Captura e Análise de Imagens com Software especializado, foram realizados aumentos de 350x e 3500x.

4.2.1.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Foi utilizado microscópio eletrônico de varredura de bancada, modelo TM-1000, marca Hitachi, com aumento de 5000x, profundidade de foco de 1 mm, resolução de 30 nm, 15KV, baixo vácuo e pressão variada (1 a 270 Pa), sem recobrimento metálico, mesmo em amostras não condutoras. As análises foram efetuadas nos aumentos de 1000x, 2000x e 5000x.

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

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. A técnica FTIR foi usada para identificar as bandas características dos grupos funcionais presentes nos fluorelastômeros utilizando a faixa de varredura de 4000 a 400 cm^{-1} .

4.2.1.4 Espectroscopia por Energia Dispersiva de raios X (EDS)

As análises por espectroscopia por energia dispersiva de raios X foram realizadas no equipamento TM-1000, marca Hitachi, acoplado ao MEV TM-1000, marca Hitachi. Um detector instalado na câmara de vácuo do MEV mede a energia associada aos elétrons da amostra, como os elétrons de um determinado átomo possuem energias distintas, é possível determinar quais elementos químicos estão presentes na amostra. As análises foram efetuadas para o aumento de 1000x.

4.2.1.5 Difração de raios X (DRX)

As análises de difração de raios X foram conduzidas a temperatura ambiente em aparelho XRD-6000 Shimadzu, utilizando radiação $K\alpha$ do cobre (1,5418 Å), tensão de 40 kV e corrente 30 mA. Os fluorelastômeros foram analisados em um intervalo de 2θ entre 1,5 e 30,0 graus a uma velocidade de 1°/min.

4.2.1.6 Ângulo de Molhabilidade

Para a realização deste ensaio foi utilizado um goniômetro desenvolvido por técnicos da Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica da UFCG (Universidade Federal de Campina Grande) que se encontra instalado no Laboratório de Avaliação e Desenvolvimento de Biomateriais (CERTBIO) da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, da UFCG. Esse ensaios possibilita identificar o perfil

hidrofílico/hidrofóbico do material estudado. O ensaio foi realizado em triplicada para cada variável estudada.

4.2.1.7 Ensaio de Citotoxicidade

O Ensaio foi realizado para avaliar a toxicidade do material em meio biológico.

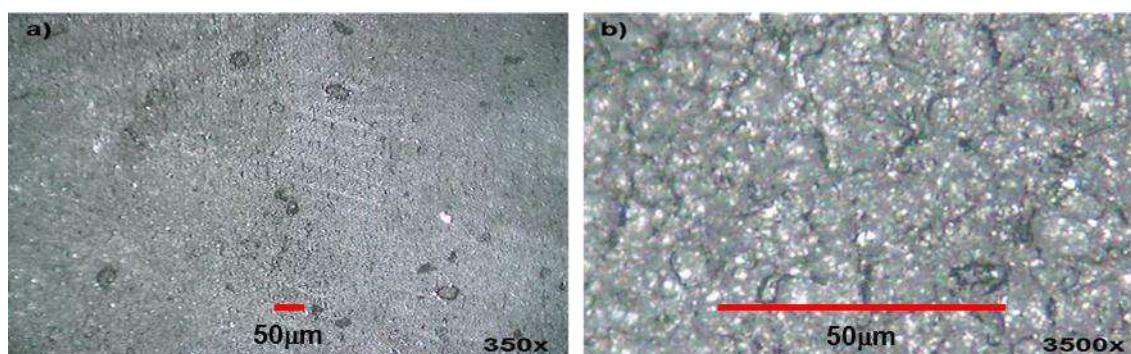
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Microscopia Óptica (MO)

A análise por MO foi realizada no intuito de verificar a morfologia do fluorelastômero por um aspecto visual ampliado proporcionado por esta técnica.

Observa-se na Figura 6 as microscopias para o grupo de fluorelastômero G virgem. Verifica-se que a superfície não é lisa, apresentando morfologia granular. Pode-se notar também a presença de linhas direcionadas, assim como fragmentos dispersos, na Figura 6 (a).

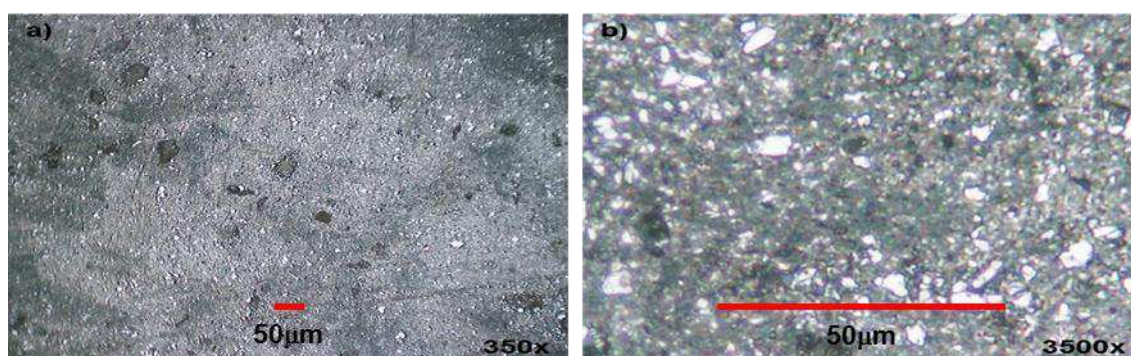
Figura 6 – Microscopia Óptica (MO) do Viton® G nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.



Fonte – Próprio autor.

Na Figura 7 observam-se as microscopias para o grupo de fluorelastômeros M virgem. Verifica-se que a superfície do material não é lisa e possui, quando comparado com a amostra G, grande quantidade de fragmentos distribuídos por toda sua extensão.

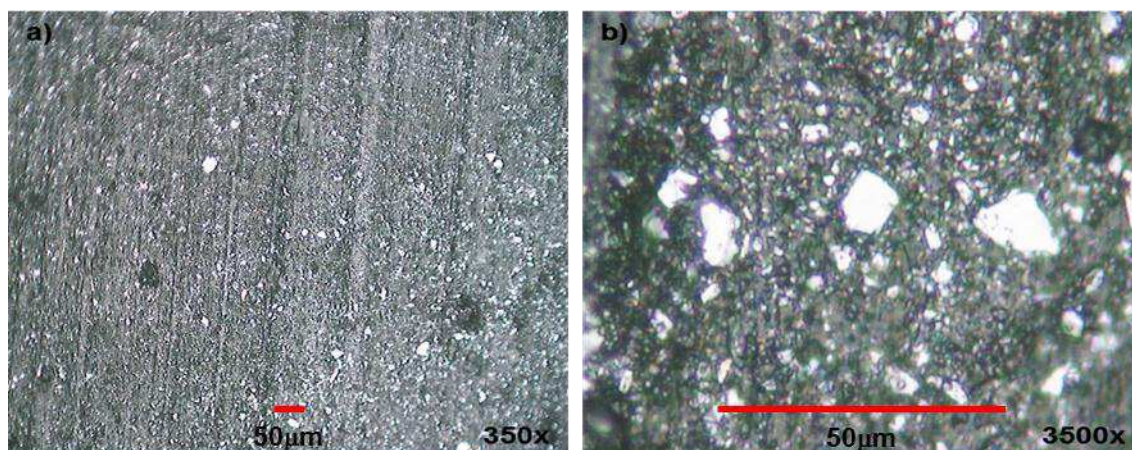
Figura 7 – Microscopia Óptica (MO) do Viton® M nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.



Fonte – Próprio autor.

Assim como os demais fluorelastômeros avaliados, o grupo de amostras P também apresentou-se rugoso e com fragmentos na superfície em concentrações aparentemente semelhantes a da amostra M, entretanto com fragmentos de maior tamanho. Verifica-se também certa organização estrutural direcionada na Figura 8 (a), que assemelha-se, em partes, as apresentadas pela amostra G.

Figura 8 – Microscopia Óptica (MO) do Viton® M nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.



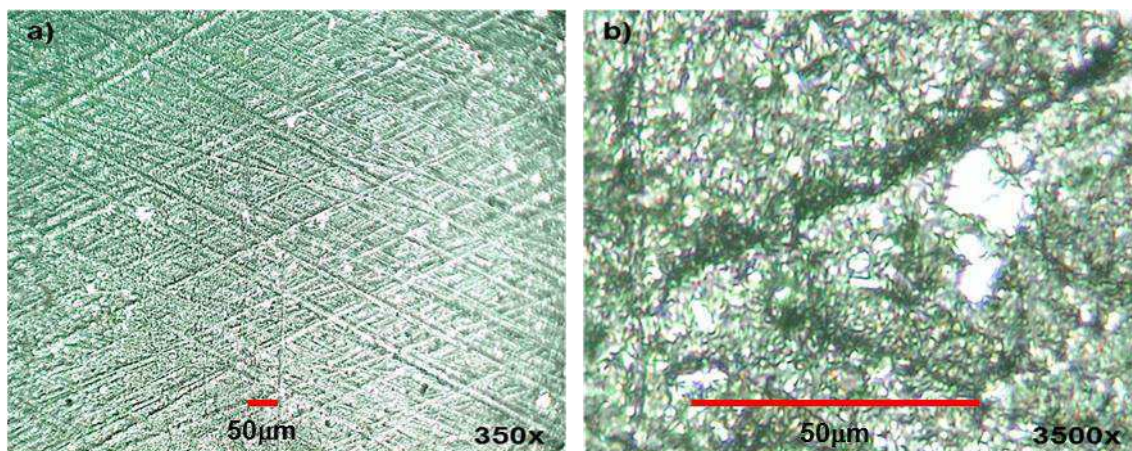
Fonte – Próprio autor.

Com interesse de avaliar as modificações ocorridas após os tratamentos com Álcool Étílico Absoluto P.A. e HCl P.A., foram realizadas análises por MO nas amostras submetidas a tais procedimentos.

Observa-se nas Figuras 9 e 10 as microscopias para as amostras do grupo G tratadas com Álcool Étílico e HCl respectivamente.

Nota-se na Figura 9 que o tratamento com Álcool Étílico removeu uma das camadas do material evidenciando as fissuras direcionadas dificilmente observadas para o material virgem, na Figura 9 (b) pode-se observar os detalhes destas fissuras. As micrografias indicam que o fluorelastômero possuía uma camada mais sensível recobrimo sua superfície e o tratamento com Álcool Étílico efetuou a “lavagem” desta camada sem aparente degradação da superfície da borracha.

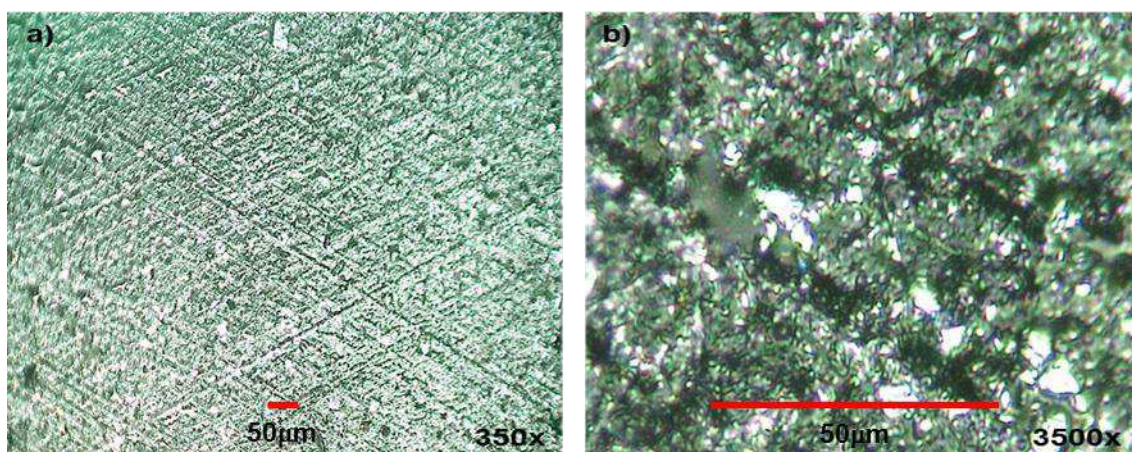
Figura 9 – Microscopia Óptica (MO) do Viton® G tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.



Fonte – Próprio autor.

Para o tratamento das amostras G com HCl foi verificada aparente degradação da superfície do fluorelastômero (Figura 10), onde, quando comparadas com as amostras tratadas com álcool etílico verifica-se certa deterioração das fissuras direcionais assim como o aparecimento de poros, poros estes aparentemente originados pela remoção dos fragmentos existentes na superfície do elastômero.

Figura 10 – Microscopia Óptica (MO) do Viton® G tratadas com HCl P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.

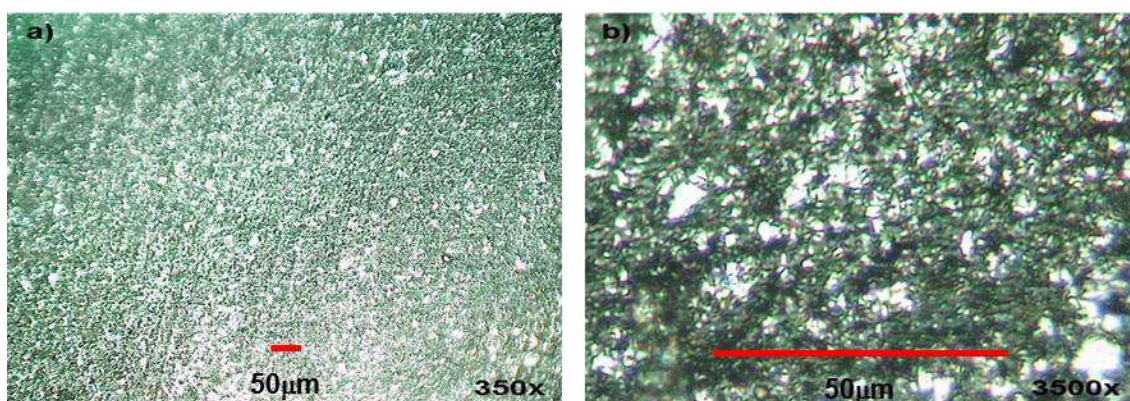


Fonte – Próprio autor.

Para as microscopias das amostras M tratadas com álcool etílico (Figura 11) observa-se o mesmo perfil de lavagem verificado na amostra G, com acentuação dos seus relevos superficiais, onde foi possível verificar direcionamentos estruturais

semelhantes aos observados para amostra P virgem. Para amostra virgem do grupo M verificou-se uma grande quantidade de fragmentos superficiais, fragmentos estes que permanecem na amostra após o tratamento com álcool.

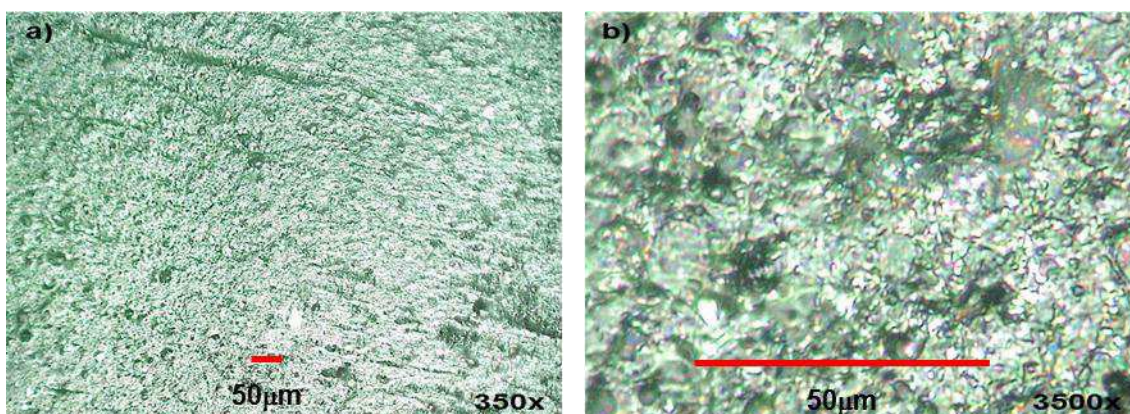
Figura 11 – Microscopia Óptica (MO) do Viton® M tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.



Fonte – Próprio auto.

Observa-se na Figura 12 que o tratamento com HCl P.A. na amostra M ocasionou visível modificação da sua superfície, onde aparentemente a região superior do material, que apresentava morfologia direcionada, foi degradada impossibilitando a visualização destas regiões. Uma quantidade de poros aparentemente superior a apresentada para a amostra G pode ser observada na Figura 12, o que fortalece o argumento de que estes poros são originados da degradação dos fragmentos da superfície do fluorelastômero, já que a amostra M apresentava maior concentração destes fragmentos em sua superfície.

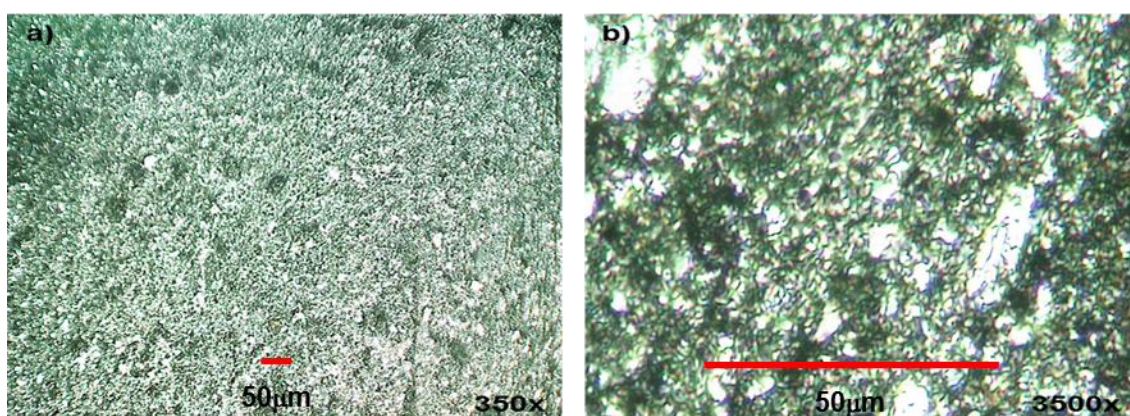
Figura 12 – Microscopia Óptica (MO) do Viton® M tratadas com HCl P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.



Fonte – Próprio autor.

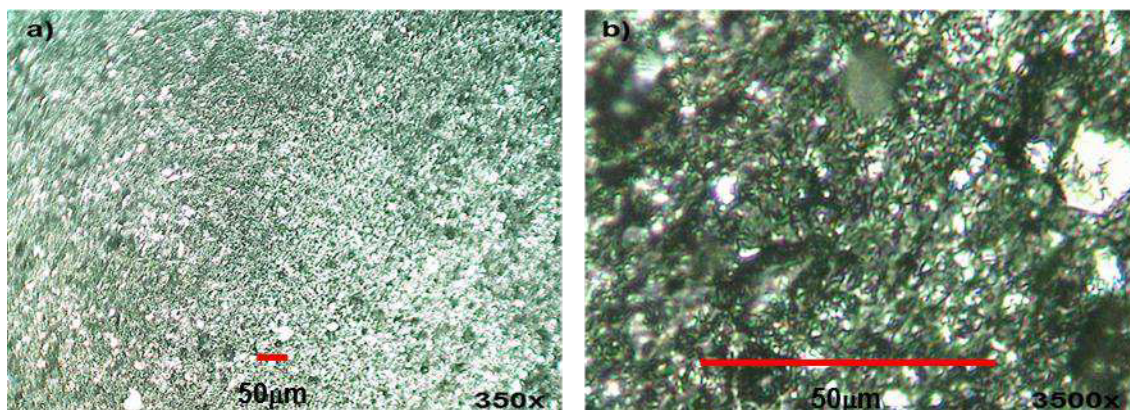
Estruturas semelhantes as observadas para a amostras G e M, tanto pelo tratamento com álcool etílico como por HCl, foram observadas para a amostra P (Figura 13 e 14), onde o tratamento com álcool apresentou apenas limpeza superficial enquanto o tratamento com HCl ocasionou degradação do material e dos fragmentos presentes em sua superfície.

Figura 13 – Microscopia Óptica (MO) do Viton® P tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.



Fonte – Próprio autor.

Figura 14 – Microscopia Óptica (MO) do Viton® P tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 350x e b) 3500x.



Fonte – Próprio autor.

Verifica-se pelas análises de MO que a superfície do fluorelastômero em todas as amostras apresentam rugosidades, o que pode propiciar a formação de biofilme por se tratar de um material utilizado em mucosa não-estéril ou não-intacta, ambientes comumente ricos em bactérias que podem alojar-se nestas rugosidades dificultando procedimentos de desinfecção e aumentando os riscos de contágio intrapacientes. Verifica-se também que tratamentos de desinfecção (com álcool absoluto)

podem aumentar a quantidade de rugosidades presentes na superfície do material. Outro fator preocupante com relação ao material foi a deterioração apresentada por HCl, o que indica que em contato com pH's muito baixos, como por exemplo o pH estomacal, as partículas presentes na superfície do fluorelastômero desprendem-se/reagem, podendo ser estes produtos do desprendimento/reação tóxicos ao corpo humano.

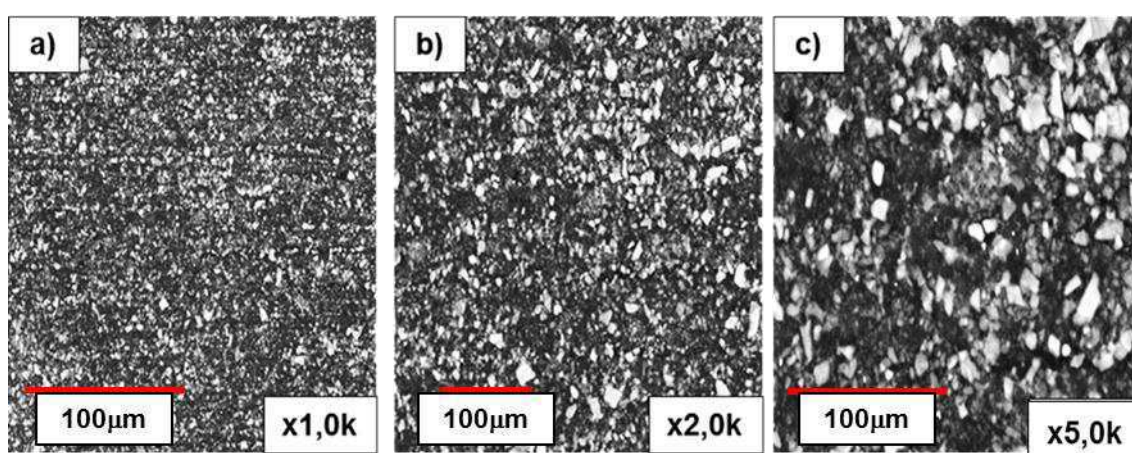
5.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Com interesse de realizar uma avaliação mais precisa da morfologia sem a interferência da luz visível, que como observada na MO existiam inúmeros pontos na superfície do material que refletiam a luz direta do equipamento podendo assim impedir a visualização de certas regiões presentes no fluoroelastômero, foi realizada a microscopia de varredura.

Observa-se nas Figuras 15, 16 e 17 as micrografias dos fluorelastômos Viton® G, M e P respectivamente.

Devido a grande concentração de fragmentos na superfície da amostra G virgem (Figura 15) não é possível identificar as fissuras direcionais em sua extensão, entrando o espectro corrobora com os resultados apresentados por MO, onde foi observada uma superfície rugosa e com presença de fragmentos dispersos.

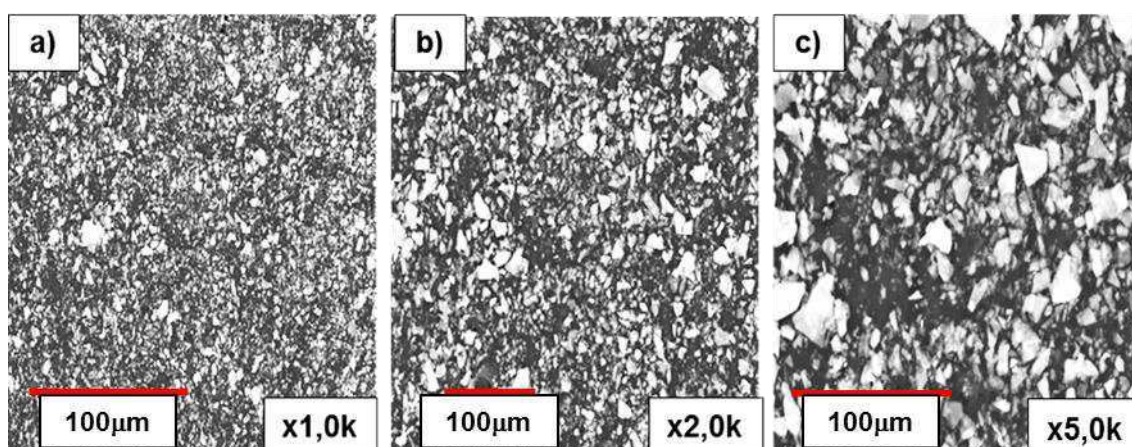
Figura 15 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® G nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.



Fonte – Próprio autor.

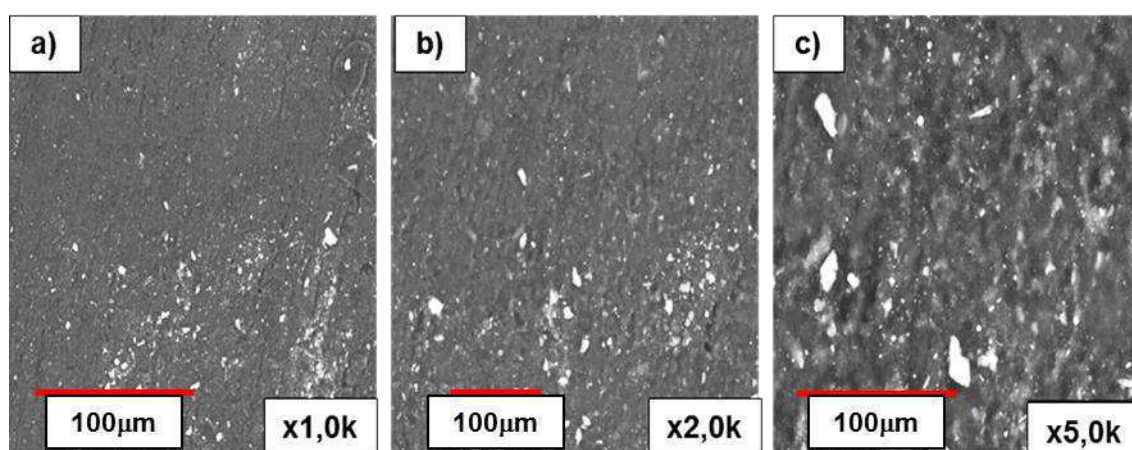
As micrografias para as amostras M e P virgem (Figura 16 e 17 respectivamente) apresentam-se de acordo com os observados pela MO, entretanto para a amostra P verifica-se que a distribuição de fragmentos não é homogênea, já que não foi observada concentração de fragmentos semelhante a visualizada na MO para esta amostra.

Figura 16 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® M nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.



Fonte – Próprio autor.

Figura 17 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® P nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.



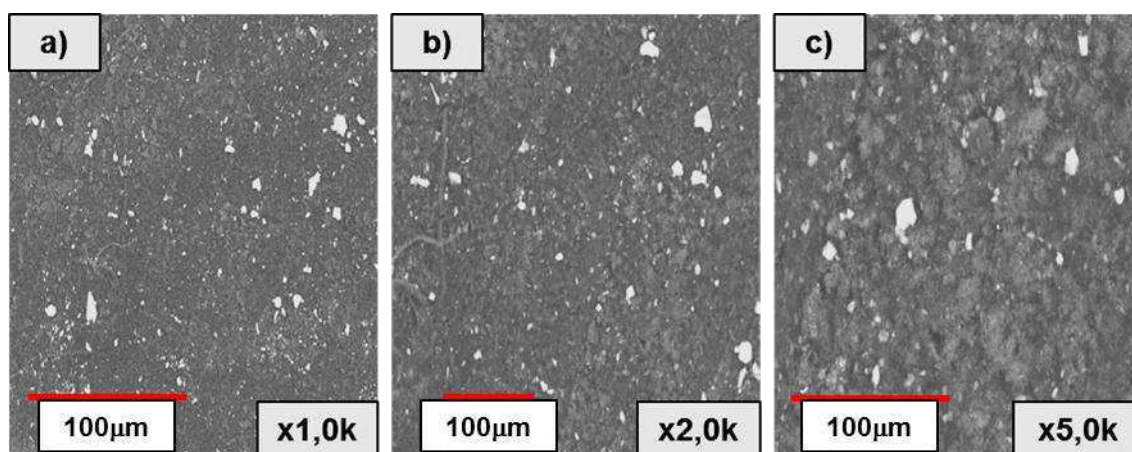
Fone – Próprio autor.

A análise por MEV também foi realizada nos fluorelastômeros após o tratamento com Álcool Etílico Absoluto P.A. e HCl P.A..

Na Figura 18 observa-se a microscopia da amostra G tratada com álcool etílico. Nota-se que o procedimento de lavagem por álcool etílico também provoca a

retirada dos fragmentos da superfície da amostra assim como o tratamento com HCl. Como pelo ensaio de MO verificou-se que o tratamento com álcool etílico é apenas superficial, não provocando degradação da superfície, podemos propor parte destes fragmentos estão apenas dispersos na superfície do material sem ligação química com os mesmos, sendo arrastados pela lavagem com álcool.

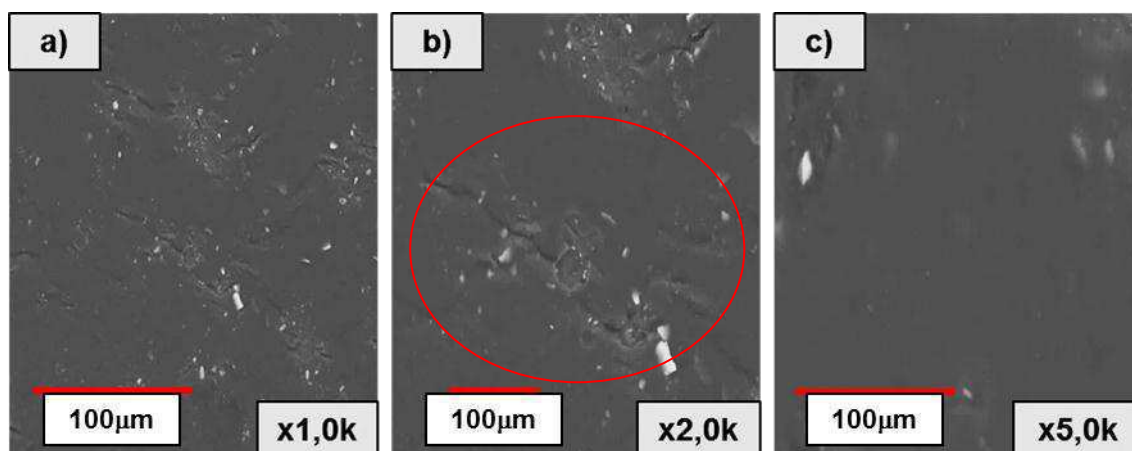
Figura 18 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® G tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.



Fonte – Próprio autor.

Na Figura 19 observa-se a amostra G tratada com HCl P.A. onde fica evidente a degradação do material por este tratamento pela observação de fissuras no material e mediante quantidade diminuta de fragmentos, corroborando com os resultados apresentados pela análise de MO. A presença de fissuras pode estar ligado ao fato de que o tratamento por HCl retira tanto as partículas dispersas como as partículas presentes em uma camada menos superficial do fluorelastômero, estas partículas presentes nesta camada menos superficial quando são retiradas/reagidas com HCl deixam em seu local de origem o poro, como observado na MEV da amostra G virgem, estas partículas encontram-se na superfície do material formando aglomerados, quando retirados/reagidos pelo tratamento com HCl este aglomerado de poros formam as fissuras em ênfase na Figura 19 (b).

Figura 19 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® G tratadas com HCl P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.

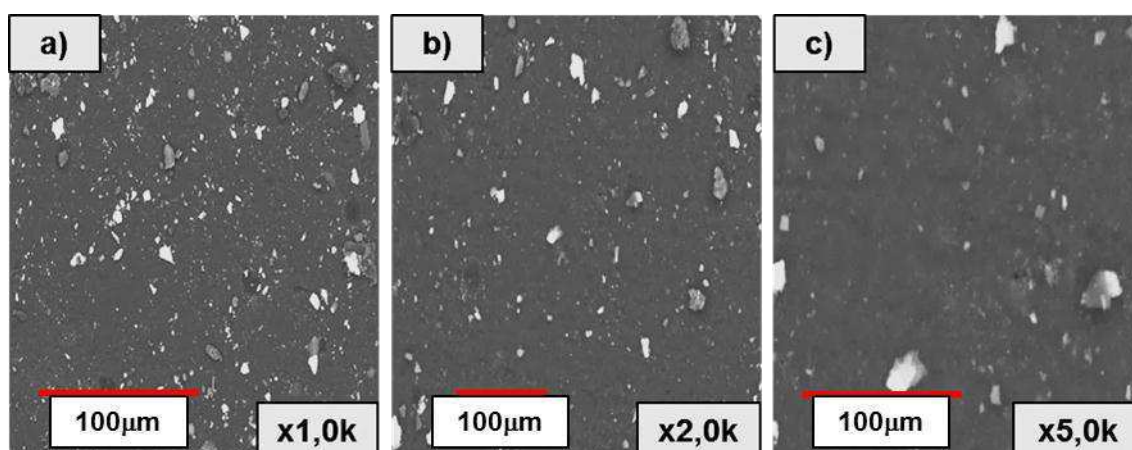


Fonte – Próprio autor.

Observa-se nas Figuras 20 e 21 os tratamentos da amostra M com álcool e HCl respectivamente.

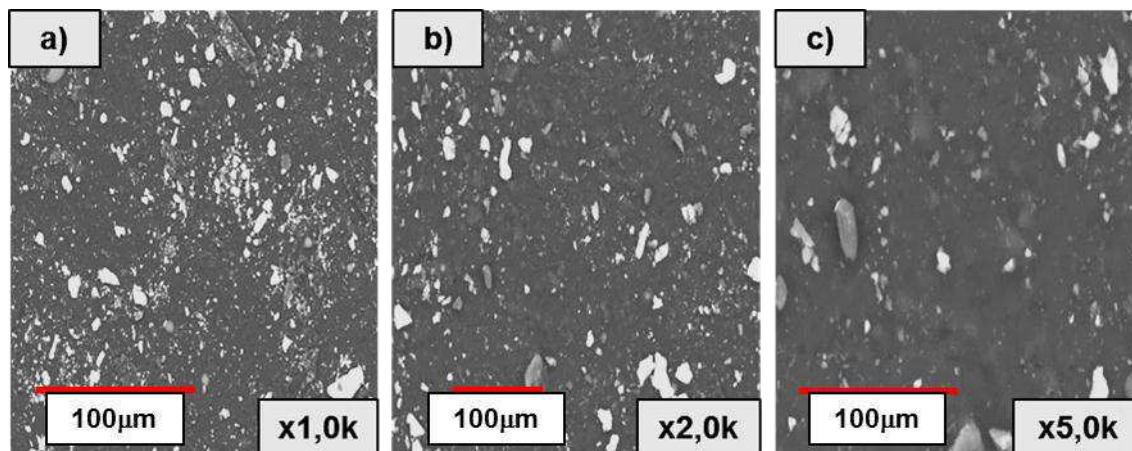
O processo de retirada das partículas dispersas na superfície do material mediante tratamento com álcool etílico (Figura 20) é semelhante ao observado para a amostra G, entretanto, o tratamento com HCl (Figura 21) apresentou resultados mais brandos de degradação da superfície do fluorelastômero não sendo verificadas fissuras na superfície, com tudo pelo aumento de fragmentos em sua extensão pode-se supor que o tratamento com HCl removeu uma camada superficial do material revelando fragmentos presentes em uma camada mais inferior do fluorelastômero, comprovando um processo de degradação.

Figura 20 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® M tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.



Fonte – Próprio autor.

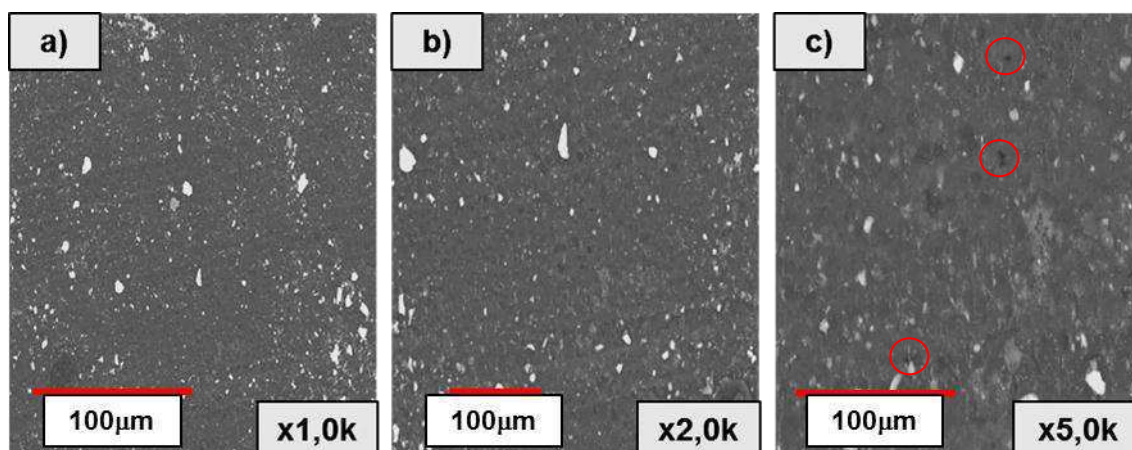
Figura 21 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® M tratadas com HCl P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.



Fonte – Próprio autor.

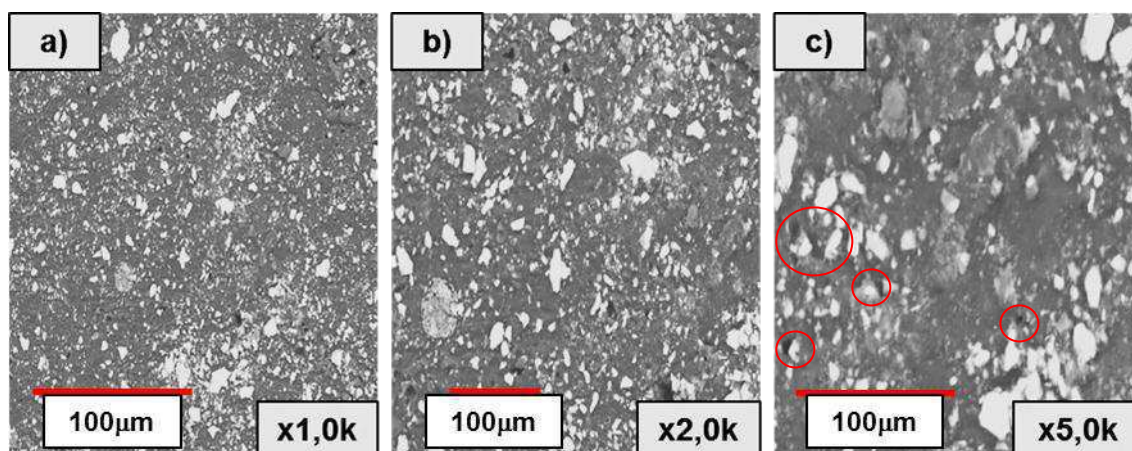
As observações realizadas para amostra M podem ser aplicadas aos resultados obtidos para a amostra P (Figura 22 e 23), onde os tratamentos com álcool etílico e HCl apresentaram resultados muito semelhantes, entretanto com a presença de poros mais visíveis no tratamento com álcool etílico e HCl (Figura 22 e 23 respectivamente).

Figura 22 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® P tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.



Fonte – Próprio autor.

Figura 23 – Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do Viton® P tratadas com HCl P.A. nos aumentos de a) 1000x, b) 2000x e c) 5000x.



Fonte – Próprio autor.

Assim como para a análise de MO, a análise de MEV dos fluorelastômeros expõe as mesmas preocupações quanto à formação de biofilme e liberação dos fragmentos no corpo humano durante a realização do exame. A análise por MEV deixou evidente para amostra G e P formação de fissuras e poros profundos, respectivamente, que podem se agravados, provocar infiltração dos fluidos corporais no equipamento, levando a danificação do mesmo.

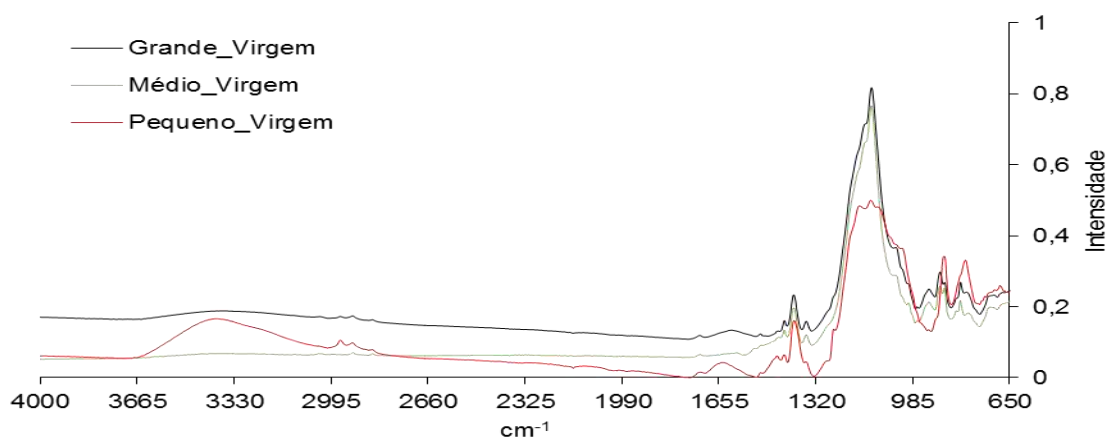
5.3 Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Visando verificar os grupos funcionais presentes no fluorelastômero Viton® foi realizada análise de FTIR.

Na Figura 24 observam-se os espectros de FTIR para as três amostras de Viton® aqui estudadas, G, M e P. Verifica-se a semelhança entre os espectros, indicando serem as três amostras de composição semelhante quanto aos grupos funcionais presentes, onde verifica-se a presença de uma banda larga entre aproximadamente 1320 e 985 cm^{-1} (para todas as amostras) correspondente as ligações Carbono-Flúor, o que indica a fluoração do elastômero comprovando assim que o mesmo trata-se de um fluorelastômero. Observa-se também a presença de bandas brandas em aproximadamente 1430 e 2960 cm^{-1} correspondentes a ligações Carbono-Hidrogênio, assim como em 2850 e 2950 cm^{-1} correspondentes aos grupos CH_2 , constituintes em menores quantidades da cadeia polimérica, estes resultados estão de acordo com os apresentados pela Patete EP 0596008 B1 (1999).

Observa-se em aproximadamente 1100 cm^{-1} uma banda correspondente a ligação Carbono-Oxigênio dos álcoois secundários, indicando uma ramificação do fluorelastômero, a qual não possui radical ligado.

Figura 24 – Espectroscopia na Região de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para as amostras de Viton® G, M e P.

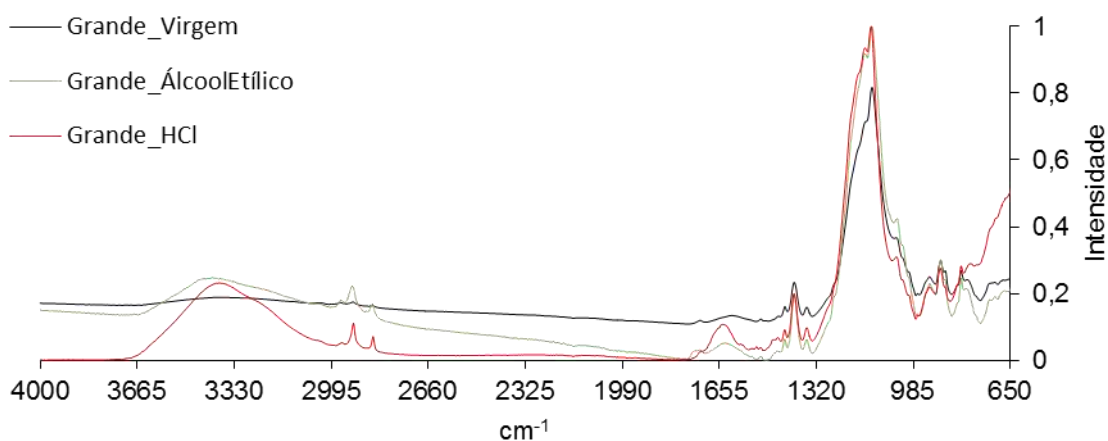


Fonte – Próprio autor.

Para verificar possíveis alterações nos grupos funcionais decorrentes dos processos de tratamentos foram realizadas análises de FTIR para as amostras após os tratamentos com Álcool Etílico e HCl.

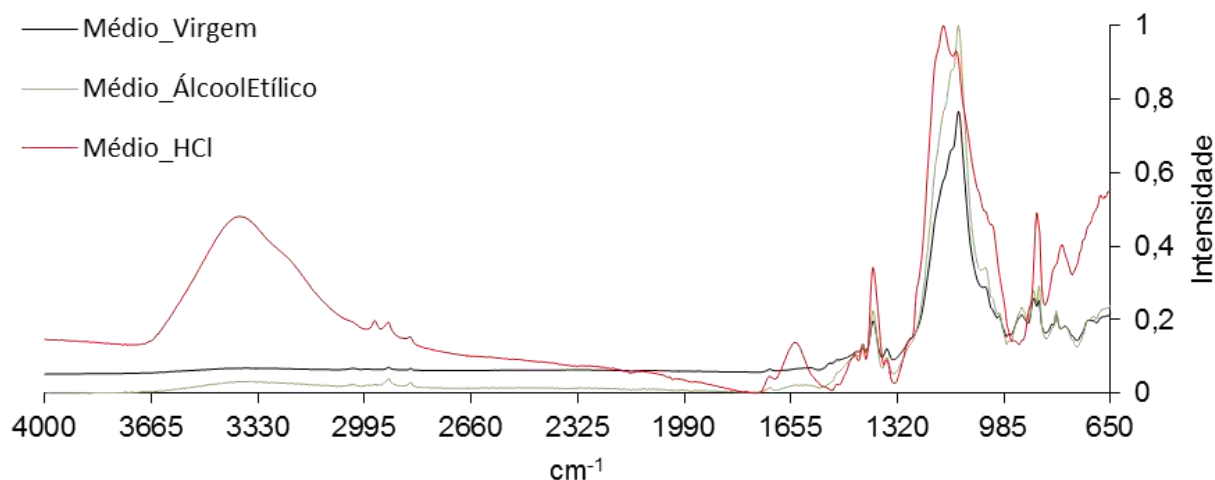
Nas Figuras 25, 26 e 27 observam-se respectivamente os resultados da análise por FTIR das amostras de Viton® para os tratamentos de Álcool Etílico e HCl G, M e P respectivamente.

Figura 25 – Espectroscopia na Região de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para a amostra de Viton® G Virgem e tratado com Álcool Etílico e HCl.



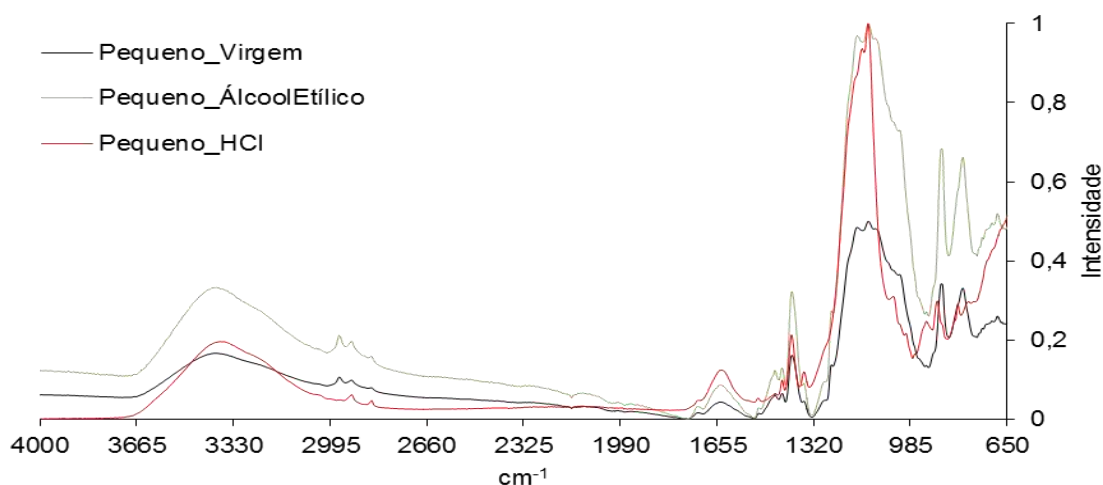
Fonte – Próprio autor.

Figura 26 – Espectroscopia na Região de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para a amostra de Viton® M Virgem e tratado com Álcool Etílico e HCl.



Fonte – Próprio autor.

Figura 27 – Espectroscopia na Região de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) para a amostra de Viton® P Virgem e tratado com Álcool Etílico e HCl.



Fonte – Próprio autor.

Verifica-se para todas as amostras que a lavagem não provocou alteração química no material a ponto de modificar os espectros característicos do fluorelastômero, efetuando, como visualizada na MO e MEV apenas lavagem da superfície do material. Entretanto, o tratamento com HCl provocou mudanças no espectro característicos de todas as amostras aqui estudadas, onde pode-se verificar efeitos comuns como acentuação da banda entre aproximadamente 3665 e 2995 cm^{-1} correspondente as ligações Carbono-Hidrogênio, este aumento de intensidade está diretamente ligado ao processo de desfluoretação do

fluorelastômero, onde o flúor da ligação Carbono-Flúor é substituído por um hidrogênio, processo inverso foi relatado pela Patente EP 0596008 B1 (1999). A diminuição das ligações Carbono-Flúor também pode ser evidenciada pela intensificação das bandas em 2850 e 2950 cm^{-1} correspondente a ligação CH_2 e em 2960 cm^{-1} correspondente a ligação Carbono-Hidrogênio.

Observa-se, para todas as amostras estudadas, o surgimento de uma banda forte e larga entre aproximadamente 650 e 850 cm^{-1} correspondente a ligações de Carbono-Cloro na forma monossubstituída, e a esquerda de 850 cm^{-1} uma banda intensa correspondente a carbonos multissubstituídos por átomos de cloro, indicando reação entre o fluorelastômero e o HCl, outra evidência da reação pode ser constatada no surgimento de uma banda em aproximadamente 1100 cm^{-1} , correspondente as ligações $\text{CH}_2\text{-Cl}$.

Em aproximadamente 1650 cm^{-1} verifica-se o aparecimento de uma banda branda que corresponde a grupos alcenos monossubstituídos, o que indica processos de degradação da cadeia polimérica do elastômero em monômeros de menor tamanho pelo processo de tratamento com HCl.

Verifica-se em isolado para a amostra M uma intensificação da banda em 1150 cm^{-1} correspondente ao grupo álcool terciário, como estes grupos são usados para ancoragem de radicais, o aumento de seu número de forma livre indica uma possível retirada de alguns dos radicais pela reação com ácido clorídrico.

5.4 Espectroscopia por Energia Dispersiva de Raios X (EDS)

Para identificar os elementos presentes nos fluorelastômeros antes e após o tratamento com Álcool Etílico e HCl foi realizada análise por EDS.

Observa-se na Tabela 03 os resultados da análise de EDS das amostras de Viton® G, M e P.

Tabença 03 – Espectroscopia por Energia Dispersiva de Raios X (EDS) das amostras de fluorelastômero Viton® G, M e P.

	G_VIRGEM	M_VIRGEM	P_VIRGEM	G_AL	G_HCI	M_AL	M_HCI	P_AL	P_HCI
<i>CARBONO</i>	20,080	23,759	18,654	27,06	38,72	38,62	33,05	34,66	33,22
<i>FLÚOR</i>	25,700	36,250	25,875	33,77	10,63	44,29	40,61	32,92	40,51
<i>OXIGÊNIO</i>	13,650	12,840	12,655	13,93	22,16	9,91	5,03	13,95	5,34
<i>CÁLCIO</i>	19,650	15,722	23,457	11,86	1,68	1,72	3,37	6,22	1,7
<i>ENXOFRE</i>	17,520	5,360	16,540	11,77	3,19		11,77	8,44	14,93
<i>SILÍCIO</i>	3,287	4,358	1,655	1,61		3,05	1,47	1,55	2,22
<i>CLORO</i>					23,62		4,7	1,95	2,07
<i>FERRO</i>	0,068	0,008	0,035						
<i>NÍQUEL</i>	0,012	0,003	0,010						
<i>ZINCO</i>	0,028	0,035	0,015						
<i>COBRE</i>	0,006	0,006	0,004						
<i>ALUMÍNIO</i>		0,800	0,350						
<i>MAGNÉSIO</i>		0,860	0,750						

_AL: Tratados com Álcool Etílico Absoluto P.A.; _HCI: Tratados com HCl P.A..

Fonte – Próprio autor.

Verificou-se pela análise de EDS uma grande variedade de elementos presentes no fluorelastômero, entretanto, sabe-se que os únicos constituintes da cadeia polimérica deste são o carbono, flúor e oxigênio, elementos estes que tiveram sua presença confirmada por FTIR. O elemento cloro verificado nas amostras tratadas com HCl é oriundo da reação do polímero com este ácido modificando a cadeia do polímero como já mencionado. Os demais elementos podem ser relacionados aos fragmentos visualizados na análise de MO e MEV, já que foi notada certa diminuição dos fragmentos após o tratamento com Álcool Etílico e HCl nos resultados de EDS corroborando com os obtidos por MO e MEV.

Os elementos alheios a estrutura do polímero, cálcio, enxofre e silício, permanecem no Viton® mesmo após o tratamento por HCl, o que indica possuírem maior ligação com o fluorelastômero, ou até mesmo, serem mais interiores a estrutura do mesmo. Os demais materiais excedentes a estrutura do fluorelastômeros apresentam-se em uma camada mais externa do mesmo, sem apresentar contato íntimo com o Viton®.

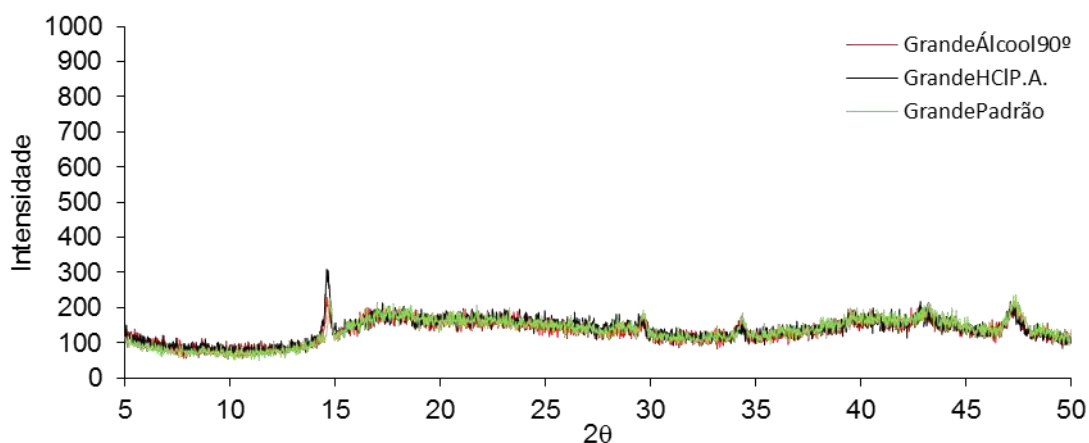
5.5 Difração de Raios X (DRX)

Para verificar o perfil cristalino das amostras de Viton® G, M e P antes e após os tratamentos com Álcool Etílico e HCl foram realizadas análise de DRX.

Observa-se nas Figuras 28, 29 e 30 os difratogramas das amostras tratadas com Álcool Etílico e HCl de G, M e P respectivamente.

Verifica-se na Figura 28 que o fluorelastômero G apresenta um perfil predominantemente amorfo com a presença de um pico cristalino em aproximadamente $2\theta=15$. Não verifica-se modificação de cristalinidade com o tratamento de Álcool Etílico, o que corrobora com os resultados de MO, MEV e FTIR, onde as amostras tratadas com Álcool não sofreram mudança estrutural, entretando para o tratamento com HCl verifica-se leve intensificação do pico cristalino localizada em aproximadamente $2\theta=15$, o que corresponde a degradação de regiões amorfas do material pelo ataque do HCl tornando mais cristalino.

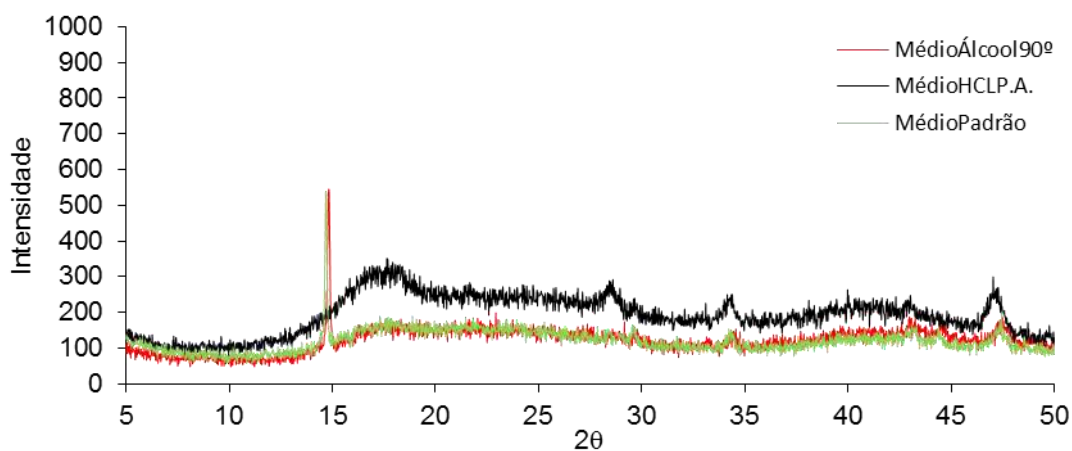
Figura 28 – Difração de Raios X (DRX) para amostra de Viton® G Virgem, tratada com Álcool Etílico Absoluto e com HCl.



Fonte – Próprio autor.

No difratograma da amostra M (Figura 29) não observa-se variação entre os espectros da amostra virgem e da amostra tratada com Álcool assim como para a amostra G. Para o tratamento com HCl, verifica-se aumento da cristalinidade da amostra, assim como para a amostra G, porém em maior intensidade, apresentando uma maior remoção da região amorfa do fluorelastômero.

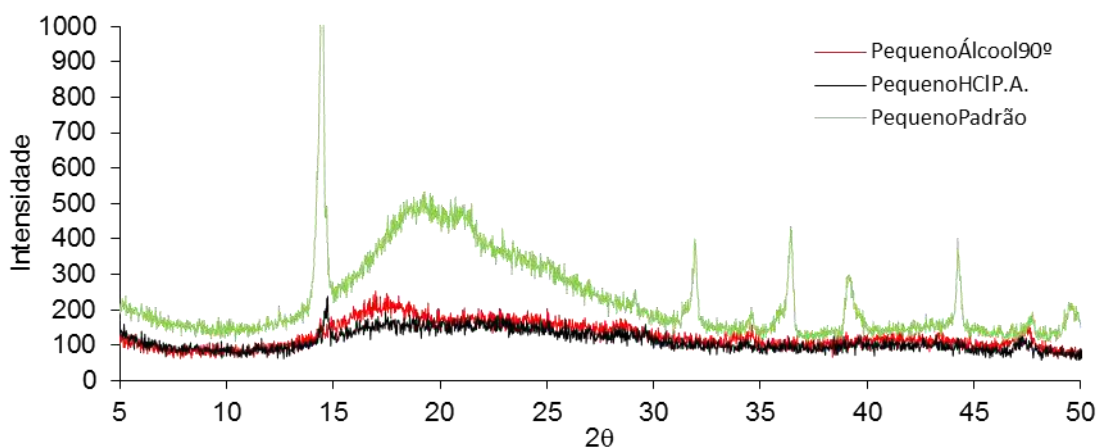
Figura 29 – Difração de Raios X (DRX) para amostra de Viton® M Virgem, tratada com Álcool Etílico Absoluto e com HCl.



Fonte – Próprio autor.

A elevada intensidade dos picos cristalinos para a amostra P virgem (Figura 30) pode estar relacionada a grande quantidade de fragmentos em sua superfície, assim como verificado na MO, o que mascarou a superfície da amostra impedindo a leitura precisa pelo equipamento de DRX, então, como já observado que não existem alteração entre o espectro tratado com álcool e o espectro virgem, tomou-se como padrão o espectro da amostra tratada com álcool. Assim como nas demais amostras, verifica-se certo aumento de cristalinidade após tratamento com HCl, para o Viton® P este aumento de cristalinidade fica mais evidente no pico cristalino localizada em aproximadamente $2\theta=15$.

Figura 30 – Difração de Raios X (DRX) para amostra de Viton® P Virgem, tratada com Álcool Etílico Absoluto e com HCl.



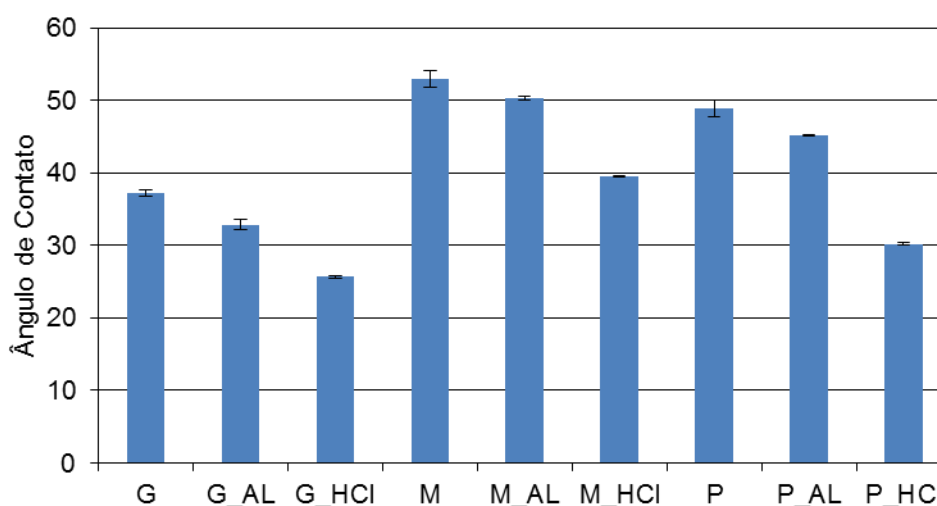
Fonte – Próprio autor.

5.6 Ângulo de Molhabilidade

O ensaio de ângulo de Molhabilidade foi realizado para verificar o perfil hidrofílico/hidrofóbico do elastômero estudado.

Os resultados para o Ensaio de Ângulo de Molhabilidade estão dispostos na Figura 31. Segundo WOODWARD, (2008) o material é considerado hidrofílico quando o ângulo de contato é menor que 90° , sendo assim, Nota-se que todas as amostras apresentaram o mesmo padrão de aumento de hidrofilicidade decorrente do tratamento utilizado. As amostras virgens apresentaram-se hidrofílicas, após o tratamento com álcool etílico, as mesmas apresentaram diminuição no ângulo de contato, este fato pode estar relacionado à limpeza efetuada pelo álcool, a qual revelou fissuras na superfície do material, fissuras estas que podem ter aumentado a superfície de contato da amostra de modo a torná-la mais hidrofílica. A modificação da superfície provocada pelo tratamento com HCl tornou o material ainda mais hidrofílico, mesmo este apresentando-se mais cristalino como verificado na análise de DRX.

Figura 31 – Ensaio de Ângulo de Molhabilidade para as amostras de Viton® virgem, e tratadas com Álcool Etílico Absoluto P.A. e HCl P.A..



_AL: Tratados com Álcool Etílico Absoluto P.A.; _HCl: Tratados com HCl P.A..

Fonte – Próprio autor.

Este padrão hidrofílico do material indica que o mesmo apresenta um contato mais íntimo com os fluidos corporais, o que pode acarretar maior degradação e

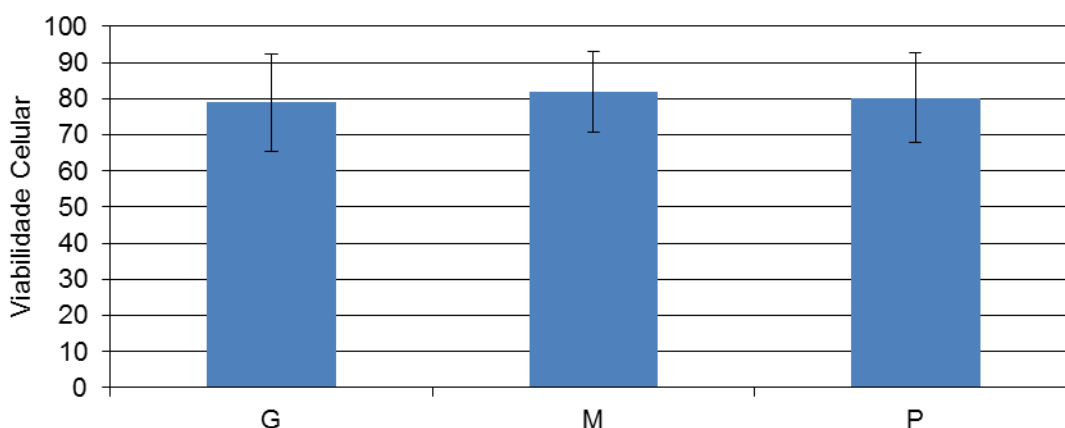
aumento da fixação bacteriana em sua superfície, dificultando assim os processos de limpeza e desinfecção.

5.7 Ensaio de Citotoxicidade

Visando verificar se os fluorelastômeros Viton® aqui tratam-se de biomateriais, ou seja, se apresentam toxicidade, o ensaio de citotoxicidade foi realizada.

As análises foram efetuadas apenas para os fluorelastômeros virgens. Na Figura 32 observam-se os resultados do Ensaio de Citotoxicidade para as amostras G, M e P. Segundo a NBR ISO 10993-5:2009 viabilidades celulares maiores ou iguais a 70% indicam um material não citotóxico, observa-se na Figura 32 que todos as amostras apresentam viabilidade celular superior a 80%, entretanto, o desvio padrão para as amostras G e P apresentam limites inferiores abaixo de 70% indicando toxicidade celular para estas amostras. A amostra M apresenta limite inferior de desvio padrão em aproximadamente 70,6%, ou seja, no limiar de toxicidade, entanto segundo a NBR ISO 10993-5:2009 são consideradas não tóxicas.

Figura 32 – Ensaio de Citotoxicidade para as amostra de fluorelastômero Viton® G, M e P.



Fonte – Próprio autor.

A toxicidade do material, apresentada pelo ensaio de citotoxicidade, pode ser de risco para sua utilização em procedimentos de endoscopia, já que, como observado em todas as MO e MEV das amostras G, M e P aqui estudadas, tratadas com Álcool e HCl, o material deteriora-se na presença de meios agressivos, o que

indica que pode degradar-se durante o exame liberando no organismo do paciente fragmentos que são tóxicos ao meio biológico. Essa degradação pode ser acelerada pelo perfil hidrofílico do material apresentado no Ensaio de Tensão Superficial, logo que os fluídos corporais apresentam contato mais íntimo com a superfície do fluorelastômero.

6 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos verifica-se que o fluorelastômero Viton® apresenta morfologia granular e irregular para todas as amostras estudadas (G, M e P), morfologia esta que sofre alteração pelos tratamentos com álcool etílico e HCl, ambos concentrados, onde foram verificadas que as alterações na morfologia causadas pelo tratamento com álcool etílico atuam apenas a minimizar a quantidade de impurezas presentes na superfície do elastômero e o tratamento com HCl ataca a superfície de forma a degradá-la provocando alterações estruturais levando a formação de fissuras (como observado para a MEV da amostra G tratada com HCl). Verificou-se também pelas análises de FTIR que o material realmente tratava-se de um fluorelastômero para todas as amostras estudadas a partir da observação do espectro característico, e que o tratamento com álcool etílico não provocou alterações a nível de estrutura química, entretanto, pode-se verificar alterações nos espectro característico de todas as amostras do Viton® pelo tratamento com HCl, onde constatou-se o processo de desfluoração do elastômero assim como os surgimento de ligações do tipo Carbono-Cloro, evidenciando modificações a nível de estrutura química do material. Constatou-se também a presença de inúmeros elementos químicos na constituição dos elastômeros, sendo parte deles considerados contaminantes fixados a superfície do material sem ligação química (Fe, Ni, Zn, Cu, Al e Mg), apenas física, onde estes foram retirados pelo tratamento por álcool etílico atestando mais uma vez a capacidade do álcool etílico na retirada de impurezas do material, pode-se validar também pela EDS as modificações estruturais causadas pelo tratamento com HCl, onde verificou-se diminuição dos percentuais de flúor seguidos do aparecimento de percentuais de cloro, indicando assim desfluoração e adição de cloro ao elastômero respectivamente. Os difratogramas obtidos pela análise de DRX para as amostras G, M e P são característicos de elastômeros, ou seja, tipicamente amorfos, onde pode-se novamente comprovar que o tratamento com álcool não provocou alterações na estrutura do material e que o tratamento com HCl aumentou brandamente a cristalinidade do fluorelastômero devido ao processo de degradação provocado pelo mesmo. No ensaio de Ângulo de Molhabilidade observou-se que todas as amostras apresentam perfil hidrofílico e que os tratamentos, tanto com álcool etílico como com

HCl, atuam a aumentar esta sua característica. Pelos ensaios de Citotoxicidade pode-se comprovar a toxicidade das amostras G e P, entretanto, a amostra M apresenta-se não tóxica, porém com valores próximos ao limiar de máxima toxicidade permissível.

Pelos estudos realizados verificou-se que o material não é atóxico em meio biológico e que os processos de degradação sofridos pelo mesmo podem levar a danificação do equipamento de endoscopia, por ruptura da ponteira que leva a infiltração de fluidos em seu interior podendo acarretar a perda total do equipamento, assim como tornar a superfície do Viton® um ambiente propício a formação de biofilme, já que como observado, os processos de degradação sofridos pelo material geram fissuras em sua superfície, o que aliado ao seu caráter hidrofílico, podem facilitar a fixação de bactérias oriundas das mucosas não-estéreis as quais o equipamento tem contato durante os exames, levando a diminuição da eficiência dos processo de desinfecção destes equipamentos, gerando assim riscos de contaminação inter-pacientes.

Observou-se neste trabalho a necessidade do desenvolvimento de rotas de produção deste fluorelastômero que tenha seu produto final destinado a aplicações biomédicas, onde maiores preocupações quanto à biocompatibilidade do material seriam requeridas, já que a demanda de Viton® produzida tem como finalidade atender a demanda da indústria química, automobilística e aeroespacial.

Como proposta de material, este trabalho propõe que sejam desenvolvidos revestimentos a base de siloxanos, devido sua ótima flexibilidade e boa resistência química, que apresentem simplificado processo de reposição, para utilização como “polímeros de sacrifícios”, revestindo as ponteiras dos endoscópios, o que aumentaria a vida útil do fluorelastômero evitando o contato direto do mesmo com meios agressivos, e consequentes trocas constantes do Viton®, assim como, por ser de fácil reposição, evitaria a formação de biofilme por seu baixo tempo de vida útil do revestimento.

REFERÊNCIAS

- ARCELLA V.; FERRO R. Fluorcarbon Elastomers, Modern Fluorelastomers: High Performance Polymers for Diverse Applications, John Scheirs (Editor), Chichester, Inglaterra, p. 72-89, 1997.
- BARAKZAI, S. Endoscopic equipment, In: Handbook of equine respiratory endoscopy, Philadelphia Saunders Elsevier, p. 135, 2007.
- BARBOSA, J. M.; et al., Endoscope Reprocessing Using Glutaraldehyde in Endoscopy Services of Goiânia, Brazil. *Arq. gastroenterol*;47(3), p. 219-224, 2010.
- BURNS, J. Endoscopic instrumentation, In: SLOVIS, N. M. Atlas of equine endoscopy. St. Louis: Mosby Elsevier, cap. 1, p. 3-27, 2004.
- BORETOS, J. W.; EDEN, M. Contemporary Biomaterials, Material and Host Response, Clinical Applications, New Technology and Legal Aspects, Noyes Publications, Park Ridge, p. 232–233, 1984.
- BOWERS, S.; A New range of Bis-phenol Curable Viton® Fluoroelastomers, DuPont Dow Elastomer, Genova, 2002.
- CHAMNESS, C. J. Nondisposable instrumentation of equine laparoscopy, In: FISCHER, A. T., Equine diagnostic and surgical laparoscopy, Philadelphia: W. B. Saunders, cap. 3, p. 37-50, 2002.
- COHEN, L. B. Clinical trial: a dose-response study of fospropofol disodium for moderate sedation during colonoscopy. *Aliment Pharmacol Ther*, 27:597-608, 2008.
- COLOMBO, L. Tecnoflon® to Fluoroelastomers HS Technology, 10º Congresso Brasileiro de Tecnologia da Borracha, São Paulo, Brasil, 2004.
- DANTAS, Talita Souza et al. Materiais de Enxerto Ósseo e suas Aplicações na Odontologia. *Unopar. Cient Ciênc Biol Saúde*, Piracicaba, v. 2, n. 13, p.131-135, 2011.
- DATTA S. Special-Purpose Elastomers, Rubber Compounding Chemistry and Applications, cap. 3, edit by Brendan Rodgers, page 129, 2004.
- DLUBECK; et al., Temperature Dependence of the Free Volume in Fluoroelastomers from Positron Lifetime and PVT Experiments. 2004.
- DOSTAL, H.; MONATSH; *Chem.* 69:424, 1936.
- DUPONT PERFORMANCE ELASTOMER; Bisphenol-Cure Viton® Fluoroelastomers in Compliance with FDA Regulation 21 CFR 177.2600, Technical information, rev. 3, March 2003.
- GIOVEDI; et al., Effects of Electron Beam Irradiation on Fluoroelastomer Properties, 2005.

JAGELS; et al., New Low Temperature Fluoroelastomers with Novel Monomer Compositions Characterized for Oilfield Service, 2008.

MÓDENA, J. L. P. Esofagogastroduodenoscopia, In: DANI, R.; CASTRO, L. P. Gastroenterologia Clínica, Rio de Janeiro; Guanabara Koogan, 1993.

MORTON, M. Rubber Technology – 3rd edition, Van Nostrand Rheinhold Company, 1987.

MOORE, A. L.; US Patent 3,839,305 - Oct. 1, 1974.

MOORE, A. L.; U.S. Patent 5.032.655, DuPont Co, Jul, 16, 1991.

MOORE, A. L. Fluoroelastomers Handbook: The Definitive User's Guide and Databook, by William Andrew, Inc .2006.

OGUNNIYI D. S, HEPBURN C. Compounding Studies of a Fluoroelastomer. Iranian Polymer Journal (English); 12(5), p. 367-371, 2003.

PATENTE EP 0596008 B1, Fluorination of articles molded from elastomers, 1999.

WOODWARD, R. P., Contact Angle Measurements Using the Drop Shape Method, 2008.

RIMMER, S., Biomaterials: Tissue Engineering and Polymers, in Emerging Themes in Polymer Science, A.J. RYAN, Editor., Royal Society of Chemistry: Cambridge. p. 89-99, 2001.

RUBBER WORLD MAGAZINE; "The Blue Book: Materials, Compounding Ingredients, and Machinery for Rubber", Ohio, 2007.

SANVITO, G.; Tecnoflon Fluoroelastomers, palestra apresentada no curso de Tecnologia da Borracha do Centro Tecnológico de Polímeros, RS, 2004.

BAUERLE, J.G.; FINLAY, J.B.; "An Improved Processing Fluoroelastomer Having Improved Fluids Resistance", 117th meeting of the Rubber Division, ACS, Cleveland, May 1980.

SAVITO, G. Tecnoflon® Fluoroelastomers, New Developments, Market and Application, palestra apresentada na Associação Brasileira de Tecnologia da Borracha, São Paulo, Outubro de 2005.

SILVER, F.H., Biomaterials, Medical Devices and Tissue Engineering, Londres: Chapman & Hall. 1-303, 1994.

SCHMIEGEL, WALTER W. Organic Fluorelastomers: Chemistry of Organic Fluorine Compounds II, ACS Monograph , p. 187, 1995.

THOMAS, ERIC W. New Fluoroelastomer Developments For Aerospace Sealing Applications, 2003.

WORM, A. T.; GROOTAERT, Werner, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, by John Wiley & Sons, 2002.