



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



**CARMEM LÚCIA CAVALCANTI COUTINHO**

**DESENVOLVIMENTO DE TELA TRANSOBTURATÓRIA POLIMÉRICA**  
**PARA USO NA TÉCNICA DE *SLING***

Campina Grande – PB  
2015

**Carmem Lúcia Cavalcanti Coutinho**

**DESENVOLVIMENTO DE TELA TRANSOBTURATÓRIA POLIMÉRICA PARA  
USO NA TÉCNICA DE SLING**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande, área de concentração: Polímeros, como exigência final para obtenção do título de **Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais.**

Orientador: Prof. Dr. Gelmires de Araújo Neves

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Lia Fook

Campina Grande – PB  
2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C864d Coutinho, Carmem Lúcia Cavalcanti.  
Desenvolvimento de tela transobturatória polimérica para uso na técnica de sling / Carmem Lúcia Cavalcanti Coutinho. – Campina Grande, 2015.  
49 f. : color.

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

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

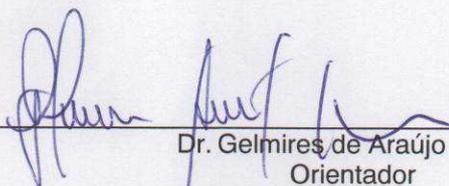
1. Biomaterial. 2. Policaprolactona. 3. Polipropileno. 4. Tela de Sling. I. Neves, Gelmires de Araújo. II. Fook, Marcus Vinicius Lia. III. Título.

CDU 620.1(043)

**DESENVOLVIMENTO DE TELA TRANSOBTURATORIA POLIMÉRICA PARA  
USO NA TÉCNICA DE SLING**

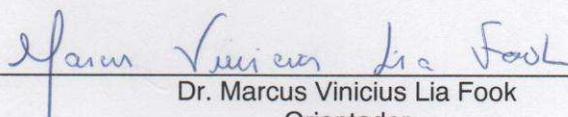
CARMEN LUCIA CAVALCANTE COUTINHO

Dissertação aprovada em 09/07/2015 pela banca examinadora constituída dos  
seguintes membros:



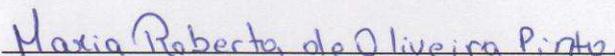
---

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



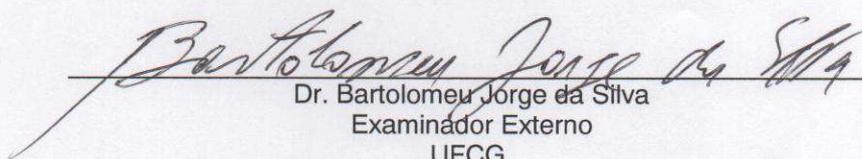
---

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



---

Dr.ª Maria Roberta de Oliveira Pinto  
Examinadora Externa  
CCT/UEPB



---

Dr. Bartolomeu Jorge da Silva  
Examinador Externo  
UFCG

A Deus e a todos que, direta ou  
Indiretamente, fizeram parte da  
minha formação, **DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Orientador Prof. Dr. Gelmires de Araújo Neves, a Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Roberta e ao Prof. Dr. Marcus Vinicius pelo incentivo, simpatia e presteza de sempre.

Especialmente a Anne, pelo seu espírito inovador e empreendedor na tarefa de multiplicar seus conhecimentos e pela sua disciplina me ensinando a importância deste trabalho.

Finalmente, a DEUS pela oportunidade e pelo privilégio que meu foi dado em compartilhar tamanha experiência.

“Não somos o que deveríamos ser; não somos o que queríamos ser; não somos o que iremos ser, mas graças a Deus, não somos o que éramos.”

Martin Luther King

## RESUMO

A técnica sling pela via transobturadora é eficaz para o tratamento de mulheres com Incontinência Urinária de Esforço e apresenta elevada taxa de cura e melhora da qualidade de vida com baixos índices de complicações. Este trabalho teve como objetivo desenvolver e confeccionar, uma tela de policaprolactona, para uso na técnica de *Sling* e realizar análises comparativas deste material com a tela de polipropileno, utilizada comercialmente. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Avaliação e Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste – CERTBIO. Utilizou-se duas amostras de tela, uma confeccionada no CERTBIO e outra de uso comercial. Foram avaliadas as composições químicas e físicas das telas de Policaprolactona (PCL) e Polipropileno (PP), através das técnicas de: Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Difração de Raios X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Tensão superficial, Ensaio Mecânico de Tração e Teste de Citotoxicidade. Pode-se comprovar pela análise de FTIR, que o material formador das telas era apenas de polipropileno e policaprolactona. A análise de DRX corroborou com os resultados obtidos na análise de FTIR, que indicavam que o material das telas tratava de PP e PCL, apresentando um espectograma característico destes polímeros. Também, através da análise de DRX, foi possível observar o grau de cristalinidade indicando o PP que possui maior grau de cristalinidade que o PCL. Pode-se comprovar também, que o PP possui maior resistência mecânica que o PCL, verificando assim que o PP é mais frágil e quebradiço do que o PCL. A análise de tensão superficial mostrou que as duas telas possuem molhabilidade parcial devido as cavidade presentes na superfície das telas. A biocompatibilidade dos compostos foi confirmada com o teste de Citotoxicidade.

**Palavras-chave:** Biomaterial. Policaprolactona. Polipropileno. Tela de Sling.

## ABSTRACT

The sling technique by transobturator approach is effective for the treatment of women with Stress Urinary Incontinence and has a high cure rate and improved quality of life with low complication rates. This work aimed to develop and produce, polycaprolactone, screen for use in Sling surgery and to perform comparative analyses of this material with a polypropylene bladder, used commercially. The survey was developed in the laboratory of evaluation and development of Biomaterials in the Northeast-CERTBIO. Two samples were used to screen; a made in the laboratory and another used commercially. Been evaluated physical and chemical compositions of the Polycaprolactone (PCL) and Polypropylene (PP) screens, through the following techniques: infrared Spectroscopy in the region with a Fourier transform (FTIR), x-ray Diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), surface tension, traction mechanical essays and Cytotoxicity test. You can check by the FTIR analysis, that the trainer material of fabrics was just poliproplieno and polycaprolactone, for examining the computer spectrogram. The XRD analysis corroborated with the results obtained in the FTIR analysis, which indicated that the material was PP screens and PCL, showing a characteristic you might like to look of these polymers. Also, through the analysis of DRX, it was possible to observe the degree of crystallinity indicating the PP has higher degree of crystallinity the PCL. One can prove that the PP has higher mechanical strength than the PCL, checking so that the PP is more brittle than the PCL. The analysis of surface tension showed that both screens have partial wettability due to cavity present on the surface of the canvas. The biocompatibility of the compounds has been confirmed with the Cytotoxicity test and it showed low cytotoxicity in two screens.

**Keywords:** Biomaterial. Polycaprolactone. Polypropylene. Sling Fabric.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cistometrograma de uma mulher múltipara de 70 anos com queixa de incontinência de esforço. ....	21
Figura 2 - Fita de propene-GYNECARE INTERCEED® Absorbable Adhesion Barrier.....	24
Figura 3 – Ilustração do Procedimento de Transobturatório fita sling médio-uretral (TOT). ....	26
Figura 4 – Cadeia química da policaprolactona .....	27
Figura 5 – Esquema da reação de polimerização para formação do polipropileno ...	28
Figura 6 – Confeção da tela de PCL, (a) Molde de Ferro, (b) Distribuição do PCL + solvente, (c) Secagem da tela no molde, (d) Tela pronta. ....	30
Figura 7 – Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) do Polipropileno. ....	34
Figura 8 – Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier do policaprolactona.....	35
Figura 9 – Difração de Raios X (DRX) da tela de polipropileno. ....	36
Figura 10 – Difração de Raios X (DRX) da tela de policaprolactona .....	36
Figura 11 – Microscopia Eletrônica de Varredura das amostras de PP.....	37
Figura 12 – Microscopia Eletrônica de Varredura das amostras de PCL.....	38
Figura 13 – Gráfico de Tensão x Deformação apresentando as curvas da amostra 1, 2 e 3 da tela de PP.....	39
Figura 14 – Gráfico de Tensão x Deformação apresentando as curvas da amostra 1, 2 e 3 respectivamente da tela de PCL .....	40
Figura 15 – Gráfico do ângulo de contato para PP (1) e PCL (2). ....	41
Figura 16 – Gráfico de viabilidade celular para PP e PCL.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do ensaio de tração para tela de PP.....	38
Tabela 2 – Resultados do ensaio de tração para tela de PCL.....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CID – Classificações Internacionais de Doenças

CN – Controle Negativo

DEI – Deficiência Esfincteriana intrínseca

DRX – Difração de Raios X

FDA – Food and Drug Administration

FTIR – Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier

ICS – International Continence Society

IMC – Índice de massa corpórea

IU – Incontinência urinária

IUE – Incontinência Urinária de Estresse ou Esforços

MEV – Microscópio Eletrônico de Varredura

PCL – Policaprolactona

PP – Polipropileno

OMS – Organização Mundial da Saúde

TOT – Trans-Obturator Tape

TS – Tensão Superficial

TG – Temperatura de transição vítrea

TM – Temperatura de fusão

TVT – Tension-free Vaginal Tape

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Incontinência Urinária - (IU) .....	15
2.1.1 Fisiopatologia .....	15
2.1.2 Epidemiologia .....	17
2.1.3 Tipos de Incontinência Urinária.....	18
2.1.4.1 A incontinência urinária de estresse (IUE) .....	18
2.1.4.2 Bexiga hiperativa .....	18
2.1.3.3 Incontinência mista.....	19
2.1.3.4 Incontinência por transbordamento ou hiperfluxo .....	19
2.1.3.5 Etiopatogenia da incontinência urinária de estresse (IUE) .....	19
2.1.4 Diagnóstico .....	20
2.1.5 Tratamento Clínico .....	21
2.1.5.1 Exercícios.....	21
2.1.5.2 Estimulação Elétrica .....	22
2.1.5.3 Biofeedback.....	22
2.1.6 Tratamento Medicamentoso .....	22
2.1.7 Tratamento Cirúrgico .....	22
2.1.7.1 Agentes de Preenchimento Uretral .....	22
2.1.7.2 Tratamento Cirúrgico de IUE por Causa Anatômica. ....	23
2.1.7.3 Uretropexia Retropúbica .....	23
2.1.7.4 Sling Pubovaginais Autólogos .....	23
2.2 Sling Sintético .....	24
2.3 Biomaterial.....	26
2.4 Policaprolactona .....	27

2.5 Polipropileno .....	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	29
3.1 Local da Pesquisa.....	29
3.2 Materiais .....	29
3.3 Métodos .....	29
3.3 Caracterização.....	30
3.3.1 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	31
3.3.2 Difração de raios X (DRX) .....	31
3.3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura – (MEV)/ Espectroscopia por Energia Dispersiva de Raios X – (EDS).....	32
3.3.4 Ensaio de Tração.....	32
3.3.5 Tensão Superficial .....	32
3.3.6 Teste de Citotoxicidade .....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) .....	34
4.2 Difração de Raios X (DRX) .....	35
4.3 Microscopia Eletrônica de Varredura .....	37
4.4 Ensaio de Tração.....	38
4.5 Tensão Superficial .....	41
4.6 Teste de Citotoxicidade.....	42
CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45

## 1 INTRODUÇÃO

A Medicina evoluiu rapidamente nas últimas décadas com objetivo de encontrar a cura para doenças, bem como para melhorar a qualidade de vida das pessoas, o que é demonstrado por meio das pesquisas freqüentemente divulgadas. No entanto, há outra realidade, cada vez mais anunciada nos meios de comunicação, o desenvolvimento tecnológico mundial, a maior distribuição de renda e as melhores condições habitacionais aumentaram a expectativa de vida da população em geral.

Na visão de Weinberger (1987), a população feminina não foi diferente, pois o envelhecimento globalizado gerou um acréscimo na proporção de mulheres em idade avançada em todo o planeta. Tal ascensão está, conseqüentemente, associada à elevação do número de casos de incontinência urinária (IU), que é definida pela *Internacional Continence Society* (ICS) desde 2002 como a perda involuntária de urina em quantidade suficiente para causar um problema de higiene ou social.

Estima-se que, no mundo, 200 milhões de pessoas sofram desta doença, sendo 17 milhões nos EUA com custo anual de mais de 26 bilhões de dólares (Bernasconi et al., 2003). O aumento do número de casos de incontinência urinária, entretanto, não está, unicamente, relacionado a fatores naturais, como se acreditou anteriormente. Ela tem origem multifatorial, podendo ser atrelada a cirurgias ginecológicas; ao sexo feminino; idade avançada; paridade; hipertensão arterial; diabetes mellitus; partos domiciliares e infecção do trato urinário.

Portanto, durante muito tempo se discutiu a melhor forma de tratamento para a IU, buscando assim melhorar a qualidade de vida da mulher. Existem, atualmente, diversas formas de tratamento, porém sempre se inicia com uma avaliação clínica e com o estudo urodinâmico e pode desaguar em tratamento conservador ou cirúrgico, a partir do diagnóstico/classificação da incontinência urinária, dentre elas, a incontinência urinária de esforço (IUE).

Algumas modalidades de tratamento cirúrgico para incontinência urinária de estresse têm sido destacadas, tais como os procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos utilizados para a terapêutica e melhoria dessa condição nas mulheres acometidas pelo problema (Temeltas et al., 2014). A cirurgia Transobturatório Fita *Sling* (TOT) é um procedimento eficiente, razoavelmente seguro e uma alternativa

minimamente invasiva de tratamento em mulheres apresentando incontinência urinária de estresse.

Para aprimorar e obter melhores resultados com essa técnica se faz necessário um melhoramento no material que confecciona a fita transobturatória, e, nesta pesquisa, foi utilizado o material policaprolactona.

Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa foi desenvolver tela transobturatória monofilamentar de policaprolactona (PCL) para uso na técnica de *Sling*, e realizar análises comparativas deste material com a tela de polipropileno, utilizada comercialmente.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Incontinência Urinária - (IU)**

A IU era apenas um sintoma até 1998, quando passou a ser considerada uma doença nas Classificações Internacional de Doenças (CID). Atualmente a International Continence Society (ICS) define IU como perda involuntária de urina que é um problema social ou higiênico valorizando a queixa das pacientes (Abrams, 2003).

#### **2.1.1 Fisiopatologia**

Fisiopatologia da IUE não está totalmente esclarecida, sabe-se que é o resultado de vários fatores alguns ainda em questionamento muito embora haja consenso em alguns como: raça, obesidade, idade avançada partos vaginais (Danforth et al., 2006).

A idade é considerada o principal fator de risco para a IU feminina, afeta significativamente as mulheres mais idosas, em geral a partir do climatério/menopausa, com índices de 43% na faixa etária de 35 a 81 anos (Guarisi, 1997). Na população geral, a prevalência de IU aumenta com o aumento da idade. Alguns dos distúrbios urinários em mulheres mais idosas podem ser causados pela diminuição da capacidade da bexiga, que passa de 500 a 600 ml para 250 a 300 ml, contribuindo para o aumento da frequência urinária e da noctúria, pelo baixo nível de estrógeno após a menopausa, doenças crônicas e aumento do índice de massa corpórea (IMC) (Brown, 1996).

A obesidade é um fator que agrava ou contribui para o desenvolvimento da IU e a prevalência aumenta com o aumento do peso. Presume-se que a associação da IU com a obesidade seja consequência da alta pressão intra-abdominal provocada, principalmente, pelo aumento de peso na região da cintura-quadril e, conseqüentemente, do aumento da pressão intravesical alterando o mecanismo do trato urinário. Um estudo relata que, ao exame urodinâmico, foi observada uma elevação na pressão intravesical durante a realização da manobra de Valsava significativamente maior na paciente obesa e, após o emagrecimento, houve um

aumento da transmissão passiva da pressão à bexiga e uretra e diminuição da mobilidade da junção uretro-vesical (Santos,1994).

A paridade é um dos fatores que mais se procura associar com o desenvolvimento de IU. Comumente a incontinência aparece durante a gravidez e a prevalência se eleva com o aumento da paridade. Contrariando estes estudos, outros autores não encontraram aumento significativo da sua ocorrência com o aumento da paridade. O parto vaginal está associado com o aumento de casos de IU quando comparado com o parto cesáreo, no entanto, o parto vaginal isoladamente não é o causador da IU e sim, quando associado às lesões e traumas do assoalho pélvico. Contudo, quando comparado com nulíparas, tanto o parto vaginal como o cesáreo mostraram associação com a IU (Rortveit, 2003).

Outro fator de risco é o peso do recém-nascido, tanto durante a gravidez quanto no parto vaginal, influenciam o aumento da prevalência de IU. Este fator pode estar relacionado com o aumento da pressão intra-abdominal, e, conseqüentemente, com o aumento da pressão intravesical. Além disto, existe o risco para lesão do assoalho pélvico durante o parto vaginal. Porém, outro estudo não encontrou associação significativa entre o parto de crianças com peso maior que 4000g e a presença de IU ou de lesões no assoalho pélvico de terceiro ou quarto grau após o parto vaginal, fator considerado como risco para IU (Fantl,1994).

As prevalências de IU em mulheres na pré e pós-menopausa têm sido muito estudadas e os resultados têm confirmado associação significativa, com índices que variam de 46% a 64%. A estática pélvica pode ser afetada com as mudanças hormonais durante a menopausa. O hipoestrogenismo na pós-menopausa predispõe a mulher à IU e contribui para sintomas urinários como aumento da frequência, urgência e disúria (Penn, 1996).

Há uma associação significativa entre a IU e cirurgias ginecológica, alguns autores observaram achados significativos entre a histerectomia e a IU. Acredita-se que a retirada e/ou o prolapso genital (quebra da estrutura pélvica) comprometem as funções do assoalho pélvico, visto que, esse serve de contenção para o assoalho pélvico, ou seja, fator importante para a integridade dos mesmos. Entretanto, em dois estudos de revisão bibliográfica, mostraram resultados divergentes, pois, um relatou que a histerectomia aumenta a prevalência IU e outro, não observou aumento significativo de IU após a retirada do útero (Parazzini, 2000).

A constipação tem sido estudada como um fator que aumenta o risco de IU em mulheres. A constipação crônica afeta a função urológica: o estiramento do reto pode comprimir a bexiga, contribuindo para a retenção urinária, causando infecção do trato urinário e, frequentemente, a força realizada durante a evacuação intestinal pode lesar a musculatura pélvica e, através da distensão, traumatizar e causar isquemia muscular levando a IU (Moller, 2000).

Em relação raça houve diferença significativa da prevalência de IUE, sendo maior nas mulheres de raça branca que nas de raça negra (Townwsen, 2010).

Ao comparar as mulheres incontinentes com as continentas, a história familiar de IU foi 2,6 vezes maior nas mulheres incontinentes e mais provável ter pelo menos um membro da família com IU. No Brasil, não encontraram diferença no risco de IU em relação à raça e, consideraram a possibilidade de que parte das mulheres da amostra estudada poderia ter traços de herança negra. Neste sentido observa-se que, na população brasileira, as distinções raciais com base na cor da pele declarada ou observada não são precisas, dificultando o estabelecimento desta diferença (Sze, 2002).

O tabagismo frequentemente apresenta tosse mais violenta, causando efeito direto ou indireto na bexiga ou na uretra podendo danificar os componentes e o mecanismo esfinteriano da uretra propiciando a IU e piorando a frequência e a intensidade da IU existente. As fumantes apresentam aumento significativo na pressão vesical com a tosse, quando comparadas com as não fumantes. Os componentes do tabaco (monóxido de carbono, nicotina) causam deficiência no estrógeno, assim, nas fumantes a menopausa natural, fator de risco para IU, ocorre de um a um ano e meio mais cedo (Bump, 1994).

O exercício físico rigoroso é um dos fatores de risco para a IU em mulheres jovens e nulíparas, considerando-se os esportes individuais, a prevalência de IUE é maior entre ginastas, porque os exercícios praticados por elas são mais rigorosos na região abdominal em comparação com outros esportes, indicando que a prática da ginástica aumenta a pressão intra abdominal (Thyssem, 2002).

### **2.1.2 Epidemiologia**

Dados epidemiológicos apontam para variação de prevalência de acordo com a metodologia utilizada. Na população norueguesa entre mulheres com 20 anos ou

mais, a incidência de IU foi de 25% passando para 46% entre pacientes na faixa etária de 80 e 89 anos, quando se avaliou jovens com atividades físicas intensa e principalmente atletas com idade média entre 19,9 e 31,8 anos a prevalência foi de 28% a 51% (Higa, Lopes e Reis, 2008).

A estimativa de prevalência da incontinência urinária nos estudos epidemiológicos varia amplamente pelo uso de diferentes definições de incontinência, seleção das populações e idades das pacientes entre outras variáveis. Em 1994, os custos do tratamento da incontinência urinária giraram em torno de 11,2 bilhões de dólares (Silveira et al., 2012).

Em 2000, o estudo EPINCONT (EPIDEMIOLOGY OF INCONTINENCE IN THE COUNTY OF NORD-TRONDELAG) avaliou 27.936 mulheres com idade maior ou igual a 20 anos e a prevalência total de IU foi de 25%. A metade apresentou sintomas de incontinência urinária aos esforços (IUE), 36% incontinência urinária mista (IUM) e 11% apresentaram apenas incontinência de urgência. Esse estudo demonstrou também que a prevalência da IU aumenta com a idade das pacientes (Silveira et al., 2012).

### **2.1.3 Tipos de Incontinência Urinária**

#### **2.1.4.1 A incontinência urinária de estresse (IUE)**

A incontinência urinária de estresse é o tipo mais comum de incontinência urinária em mulheres e consiste na perda de urina como um resultado de algumas ações, como tosse, espirros, ou atividades físicas, mediadas pelo aumento da pressão intra-abdominal na ausência de contração da musculatura da bexiga ou detrussor (Abrams et al., 2003).

#### **2.1.4.2 Bexiga hiperativa**

A bexiga hiperativa é uma síndrome clínica que se caracteriza pela presença de urgência miccional, com ou sem urgeincontinência, usualmente acompanhada de noctúria e aumento da frequência urinária (Castro et al., 2012).

### **2.1.3.3 Incontinência mista**

É quando há concomitância entre a incontinência de esforço ou verdadeira e a instabilidade do detrusor, quando a perda urinária ocorre concomitantemente com esforço e contração do detrusor em geral há predomínio de uma das formas de IUE (Castro et al., 2012).

### **2.1.3.4 Incontinência por transbordamento ou hiperfluxo**

A paciente normalmente apresenta retenção urinária e incontinência por transbordamento. Como a bexiga é hipoativa, ela dilata-se até tornar-se muito volumosa e não chega a esvaziar-se, sendo indolor. (Castro et al. 2012)

### **2.1.3.5 Etiopatogenia da incontinência urinária de estresse (IUE)**

A etiopatogenia várias teorias foram proposta para explicar a gênese da IUE tais como uretra curta defendida por Lapedes em 1960, e a perda do ângulo uretrovesical tempos depois foram abandonadas por falta de consistência pois alterações deste ângulo ocorriam também em mulheres continentas (Girão, Lima e Baracat, 2009).

Em 1961 Enhorning propôs a teoria da equalização de pressão-abdominal que é aceita até os dias atuais, onde com o deslocamento da uretra proximal da posição intra-abdominal ocorreria aumento da pressão vesical sem transmissão concomitante da pressão uretral (Girão, Lima e Baracat, 2009).

Em 1990, Petros e Ulmsten propuseram a teoria integral com a finalidade de explicara não só a fisiopatologia da IUE como outros sintomas coexistentes, tais como urgência , polaciúria esvaziamento intestinal e vesical entre outros, esta teoria explicaria que um processo fisiopatológico comum entre todas estas morbidades. A teoria integral da continência visa mostrar que toda alteração seja na IUE, urgência e alterações de vazamento vesical são decorrentes de lesões dos elementos de suporte suburetral dos ligamentos e músculo do assoalho pélvico (Girão, Lima e Baracat, 2009).

Em relação ao suporte anatômico da uretra feminina, do colo vesical e da parede posterior da bexiga, os mesmos são derivados da fascia pélvica do musculo

elevador do ânus de cada lado e paralelo ao ramo isquiopúbico ao nível da uretra. Os elementos ligamentares inserem-se bilateralmente no arco tendíneo, que corresponde a um espessamento da fáscia pélvica, desse modo, a condensação desta fáscia forma os ligamentos, o ligamento uretropélvico e os ligamentos pubouretrais que visam prevenir a hiper mobilidade uretral (Girão et al., 2002; Palma; Netto Júnior, 2005).

#### **2.1.4 Diagnóstico**

No que concerne ao diagnóstico de IUE a anamnese é primeiro passo para investigação, é importante averiguar o tipo de perda urinária, uso de medicação que tendo em vista que algumas dessas drogas interferem no trato urinário como os diuréticos e os alfa-bloqueadores, patologias neurológicas com diminuição de força muscular, doença de Parkinson e infecção urinária.

O Exame clínico que tem como objetivo reproduzir a queixa referida pela paciente, diagnosticar distopia genitais, sinais de hipoestrogenismo, presença de vulvite amoniacal e integridade dos reflexos, como bulbocavernoso da tosse e anocutâneo.

Exame objetivo pode ser dividido em quatro partes, sendo elas:

- 1) Diário miccional é uma ferramenta indispensável como auxiliar no diagnóstico tanto de IUE como hiperatividade do detrusor, como também avaliar a gravidade dos sintomas e assim auxiliar na conduta terapêutica, a Figura 1 apresenta um diário miccional.
- 2) Teste do absorvente ou pad-test e utilizado para avaliação de quantitativa de urina, e importante principalmente nos casos que não foi detectado perda urinária no exame clínico.
- 3) Teste de cotonete ou (Q-tip test) e a ultra sonografia vaginal (USV) avaliam a mobilidade da junção uretro-vesical.
- 4) Estudo urodinâmico é o padrão ouro para indicar o tratamento cirúrgico, tem valor legal e afasta outras causas de IU que não sejam IUE. (Girão et al, 2009)

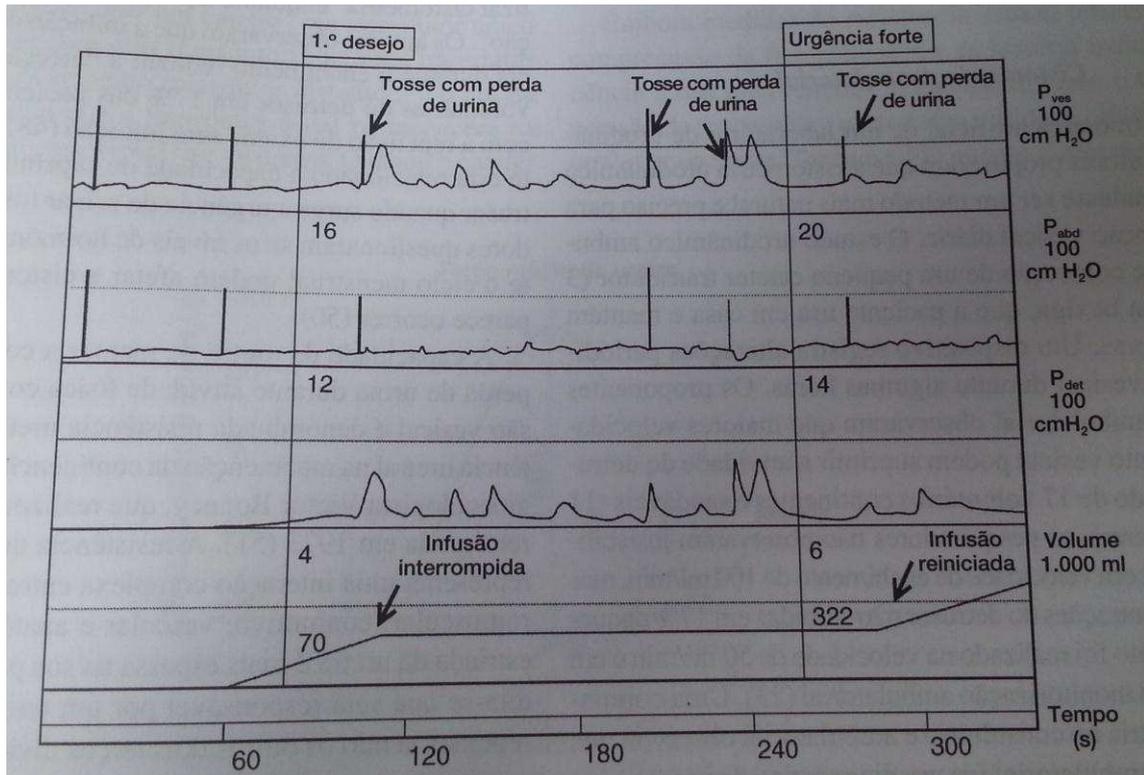


Figura 1 – Cistometrograma de uma mulher multipara de 70 anos com queixa de incontinência de esforço (Bent *et al.*, 2006).

A cistometrograma ilustrada na Figura 1 demonstra urgência com um volume de 70mL e mostra perda urinaria causada por instabilidade do detrusor após vários episódios de tosse bem como contrações espontâneas do detreusor. Ela não apresentou perda de urina sem deflagração de espamos do detrusor (Bent *et al.*, 2006).

### 2.1.5 Tratamento Clínico

Com melhor conhecimento fisiopatológico da IUE após a teoria integral da continência concebida por Petros e Ulmsten, o tratamento conservador vem sendo utilizado com melhores resultados, menos efeito colateral (Girao *et al.*, 2009).

#### 2.1.5.1 Exercícios

Este tratamento reside em fortalecer a musculatura do assoalho pélvico promovendo melhor apoio ao fechamento da uretra, em mulheres com sintomatologia leve ou moderada, o condicionamento da musculatura através de

exercícios dos músculos do assoalho pélvico, também conhecido como exercício de Kegel pode melhorar e até curar a IUE (Willam, 2014).

#### **2.1.5.2 Estimulação Elétrica**

Teria efeito benéfico sobre a IUE em decorrência do aumento do fluxo sanguíneo muscular ativando a contração da musculatura pélvica, restabelecendo a conexões neuromusculares é comumente usada associada ao exercício de Kegel. (Indrekvam, 2001; Wang, 2004)

#### **2.1.5.3 Biofeedback**

É um tratamento baseado em técnicas comportamentais onde se avalia os sinais fisiológicos como a força muscular para mostrar a paciente de maneira fidedigna, geralmente mensagens que podem ser visuais, auditivas ou verbais são enviadas como feedback durante a terapia, que são individualizadas, tem como finalidade a conscientização da paciente, é usado associado a outras técnicas comportamentais.

#### **2.1.6 Tratamento Medicamentoso**

É pouco eficaz, o estrogênio é utilizado em IUE leve sem distopias age aumentando a vascularização e o trofismo da mucosa uretral.

#### **2.1.7 Tratamento Cirúrgico**

##### **2.1.7.1 Agentes de Preenchimento Uretral**

Mais comumente utilizada em IUE por deficiência esfínteriana como também em pacientes com alto risco cirúrgico e com pressão de perda < 100 cm de H<sub>2</sub>O (Mcguire, 2006), consiste em injetar agentes de preenchimento na submucosa uretral para haver melhor cooptação. Este tratamento minimamente invasivo seria realizado em ambulatório com anestesia local o agente utilizado disponível

atualmente para uso nos Estados Unidos são tecidos adiposos autólogos que produzem sucesso limitado devido a sua rápida degradação.

#### **2.1.7.2 Tratamento Cirúrgico de IUE por Causa Anatômica.**

A opção cirúrgica ainda é a principal terapia para esta afecção e muito utilizada em casos de insucesso do tratamento conservador, sabendo-se da importância da sustentação da uretra para continência urinária foram propostas várias técnicas cirúrgicas que impedissem a descida do colo vesical e uretra proximal quando houvesse aumento da pressão abdominal.

A cirurgia ideal tem que apresentar alto índice de cura, ser minimamente invasiva, com diminuição de morbidades e de fácil execução dentre estes critérios algumas técnicas são usadas para correção da IUE por hiper mobilidade uretral.

#### **2.1.7.3 Uretropexia Retropúbica**

Este método inclui a colposuspensão de Burch e de Marshall-Marchetti-Krantz (MMK) que consiste em ancorar a fascia pubocervical moldura músculo esquelética da pelve, na cirurgia de Burch a fixação é no ligamento de Cooper (ligamento íleopectíneo) que durante muito tempo foi considerada padrão ouro com taxa de cura de 85% a 90% após um ano e 70% após 5 anos (Lapitan, 2009).

Atualmente pouco usada em decorrência do surgimento de procedimentos menos invasivos e com mesma eficácia.

#### **2.1.7.4 Sling Pubovaginais Autólogos**

É um procedimento padrão ouro para incontinência usado primariamente em paciente com deficiência esfinteriana intrínseca (DEI) e em mulheres com IUE recidivada, a técnica consiste em colocar uma faixa de fásia de reto abdominal sob o colo vesical passando pelo espaço de Retzius, as extremidades são fixadas ao nível da fásia do músculo reto abdominal, a cistoscopia é tempo obrigatório da cirurgia.

## 2.2 Sling Sintético

De acordo com Tanuri (2010), o termo *sling* vem do inglês que significa tipoia, balanço, funda, faixa ou suporte para sustentação. Foi utilizado em diversas cirurgias, como nas hérnias abdominais em 1950, e depois em cirurgias ortopédicas e geniturinárias.

É eficaz para o tratamento da incontinência urinária de esforço (IUE) devida tanto à hiper mobilidade uretral quanto ao defeito esfinteriano intrínseco (Rovner, Ginsberg e Raz, 1997).

As diferentes técnicas são similares, diferindo apenas em três pontos básicos: tipo de material utilizado, que pode ser orgânico (autólogo ou heterólogo) ou sintético, vias de acesso (abdominal ou abdominal e vaginal) e pontos de fixação. O material ideal para a realização do *sling* deve promover adequada força de tensão, ser facilmente acessível e ter baixo risco de infecção, rejeição e cicatrização excessiva (Horback et al., 1996). A Figura 2 apresenta a fita transoburatória de propilene sub-uretral, composto de Prolene® monofilamentar com poros de 75 microns, utilizada na técnica de *sling*.



Figura 2 - Fita de propilene-GYNECARE INTERCEED® Absorbable Adhesion Barrier.

No final dos anos 1990 baseada na teoria integral estabelecida por Petros e Ulmsten (1993), onde fechamento uretral era promovido pela integridade de três estruturas anatômicas são elas o músculo pubococcigeo, ligamentos pubouretrais e rede vaginal suburetral e que a frouxidão dessas estruturas seria a causa da

incontinência, surgiram varias técnicas em alças com a finalidade de reestruturar a anatomia desses ligamentos e assim tratando a incontinência.

Em 1996 foi desenvolvida por Ulmsten uma técnica minimamente invasiva conhecida como *Free vaginal Tape* (TVT) onde é utilizada uma fita de polipropileno macroporosa e nonofilamentar. A abordagem retropúbica se faz utilizando uma alça de material sintético livre de tensão (TVT) aplicada através de uma incisão vaginal suburetral lateral a uretra com saída suprapubica por uma incisão na pele.

As complicações variam na dependência da curva de aprendizado do cirurgião, incluem: lesão vascular, intestinal ou do trato urinário inferior, erosão da malha, retenção urinaria, urgência urinaria dentre elas a mais comum é a perfuração vesical, com taxas variando em 9% (Agostini, 2006; Tamussino, 2001; Ward, 2004), é interessante ressaltar a necessidade de cistoscopia intraoperatoria.

Em 2001, Delorme desenvolveu uma técnica minimamente invasiva, que evitaria passagem de agulhas pelo espaço de Retzius, tornando a cirurgia mais simples, com menos morbidade e sem necessidade de cistoscopia intraoperatoria, surgiu o sling colocado via transobturatória (TOT). Os slings mediouretrais tanto o TVT como TOT oferecem o índice de cura em curto prazo de 90% (Lim, 2006).

Apesar dos dados favoráveis não existe estudo que comprovem a efetividade do TOT a longo prazo, muito embora dados conseguidos em 17 meses após cirurgias verificaram melhora da IUE em 89% (Juma, 2007). Entretanto nos procedimentos retropubicos a taxa de continência a longo prazo se aproxima de 80% (Nilsson, 2004). Em um estudo prospectivo observacional realizado por três centros na Suécia e na Finlândia verificou-se que o TVT é seguro e eficaz a longo prazo com taxa de cura de 77% em 11,5 anos (Nilsson, 2008).

Com efeito, pesquisa aponta que a cirurgia Transobturatório fita *sling* na tecnica TOT é um procedimento eficiente, razoavelmente seguro e uma alternativa minimamente invasiva de tratamento em mulheres apresentando incontinência urinária. A Figura 3 ilustra a técnica de cirúrgica de *Sling* TOT para correção da incontinência urinária usando a tela monofilamentar macroporosa.

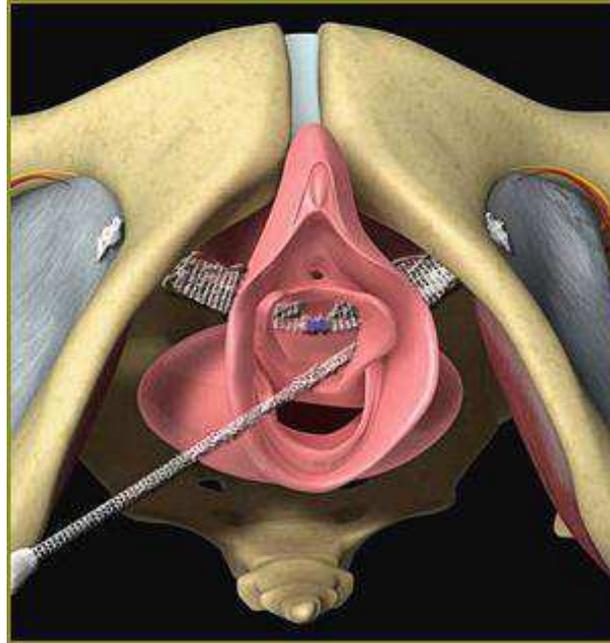


Figura 3 – Ilustração do Procedimento de Transobturatório fita sling médio-uretral (TOT).

As vantagens desse processo compreendem desde a facilidade da execução do procedimento, a curta duração de cirurgia e internação, diminuição do tempo de cicatrização, menor desconforto pós-cirúrgico e um número limitado de complicações (Temeltas et al., 2014). Corroborando com esses achados, estudo revela uma resposta satisfatória na função sexual e qualidade de vida de mulheres submetidas ao procedimento TOT (Simsek et al., 2014).

O Biomaterial ideal para fabricação do sling sintético deve ser quimicamente e fisicamente inerte: não carcinogênico; mecanicamente forte; não causar reações inflamatórias ou alérgicas; ser esterilizável; não ser fisicamente modificado pelo tecido vivo e ter formato conveniente para o uso clínico. (Castro *et al.*, 2012).

### 2.3 Biomaterial

Um biomaterial é uma substância que foi projetada e conformada para que, sozinha ou como parte de um sistema complexo, é usada para direcionar, pelo controle das interações com os componentes dos sistemas vivos, o curso de qualquer procedimento terapêutico ou de diagnóstico, em medicina humana ou veterinária (WILLIAMS, 2009).

Os principais avanços no campo dos biomateriais têm ocorrido principalmente devido ao aumento do número de pacientes, em função do aumento da população e

da expectativa de vida, que necessitam obter melhoria na qualidade de vida. (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

O desenvolvimento de biomateriais poliméricos pode ser considerado como um processo revolucionário. Trabalhos sobre a aplicação de polímeros como biomateriais datam de milhares de anos. No entanto, a aplicação de polímeros como policaprolactona e polipropileno na medicina pode ser considerada como um fenômeno recente. Os polímeros formam uma classe versátil de materiais que têm sido amplamente estudados por médicos e profissionais de saúde com o objetivo de encontrar cada vez mais novas aplicações. Isto pode ser atribuído à sua facilidade de síntese e/ou modificação, o que gera significantes alterações nas propriedades físicas e mecânicas (Williams, 2009).

## 2.4 Policaprolactona

A policaprolactona é um polímero sintético semicristalino de alta biocompatibilidade e sua massa molecular mede entre 5.000 e 8.000 Da. Atualmente é dos polímeros sintéticos, mais estudados do mundo e a FDA - *Food and Drug Administration* aprovou-o para aplicações médicas nos Estados Unidos da América (EUA). Dentre suas características a que se destaca é o caráter hidrofóbico (AMASS, 1998), possui baixa toxicidade, uma temperatura de transição vítrea,  $T_g$ , de  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  e uma temperatura de fusão,  $T_m$ , de  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  e grande miscibilidade. O processo de obtenção da policaprolactona baseia-se na polimerização por abertura de anel, originário do monômero de caprolactona, tendo como produto um poliéster alifático (Jones, 2004). A Figura 4 ilustra parte da cadeia principal do PCL.

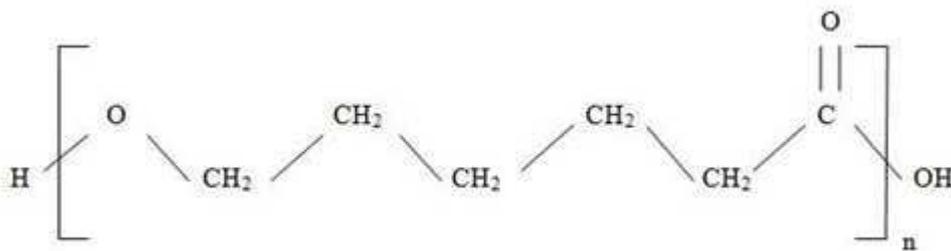


Figura 4 – Cadeia química da policaprolactona (Tavares, 2011).

Este polímero é utilizado em diversas aplicações como: em sistemas para liberação controlada de fármacos, muscular, ósseo e cartilaginoso, recobrimento de cânulas uretrais e na engenharia tecidual (Sasmazel, 2008).

## 2.5 Polipropileno

O polipropileno é semicristalino, de massa molar entre um 80.000 e 500.000 Da (Strapasson, 2004), temperatura de transição vítrea (Tg) de 4-12°C e temperatura de fusão (Tm), igual a 165-175°C. Apresenta alta resistência mecânica, dureza e rigidez, elevada resistência química a solventes.

O monômero propileno da origem ao PP através de uma reação de poliadição utilizando o catalisador de Ziegler-Natta, que são catalisadores constituídos por metais de transição. A Figura 5 ilustra o esquema da reação de polimerização para formação do polipropileno.

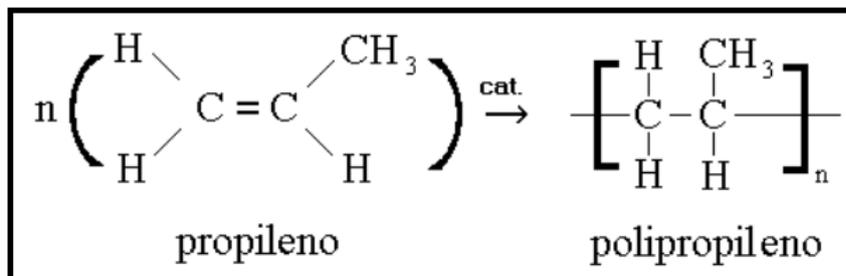


Figura 5 – Esquema da reação de polimerização para formação do polipropileno (Strapasson, 2004)

É bastante empregado em aplicações como recipientes para embalagens, pisos tipo carpete, seringas de injeção descartáveis, revestimento interno e freezers, eletrodomésticos, brinquedos, tubos para canetas esferográficas, bocal de pistolas para aplicação de aerossóis, material hospitalar, etc.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Local da Pesquisa

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

#### 3.2 Materiais

Foram utilizadas duas amostras de tela sling, sendo uma comercial de polipropileno e outra de desenvolvida no Certbio.

- Dimetilclorometano ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) produzido pela ISOFAR Indústria e comércio de produtos químicos Ltda., massa molar 84,93 g/mol.
- Policaprolactona de massa molar 80.000g/mol, produzido pela Perstorp, Capa<sup>TM</sup> 6800.

#### 3.3 Métodos

Para o desenvolvimento e confecção das telas de PCL estudadas, foi utilizado o processo de dissolução do polímero com solvente. O diclorometano foi escolhido como solvente por estar classificado na classe dois de Solventes residuais por Avaliação de Riscos segundo o *Guideline for Residual Solvents da European Medicines Agency* (2009).

Foi dissolvido o PCL na proporção de 1:5 em relação ao solvente, o que obteve um percentual final de 48,50% do polímero.

O polímero foi pesado em balança analítica e posteriormente adicionado a um becker contendo o solvente. Após 30 minutos a solução foi distribuída uniformemente em um molde de 8x8 cm (Figura 6b), em seguida a solução foi posta na capela por 24 horas para a evaporação completa do solvente. Após a secagem foi possível retirar com facilidade o polímero do molde (Figura 6d).

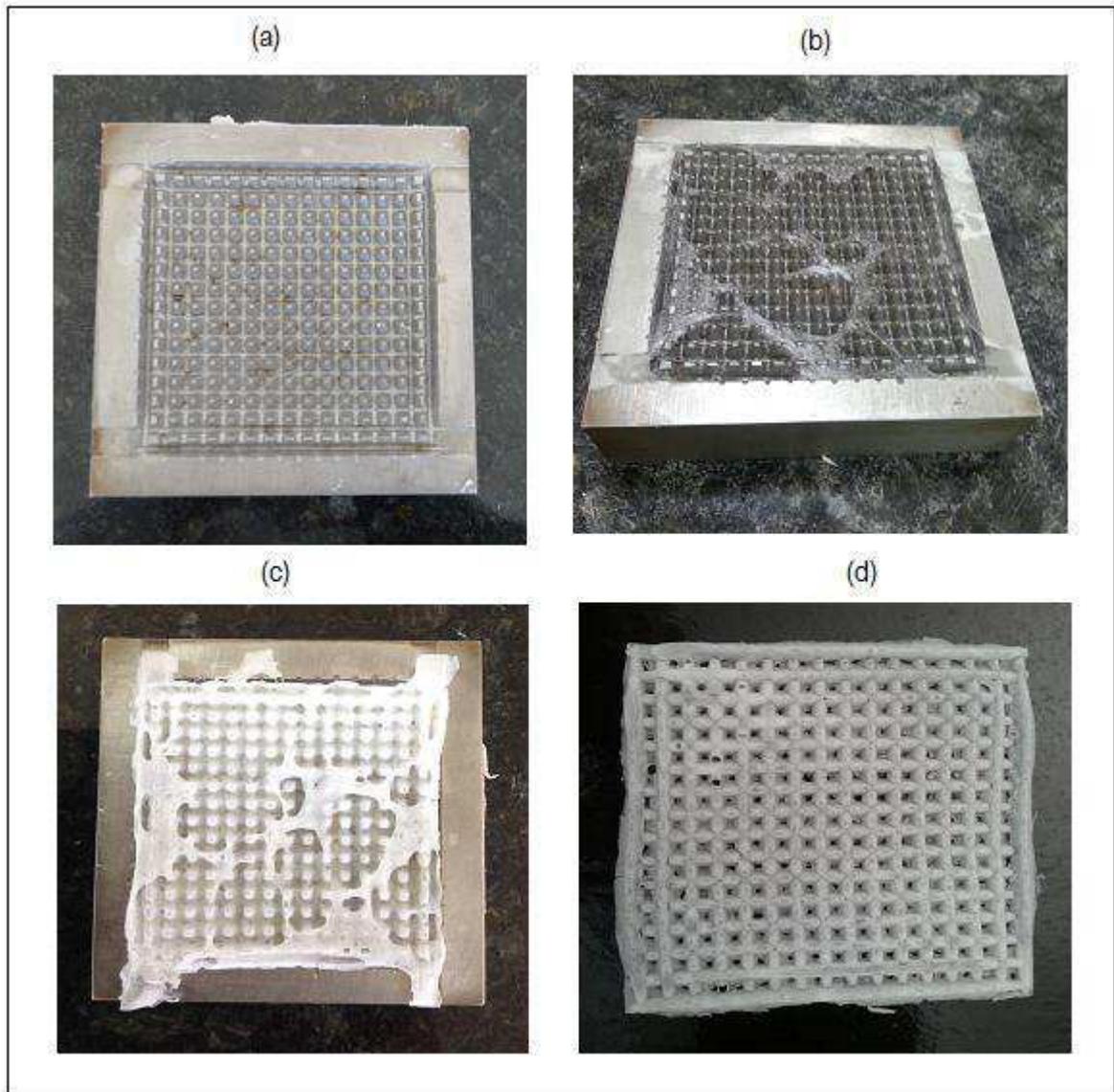


Figura 6 – Confeção da tela de PCL, (a) Molde de Ferro, (b) Distribuição do PCL + solvente, (c) Secagem da tela no molde, (d) Tela pronta (Própria).

### 3.3 Caracterização

As telas desenvolvidas foram analisadas pelas técnicas: Espectroscopia na Região de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), Difração de Raios X (DRX), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia por Energia Dispersiva de Raios X (EDS), Ensaio de Tração, Tensão superficial e Teste de Citotoxicidade.

### **3.3.1 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 das telas foram realizadas em temperatura ambiente e o equipamento utilizado foi o Spectrum 400 da Perkin Elmer. A técnica FTIR foi empregada para identificar os picos característicos dos grupos funcionais presentes nas matérias primas, utilizadas nesta pesquisa utilizando a faixa de varredura de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ .

### **3.3.2 Difração de raios X (DRX)**

Assim como na análise de FTIR, as amostras para a análise de DRX foram prensadas para que os corpos de prova tivessem superfície de contato eficiente para execução do ensaio. Foi utilizado o difratômetro de raios X da marca Shimadzu operando intervalo de ângulos  $2\theta$  de  $10^\circ$ , a  $70^\circ$  graus empregando radiação  $\text{Cu K}\alpha$  a 40 kV e 30 Para a determinação do grau de cristalinidade por DRX foi usado software próprio da máquina e calculado em função das áreas correspondentes aos picos cristalinos e da área do halo amorfo.

O método de Difração de Raios X (DRX) investiga o arranjo ordenado de moléculas e átomos, onde utiliza o espalhamento da radiação X, permitindo realizar estudos estruturais em materiais (cerâmicas, minerais, polímeros compostos orgânicos ou inorgânicos), determinando assim sua cristalinidade e sua fração (percentual) cristalina.

As análises foram realizadas no aparelho XRD-6000 SHIMADZU, utilizando radiação  $\text{K}\alpha$  do cobre (1,5418 Å), tensão de 40 kV e corrente 30 mA. As telas de PCL e PP foram analisadas em um intervalo de  $2\theta$ , com varredura angular entre  $10^\circ$  e  $70^\circ$  a uma velocidade de  $2^\circ/\text{min}$ .

### **3.3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura – (MEV)/ Espectroscopia por Energia Dispersiva de Raios X – (EDS)**

Para realização destas análises foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura de bancada, modelo PHENOM, MEV PROX, fabricante PHENOM WORD, com aumento de 150x e 1000x sem recobrimento metálico, mesmo em amostras não condutoras.

Para a identificação química do material foi utilizado um Microscópio Eletrônico de Varredura de bancada, PHENOM, MEV PROX, fabricante PHENOM WORD acoplado com sistema para micro análise químico por Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS).

### **3.3.4 Ensaio de Tração**

Os ensaios de tração foram realizados nas amostras para determinar a força máxima de tração; tensão máxima de tração; percentagem de estiramento máxima e o modulo de elasticidade. Os ensaios foram realizados numa máquina de ensaio universais, INSTRON Modelo 6633, com célula de carga de 500N e velocidade de 50mm/min, com 3 amostras de 3 cm de comprimento e 1 cm de largura.

### **3.3.5 Tensão Superficial**

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). Com base neste ensaio pôde ser traçado o perfil hidrofílico/hidrofóbico das telas estudadas. O ensaio foi realizado em triplicata.

### **3.3.6 Teste de Citotoxicidade**

Com o objetivo de atender à norma ISO 10993:5-2009 que recomenda ensaios *in vitro* de citotoxicidade como testes iniciais para avaliar a compatibilidade de qualquer material para uso em materiais biomédicos. O ensaio de citotoxicidade foi realizado nas telas com a finalidade de avaliar toxicidade do material.

O ensaio foi realizado pelo teste de avaliação da viabilidade celular dos macrófagos por MTT (brometo de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil-tetrazólio) de acordo com a ISO 10993 de 2009 com fibroblastos L 929 adquiridos no Banco de Célula do Rio de Janeiro (BCRJ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

Na Figura 7 é possível verificar o resultado da análise de FTIR para a amostra de tela de PP, onde se observam os picos de absorção típicos de ligações C-H presentes no polipropileno, ou seja, estiramento de grupos CH/CH<sub>2</sub>/CH<sub>3</sub> entre 2920 e 2950 cm<sup>-1</sup>, deformação angular de grupos CH<sub>3</sub> em 1453 cm<sup>-1</sup>, estiramento de ligações C-C em 1377 cm<sup>-1</sup> e deformação angular dos grupos C-H em 837 e 890 cm<sup>-1</sup>.

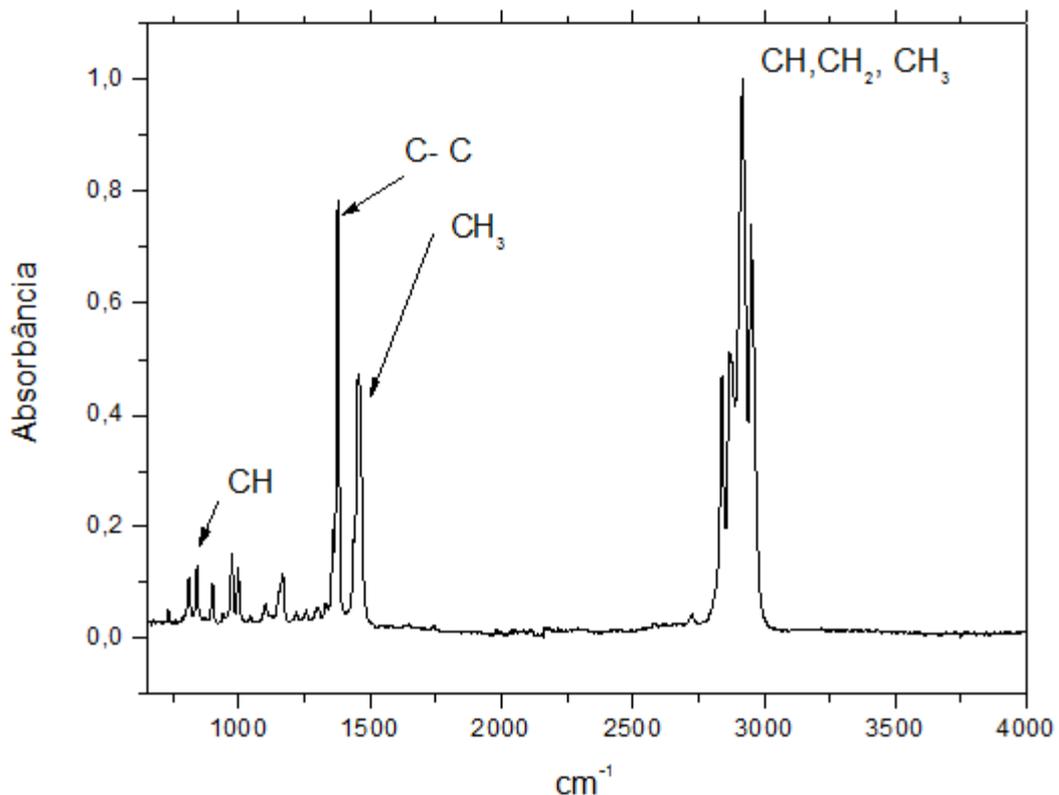


Figura 7 – Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) do Polipropileno (Fonte:Própria).

Esses valores encontrados corroboram com a pesquisa realizada por Carvalho et al., (2007), que caracterizaram o polipropileno ao qual foi incorporado partículas de ardósia como agente de reforço para a produção de sistemas com propriedades mecânicas comparáveis ao polipropileno puro.

Na Figura 8 é possível verificar o resultado da análise de FTIR para a amostra de PCL; observa-se o comprimento de onda das bandas de absorção típicas de ligações C-H presentes na policaprolactona, ou seja, estiramento de grupos CH entre 2868 e 2942  $\text{cm}^{-1}$ , estiramento de ligações C-C em 1293 e 1249  $\text{cm}^{-1}$ . Também é possível observar a presença de estiramento de C=O em 1722  $\text{cm}^{-1}$ . O material apresenta 1293  $\text{cm}^{-1}$  estiramento de C-O, as bandas 1170 e 1107  $\text{cm}^{-1}$  são atribuídas ao estiramento de COC.

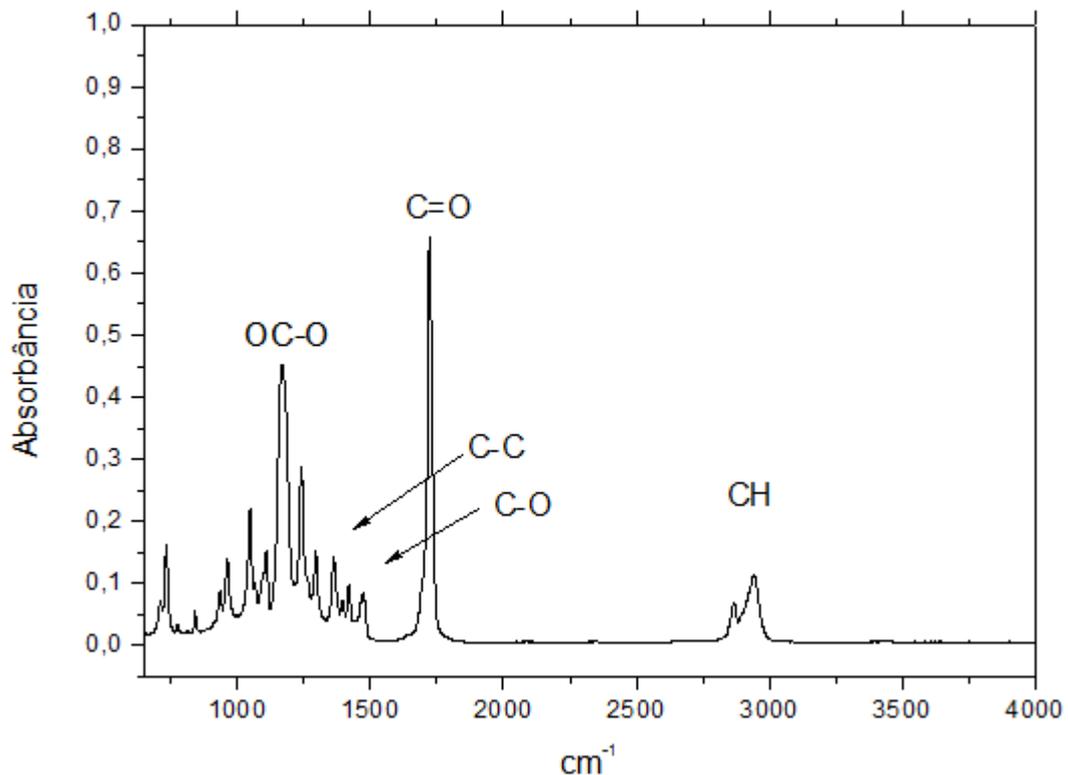


Figura 8 – Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier do policaprolactona (Fonte:Própria).

Em relação à este espectro, observa-se que o mesmo está em consonância com os estudos de Elzein et al., (2004), que estudou o FTIR da policaprolactona na organização da cadeia em interfaces pois também podem ser identificadas as bandas fortes, como o estiramento da carbonila em aproximadamente 1722  $\text{cm}^{-1}$ .

#### 4.2 Difração de Raios X (DRX)

Na Figura 9 observa-se o gráfico da difração de raio X para a tela de Polipropileno.

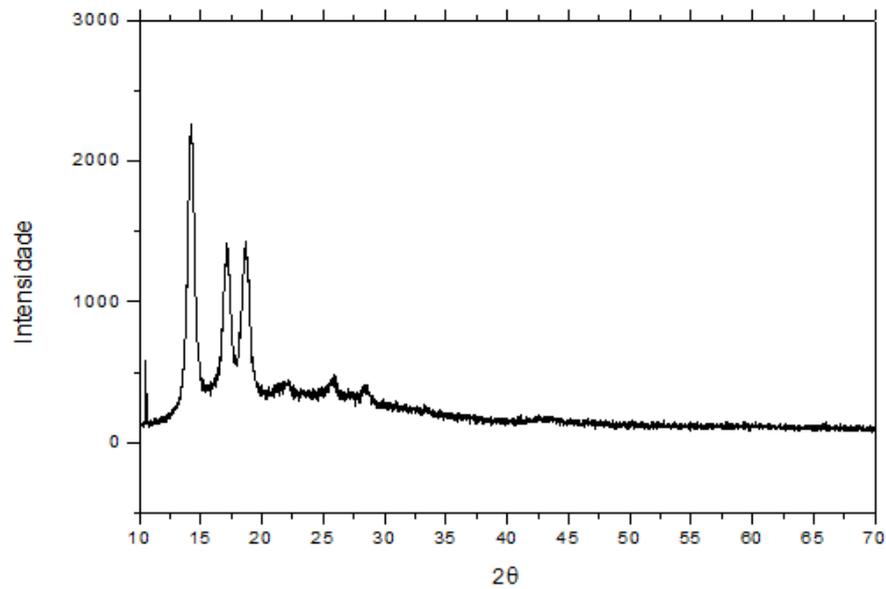


Figura 9 – Difração de Raios X (DRX) da tela de polipropileno (Fonte:Própria).

Conforme ilustra o difratograma realizado na tela de PP foi observado pico intenso de  $2\theta = 14,23^\circ$  característico da amostra de PP (Canevaloro, 2007), e picos de  $2\theta = 17,17^\circ$  e  $2\theta = 18,68^\circ$ ; os planos apresentados pelo difratograma apresentam os principais picos do PP.

Na Figura 10 observa-se o resultado da análise de DRX para a tela de policaprolactona.

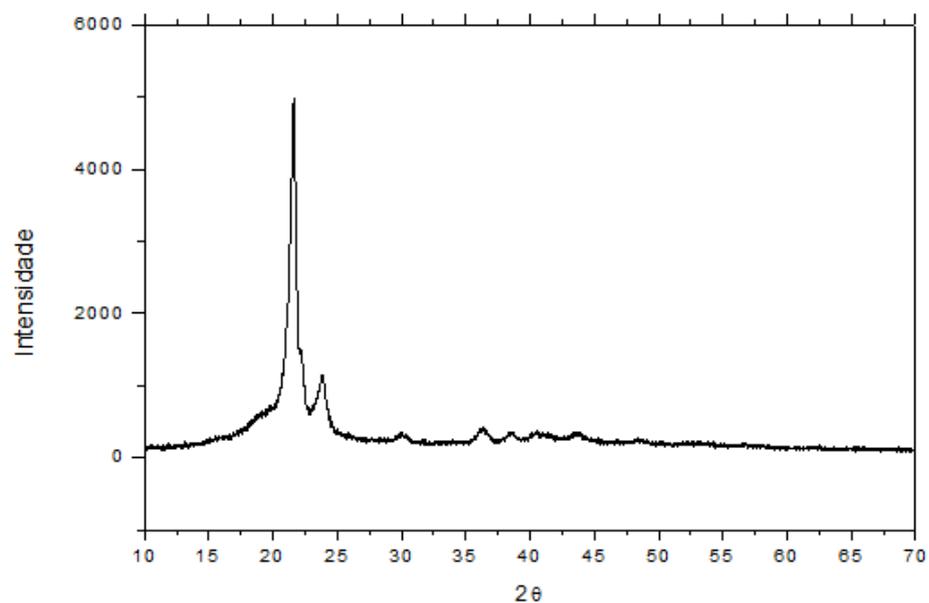


Figura 10 – Difração de Raios X (DRX) da tela de policaprolactona (Fonte:Própria)

Percebe-se que os picos presentes na Figura 10 estão entre aproximadamente  $2\theta = 21,57^\circ$  e  $2\theta = 23,80^\circ$ , atribuídos aos planos de reflexão 110, 111 e 200 (Xing e Yang, 2010); são característicos da policaprolactona (Jiang et al., 2001). Esses picos também foram visualizados no estudo de Campos (2011) sobre o comportamento térmico, mecânico e morfológico de blendas de TPS e PCL. O grau de cristalinidade obtido em relação à PCL foi de 25,38 %.

### 4.3 Microscopia Eletrônica de Varredura

Na Figura 11 observa-se a imagem do Polipropileno obtida a partir da microscopia eletrônica de varredura. Caracteriza-se como uma superfície plana, lisa, com várias partículas dispersas, de tamanhos variados.

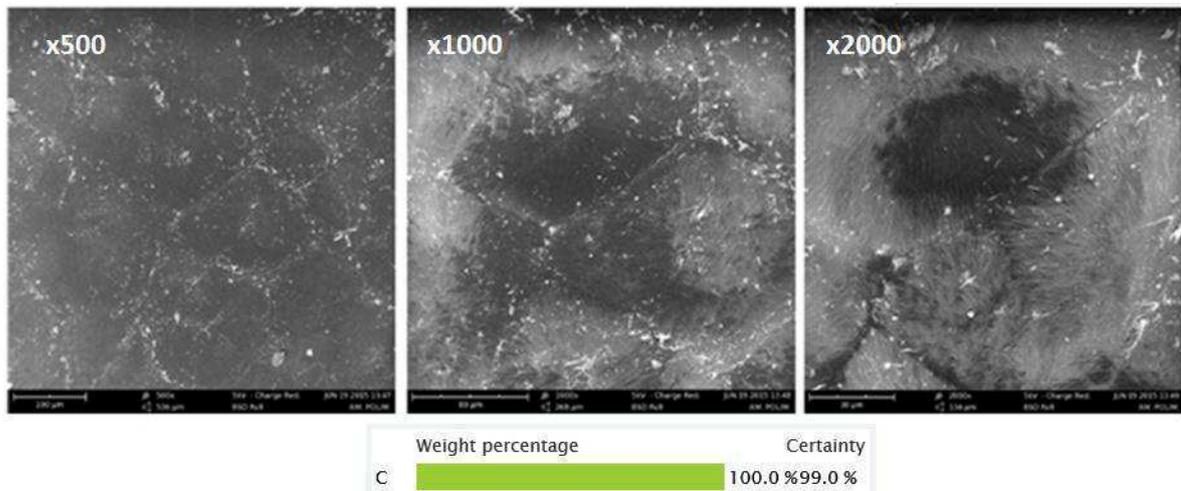


Figura 11 – Microscopia Eletrônica de Varredura das amostras de PP (Fonte:Própria).

Na Figura 12 visualiza-se a imagem do PCL obtida a partir da microscopia eletrônica de varredura da tela produzida. Observa-se uma superfície homogênea, com certa rugosidade. Verificam-se também alguns pontos brancos dispersos, possivelmente pela não diluição completa das partículas de PCL.

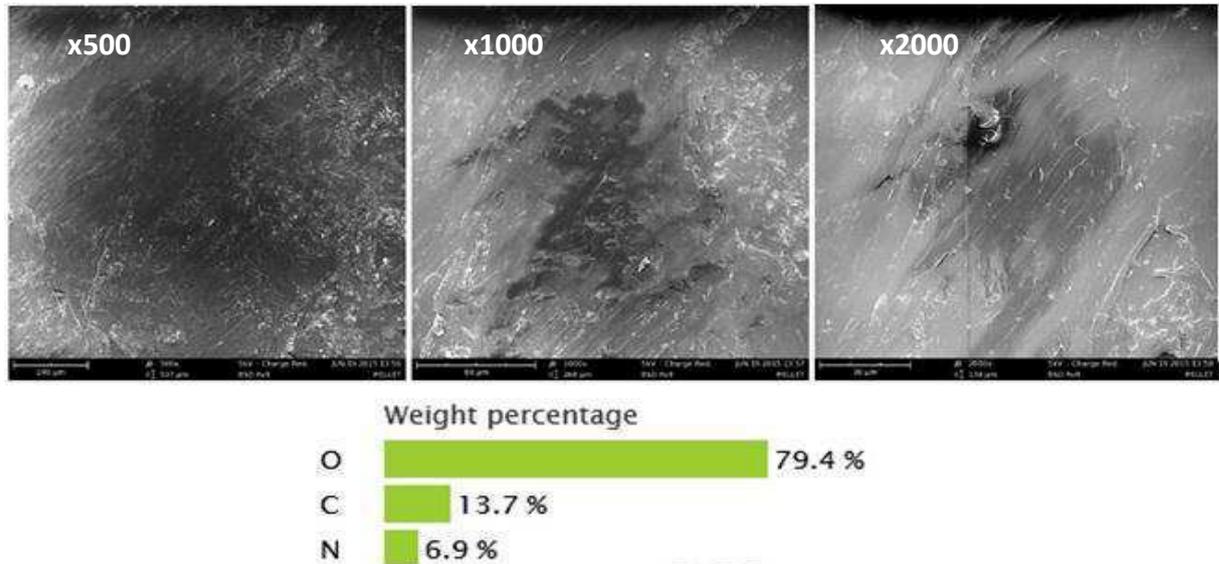


Figura 12 – Microscopia Eletrônica de Varredura das amostras de PCL (Fonte:Própria).

#### 4.4 Ensaio de Tração

Os ensaios de tração foram realizados em seis corpos de prova, sendo elas três de PP e três de PCL a uma velocidade de 50 mm/min com célula de carga de 500N. Cada amostra possui aproximadamente 3 cm de comprimento e 1 cm de largura, a temperatura durante o ensaio foi de 22,7°C.

A Tabela 1 e a Figura 13 apresentam os valores médios dos resultados atingidos nos ensaios de resistência mecânica a tração em relação ao PP.

Tabela 1 – Resultados do ensaio de tração para tela de PP.

	Tensão Máxima (MPa)	Resistência à tração(N)	Deformação a tração(%)	Módulo de Young (MPa)
<b>Amostra 1</b>	7,96 ± 0,35	88,81± 1,79	133,64 ± 10,73	15,95 ± 3,41
<b>Amostra 2</b>	8,53± 0,35	86,21 ± 1,79	125,07± 10,73	20,90± 3,41
<b>Amostra 3</b>	8,60± 0,35	89,66 ± 1,79	146,40± 10,73	14,35 ± 3,41
<b>Média</b>	8,36 ± 0,35	88,23 ± 1,79	135,03 ± 10,73	17,07± 3,41

Fonte: Própria

A Figura 13 apresenta gráficos de tração com as curvas das amostras 1, 2 e 3 da tela de polipropileno respectivamente.

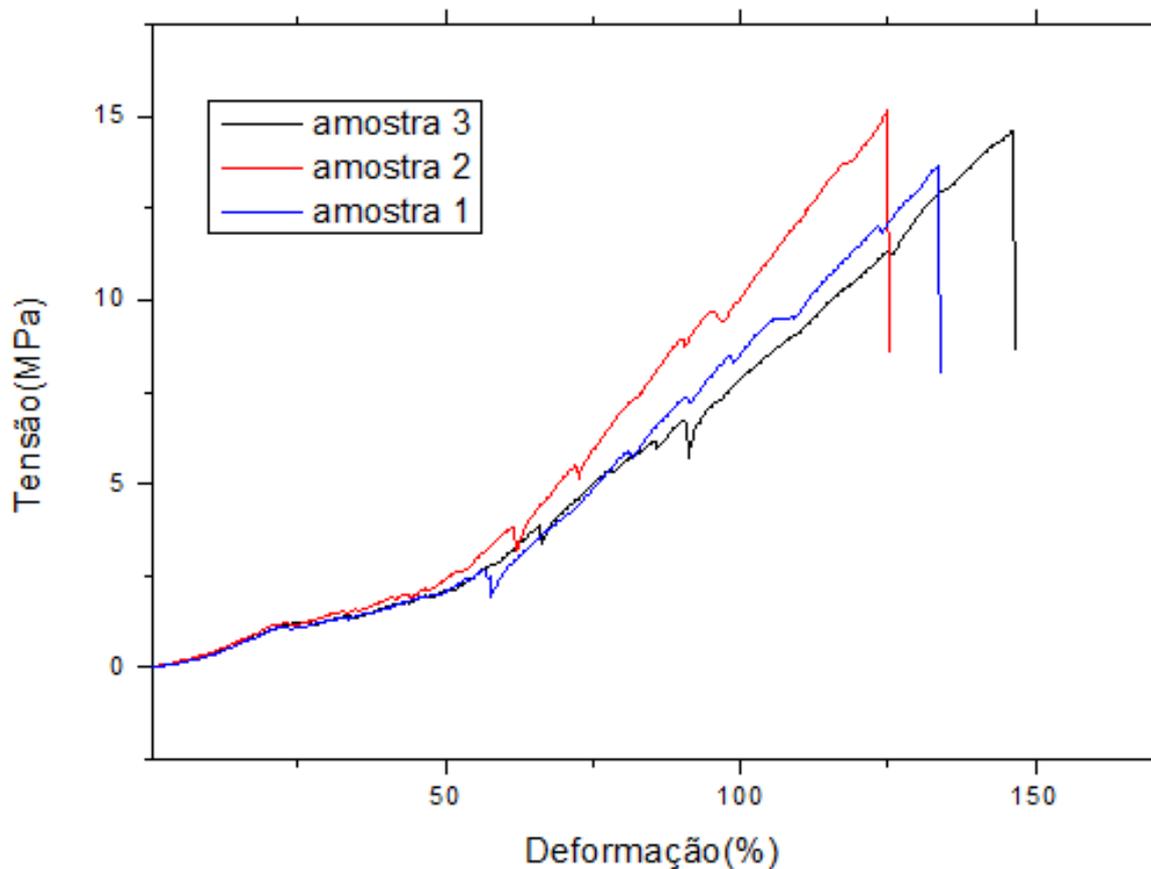


Figura 13 – Gráfico de Tensão x Deformação apresentando as curvas da amostra 1, 2 e 3 da tela de PP (Fonte:Própria).

As Tabelas 2 e a Figura 14 apresentam os valores médios dos resultados atingidos nos ensaios de resistência mecânica a tração em relação à PCL.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de tração para tela de PCL.

	<b>Tensão Máxima (MPa)</b>	<b>Resistência à tração(N)</b>	<b>Deformação a tração (%)</b>	<b>Módulo de Young (MPa)</b>
<b>Amostra 1</b>	0,19 ± 0,075	25,90± 0,99	185,53 ± 0,36	2,63 ± 0,49
<b>Amostra 2</b>	0,31± 0,075	27,83 ± 0,99	256,9± 0,36	2,24± 0,49
<b>Amostra 3</b>	0,34± 0,075	27,33 ± 0,99	215,23± 0,36	3,22 ± 0,49
<b>Média</b>	0,28 ± 0,075	27,02 ± 0,99	219,22 ± 0,36	2,69± 0,49

Fonte: Própria

A Figura 14 apresenta gráficos de tração com as curvas das amostras 1, 2 e 3 da tela de policaprolactona respectivamente.

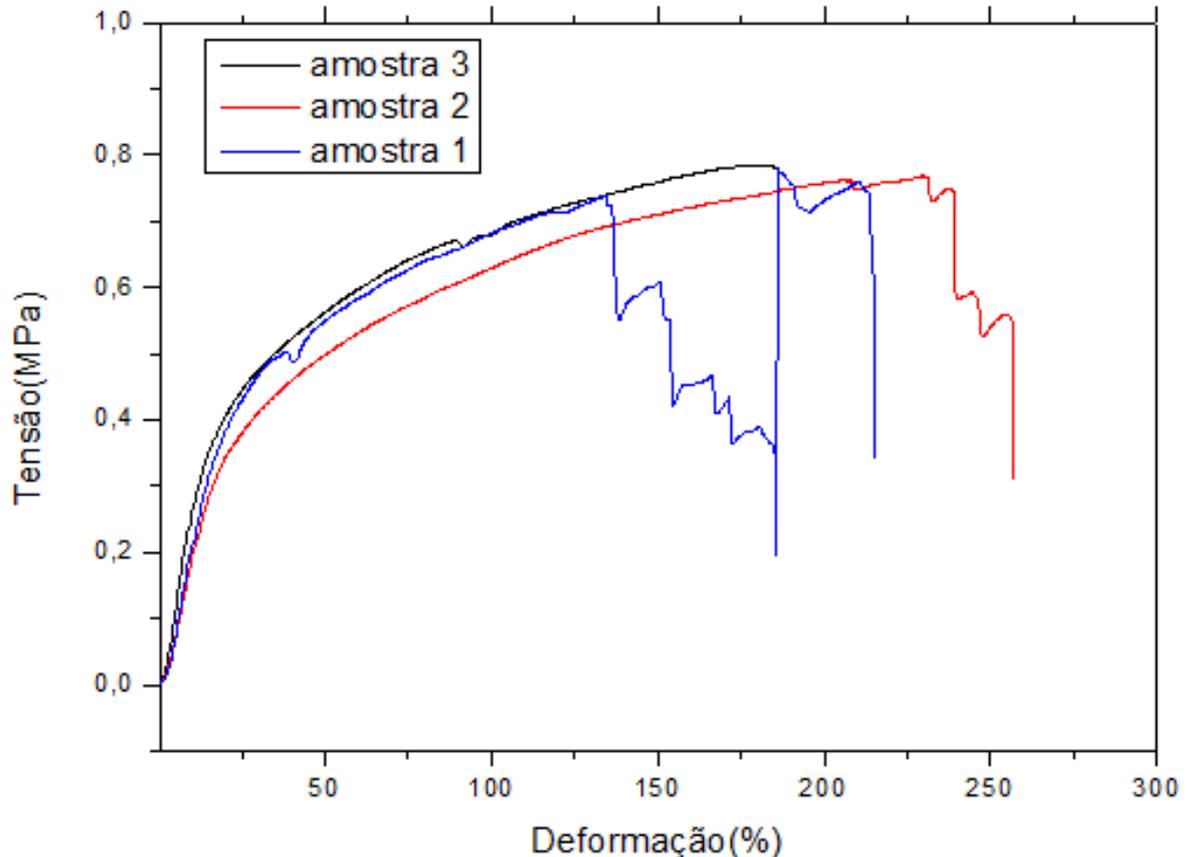


Figura 14 – Gráfico de Tensão x Deformação apresentando as curvas da amostra 1, 2 e 3 respectivamente da tela de PCL (Fonte:Própria).

Comparando os dados obtidos para o PP, nota-se que o módulo de elasticidade (módulo de Young) e tensão a ruptura (tensão máxima a tração) são maiores que os dados obtidos com a tela de policaprolactona.

Segundo Canevarolo (2002), a tensão de ruptura aumentará também com o aumento do grau de cristalinidade, bem como a tenacidade do material. A tensão de ruptura do PP foi 8,36 MPa, aproximadamente oito vezes maior que a do PCL que foi 0,28 MPa; isso pode estar relacionado ao seu maior grau de cristalinidade, o que corrobora com os resultados obtidos na análise de DRX que indica maior grau de cristalinidade para o PP.

O módulo de Young é a medida relacionada com a rigidez do material de um material sólido, que é a razão entre a tensão nominal e a deformação correspondente, ou seja, quanto mais rígido o material, maior será o seu módulo de elasticidade.

Para os materiais semicristalinos, quanto mais estruturas cristalinas formadas no material maior a rigidez do mesmo, no entanto maior também a tendência de

formação de concentradores de tensão no material, aumentando com a possibilidade de quebra do material.

O módulo de elasticidade foi de 2,69 e 17,07 N para o PCL e PP, respectivamente. Já a resistência à tração, que é a máxima tensão sustentada pelo corpo de prova durante a realização do ensaio foi de 88,23N para o PP e 27,02 N PCL.

#### 4.5 Tensão Superficial

Muitos métodos podem ser empregados para a classificação da interação entre as fases sólido/líquido, no entanto o ângulo de contato tem sido um parâmetro que apresenta uma boa relação custo/benefício (Fook, 2005). Este teste mostra se as moléculas da superfície de um líquido estão suscetíveis a fortes forças de atração das moléculas interiores (Holanda, 2011).

A Figura 15 ilustra o resultado do teste de tensão superficial das amostras de telas de polipropileno (1) e policaprolactona (2). Para este ensaio foram utilizadas duas amostras de cada tela e aferidas 5 medições em cada uma delas.

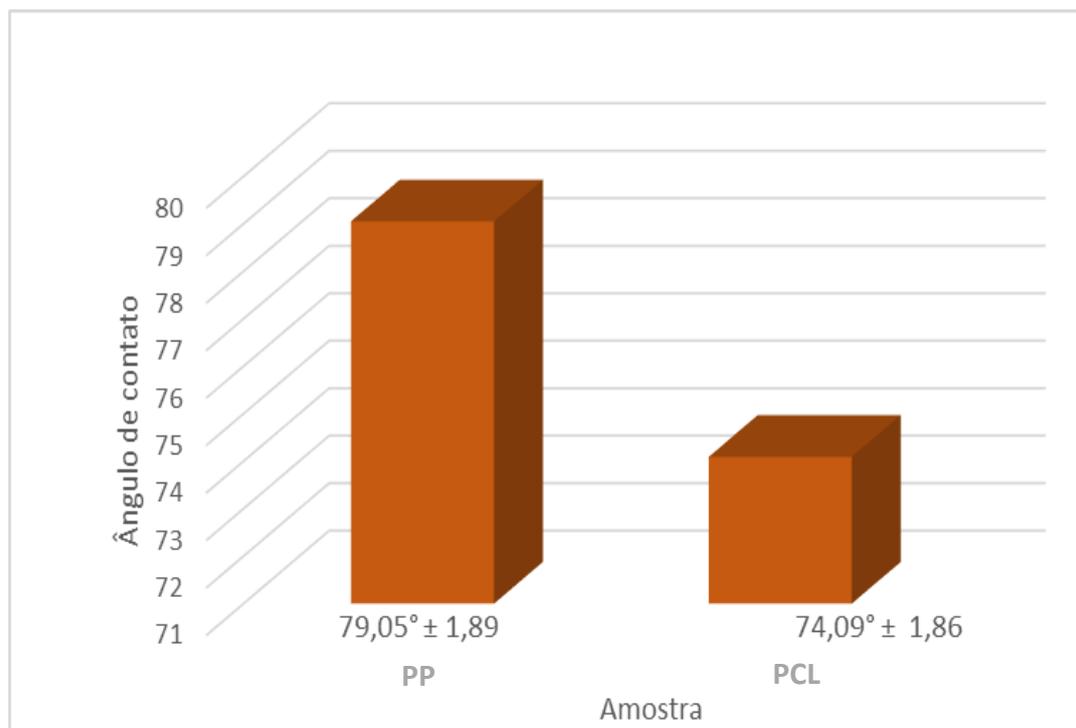


Figura 15 – Gráfico do ângulo de contato para PP (1) e PCL (2) (Fonte:Própria).

Verifica-se que as amostras um e dois obtiveram medidas de ângulo de contato menor que  $90^\circ$ , sendo assim a molhabilidade é considerada parcial. No entanto, devido aos furos existentes nas telas o resultado deste teste pode ter influenciado nos resultados, já que a água passa através dos mesmos, não formando uma gota uniforme para a aferição da medida do ângulo de contato.

#### 4.6 Teste de Citotoxicidade

Este teste foi realizado com o objetivo de avaliar a viabilidade das células tendo em vista que o material foi confeccionado visando o uso em organismos vivos. O teste foi realizado na tela de PP para fim comparativo com a tela de PCL confeccionada no laboratório. O mesmo foi executado de acordo com a norma ISO 10993-5:2009.

A Figura 16 ilustra o resultado deste teste para amostras de PP e PCL.

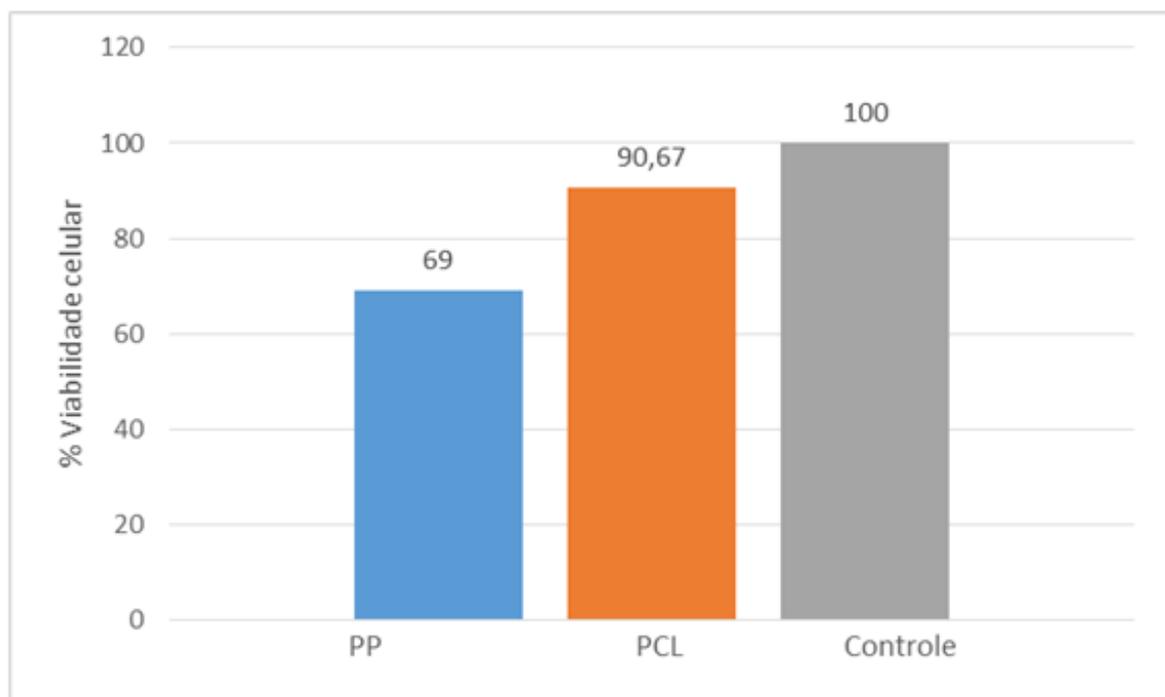


Figura 16 – Gráfico de viabilidade celular para PP e PCL (Fonte: Própria).

A coluna referente ao grupo controle apresentou 100% de viabilidade celular. Tanto as amostras de PCL como a de PP apresentaram resultados satisfatórios da viabilidade celular, observando que a tela de PP já é de uso comercial.

No estudo realizado por Hirsch (2014), sobre a análise da biocompatibilidade, citotoxicidade e osteocondução do PCL, foi verificado que quanto à citotoxicidade

sistêmica na implantação do PCL no dorso de ratos não promoveu alterações teciduais danosas, como também não houve presença de processo inflamatório, hiperplasia, metaplasia, displasia ou hemorragia.

## CONCLUSÕES

O estudo comparativo do PCL em relação ao PP mostrou que os valores obtidos de propriedades mecânicas são satisfatórias para sua utilização como biomaterial direcionado ao tratamento da incontinência urinária via técnica cirúrgica, sendo que o PCL apresentou resistência ao esforço a tração inferior ao PP, porém maior tenacidade, o que satisfaz no desenvolvido de um material menos frágil e conseqüentemente, menos quebradiço.

A biocompatibilidade da tela de PCL indicou grande potencialidade para sua aplicação como biomaterial. É importante frisar que mesmo sendo um material já em uso, ou seja, classificado como não-citotóxico o PP possui biocompatibilidade consideravelmente menor em relação a tela de PCL desenvolvida durante o estudo desta pesquisa que obteve viabilidade maior que 90%;

Diante do exposto pode-se concluir que a tela de policaprolactona ao ser comparada com a tela de PP mostrou-se promissora para como biomaterial na tela de sling;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS P, CARDOSO L, FALL M, GRIFFITHS D, ROSIER P, ULMSTEN U, et al. The standardization of terminology of lower urinary tract function: report from the standardization sub-committee of the international continence society. *Urology*. 2003;61(1):37-49.

AGOSTINI, A.; BRETELLE, F.; FRANCHI, F.; Immediate complications of tensionfree vaginal tape(TVT); results of French survey. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 124: 237, 2006.

AMASS, W.; AMASS, A.; TIGUE, B. A review of biodegradable polymers: uses, current developments in the synthesis and characterization of biodegradable polyesters, blends of biodegradable polymers and recent advances in biodegradation studies. *Polymer International*. v. 47, p. 89-144, 1998.

ARYA LA, Myers DL, Jackson ND. Dietary caffeine intake and the risk of urinary incontinence: a case-control study. *Obstet Gynecol*. 2000;96(1):85-8.

ATALLAH, A. N.; CASTRO, A. A. Medicina Baseada em Evidências: o elo entre a boa ciência e a boa prática clínica. *Revista da Imagem*, v.20, n.1, jan.-mar., 1998. Disponível em: [http://www.centrocochranedobrasil.org.br/apl/artigos/artigo\\_517.pdf](http://www.centrocochranedobrasil.org.br/apl/artigos/artigo_517.pdf). Acesso em: 03 dez. 2014.

BENT, A. E. *et al*, *Uroginecologia e Disfunções do Assolho*, 2006. 5ed. Editora Guanabara Koogan s.A., Rio de Janeiro, RJ.

BERNASCONI F.; GRASSO, M., MANTOVANI, M.; LUCCINI, E.; ARIENTI, S.; CERRI, C. Social cost of female urinary incontinence: epidemiology, cost of illness and cost/ effectiveness. *Urogynaecol Int J*. 2003; 17:9-46.

BROWN JS, SEELEY DG, FONG J, BLACK DM, ENSRUD KE, GRADY D. Urinary incontinence in older women: who is at risk? *Obstet Gynecol*. 1996;87(5 Pt 1):715-21.

BUMP, R.C.; MCCLISCH, D.K. Cigarette smoking and pure genuine stress incontinence of urine: a comparison of risk factors and determinants between smokers and nonsmokers. *Am J Obstet Gynecol*. 1994;170(2):579-82.

BUTLER RN, Maby JI, Montella JM, Young GGPH. Urinary incontinence: primary care therapies for the older woman. *Geriatrics*. 1999;54(11):31-44.

CAMPOS, A. et al. Comportamento Térmico, Mecânico e Morfológico de Blendas de Amido Termoplástico (TPS) E Policaprolactona (PCL). 11º Congresso Brasileiro de Polímeros, Campos do Jordão, SP, 2011. Disponível em: [www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/43/070/43070956.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/43/070/43070956.pdf). Acesso em: 06/07/2015.

CANEVAROLO, J. S. V. (Coord.). Técnicas de caracterização de polímeros. São Paulo : Artliber, 2007. 448 p.

CANEVAROLO, S. V. Ciências dos Polímeros. 1. ed. Sao Paulo: Editora Liber, 2002.

CARVALHO, G. M. X. et al. Obtenção de Compósitos de Resíduos de Ardósia e Polipropileno. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 17, nº 2, p.. 98-103, 2007

CASTRO, R. A.; DI BELLA, Z. I. K. J.. *Uroginecologia e Defeitos do Assoalho Pélvico Volume 2*. São Paulo. Atheneu,2012.

DANFORTH, A.N.; SIPES, S.; FANG, J.; BRADY. S. G. The history of early bee diversification based on five genes plus morphology, (2006).

ELZEIN, T. et al. FTIR study of polycaprolactone chain organization at interfaces. J Colloid Interface Sci. May 15;273(2):381-7, 2004.

FANTL JA, Cardozo L, McClisch D. Estrogen therapy in the management of urinary incontinence in postmenopausal women: a meta-analysis. First report of the hormones and urogenital therapy committee. Obstet Gynecol. 1994;83(1):12-8.

FELDNER, P.C.; SARTORI, M.G.F.; LIMA, G.R; BARACAT, E.C.H.; GIRÃO, M.J.B.C.; Diagnóstico clínico e subsidiário da incontinência urinária. Rev Bras Ginecol Obstet. 2006;28(1):54-62.

FOOK, M. V. L. Desenvolvimento da técnica de deposição de hidroxiapatita na superfície de polietileno de ultra-peso molecular para aplicação como biomaterial. Tese (Doutorado em Química). Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 128 f, 2005.

GALLO ML, Fallon PJ, Staskin DR. Urinary incontinence: steps to evaluation, diagnosis, and treatment. Nurse Pract. 1997;22(2):21-8.

GIRÃO, M.J.B.C. et al. Incontinência urinária de esforço. In: Cirurgia vaginal e uroginecologia. 2.ed. São Paulo: Artes Médicas, 2002, 250p.

GUARISI, T; PINTO-NETO, A.M.; PEDRO A.O.; FAÚNDES, A. Fatores associados à prevalência de sintomas urinários em mulheres climatéricas. Rev Bras Ginecol Obst. 1997; 19: 589-96.

HANNESTAD, Y.S.; RORTVEIT,G; SANDVIK, H.; HUNSKAAR,A. Community-based pidemiological surveyof female urinary incontinence : the Norwegian Epincont study J Clin Epidemiol 2000 .

HIGA, R.; LOPES; M. H.B.; REIS, M.J. Fatores de risco para incontinência urinária na mulher. Revista Escola de Enfermagem USP 2008; V.42 (1), P. 187-92.

HIRSCH, W. D. B. Análise da Biocompatibilidade, Citotoxicidade e Osteocondução do Policaprolactona – Estudo Em Ratos. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, PUCRS, Porto Alegre, 2014.

HOLANDA, A. L. Membranas de quitosana para uso em sistema de liberação controlada de insulina: síntese e caracterização. Tese (Doutorado). Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2011, 113 p.

HORBAC, N.S. Suburethral sling procedures. In: Ostergard DR, Bent AE, editores. Urogynecology and Urodynamics: theory and practice. 4<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996. p.569-79.

INDREKVAM, S.; SANDVIK, H.; HUNSKAAR, S.; A Norwegian national cohort of 3198 women treated with home-managed electrical stimulation for urinary incontinence- effectiveness and treatment results. Scand J Urol Nephrol 35:32, 2001.

JIANG, S.; JIANG, X.; AN, L.; JIANG, B. Crystallization behavior of PCL in hybrid confined environment. Polymer, v. 42, p. 3901 – 3907, 2001.

JONES, D.S.; DJOKIC, J.; GORMAN, S.P. The resistance of Polyvinylpyrrolidone-iodine-poly( $\epsilon$ -caprolactone) blends to adherence of *Escherichia coli*. Biomaterials. v. 26 n. 14, p. 2013-2020, 2004.

JUMA, S.; BRITO, C. G.; Transobturator tape (TOT): two years follow-up. Neurourol Urodyn 26(1): 37, 2007.

LAPITAN, M.C.; CODY, D.J.; GRANT, A. M.; Open retropubic colposuspension for urinary incontinence in women. Chorane Database syst Rev 4 : CD 002912, 2009

LIM, J.I.; CORNISH, A.; CAREY, M.P.; Clinical and quality-of-life outcomes in women treated by TVT-O procedure. BJOG 113;1315, 2006

MCGUIRE, E. J.; Urethral bulking agents. Nat Clin Pract Urol 3(5):234, 2006.

MILSOM, I.; EKELUND, P.; MOLANDER, U.; ARVIDSSON, L.; ARESKOU, B. The influence of age, parity, oral contraception, hysterectomy and menopause on the prevalence of urinary incontinence in women. J Urol. 1993;149(6): 1459-62.

MOLLER LA, Lose G, Jorgensen T. Risk factors for lower urinary tract symptoms in women 40 to 60 years of age. Obstet Gynecol. 2000;96(3):446-51.

NILSSON, C.G.; FALCONER, C.; REZAPOUR, M.; Seven-years follow-up of the tension-free vaginal tape procedure for treatment of urinary incontinence. Obstet Gynecol 104:1259, 2004.

NILSSON, C.G.; FALCONER, C.; REZAPOUR, M.; Eleven years prospective follow-up of the tension-free vaginal tape procedure for treatment of stress urinary incontinence, Int Urogynecol J 19:1043, 2008.

PALMA, P.; RICCETTO, C. Incontinência urinária na mulher. BARATA, H.S.; CARVALHAL, G.F. Urologia: princípios e prática. Porto Alegre: Artes Médicas, p. 209-235, 1999.

PARAZZINI, F.; COLLI, E.; ORIGGI, G.; SURACE, M.; BIANCHI, M.; BENZI, G. Risk factors for urinary incontinence in women. *Eur Urol*. 2000;37(6):637-43.

PENN C, Lekan-Rutledge D, Joers AM, Stolley JM, Amhof NV. Assessment of urinary incontinence. *J Gerontol Nurs*. 1996;22(1):8-19.

RAZ, S.; SIEGEL, A.L.; SHORT, J.L.; SNYDER, J.A.; Vaginal wall sling. *J Urol* 1989; 141:43-6.

RICCETTO, C.; SAMPAIO, F. Anatomia funcional do assoalho pélvico. In: PALMA, P.C.R.; NETTO JÚNIOR, N.R. Curso avançado de tratamento de incontinência urinária na mulher. São Paulo: Legnar Informática & Editora Ltda., Agosto, 2005.

RORTVEIT G, Daltveit AK, Hannestad YS, Hunskaar S. Urinary incontinence after vaginal delivery or cesarean section. *N Engl J Med*. 2003;348(10):900-7.

ROVNER E.S.; GINSBERG D.A.; RAZ S. The UCLA surgical approach to sphincteric incontinence in women. *World J Urol* 1997; 15:280-94.

SANTOS WN, Feitosa J A, OLIVEIRA FC, Oliveira Filho M, ALMEIDA FML, Medeiros FC. Efeitos da obesidade sobre a função urinária na mulher. *RBGO* 1994; 16(5):175-8.

SASMAZEL, H.T, et al. Comparison of cellular proliferation on dense and porous PCL scaffolds. *Bio-medical materials and engineering*. v. 18, p. 119-128, 2008.

SILVEIRA, G. G.; PESSINI, S. A., *Ginecologia Baseada em Evidências*. 3. Ed. São Paulo; Atehneu, 2012

SIMEONOVA, Z.; MILSON, I.; KULLENDORFF, A.M.; MOLANDER, U.; BENGTTSSON, C. The prevalence of urinary incontinence and its influence on the quality of life in women from urban Swedish population. *Acta Obstet Gynecol Scand*. 1999;78(6):546-51.

SIMSEK, A. et al. Female sexual function after transobturator tape in women with urodynamic stress urinary incontinence. *Springer Plus*, v.3, n.570, p. 1-5, 2014.

STRAPASSON, R. Valorização do polipropileno através de sua mistura e reciclagem. 2004. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Mecânica, setor de tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SZE EHM, Jones WP, Ferguson JL, Backer CD, Dolezal JM. Prevalence of urinary incontinence symptoms among black, white, and Hispanic women. *Obstet Gynecol*. 2002; 99(4):572-5.

TAMUSSIONO, K. F.; HANZAL, E.; KOLLE, D.; Tension-free vaginal tape operation results of the Austrian registry. *Obstet Gynecol* 98(5) : 732, 2001.

TANURI, ALS *et al.* Retropubic and transobturator sling in treatment of stress urinary incontinence. *Rev Assoc Med Bras*, vol. 56, n.º 3, p. 348-354, 2010.

TEMELTAS, G. *et al.* The analysis of the efficacy and safety of transobturator sling operation by using an adjustable sling device in the treatment of stress urinary incontinence. *Int J Women's Health Reproduction Sci*, v.2, n.1, p.1-9, 2014.

THYSSEM, L.; CLEVIN, L.; OLSEN, S.; LOSE, G. Urinary incontinence in elite female athletes and dancers. *Int Urogynecol J*. 2002;13(1):13-5.

TJONG, S. C.; Xu, Y.; Meng, Y. Z. - *Polymer*, 40, p.3703 (1999).

WANG, A. C.; WANG, Y. Y.; CHEN, M. C.; Single-blind, randomized trial of pelvic-floor muscle training, biofeedback-assisted pelvic floor muscle training, and electrical stimulation in the management of overactive bladder. *Urology* 63:61, 2004.

WARD, K. L.; HILTON, P.; A prospective multicenter randomized trial tension-free vaginal tape and colposuspension for primary urodynamic stress incontinence : two-year follow-up. *Am J Obstet Gynecol* 190:324, 2004.

WEINBERGER, M. B. The Relationship Between Women's Education and Fertility Selected Findings from the World Fertility Surveys. *Internacional Family Planning Perspectives*, v. 13, n. 2, p. 35-46, jun. 1987.

WILLIAMS, D. F.; On the nature of biomaterials. *Biomaterials* V. 30. P. 5897–5909. 2009

Z. XING, G. YANG. J. *Journal of Applied Polymer Science*, 2010, 115, 2747.