

UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FGA - FACULDADE GAMA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
BIOMÉDICA**

**ÚLCERA POR PRESSÃO: PROPOSTA DE PREVENÇÃO POR
MEIO DE UM COLCHÃO DE LÁTEX NATURAL (*HEVEA
BRASILIENSIS*) SENSORIZADO**

MARIA JOANA DE CARVALHO

ORIENTADORA: Dra. Suélio de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

BRASÍLIA/DF: JULHO – 2014

UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FGA - FACULDADE GAMA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
BIOMÉDICA**

**ÚLCERA POR PRESSÃO: PROPOSTA DE PREVENÇÃO POR
MEIO DE UM COLCHÃO DE LÁTEX NATURAL (*HEVEA
BRASILIENSIS*) SENSORIZADO**

MARIA JOANA DE CARVALHO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA FACULDADE GAMA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.

APROVADA POR:

**Profa. Dra. Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa
(Orientadora)**

**Prof. Dr. José Felício da Silva
(Examinador Interno)**

**Prof. Dr. Adson Ferreira da Rocha
(Suplente)**

BRASÍLIA/DF, _____, _____, _____

FICHA CATALOGRÁFICA

MARIA JOANA DE CARVALHO

ÚLCERA POR PRESSÃO: PROPOSTA DE PREVENÇÃO POR MEIO DE UM COLCHÃO DE LÁTEX NATURAL (HÉVEA BRASILIENSIS) SENSORIZADO, [Distrito Federal] 2014.

No.p. 53, 210 x 297 mm (FGA/UnB Gama, Mestre, Engenharia Biomédica, 2014). Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade Gama. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica.

1. ÚLCERA POR PRESSÃO

2. BIOMATERIAL

3. LÁTEX

4. SENSORES

I. FGA UnB Gama/ UnB.

II. Úlcera por pressão: proposta de prevenção por meio de um colchão de látex natural (Hévea Brasiliensis) Sensorizado

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO, M. J. (2014). ÚLCERA POR PRESSÃO: PROPOSTA DE PREVENÇÃO POR MEIO DE UM COLCHÃO DE LÁTEX NATURAL (HÉVEA BRASILIENSIS) SENSORIZADO. Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica, Publicação 21A/2014, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama, Universidade de Brasília, Brasília, DF, no.p. 53

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: MARIA JOANA DE CARVALHO.

TÍTULO: ÚLCERA POR PRESSÃO: PROPOSTA DE PREVENÇÃO POR MEIO DE UM COLCHÃO DE LÁTEX NATURAL (HÉVEA BRASILIENSIS) SENSORIZADO.

GRAU: Mestre

ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

2014

END.: QSF 03 CASA 309.

CEP 72025-530 Brasília, DF – Brasil.

AGRADECIMENTOS

Às forças divinas, por me conceder a possibilidade de dar uma minúscula contribuição com a ampliação da perspectiva de melhoria da qualidade de vida daqueles que padecem sobre um leito.

À minha orientadora, Professora Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa, pelo profissionalismo, incentivo, paciência e credibilidade com que conduz os seus orientandos, motivando-os a enveredar-se pelo caminho da pesquisa.

Aos meus filhos: Fabia, Veruska e Luís Fernando, pelo grande incentivo, colaboração e compartilhamento dos conhecimentos adquiridos em suas vidas acadêmicas.

Ao meu genro Roberto, pela generosidade, equilíbrio e extraordinário ser humano que é.

Ao amigo Felipe Macedo, por todo apoio e disponibilidade.

Ao graduando da Engenharia Eletrônica Pedro Henrique, pela sua valiosa contribuição no desenvolvimento da pesquisa.

Aos médicos, enfermeiros, fisioterapeutas e assistentes sociais, que gentilmente deram sugestões para obtenção de melhores resultados. Enfim, a todos os amigos e parentes que emitiram boas vibrações para que o trabalho pudesse ser concretizado.

RESUMO

ÚLCERA POR PRESSÃO: PROPOSTA DE PREVENÇÃO POR MEIO DE UM COLCHÃO DE LÁTEX NATURAL (HÉVEA BRASILIENSIS) SENSORIZADO

Autora: MARIA JOANA DE CARVALHO

Orientadora: Profa. Dra. Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Brasília, julho de 2014.

As úlceras por pressão são lesões que podem atingir a pele e tecidos subjacentes ocasionadas pela compressão dos tecidos moles por uma proeminência óssea que leva a uma isquemia local provocada pela interrupção do fluxo sanguíneo, oxigenação e nutrição da área pressionada. Os grupos de riscos mais propensos a desenvolvê-las são os diabéticos, neonatos pré-maturos, idosos e portadores de lesões raquimedulares. No Brasil, ainda há poucos estudos sobre a sua incidência, mas sabe-se que sua prevalência no âmbito hospitalar é muito alta requerendo no seu tratamento aumento do tempo de internação, equipe multidisciplinar, e impondo alto custo e muito sofrimento aos portadores. Diante desse quadro surge a necessidade de adoção de medidas preventivas que, além de reduzir os custos, promoverão aumento na disponibilidade de leitos, pela diminuição do tempo de internação e menos riscos de ocorrência de septicemias, além de menos sofrimento e dor. Este trabalho tem com objetivo apresentar uma alternativa para prevenir a úlcera por pressão através do desenvolvimento de um colchão produzido a partir de um biomaterial látex dotado de um sistema eletrônico para o controle de temperatura e pressão além da inflagem e desinflagem de ar no seu interior. No decorrer da pesquisa produziram-se protótipos no colchão de látex, através da técnica do banho de imersão, segundo a qual os moldes de tecnil foram imersos na mistura de 75% látex e 25% água com secagem em estufa a 70°C. Os sensores de pressão e temperatura foram fixados ao colchão para a aferição destas variáveis que posteriormente foram interpretadas por microcontroladores conectados aos sensores e a um computador. Para a análise da porosidade do látex líquido e vulcanizado foi utilizado o micro CT e a microscopia eletrônica de varredura para a captura de imagens. Foram notadas na 4ª versão do protótipo as características de maciez, flexibilidade, resistência e funcionalidade sendo possível realizar a conexão do colchão ao sistema eletrônico e efetuar testes em laboratório.

Palavras-chaves: Úlcera por pressão, Biomaterial, Látex, Sensores

ABSTRACT

PRESSURE ULCER: A PREEMPTIVE PROPOSAL FOR A SENSORIZED MATTRESS PRODUCED FROM NATURAL LATEX (*HEVEA BRASILIENSIS*)

Author: MARIA JOANA DE CARVALHO

Supervisor: Prof. Dr. Suélia de Siqueira Rodrigues Fleury Rosa

Post-Graduation Program in Biomedical Engineering

Brasília, July 2014.

Pressure ulcers are lesions of the skin that can affect subjacent tissues caused by the compression of soft tissues by a bone prominence that results in a local ischemia triggered by interrupted blood flow, oxygenation and nutrition of the pressured area. The risk groups that are more prone to developing pressure ulcers are the diabetics, premature newborns, the elderly and the impaired by spinal cord injuries. In Brazil, there are few studies on the incidence of pressure ulcers, yet it is well known that its occurrence in hospital environments is very high, requiring longer hospitalization periods, multidisciplinary teams, and leading to high costs and great suffering to patients. In this context, there is the need to adopt preemptive measures to both reduce hospitalization and treatment costs and promote an increase in hospital bed availability, through the decrease in hospitalization periods and in septicemia occurrence risks, in addition to alleviating suffering and pain. This work aims at introducing an alternative to prevent pressure ulcers through the development of a mattress produced from a latex biomaterial equipped with an electronic system that controls temperature, pressure, and inner air inflation and deflation. Prototypes of the latex mattress were produced by employing the immersion bath technique. The tecnil molds were immersed in latex (75%) and water (25%) compound, and subsequently dried at 70°C in a greenhouse. Pressure and temperature sensors were placed in the mattress and connected to microcontrollers, which were themselves connected to a computer, for output interpretation. Liquid latex porosity analysis was based on image capture through micro CT and scanning electron microscopy. The fourth version of the prototype had adequate degrees of softness, flexibility, resistance and functionality, enabling the connection of the mattress to the electronic system to conduct lab tests.

Key-words: Pressure ulcer, biomaterial, latex, sensors.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	14
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1	ÚLCERA POR PRESSÃO	17
2.1.1	Áreas suscetíveis e fatores de riscos	17
2.1.2	Os estágios da úlcera por pressão	18
2.1.3	Tratamento das úlceras por pressão	23
2.1.4	Prevenção da úlcera por pressão	24
2.2	BIOMATERIAL: LÁTEX NATURAL	25
2.2.1	Biomaterial no tratamento de úlcera por pressão	26
3	METODOLOGIA.....	27
3.1	MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1.1	Confecção dos moldes do colchão	27
3.1.2	Preparo do látex	28
3.1.3	Análise do látex no Micro CT e microscopia eletrônica de varredura 28	
3.1.4	Confecção dos protótipos	28
3.1.5	Caracterização do protótipo	30
3.2	SISTEMAS ELETRÔNICOS DO COLCHÃO.....	31
3.2.1	Sistemas eletrônicos do colchão	31
3.2.2	Sensor de Pressão	32
3.2.3	Sensor de temperatura	32

3.2.4	Controlador embutido	33
3.2.5	Mecanismo de funcionamento do sistema eletrônico	33
3.2.6	Fluxograma do funcionamento do sistema eletrônico	34
4	RESULTADOS	36
	Nesta seção serão apresentados os resultados preliminares dos testes realizados em laboratório.	36
4.1	PREPARO DO LÁTEX	36
4.1.1	Parâmetros e resultados de análise no Micro CT	36
4.1.2	Caracterização do protótipo	41
4.2	Discussão	44
4.2.1	Caracterização do sistema eletrônico	45
5	conclusão	46
6	TRABALHOS FUTUROS.....	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
	ANEXOS	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos dispositivos que compõem o molde do sistema proposto	27
Tabela 2: Características do protótipo.	30
Tabela 3: Parâmetros e resultados de análise no Micro	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Lesão no estágio I (Fonte: http://www.curamed.com.br/).	18
Figura 2: Lesão no estágio II (Fonte: http://www.curamed.com.br/).	19
Figura 3: Lesão no estágio III (Fonte: http://www.curamed.com.br/).	19
Figura 4: Lesão no estágio IV (Fonte: http://www.curamed.com.br/).	20
Figura 5: Componentes do molde: (A) Tubo interno; (B) Molde externo; (C) 1B: Válvula e (D) Tarja de conexão.	27
Figura 6: Imagem dos moldes posicionados e a realização do banho de imersão do molde na mistura do látex.	29
Figura 7: Fotografia dos módulos de tecnil.	31
Figura 8: Interface do sensor NTC.	33
Figura 9: Interface dos sensores com o microcontrolador.	34
Figura 10: Diagrama de blocos mais detalhado, mostrando as quantidades transmitidas para cada bloco.	35
Figura 11: fotografia do látex líquido (a) e látex vulcanizado (b).	40
Figura 12: Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura de amostras do látex líquido (a) e vulcanizado (b).	41
Figura 13: Fotografia do protótipo I do colchão derivado do látex.	42
Figura 14: Fotografias das válvulas, módulos e protótipo II.	43
Figura 15: Fotografias do protótipo III.	43
Figura 16: Fotografia do calcâneo em análise.	44
Figura 17: Fotografia do protótipo após fixação do sensor FSR e do sistema eletrônico.	45

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACIONES

AGE – Ácido graxo essencial

AVC – Acidente vascular cerebral

C – 3 – Terceiro segmento cervical

C – 5 – Quinto segmento cervical

CO₂ – Gás carbônico

DM – *Diabetes Mellitus*

EGF – Fator de crescimento transformante epidérmico

FGF – Fator de crescimento de fibroblastos

FSR – *Force Sensing Resistor*

pH – Potencial hidrogeniônico

T-1 – Primeiro Segmento Torácico

TGF- α – Fator de crescimento transformante

TGF- β – Fator de crescimento transformante

TRM – Traumatismo raquimedulares

UP – Úlcera por pressão

VEGF – Fator de crescimento vásculo-endotelial

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A úlcera por pressão, mais comumente denominada escaras, é uma lesão ocasionada pela compressão de tecidos moles por uma proeminência óssea, por um tempo prolongado, podendo comprometer o tecido humano (CHAVASCO *et al.*, 1999; GOULART *et al.*, 2008). Essa ocorrência pode levar ao processo de necrose tecidual, o que favorece o processo infeccioso, como a gangrena (MARTINS, 2001). Esse tipo de lesão é de difícil cicatrização, provoca dor e leva a gastos excessivos para o seu tratamento, pois tem prevalência e altos índices de ocorrência nos quadros agudos e crônicos de pacientes hospitalizados. Um determinado indivíduo que se encontra a um tempo prolongado sobre um leito hospitalar pode apresentar outro fator, além da úlcera de pressão, que favoreça a infecção por microrganismos. Esse fator é a temperatura elevada sobre a pele do paciente que está em contato com a superfície de um colchão do leito, ou seja, a temperatura nessa região de contato é maior que a normal. O aquecimento da pele causa uma transpiração excessiva provocando o acúmulo de suor. Além disso, alguns grupos de risco, tais como diabéticos, neonatos pré-maturos e idosos, estão mais suscetíveis a desenvolver úlcera por pressão.

No primeiro grupo, encontram-se indivíduos com Diabetes Mellitus, que, quando mal controlado, independentemente de sua classificação, evolui para quadros hiperglicêmicos constantes que levam à eliminação de glicose pela urina – glicosúria, e desequilíbrio osmótico gerado pela elevada concentração plasmática de glicose, o que estabelece um quadro de poliúria. Esse desequilíbrio leva também a constantes perdas hídricas nas células (KOEPPEN, 2008) e (KELLY, 2009), que, em longo prazo, geram aumento do risco de complicações, como microangiopatia, macroangiopatia, neuropatia, micro e macroalbuminúria (FERREIRA *et al.*, 2011). Com isso, todo o sistema com o excesso de glicose plasmática favorece a instalação de microrganismos em lesões, geralmente resultantes de insensibilidade, que agravam para quadros gangrenosos (VOLTARELLI; COURI, 2008).

No segundo grupo, encontram-se os neonatos, que, ao permanecerem por períodos prolongados na posição horizontal em unidades de terapia intensiva, merecem atenção quanto à formação de escaras. Nestes, os cuidados de posicionamento são de extrema importância para o maior conforto e para evitar úlceras por pressão. É o quadro clínico do neonato que determinará a necessidade de alterar o posicionamento, pois quanto mais prematuro for o recém-nascido menos se deve manipulá-lo, ficando, assim, mais vulnerável à formação de escaras (COSTA, PACHECO, 2005). A pele do recém-nascido, principalmente do prematuro, é ineficaz como barreira, o que a torna mais suscetível a lesões e à penetração de micro-organismos. Além disso, seu sistema imunológico não é capaz de conter as infecções, favorecendo assim as septicemias que levam ao óbito, (COSTA, PACHECO, 2005).

No terceiro grupo, tem-se a idade como fator relevante para a ocorrência de úlcera por pressão, uma vez que as pessoas jovens e saudáveis geralmente têm mais tecido gorduroso e mais músculos sobre proeminências ósseas, contrariamente às pessoas idosas ou doentes que têm redução do tecido subcutâneo e muscular. Essas mudanças levam a um comprometimento do fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, a uma redução da oxigenação, nutrição e hidratação, fazendo com que ocorra diminuição dos níveis de proteínas, como a albumina. A idade avançada também é causadora de internações hospitalares, de acamadas e de condições crônicas de saúde, o que aumenta o risco de pressão, fricção, cisalhamento e diminuição da circulação sanguínea na pele. Com frequência, os idosos também apresentam diminuição da eficiência do sistema circulatório, respiratório, renal, sensorial e nutricional (DOMANSKY; BORGES, 2012).

Para todos os grupos apresentados, um exemplo comum de escara é causado pelo tempo de contato que um paciente fica em um colchão (leito) hospitalar. Para que o colchão diminua sua influência sobre a formação da escara, deve-se amenizar os efeitos de pressão e temperatura provocados pelo contato paciente-colchão. Ante o exposto, analisando os procedimentos de prevenção, observou-se que no mercado existem colchões inflados em gel, água e casca de ovo, que redistribuem o peso corporal e assim dificultam o surgimento das úlceras por pressão. Além desses, não foi encontrado na literatura nenhum dispositivo empreendido por empresas nacionais que tenha por finalidade a prevenção e tratamento, correlacionados, de escaras.

Ao analisar os tratamentos praticados no sistema hospitalar, observou-se que estes concentram-se no uso de: i) curativos de membrana de celulose bacteriana, com AGE (ácido graxo); ii) hidrocoloide; iii) alginato de cálcio; iv) carvão ativado; v) intervenções cirúrgicas com utilização de enxertos do próprio paciente ou banco de tecidos; e vi) desbridamento (retirada do tecido necrótico). Todos esses procedimentos exigem recursos financeiros como também material físico/humano que, para a realidade dos hospitais, na maioria das vezes, não são facilmente disponibilizados devido aos critérios de prioridades de gastos. A prevenção das escaras em pacientes suscetíveis a essa moléstia pode representar impactos positivos tanto na redução gradativa do tratamento e cura como também na diminuição dos riscos de infecções hospitalares e conseqüente diminuição do tempo de hospitalização.

A presente dissertação de mestrado tem como objetivo apresentar o estudo investigativo de exequibilidade e confecção de um colchão denominado “colchão derivado do látex (*Hévea brasiliensis*) sensorizado”, aplicado à prevenção e tratamento de úlcera por pressão, por meio do controle da temperatura e pressão da pele do indivíduo, e com a proposta de também promover a aceleração do processo de cicatrização das lesões já existentes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo propor um colchão derivado do látex natural (*Hévea brasiliensis*) composto por um sistema eletrônico de monitoramento, controle de pressão e temperatura, que apresenta como princípio básico a finalidade de prevenir a formação de úlceras por pressão em clientes hospitalizados suscetíveis a desenvolverem úlcera por pressão (UP).

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos deste trabalho podem ser detalhados segundo o interesse da engenharia biomédica e dos biomateriais. Quanto à engenharia biomédica, este trabalho se propõe a:

- Elaborar dispositivo de látex para prevenir UP;
- Identificar o sistema eletrônico para monitoramento das variáveis de temperatura e pressão;
- Produzir protótipo;
- Verificar processo de uso;
- Testar protótipo em pacientes diabéticos;
- Analisar resultados.

Quanto à engenharia dos biomateriais, este trabalho se propõe a:

- Estudar a situação dos biomateriais no Brasil;
- Verificar o processo de uso;
- Comprovar os benefícios do produto;
- Analisar o látex para utilização;
- Analisar a porosidade e resistência do látex.

1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

- No capítulo 2 será apresentada uma revisão bibliográfica a respeito da úlcera, do látex e parâmetros importantes são citados.
- No capítulo 3 serão apresentados os materiais e métodos, e será detalhado o processo de desenvolvimento para que, no capítulo 4, sejam apresentados os resultados obtidos.
- Já no capítulo 5, serão expostas as considerações finais e nos anexos são apresentados todos os trabalhos publicados durante o desenvolvimento da pesquisa de mestrado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Na revisão bibliográfica, serão apontados os principais grupos de riscos e serão identificadas e analisadas as características das úlceras por pressão. Também, serão apresentadas características do biomaterial Látex, proposto como material de terapia para esse tipo de úlcera.

Portadores de Diabetes

O diabetes mellitus (DM) é uma desordem fisiológica caracterizada por hiperglicemia persistente, resultante de problemas na biossíntese da insulina ou de sua secreção inadequada, ou ainda de dificuldade na ação deste hormônio peptídeo sobre as células que resultam respostas deficitárias (GAVI; HENSLEY, 2009; VOLTARELLI; COURI *et al.*, 2009).

As formas mais comuns de DM são o tipo I - caracterizado pela falta de secreção de insulina, o tipo II – caracterizado pela resistência à insulina, e a forma gestacional similar ao tipo II (American Diabetes Association, 2005).

A forma predominante na população adulta é o DM tipo II, que é controlado através de dieta adequada e exercícios físicos. O DM tipo I atinge cerca de 5% a 10% dos portadores de diabetes e é tratado através de reposição de insulina com aplicações de injeções subcutâneas. Ambas as formas, quando não tratadas adequadamente apresentam sérias complicações sobre a qualidade de vida de seus portadores.

Em longo prazo, quando o indivíduo apresenta um mau controle da glicose sanguínea no organismo, pode ocorrer um aumento do risco de complicações cardiovasculares, doença vascular cerebral, periférica, neuropatias, nefropatias e retinopatia, assim como complicações em todo o sistema periférico, o que é referido como perda da sensibilidade em extremidades periféricas (VOLTARELLI *et al.*, 2008; WOLF, 2009).

Neonatos

Este grupo de indivíduos merece atenção quanto à formação de escaras por permanecer por períodos prolongados em unidades de terapia intensiva. Nestes, os cuidados de posicionamento são de extrema importância para proporcionar maior conforto e evitar úlceras de pressão. O quadro clínico do neonato muitas vezes determina a necessidade de alterar o

posicionamento, pois quanto mais prematuro for o recém-nascido, deve-se manipulá-lo menos e, conseqüentemente, ele se torna mais vulnerável à formação de escaras de decúbito (COSTA *et al.*, 2005). A pele do recém-nascido, principalmente do pré-maturo, é ineficaz como barreira, o que o torna mais suscetível a lesões e à penetração de microrganismos. Além disso, seu sistema imunológico não é capaz de conter as infecções, fazendo com que haja disseminação de infecção, favorecendo assim septicemias que levam ao óbito (BRITO *et al.*, 2009).

Idosos

A idade se apresenta como fator relevante para a ocorrência de úlcera por pressão, uma vez que as pessoas jovens e saudáveis geralmente apresentam maior proporção em tecidos adiposos (gordurosos) e mais músculos sobre proeminências ósseas, contrariamente, às pessoas idosas ou doentes que têm redução do tecido subcutâneo e muscular. Essas mudanças levam a um comprometimento do fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, a uma redução da oxigenação, nutrição e hidratação, fazendo com que ocorra diminuição nos níveis de proteínas, tais como a albumina.

Os idosos apresentam com frequência diminuição da eficiência do sistema circulatório, respiratório, renal, sensorial e nutricional (PAIVA, 2008). A idade avançada também é causadora de internações, de acamadas e de condições crônicas de saúde que logo aumentam o risco de pressão, fricção, cisalhamento e diminuição da circulação sanguínea na pele (GOULART, 2008).

Portadores de lesões raquimedulares

As pessoas acometidas por traumatismos raquimedulares (TRM) representam o grupo de risco com maior incidência de úlcera por pressão. Sua frequência é maior em indivíduos do sexo masculino e em idade produtiva, provocado principalmente por acidentes automobilísticos e projéteis de armas de fogo ou arma branca. O TRM resulta de uma agressão traumática à medula espinhal apresentando alterações das funções motoras, sensitivas e autonômicas. Tais lesões, quando ocorrem nos primeiros oito segmentos cervicais, ocasionam quadriplegia ou tetraplegia. Quando em T-1, lesões abaixo do primeiro segmento torácico resultam em paraplegia. De C-3 a C-5, lesões do terceiro ao quinto segmentos cervicais, os indivíduos podem vir a óbito pela paralização do diafragma (BORGES *et al.*, 2011).

2.1 ÚLCERA POR PRESSÃO

A úlcera por pressão (escara) é uma lesão ocasionada pela compressão de tecidos moles por uma proeminência óssea, por um tempo prolongado, podendo comprometer a epiderme, derme, hipoderme, tecido muscular e aponevroses (CHAVASCO *et al.*, 1999), levando ao processo de necrose tecidual, favorecendo o desenvolvimento de processos infecciosos, tais como gangrenas infecciosas (MARTINS, 2001). Estes tipos de lesões são de difícil cicatrização, e apresentam prevalência de muita dor e incidência elevada nos quadros agudos e crônicos de pacientes hospitalizados, além do alto custo.

No Brasil, são poucos os estudos sobre a incidência das úlceras por pressão, porém sabe-se que a prevalência no âmbito hospitalar é muito alta em pacientes tetraplégicos (60%), idosos com fraturas no fêmur (66%) e em pacientes criticamente doentes (33%) (GOULART *et al.*, 2008).

Os pacientes hospitalizados em UTI's (unidades de terapia intensiva) apresentam alto índice de desenvolvimento de úlcera por pressão devido à instabilidade hemodinâmica, à imobilidade significativa, e à presença de diversas doenças. Em estudo realizado por FERNANDES *et al.*, 2008, dentre 40 pacientes de um hospital particular de Natal/RN, 50% desenvolveram UP em um tempo predominante de 7 dias.

Já em um estudo realizado em 142 pacientes por GOMES *et al.*, 2010, em 22 centros de tratamento intensivo (CTI's) de 22 hospitais públicos e privados de Belo Horizonte, foi registrada incidência de 41% de UP nos pacientes de terapia intensiva com tempo de internação superior a 10 dias.

O diabetes é um dos fatores de risco que contribui para o aparecimento das úlceras por pressão principalmente nos pés, por apresentar a circulação deficiente nos membros inferiores quando o diabetes é mal controlado (os níveis glicêmicos estiverem acima do limite recomendado). O pé diabético é a infecção por ulceração ou destruição de tecidos profundos associados com anormalidades neurológicas e vários graus de doença vascular periférica no membro inferior, sendo que o paciente portador desta doença apresenta grande probabilidade de desenvolver gangrena, 17 vezes mais que o indivíduo não diabético (BORGES, 2011).

2.1.1 Áreas suscetíveis e fatores de riscos

A úlcera por pressão surge pela permanência prolongada do paciente em uma mesma posição. Essas áreas incluem regiões sacrais, coccigeanas, tuberosidades isquiáticas, trocanter maior, calcâneo, maléolos, côndilo medial da tíbia, cabeça da fíbula, escápula, cotovelo, processos acromiais e cristas ilíacas.

Alguns estudos apontam que 95% das úlceras por pressão se desenvolvem sobre proeminências (protuberâncias) ósseas na metade inferior do corpo em regiões sacrais, tuberosidades isquiáticas, calcâneo e trocanter maior do fêmur, por serem regiões de maior

concentração do peso corporal com aumento da pressão em relação à superfície, tendo como fatores predisponentes a longa permanência do paciente no leito e com dificuldades sensoriais ou motoras, cognitivas prejudicadas, imobilidade, atrofia muscular e redução do acolchoamento entre a pele sobreposta e o osso subjacente (GOULART *et al.*, 2008).

2.1.2 Os estágios da úlcera por pressão

Para definir o estágio das úlceras por pressão, examinam-se e registram-se as condições da ferida baseando em critérios estabelecidos em 1989 pela National Pressure Ulcer Panel, entidade norte americana. Os quatro estágios estabelecidos visualmente na evolução de uma úlcera por pressão são descritas a seguir:

Estágio I: Lesões apenas na epiderme e derme conforme ilustrado na figura 1, com temperatura cutânea elevada pelo fato da vasodilatação estar aumentada, eritema presente por 15 minutos ou mais após alívio da pressão local, dor e discreto edema evoluindo para aspecto cianótico que é resultado da oclusão dos capilares cutâneos e enfraquecimento subcutâneo. Esses sinais podem ser revertidos com a remoção da pressão local.



Figura 1: Lesão no estágio I (Fonte: <http://www.curamed.com.br/>).

Estágio II: Ruptura na pele através da epiderme e derme, tal como apresentado na figura 2. Abrasão, bolhas ou crateras superficiais, necrose juntamente com represamento venoso e trombose, dor, extravasamento de pouco exsudado e pele adjacente vermelha ou escurecida.



Figura 2: Lesão no estágio II (Fonte: <http://www.curamed.com.br/>).

Estágio III: A figura 3 ilustra a lesão que destrói a derme e epiderme, atingindo a hipoderme. Caracteriza-se pela presença de drenagem de exsudato amarelado ou esverdeado com odor fétido, vesícula ou cratera não muito profunda de tecidos desvitalizados, comprometendo o indivíduo com infecções suscetíveis.



Figura 3: Lesão no estágio III (Fonte: <http://www.curamed.com.br/>).

Estágio IV: Neste estágio ocorre destruição profunda dos tecidos, podendo atingir fáscia, músculos e tendões, conforme visto na figura 4. Caracteriza-se por tecido necrótico, tunelização na ferida e drenagem de secreção com odor fétido, apresenta também alto risco de formação de osteomielite, piartrose (formação de secreção purulenta na cavidade articular) e septicemia (GOURLART *et al.*, 2008).



Figura 4: Lesão no estágio IV (Fonte: <http://www.curamed.com.br/>).

A cicatrização tecidual é um processo complexo que visa o restabelecimento normal do tecido lesado; para tanto, envolve a organização das células, sinais químicos e matriz extracelular. A vascularização, a capacidade de regeneração da célula lesada e a influência hormonal também podem contribuir para um maior ou menor grau de substituição destas células e recuperação funcional do órgão. Outros fatores são: tipo de pele, localização anatômica, idade, estado de saúde e nutricional do paciente, alterações cardiocirculatórias e de coagulação, quadros sistêmicos infecciosos, uso de drogas sistêmicas e ressecamento do leito da ferida durante a cicatrização (MANDELBAUN *et al.*, 2003).

A cicatrização de feridas de espessura parcial e total ocorre de formas distintas. Na primeira, a lesão limita-se à epiderme, ou porção mais alta da derme, cujas camadas cicatrizam-se por regeneração, com proliferação epitelial e migração, sem ocorrer perda de sua função. Na segunda, a ferida de espessura total, ocorre destruição completa ou perda da epiderme e derme, assim como do subcutâneo, podendo acometer músculos e ossos. (BORGES, 2008)

As fases de cicatrização são convenientemente classificadas em inflamatória, proliferativa e de remodelagem.

i. Fase inflamatória

A área lesada é preenchida pelo plasma rico em plaquetas e elementos celulares originados do extravasamento sanguíneo.

A agregação plaquetária e a coagulação sanguínea formam um tampão rico em fibrina que serve de barreira contra microorganismos, promove homeostasia e organiza matriz provisória que funcionará como reservatório de citocinas e fatores de crescimento necessários ao processo de cicatrização.

As plaquetas, além de promover o comprometimento hemostático, produzem diversos mediadores químicos, dentre eles fatores de crescimento que são liberados na área lesada. Elas sofrem degradação por ação da trombina e como consequência há liberação dos fatores de crescimento derivados de plaquetas (PDGF), o de crescimento transformante – β (TGF – β), o de crescimento epidérmico (EGF), o de transformante – α (TGF α) e o fator de crescimento de células endoteliais (VEGF) e também glicoproteínas adesivas tais como fibronectina e trombospondina, importantes componentes da matriz celular, em direção ao leito da ferida onde a fagocitação das células e corpos estranhos também produzirão fatores de crescimento preparando a lesão para a fase proliferativa.

Os monócitos são intensamente ativados por agentes quimiotáticos como o PDGF no início e no decorrer da cicatrização e pela fagocitose da fibronectina que contribuem para sua transformação em macrófagos que, ao serem ativados, degradam e removem o tecido conjuntivo danificado, tais como colágeno, elastina e proteoglicanas, além de secretar quimiotáticos que atraem as células inflamatórias para o local da ferida. Além dessas funções, os macrófagos produzem as prostaglandinas, que são potentes vasodilatadores que aumentam a permeabilidade dos microvasos, fatores de crescimento PDGF, TGF- β , fator de crescimento de fibroblasto (FGF) e o de VEGF, que são indispensáveis na formação de tecido de granulação.

A resposta inflamatória será tanto mais intensa e duradoura quanto maior a lesão tecidual (BORGES, 2008; MENDONÇA; NETTO, 2009).

ii. Fase proliferativa

Seu início é após o surgimento da lesão e compõe as etapas de epitelização caracterizadas pelo movimento migratório das células das bordas e apêndices epiteliais do centro da lesão. Esta migração ocorre por meio de estímulos mitogênicos e quimiotáticos dos queratinócitos induzidos pelos TGF α e EGF; de fibroplasia que consiste na formação de uma nova matriz extracelular indispensável pela migração e proliferação celular endoteliais, cujos componentes são proteínas, citocinas, elementos celulares oriundos do extravasamento pelo aumento da permeabilidade de microvasos; da angiogênese, que é um processo dinâmico regulado por sinais provenientes do soro e da matriz extracelular, os quais promovem o estímulo para produção de novos vasos sanguíneos a partir de vasos preexistentes por meio de células precursoras do endotélio vascular que sofrem a diferenciação, expansão e coalescência. Esta nova rede de vasos conduzirá nutrientes e oxigênio do tecido em formação. Participam da angiogênese o FGF ácido básico, o VEGF, o TGF- β , a angiogenina, a angiotropina e a angiopoetina-1.

A baixa tensão de oxigênio, ácido láctico e aminas bioativas em elevado nível podem também estimular tal processo. A fibroplasia e a angiogênese compõem o chamado tecido de granulação.

A cicatriz é pouco resistente às trações e traumatismos, e frequentemente se ulcera, constituindo-se lesão crônica (BORGES, 2008). As cicatrizes tornam-se mais fortes com o tempo, e este processo prolongado não se limita somente às feridas cutâneas. As musculares e as da

fáscia ganham resistência progressiva, e as dos tendões de forma mais lenta. Eventualmente, as feridas podem readquirir a resistência do tecido normal. Esta habilidade da ferida de resistir às forças que dilaceram sem rompimento, força elástica, é considerada uma importante medida para avaliar a cicatrização (BORGES, 2008).

iii. Fase de remodelagem

Existe uma tentativa de normalizar a estrutura tecidual. Os componentes da matriz extracelular sofrem maturação com a deposição de colágeno e proteoglicana. A matriz provisória transforma-se em definitivo e os fibroblastos transformam-se em miofibroblastos com propriedade contrátil similar ao músculo liso (MENDONÇA, NETTO, 2009).

O amadurecimento da ferida resulta em fortalecimento e remodelagem das fibras de colágeno. Este processo pode ser observado clinicamente à medida que a cicatriz reduz de tamanho, afina-se e perde o tom de vermelho intenso em decorrência da regressão capilar. A ferida torna-se menos vascularizada porque ocorre uma redução da necessidade de fornecimento de nutrientes e oxigênio para o local lesado (BORGES, 2008).

A cicatriz madura pode ser caracterizada pela hiperpigmentação ou hipopigmentação e por uma espessura palpável, algumas vezes por causa da fibrose da derme, que lhe fornece aspecto de estar abaulada (BORGES, 2008).

A cicatrização é um processo complexo, tendo em vista que vários fatores afetam seu processo. Entre esses fatores, podem-se citar os fatores locais ou intrínsecos (no interior da ferida) e sistêmicos ou extrínsecos (em outro ponto do corpo do homem) (BORGES, 2008).

Atendidas as exigências de um ambiente que propicie a formação de colágeno, angiogênese, epitelização e a contração da ferida, a reparação é obtida com mais sucesso em ambiente local onde existam ótimas condições de temperatura, hidratação e oxigenação (BORGES, 2008).

Como fatores sistêmicos, relacionados às condições gerais do indivíduo que influenciam no tempo e na qualidade da cicatrização, pode-se citar o tabagismo, a idade, o estado nutricional, algumas doenças crônicas e uso de drogas, principalmente as que afetam o sistema imunológico (BORGES, 2008).

Muitos pacientes com feridas crônicas ou cicatrização lenta apresentam pelo menos um elemento na ferida que interfere nos benefícios de condições ambientais favoráveis. Presença de infecção, hematoma, edema, corpos estranhos, tecido necrótico, ressecamento e quebra ineficiente de fibrina são os principais fatores locais que se inserem nesse caso.

A infecção retarda a cicatrização, mas não necessariamente a impede. Ela desencoraja as atividades dos fibroblastos na produção do colágeno e estimula os leucócitos a liberar lisozimas, uma enzima que destrói o colágeno existente, enfraquecendo, desse modo, a ferida. Os microrganismos invasores capturam nutrientes e oxigênio, necessários ao tecido em processo de

cicatrização. A infecção pode estender-se aos tecidos adjacentes e, possivelmente, à corrente sanguínea, originando septicemia, que pode ser fatal quando não tratada (BORGES, 2008).

O hematoma constitui um excelente meio de cultura para o desenvolvimento de microrganismos, ao mesmo tempo que sua organização e reabsorção prolongadas retardam a cicatrização da ferida. Quando são formados edemas por causa da obstrução linfática e capilar, diminui-se a resistência à infecção. As cicatrizes que se formam após a reabsorção de hematomas são fibróticas e defeituosas, principalmente quando localizadas em áreas ricas em tecido adiposo (BORGES, 2008).

Edemas, que se caracterizam por excesso de líquido intersticial, criam condições locais desfavoráveis à proliferação celular e à síntese protéica, como a manutenção de baixo pH, alta tensão de CO₂ e baixa concentração de O₂. O edema diminui o fluxo sanguíneo e o metabolismo local, favorecendo a necrose celular e o crescimento bacteriano (BORGES, 2008).

O tecido necrótico interfere no processo de cicatrização. Sua presença desencadeia a liberação de enzimas, que, associadas à resposta leucocitária anormal, aumentam a permeabilidade capilar e a absorção de toxinas, além de possibilitar a perda anormal de líquidos na ferida. Além disso, o tecido desvitalizado transforma-se em meio de cultura, favorecendo o crescimento bacteriano (BORGES, 2008).

Sobre a humidade, feridas ressecadas perdem o fluido rico em fatores de crescimento que estimulam a angiogênese e a epitelização, cicatrizando mais lentamente, uma vez que ocorrerá menor restauração da pele e vasos sanguíneos (BORGES, 2008).

2.1.3 Tratamento das úlceras por pressão

O tratamento das úlceras por pressão deve ser inserido quando as medidas preventivas não são suficientes. Ele está relacionado à gravidade e extensão da lesão. O uso de curativos de membrana de celulose bacteriana com AGE (ácido graxo essencial), hidrocolóide, alginato e cálcio, carvão ativado, sulfato de prata ou ainda intervenções cirúrgicas com utilização de enxertos do próprio paciente ou banco de tecidos, desbridamento (retirada do tecido necrótico). (MEDEIROS *et al.*, 2009)

Como já foi mencionado anteriormente, existe uma imensa diversidade de materiais disponíveis no mercado que podem ser utilizados no tratamento das úlceras por pressão, porém a maioria deles é importada e o custo é elevado, o que torna o tratamento dispendioso e quando, cirúrgico, necessita de suporte pós-operatório e controle de infecção (DIAS, 2010; MEDEIROS *et al.*, 2009).

2.1.4 Prevenção da úlcera por pressão

A prevenção da UP é de fundamental importância, pois a mesma causa prejuízos aos cofres públicos e aos portadores, sendo um dos indicadores negativos da qualidade da assistência dos serviços de saúde e enfermagem.

A utilização de medidas preventivas, recomendadas por diretrizes internacionais, reduzem significativamente o seu surgimento em pacientes de risco. Dentre os mecanismos utilizados na identificação do risco de desenvolver UP está a utilização da Escala de Braden e a fotografia. (MEDEIROS *et al.*, 2009)

Dentre as escalas mais utilizadas, a escala de Braden avalia os fatores de riscos referentes a determinante clínico de exposição para pressão intensa e prolongada, tais como, percepção sensorial, atividade e mobilidade da tolerância do tecido a pressão. Avalia fatores intrínsecos, tais como percepção sensorial da mobilidade, tolerância do tecido à pressão e fatores extrínsecos como umidade, nutrição, fricção e cisalhamento (REIS *et al.*, 2012) e pontua os riscos de 6 (seis) a 23 (vinte e três). Desta forma, os clientes considerados sem risco apresentam o escore de 19 (dezenove) a 23 (vinte e três), os que são considerados de baixo risco apresentam o escore de 15 (quinze) a 18 (dezoito), os de risco moderado de 13 (treze) a 14 (quatorze), os de risco alto apresentam o escore de 10 (dez) a 12 (doze) e os de altíssimo risco apresentam escore ≤ 9 (nove). Sugere-se que esta seja aplicada em dias alternados, de modo que as alterações sejam evidenciadas e as medidas cabíveis adotadas no tempo certo. (SIMÃO, *et al.*, 2013)

O método considerado Padrão Ouro no diagnóstico é a avaliação interobservador, mas o método não possui confiabilidade em regiões como quadril e região glútea.

A utilização de fotografia pode contornar falhas no diagnóstico já que as mesmas podem ser compartilhadas entre os *experts* do tema. As imagens permitem uma visualização com precisão dos aspectos da lesão, tais como: profundidade, coloração e situação das bordas no decorrer do tempo, permitindo compor um registro da evolução da lesão (ARAÚJO, *et al.*, 2012). Para tal, torna-se necessário repetir o procedimento em intervalos de tempo regulares com a mesma angulação, luminosidade e distância focal. A utilização do software Auto Cad tem sido testada na mensuração de lesões na pele, sendo considerado de alta fidedignidade e confiabilidade (REIS *et al.*, 2012).

Outra opção para análise de imagem é o software *Image J®*, que, ao ser conectado em máquina virtual *java* apropriada, oferece com precisão a mensuração da área lesada (REIS, 2013).

Algumas pesquisas realizadas em hospitais universitários apontam uma incidência de UP de 38% em cliente de 22 a 95 anos e 38,9% especificamente em idosos (PERRONE, *et al.* 2011).

Dentre os fatores de riscos destacam-se a idade, imobilidade, a incontinência urinária ou fecal que leva à umidade local, atrito, comorbidades relacionadas a gasto metabólico elevado, doenças crônicas e deterioração do estado nutricional.

Uma alimentação saudável, rica em arginina, zinco e vitamina C é de extrema importância como coadjuvante no tratamento e prevenção da UP, visto que a desnutrição promove alterações metabólicas que desfavorecem a cicatrização e fragilizam os tecidos. Estima-se que 48,1% dos pacientes hospitalizados no Brasil estejam desnutridos, sendo que em idosos o risco nutricional é de 83,8% (PERRONE *et al.*, 2011).

Os indivíduos que apresentam doenças crônicas tais como acidente cerebral vascular (AVC), câncer, lesões medulares e idosos, têm maior pré-disposição em desenvolver UP (REIS *et al.*, 2012).

Através de entrevistas realizadas em alguns hospitais públicos de Brasília, alguns profissionais da área da saúde fizeram o seguinte relato:

- “O máximo que conheço no âmbito hospitalar para prevenção da UP é o colchão casca de ovo” (diabetologista).

- “Espero, ansiosamente, algo que venha realmente contribuir na prevenção da UP, pois sempre recorremos a materiais improvisados na tentativa de evitar a formação de UP nos membros inferiores dos pacientes diabéticos submetidos a cirurgias vasculares, o que é muito difícil”. (Cirurgião vascular).

- “Os pacientes portadores de lesões raquimedulares com úlceras por pressão nas regiões sacral em estágios avançados e que apresentam condições físicas de se adaptaram ao treinamento de permanência em posição ventral por meses, após passar por triagem, realizo cirurgia plástica reparadora a fim de restabelecer a cicatrização da lesão.” (cirurgião plástico).

- “A maioria dos pacientes com lesões raquimedulares submetidos à cirurgia plástica reparadora, após receberem alta, por se acharem que já estão recuperados, exageram no tempo de permanência assentados nas cadeiras de rodas e logo retornam ao hospital nas mesmas condições que se encontravam anteriormente”. (Assistente social)

- “No mercado, há uma grande quantidade de produtos que poderão ser usados no tratamento da UP. No entanto, usamos o que temos a nossa disposição.” (Enfermeira)

2.2 BIOMATERIAL: LÁTEX NATURAL

O látex é uma secreção esbranquiçada extraída da seringueira (*Hévea brasiliensis*), e, segundo Rodrigues (2008), é um material utilizado como biomaterial em dispositivos médicos. Além de sua biocompatibilidade, suas características de elasticidade, tensão máxima de tração, ductilidade e tenacidade estão relacionadas à capacidade e facilidade do material ser moldado em formatos

complexos. Além disso, o látex está sendo testado no homem como material indutor da neoformação tecidual, tendo sido aplicada em pacientes com úlceras crônicas dos membros inferiores e meringoplastias. Outra aplicação do látex foi em palmilhas, para tratamento do pé diabético com ou sem úlceras.

As úlceras de pressão são de difícil cicatrização, e assim podem gerar riscos de desenvolver infecções, provocando desequilíbrios emocionais com perda da funcionalidade ou afastamento do trabalho, ocasionando prejuízos financeiros e alto custo no tratamento para o governo e paciente (MEDEIROS et al. 2009). Sendo assim, a prevenção é relevante, pois o custo é reduzido tornando os riscos para o paciente nulos, desta forma diminuindo o tempo de hospitalização através dos riscos de infecções hospitalares.

2.2.1 Biomaterial no tratamento de úlcera por pressão

Hoje no mercado encontram-se diversos produtos para tratar a úlcera por pressão que são processados a partir de um Biomaterial. Geralmente se apresentam de forma de filmes, espumas, géis ou membranas. Dentre as características fundamentais que devem apresentar são a leveza, inodoro à aplicação e remoção, impermeabilidade a microrganismos, permeabilidade ao oxigênio e ao vapor d' água, facilidade de processamento, biodegradabilidade e biocompatibilidade (DIAS, 2010). Dentre eles estão: i) biomembrana de látex: obtida a partir da polimerização do poliisopreno, componente do látex que induz formação angiogênica e cicatricial, acelerando o processo regenerativo das feridas crônicas com a ação desbridante (QUEGE, 2008); ii) biomembrana de Aloe vera: induz a formação de novos vasos sanguíneos e reparação tecidual (COSTA, 2010); iii) Ácido hialurônico: é obtido através da fermentação de bactérias Gram-negativas ou por isolamento de estruturas de origem animal tais como fluido sinovial, pele e crista de galo. Sua utilização tem função de preenchimento de tecidos moles e cicatrização (PAGNANO, 2009); iv) Membrana de colágeno e alginato: contém 90% de colágeno do tipo I e III, obtido da pele ou tendão de bovinos e 10% de alginato. Desta associação há formação de uma gel que proporciona umidade e lenta dispersão do colágeno no tecido lesionado induzindo quimiotaxia para os granulócitos, macrófagos e fibroblastos, autólise, angiogênese e proliferação celular ao tempo que as fibras colágenas dão suporte para migração, fixação e crescimento celular, dentre elas os fibroblastos, células produtoras de colágeno e elastina, substâncias essenciais no processo de reparação tecidual.

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Considerando que o formato e superfície de contato são variáveis primárias no processo de ocorrência da úlcera, desenvolveu-se o protótipo do colchão a partir de três submétodos: preparo do látex, confecção do molde e confecção do dispositivo. Além da confecção do colchão também há o desenvolvimento do sistema eletrônico que fará a inflagem e desinflagem do colchão, e captação da pressão e temperatura das regiões propícias à formação de úlcera por pressão.

3.1.1 Confecção dos moldes do colchão

Os moldes dos módulos do colchão foram confeccionados objetivando disponibilizar um produto resistente. Os mesmos foram produzidos a partir da matéria prima tecnil e remodelados em um torno mecânico. Nos moldes foram incorporadas ranhuras em sua superfície lisa, com a finalidade de variar e distribuir mecanicamente a pressão na região de contato com a pele. Inicialmente, tarjas de metal serviram de molde para produção de tarjas de conexão de um gomo a outro, cujas dimensões são de 4,5 cm.

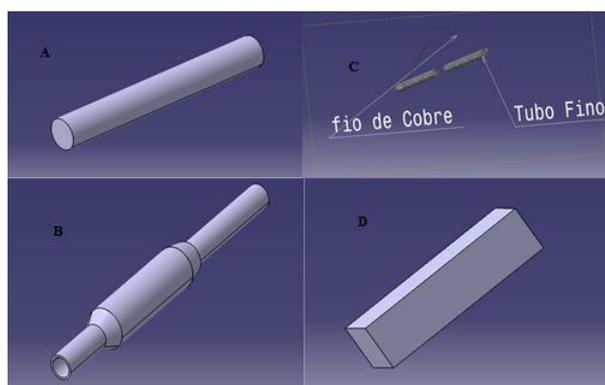


Figura 5: Componentes do molde: (A) Tubo interno; (B) Molde externo; (C) Válvula e (D) Tarja de conexão.

As dimensões construtivas de cada peça são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição dos dispositivos que compõem o molde do sistema proposto

Molde	Material	Dimensões		
		L	d(Ø)	Ranhuras
Módulo externo	Tecnil	12 cm	2,0 cm externo 1,2 cm interno	06 ranhuras com 2,0 mm de saliência e 5,0 mm de espaço entre elas.
Tubo interno	Vidro	15 cm	1,0 cm	--
Válvula		4,0 cm haste maior 2,0 cm haste menor	2,0 mm haste maior 1,5 mm haste menor	--
Tarja	Alumínio	5,0 cm	3,0 mm	--

3.1.2 Preparo do látex

O látex utilizado já havia passado pelo processo de centrifugação, com as suspensões de enxofre e resina, com objetivo de conferir ao composto final a elasticidade e a resistência necessária. A partir desse processo de preparo, o látex configura-se como um composto que, em contato com a pele, vulcaniza-se, tornando-se colante. Para sua remoção, contudo, utiliza-se apenas água pura. Em superfícies de vidro, sua remoção é facilitada devido ao baixo atrito que o vidro propicia. No manuseio do látex, foram utilizados bastões de vidro para mexer, recipiente de vidro para armazenar, papel filme para proteger do contato com o ar e flanela de algodão para limpar.

Um fator importante em qualquer aplicação que utilize como matéria-prima o látex é a uniformidade das suas propriedades, pois esta é uma característica essencial. Para obter essa característica, a fonte de látex deve ser a mesma, ou seja, o látex deve ser proveniente de árvores de um mesmo clone, adquirido no mercado nacional confirmando a utilização do mesmo lote e de origem comercial de indústrias idôneas como o caso da “PREVTEX e KI-LATEX”. Foi realizada uma mistura de 75% látex e 25% água destilada, preparada à temperatura ambiente (24°C). Para homogeneização e armazenamento foram utilizados bastão e recipiente de vidro, com vedação com papel filme para proteção do contato com ar.

3.1.3 Análise do látex no Micro CT e microscopia eletrônica de varredura

Tendo em vista que a porosidade dos arcabouços (ou *scaffolds*) exerce grande influência na proliferação celular do tecido em regeneração e no processo angiogênico, nesta pesquisa foi realizada a análise do látex líquido (ilustrado pelas figuras 11 e 12) e polemerizado no Micro CT – *Micro-computed tomography* ou microtomografia computadorizada – no qual foram obtidas 2.500 (duas mil e quinhentas) imagens tridimensionais - 3D, cujo resultado da análise de um dos módulos do protótipo está demonstrado no item 4.1 da seção de resultados, conforme os parâmetros do Micro CT e tabela com os resultados de tais observações.

3.1.4 Confecção dos protótipos

A confecção do colchão inicia-se pela preparação do ambiente, da matéria-prima e dos moldes, e segue compreendendo uma série de etapas, a saber: imersão dos moldes de tecnil e de vidro em um recipiente contendo o látex na forma líquida; secagem dos moldes em estufa; análise de espessura; remoção do látex solidificado dos moldes; montagem do módulo e inspeção final. Após encontrar uma concentração do látex que satisfaça as características de maciez, resistência e flexibilidade, inicia-se a produção dos elementos que compõem o colchão. No processo de confecção do módulo, utilizou-se a técnica de banhos sucessivos de imersão (figura 6), que consiste na introdução dos moldes no interior do composto final de látex, em posição perpendicular ao plano, de forma gradual e uniforme, seguido de aquecimento em estufa termostatizada. (MRUÉ, 1996; RODRIGUES, 2008).



Figura 6: Imagem dos moldes posicionados e a realização do banho de imersão do molde na mistura do látex.

Várias concentrações de látex foram testadas durante a produção dos protótipos até se deparar com um percentual que satisfizesse as características pré-estabelecidas de maciez, flexibilidade e resistência; isto é, 75% látex e 25% água. Da mistura, após ser lentamente diluída com um bastão de vidro, foram retiradas todas as bolhas de ar de sua superfície por meio de uma seringa com agulha. O látex, em contato com o ar, polimeriza com rapidez. Para evitar tal processo, a mistura era revestida com papel filme após cada imersão dos moldes no interior da mesma.

O tempo de permanência dos moldes no interior do composto de látex era de 01 minuto. Neste ponto, ocorre o início da polimerização que determina a confecção final do produto. Em seguida, os moldes eram retirados, de forma lenta e gradual, e colocados dentro da estufa (submetidos ao aquecimento em temperatura para vulcanização de 70°C), em intervalos de tempo de 20 minutos. Depois dessa etapa, os moldes permaneciam por mais 12 horas, para completar a vulcanização. É importante citar que os passos de banho e aquecimento foram repetidos até se obter a espessura de 2,5 mm para o módulo externo, e 1,5 mm para a superfície do tubo e da tarja de conexão, totalizando em média 30 banhos. Assim, após o período de vulcanização, o módulo ficou 12 horas em temperatura ambiente para finalizar o processo de confecção. A válvula foi confeccionada da mesma forma que as outras três partes. Contudo, na confecção desta, sempre se utilizava, em média, três dias para sua total finalização, pois a estrutura de 0,5 mm de espessura entre as hastes deve ser muito bem vulcanizada, em cada milímetro, exigindo um

processo de confecção mais minucioso. Ao fim do processo, sob água corrente, ocorria à remoção das peças de seus moldes, para que pudessem compor o módulo (retirava-se lentamente a camada de látex formada, para não danificar a peça). Em complemento a isso, após a confecção das peças separadas, o próximo passo era referente ao processo de montagem do colchão.

Nesta etapa, foram coladas com látex a válvula e a tarja de conexão. Esse procedimento foi feito colocando-se látex com seringa, de forma cuidadosa, para não escorrer, de modo que depois as peças eram colocadas na estufa, a 70°C, até que ficassem firmemente presas ao tubo. Ao tubo interno, como complemento, também foi enrolado fio de algodão de espessura média. Esse fio, por sua vez, tem a finalidade de proporcionar mais resistência. Após essa etapa, deu-se continuidade aos banhos e secagem na estufa. Depois de seco, o tubo com a válvula foi vestido pelo módulo externo, sendo que as extremidades foram fechadas com látex em um processo similar ao descrito anteriormente. Neste ponto, é introduzida a tarja, que é utilizada para conectar os gomos. Na sequência, foram realizados vários gotejamentos e pinceladas de látex seguidos de aquecimento na estufa, similares aos procedimentos descritos anteriormente.

Na produção do protótipo II, numa tentativa de melhorar a funcionalidade do dispositivo, as tarjas de conexão foram eliminadas, e as paredes de um módulo com outro foram unidas por meio de gotejamento de látex através de uma seringa. Para inflagem, passou-se a utilizar válvulas encontradas no comércio local e bomba injetora de ar mecânica. Todas as peças, a partir deste momento, foram retiradas dos moldes por meio de pulverização de talco, a cada porção desprendida. A nova técnica facilitou a remoção dos módulos e assim simplificou o trabalho, além de melhorar a qualidade do dispositivo.

Para produzir o protótipo III, novos moldes em tecnil foram confeccionados a fim de eliminar a conexão no interior dos moldes, o que oferecia rigidez entre os módulos. Os novos módulos passaram a ter o mesmo diâmetro dos anteriores, porém, com o dobro de comprimento, 24cm.

3.1.5 Caracterização do protótipo

Na Tabela 2 são apresentadas as propriedades construtivas do material.

Tabela 2: Características do protótipo.

Classificação	Características	Dimensão
Formato	Cilíndrico	2,6 cm de diâmetro externo 2,0 mm de espessura
Superfície Externa	Ondulada com ranhuras circulares	22 ranhuras de 3 mm de saliência e 3 mm de espaço entre elas
Superfície interna	Plana	2,0 mm de espessura
Cor	Amarela	-
Comprimento	-	16,5 cm

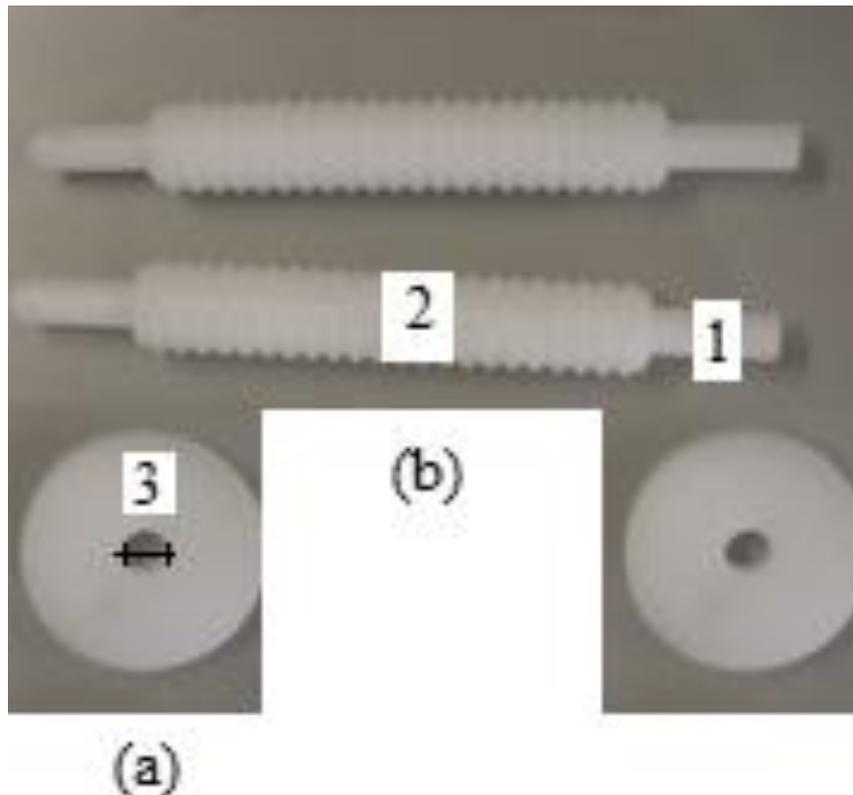


Figura 7: Fotografia dos moldes de tecnil.

Na Figura 7-a as peças arredondadas compõem o suporte dos moldes para que permanecessem na vertical até concluir a secagem. A figura 7-b mostra os moldes com ranhuras incorporadas na superfície, com a finalidade de variar e distribuir mecanicamente a pressão na região de contato com a pele. Os valores de espessura e distanciamento adotados nos moldes foram baseados nos cálculos de pressão e redução de atrito, com a utilização do software MatLab (o modelo mecânico seguido foi o “rosca sem fim”).

3.2 SISTEMAS ELETRÔNICOS DO COLCHÃO

3.2.1 Sistemas eletrônicos do colchão

O sistema eletrônico atua na inflagem/desinflagem do colchão controlando o tempo de uma inflagem a outra e a quantidade de ar injetada no colchão. Sabendo que as variáveis de interesse são pressão e temperatura na região corporal crítica, A inclusão de sensores para a detecção desses parâmetros torna-se necessária. Com isso foram desenvolvidos sensores referentes a pressão (FSR) e temperatura (Circuito de Instrumentação com Termistor NTC/10k Ω).

Ao estabelecer a região corporal do calcâneo para análise nos testes de laboratório por ser considerada uma área crítica na formação de UP, realizou-se um mapeamento da área por meio de pedígrafo, conforme demonstrado na figura 16.

Os sensores enviam dados de força e temperatura para o microcontrolador, que por sua vez calcula a pressão imposta ao pé e dá um retorno positivo (inflagem) ou negativo (desinflagem) às bombas de ar acopladas ao colchão, visando minimizar o impacto causado pela pressão.

3.2.2 Sensor de Pressão

Neste trabalho, foi utilizado um o FSR (*Force-sensing resistor*), que é um sensor de pressão resistivo que apresenta resistências diferentes para cada força absoluta aplicada nele. Para este trabalho, foi utilizado o FSR *Flexiforce A201* e posteriormente o FSR 406, fabricados respectivamente pelas empresas Tekscan e Interlink (Estados Unidos).

O sensor *Flexiforce A201*, fabricado pela Tekscan (Estados Unidos), possui 0,203 mm de espessura, e área sensível de 285,32 mm². Ele suporta o peso máximo de 45 Kg (ou 100 Lbs).

Estabeleceu-se que a região corporal a ser testada sobre o protótipo a fim de verificar a eficiência ou não do mesmo na prevenção de úlcera por pressão seria o calcâneo. Para isso, foi realizado inicialmente o mapeamento da área por meio de um pedígrafo – Aparelho utilizado na confecção de plantigrama em papel comum, mantendo limpa a pele da região em análise. O indivíduo observado no laboratório “BioEngLab”, cuja altura era 1,70m, peso corporal 70kg, peso calcâneo direito 2,84kg, e área do calcâneo 3cm x 3,5cm, detectou-se através do sensor FSR conectado no microcontrolador (no caso o MSP-430) conectado ao colchão e transmitido ao computador por conexão sem fio – *wi-fi* – um valor bem próximo ao resultado anterior: 2,600 kg. Para que fosse possível realizar esta medição, fixou-se o sensor FSR no módulo de látex, revestindo com fita durex e em seguida, por meio de um pincel foram dados 4 banhos de látex sobre a fita e promovida a secagem na estufa a 70°C, com duração de 5 minutos para cada retorno.

Como o sensor *Flexiforce A201* utilizado no primeiro ensaio é de pequena dimensão e pontual, portanto optou-se por realizar novos ensaios utilizando o sensor FSR modelo 406. O mesmo apresenta características semelhantes do modelo anterior, tais como leveza, flexibilidade, capacidade de deformar através da sobreposição de um peso e constituído internamente por película de filme de polímero condutivo e eletrodos que são separados por espaçador. No entanto o que os diferencia são as dimensões, formato e sensibilidade.

3.2.3 Sensor de temperatura

O termistor é um sensor que apresenta diferentes valores de resistência para cada temperatura absoluta a qual é exposto. Pode-se destacar dentre os tipos de termistores o NTC, ou *Negative Thermal Coefficient*, cuja resistência diminui com o aumento da temperatura.

Para esse projeto, foi utilizado um termistor NTC de 10KΩ associado a um divisor de tensão conforme verificado na figura 8. Como segunda resistência, foi escolhido um resistor de 10KΩ.

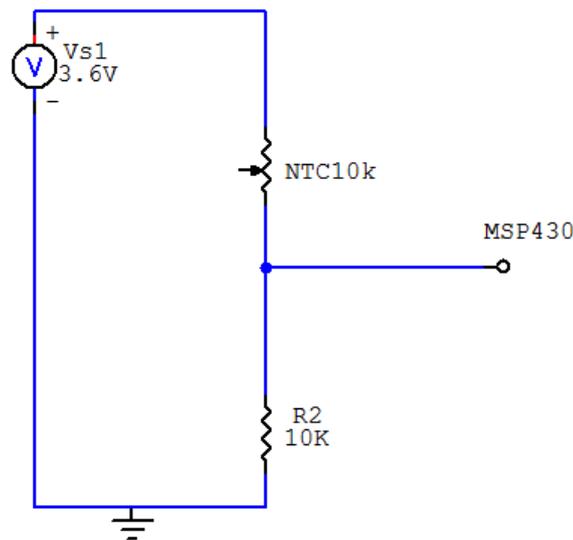


Figura 8: Interface do sensor NTC.

3.2.4 Controlador embutido

O microcontrolador é uma parte do sistema eletrônico que interpreta os sinais sensores, assim os sensores serão conectados ao microcontrolador. Com base nos valores gerados nos sensores uma lógica será desenvolvida que tem como objetivo controlar a inflagem e o resfriamento do colchão. Nessa lógica têm que ser considerados valores limites e padrões para temperatura e pressão, ou seja, a partir de determinado valor o paciente estará em risco. Caso o sensor indique que a temperatura e/ou pressão do paciente ultrapassaram um valor limite, a bomba de inflagem e resfriamento deve ser ativada para que o risco ao paciente seja amenizado. Esta lógica é realizada em linguagem de programação e leva em conta os valores gerados pelos sensores e os objetivos que a inflagem e o resfriamento do colchão devem alcançar. O microcontrolador utilizado é um MSP-430 RF2500 da Texas Instruments Inc., por ser um dispositivo de baixo custo e consumo de energia.

3.2.5 Mecanismo de funcionamento do sistema eletrônico

As funcionalidades de monitorar e controlar a pressão e temperatura exercidas pelo colchão de látex natural associado ao sistema eletrônico são realizadas de forma conjunta. Inicialmente, os sensores são fixados com o auxílio dos médicos especialistas às diversas áreas do colchão as quais terão contato com as regiões identificadas como propícias à formação de UP. O paciente, ao utilizar o colchão, possibilitará a captação e registro dos valores da pressão e temperatura pelos sensores nas regiões de contato. Posteriormente estes dados são transferidos para o microcontrolador que avalia os parâmetros escolhidos e alarma caso haja necessidade de alteração da pressão, movimentação do paciente ou ventilação externa, entre outros cuidados. Para o envio dos dados, foi utilizado o protocolo de comunicação SimpliciTI, da própria fabricante do microcontrolador. Este protocolo permite que se designe a um microcontrolador a função de "Access point" (ou ponto de acesso), que funciona como um grande concentrador (do inglês *hub*)

ao qual diversos outros dispositivos *End Device* (dispositivo final) podem se conectar e enviar dados. Cada *end-device* suporta até 4 sensores.

O *End-device* é um microcontrolador MSP430, e por conta disso possui dispositivo Conversor Analógico Digital (CAD ou ADC, em inglês) cuja função é captar um sinal analógico e o representar por um sinal digital de 10 bits.

Utilizando essa ideia, os sensores resistivos foram conectados a um *end-device* que afere periodicamente suas tensões de saída. Depois as aferições são enviadas pelo *end-device* de forma sem fio ao seu respectivo "Access point", que as repassa ao computador a partir de uma porta serial. A figura 9 ilustra o funcionamento do microcontrolador nesta aplicação específica.

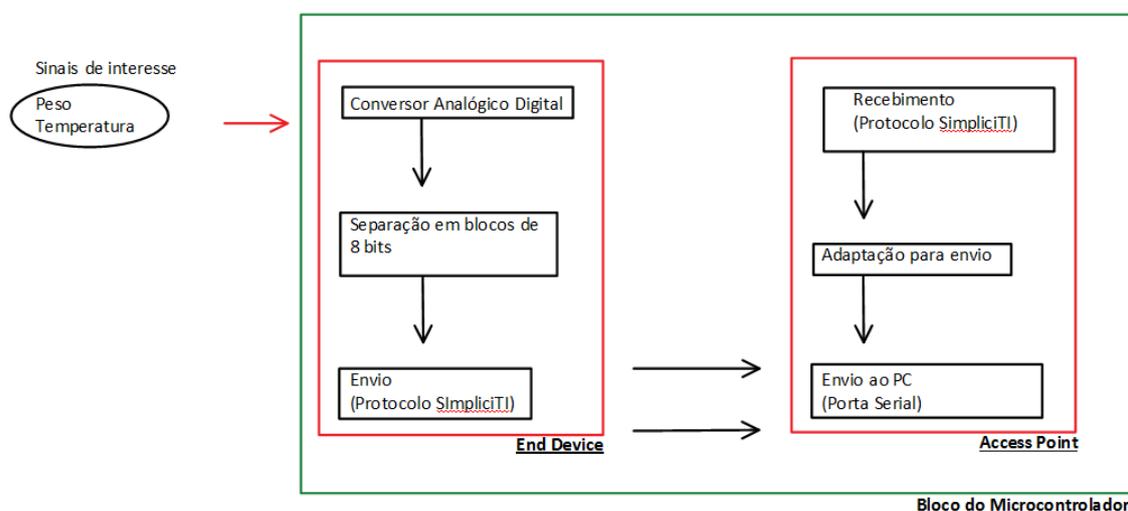


Figura 9: Interface dos sensores com o microcontrolador.

3.2.6 Fluxograma do funcionamento do sistema eletrônico

A Figura 10 a seguir mostra a interface do sistema eletrônico com o paciente e o colchão. A parte 1, sensores, do sistema é conectada com o paciente enquanto a parte 3, bomba de inflagem e resfriamento, é conectada ao colchão. A interface colchão-paciente indicará a qualidade do sistema eletrônico, pois assim poderá saber o quanto eficiente é a inflagem na amenização dos efeitos de temperatura e pressão no paciente. Em resumo: a temperatura e pressão do paciente serão indicadas pelos sensores, que irão capturar e transmitir estes valores ao microcontrolador. O microcontrolador trabalhará com uma lógica desenvolvida para que possa detectar o risco ao qual o paciente está sujeito, e que caso seja necessário ativará a bomba de inflagem e resfriamento, processo este que implicará na amenização dos riscos de ocorrência de UP no paciente.

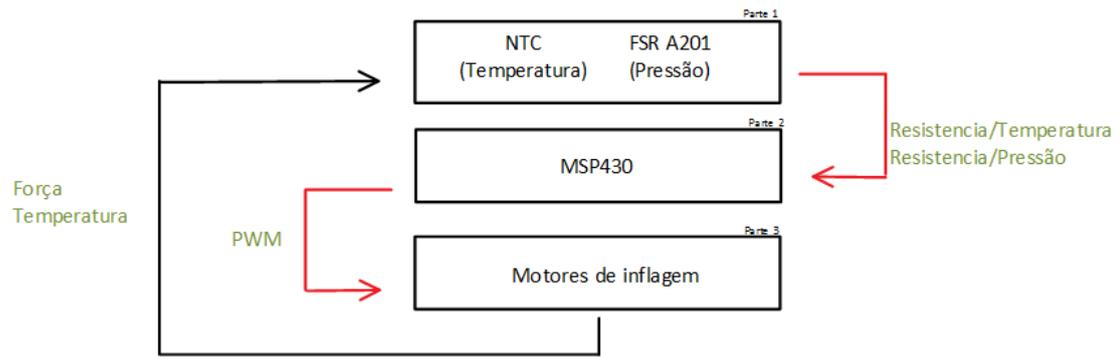


Figura 10: Diagrama de blocos mais detalhado, mostrando as quantidades transmitidas para cada bloco.

4 RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados preliminares dos testes realizados em laboratório.

4.1 PREPARO DO LÁTEX

Como o látex é uma dispersão de borracha num soro aquoso, que contém outras substâncias minerais e orgânicas, ele apresenta viscosidade variável (conforme o teor de borracha), de modo que a sua densidade varia de 0,94 a 0,97. Dessa forma, os principais processos de produção de borracha são por coagulação e por desidratação. Neste último, um molde é imerso num compósito de látex concentrado, e lentamente retirado através de movimentos circulares, para a redistribuição do excesso da emulsão. Em seguida, esse dispositivo passa pelo processo de secagem e vulcanização quando, tendo-se em vista o binômio temperatura-tempo, a borracha contida no molde endurece. Os sistemas de vulcanização – utilizados em látices para que tenham aplicação tecnológica – são dispersões cuja eficiência não depende apenas dos seus componentes, mas, principalmente, do tamanho de partícula e da solubilidade destes no composto de látex.

Os materiais utilizados na confecção e embalagem do módulo que não resistiram às altas temperaturas foram esterilizados por óxido de etileno. Já os materiais (moldes) que resistem às altas temperaturas foram esterilizados por autoclave a vapor.

4.1.1 Parâmetros e resultados de análise no Micro CT

Os resultados de análise no Micro CT são compostos pelos seguintes itens:

- *Volume of Pores* (Unidade mm³): É reportado o volume total de todos os poros dentro do VOI, conforme definido (sob a nomenclatura "number of pores").
- *Percent Porosity* (Unidade %): Porosidade percentual - volume de poros (conforme definido acima) como percentual do total de volume sólido mais volume poroso, dentro do VOI.
- *Euler number* (Símbolo parâmetro EN, Unidade: nenhuma [Note que no momento, o analisador CT somente calcula o número Euler em 2D, não em 3D. O EN 3D será adicionado no futuro. Entretanto, outro programa "3D-calculator" de análise Skyscan mede o número Euler e a conectividade em 3D. Note também que o número Euler é calculado na análise 2D fração por fração, e isso é reportado para cada cross-section individual, mas não está (até o momento) incluído no sumário de resultados no cabeçalho do relatório 2D. O EN também é calculado na análise de objetos em 2D).

O *Euler-Poincare number* – abreviado por "*Euler number*" – é um indicador de conectividade de uma estrutura complexa 3D. O número Euler é característico de uma estrutura 3D que é topologicamente invariante (permanece inalterado à inflação ou compressão ou distorção da

estrutura). Ele mede o que poderia ser chamado de "conectividade redundante" - o grau com que partes do objeto são multiplamente conectados (Odgaard et al. 1993). É uma medida de quantas conexões em uma estrutura podem ser danificadas antes da estrutura se transformar em pedaços separados. Os componentes do número Euler são os números Betti: β_0 é o número de objetos, β_1 a conectividade, e β_2 o número de cavidades contidas.

- *Volume of Pores (Unidade mm³):* Volume total de todos os poros dentro de cada objeto discreto 3D.
- *Percent Porosity (Unidade %):* Volume de poros dentro de cada objeto discreto 3D como percentual do volume total daquele objeto (incluindo todo o volume de poros contidos).
- *Number of Pores (Símbolo do parâmetro: Po.N, Unidade: nenhuma):* Número de poros dentro de cada objeto discreto 3D.

A Tabela 3 apresenta os parâmetros e resultados de análise no Micro CT.

Tabela 3: Parâmetros e resultados de análise no Micro CT
3D analysis

Date and time 10.07.2013 13:59

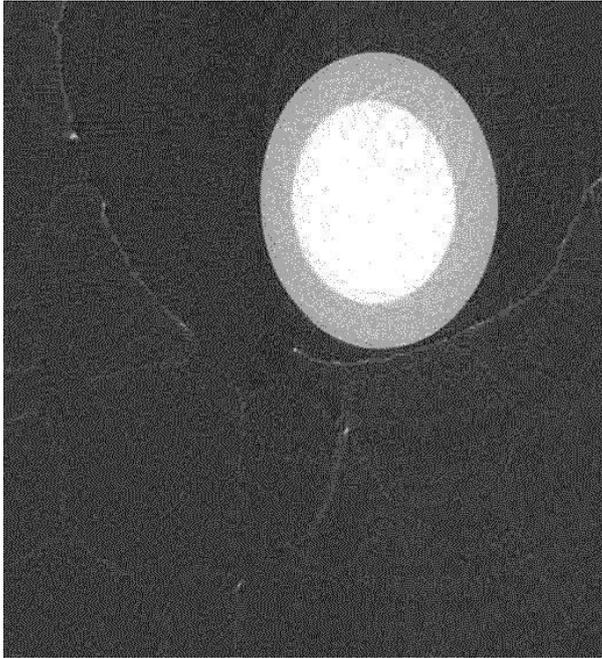
Description	Value	Unit
Number of layers	876	
Lower vertical position	6.32740	mm
Upper vertical position	14.24795	mm
Pixel size	9.05207	um
Lower grey threshold	33	
Upper grey threshold	255	
Volume total	269.47464	mm ³
Piece volume	63.99442	mm ³
Percent object volume	23.74784	%
Total surface	252.66274	mm ²
Object surface	455.54042	mm ²
Intersection surface	11.74961	mm ²
Object surface / volume ratio	7.11844	1/mm
Object surface density	1.69048	1/mm
Trabecular pattern factor	-95.35350	1/mm
Centroid (x)	2.90944	mm
Centroid (y)	2.84884	mm
Centroid (z)	9.98620	mm
Structure model index	-57.26413	
Degree of anisotropy	1.55287 (0.35603)	
Eigenvalue 1	0.58786	
Eigenvalue 2	0.68853	
Eigenvalue 3	0.91287	
Fractal dimension	2.92138	
Number of objects	1910	
Number of closed pores	142606	
Volume of closed pores	0.68028	mm ³
Surface of closed pores	194.53888	mm ²
Closed porosity (percent)	1.05185	%
Volume of open pore space	204.79994	mm ³
Open porosity (percent)	75.99971	%
Total volume of pore space	205.48022	mm ³
Total porosity (percent)	76.25216	%
Euler number	133512	
Connectivity	11004	
Connectivity density	40.83501	1/mm ³

3D analysis

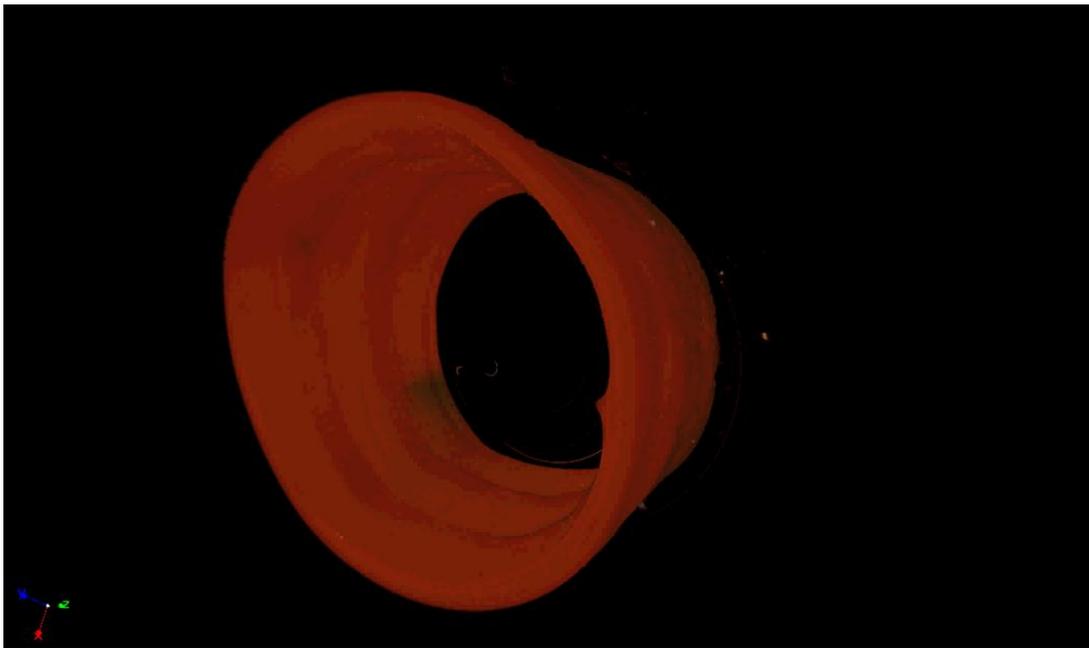
Date and time 10.07.2013 01:12

Description	Value	Unit
Number of layers	1125	
Lower vertical position	8.49989	mm
Upper vertical position	18.67442	mm
Pixel size	9.05207	um
Lower grey threshold	33	
Upper grey threshold	255	
Volume total	18.93547	mm ³
Piece volume	18.93545	mm ³
Percent object volume	99.99988	%
Total surface	57.30007	mm ²
Object surface	57.30745	mm ²
Intersection surface	57.29958	mm ²
Bone surface / volume ratio	3.02646	1/mm
Bone surface density	3.02646	1/mm
Trabecular pattern factor	1.50190	1/mm
Centroid (x)	6.39278	mm
Centroid (y)	9.09878	mm
Centroid (z)	13.58716	mm
Structure model index	2.82818	
Degree of anisotropy	2.22721 (0.55101)	
Eigenvalue 1	0.00093	
Eigenvalue 2	0.00100	
Eigenvalue 3	0.00207	
Fractal dimension	2.92120	
Number of objects	1	
Number of closed pores	6	
Volume of closed pores	0.00002	mm ³
Surface of closed pores	0.00697	mm ²
Closed porosity (percent)	0.00011	%
Volume of open pore space	0.00000	mm ³
Open porosity (percent)	0.00001	%
Total volume of pore space	0.00002	mm ³
Total porosity (percent)	0.00012	%
Euler number	7	
Connectivity	0	
Connectivity density	0.00000	1/mm ³

As figuras 11 e 12 mostram as imagens do látex fornecidas pelo micro CT e pelo microscópio eletrônico de varredura, respectivamente.



(a)



(b)

Figura 11: fotografia do látex líquido (a) e látex vulcanizado (b).

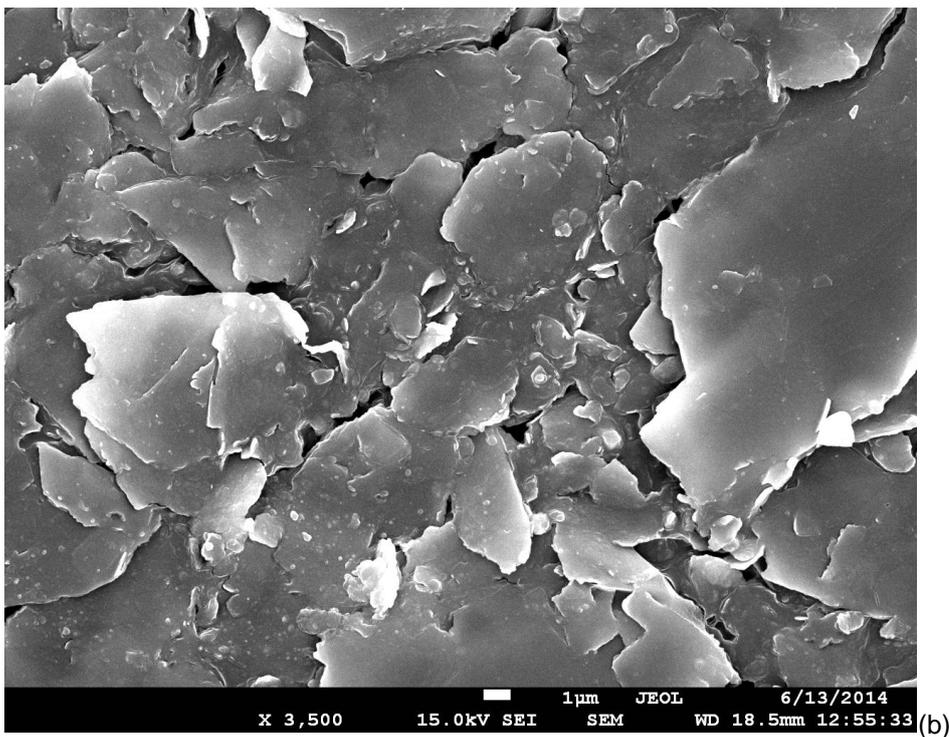
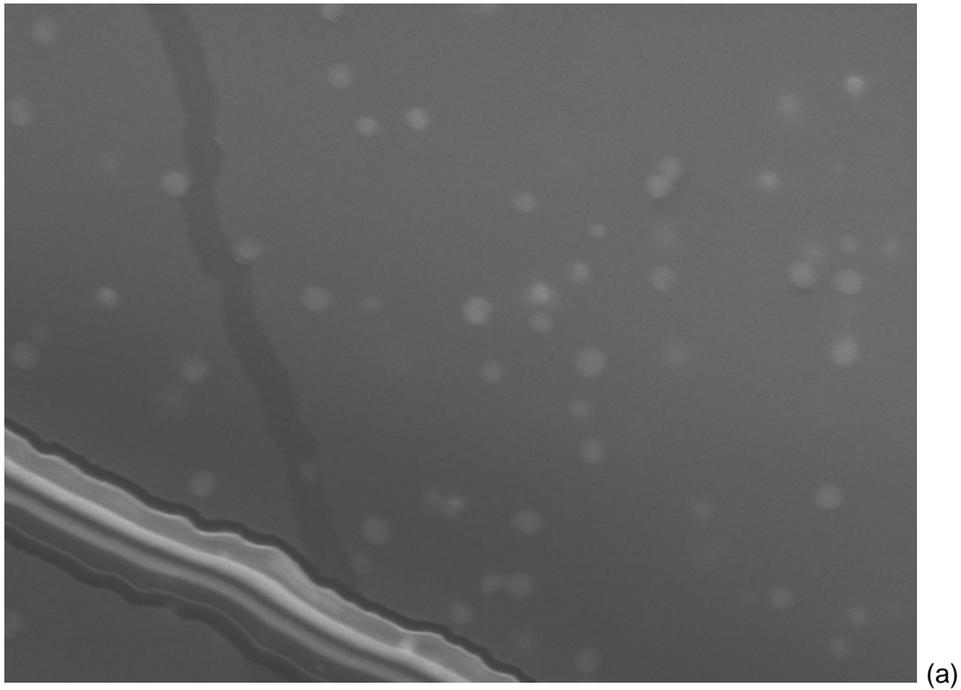


Figura 12: Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura de amostras do látex líquido (a) e vulcanizado (b).

4.1.2 Caracterização do protótipo

Na Figura 13, pode-se observar o colchão desenvolvido com seu aspecto morfológico macroscópico.



Figura 13: Fotografia do protótipo I do colchão derivado do látex.

O processo de produção do protótipo do colchão foi aperfeiçoado e repetido ao longo do estudo sempre que era detectada na versão anterior inadequação das estruturas do protótipo aos requisitos de confortabilidade, flexibilidade, maciez e funcionalidade, conforme demonstrado nas figuras 13, 14 e 15. Isso resultou na última versão do colchão desenvolvido para prevenir e auxiliar no tratamento de úlcera de decúbito. O modo de uso desse colchão terá formulário contendo especificações e orientações sobre a forma correta de utilização.

Na Figura 14, verifica-se neste protótipo a ausência das tarjas de conexão e outros tipos de válvulas.



Figura 14: Fotografias das válvulas, módulos e protótipo II.

A Figura 15 mostra os módulos em maiores tamanhos.



Figura 15: Fotografias do protótipo III.

A Figura 16 apresenta a região utilizada nas observações dos testes no laboratório BioEngLab.

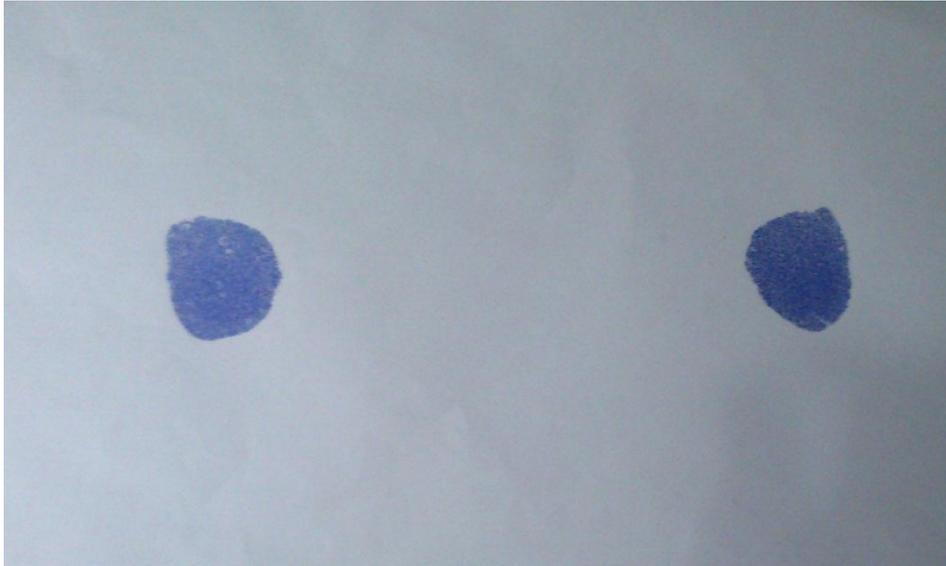


Figura 16: Fotografia do calcâneo em análise.

4.2 DISCUSSÃO

Neste ponto, é necessário reafirmar que a úlcera por pressão é uma lesão ocasionada pela compressão de tecidos moles por uma proeminência óssea, por tempo prolongado. Os fatores que causam a úlcera por pressão são multifatoriais, como já foi descrito neste estudo, mas em geral a maior causa da incidência e reincidência, ainda é a falta de oxigenação e nutrição dos tecidos decorrentes da compressão dos ossos. Por esse olhar, é de fundamental importância que não sejam buscadas apenas soluções para que se controlem as lesões da pele e tecidos, sendo de fato imprescindível proporcionar condições de preveni-las. Em vista de tal necessidade, foi preparado, no presente trabalho, um novo dispositivo, para o tratamento de tais casos, denominado colchão de látex natural sensorizado. Cabe destacar que se trata de um método totalmente original, cuja matéria-prima é um componente natural, extraído da *Hevea brasiliensis*, no qual é utilizado, para sua confecção, um método totalmente simples, de fabricação artesanal, baseado em observações de objetos e produtos já existentes no âmbito desse setor.

A base dessa proposta, então, está fundamentada na apresentação de um dispositivo que se aplica conforme os seguintes requisitos: 1) flexibilidade, maciez e resistência; 2) inflagem e desinflagem dos módulos que funcionam mecanicamente, o que irá promover alternância nos pontos de pressão, limitando o desenvolvimento de escaras; 3) aplicação ocorrerá por meio de uma bomba de ar com medidor de pressão; 4) não será realizada nenhuma alteração da matéria-prima utilizada; 5) assim como nos outros métodos, há necessidade de se realizar as devidas correções com base em sugestões dos clientes e profissionais da área. No que se refere ao controle da redistribuição nos diferentes pontos de pressão aplicado sobre colchão circuitos de captação das variáveis de pressão e temperatura – associados à adição de polilissina ao látex serão o processo realizado na continuidade desse estudo além de estudo in vivo. Assim, os resultados alcançados sugerem e/ou evidenciam, de maneira lógica e racional, a possibilidade de se realizar o controle da pressão ocasionadora de UP, individualmente, dentro de um conceito

personal health robo. Entretanto, essas conclusões serão obtidas nos experimentos futuros que irão amparar este estudo. Releva-se que tal anseio ainda não foi alcançado partindo-se de pressupostos cientificamente comprovados.

A variação da pressão entre colchão e paciente promove um massageamento de forma que haja uma melhor circulação na região de contato do paciente. Com isso a úlcera de pressão que provoca a necrose da região é evitada. Essa variação da pressão pode ser realizada através da inflagem/desinflagem periódica dos gomos de látex do colchão. Assim o material do colchão deve ser macio para melhor conforto do paciente além de flexível para permitir a inflagem.

Para aliviar o efeito da temperatura elevada na região de contato pode-se utilizar o mecanismo de inflagem relacionado ao problema da pressão. A relação desse mecanismo com a temperatura se deve ao gás usado para inflar os gomos. O gás utilizado será o ar atmosférico frio que é obtido através de um sistema de refrigeração da bomba no qual será utilizada para a inflagem. Além disso, como segunda solução tem-se a presença de pequenos furos na superfície superior do colchão que induzirá uma ventilação na região de contato colchão-paciente. Para isso o material deve apresentar ranhuras que promove a ventilação e evita o acúmulo de umidade.

4.2.1 Caracterização do sistema eletrônico

A Figura 17 mostra o protótipo com sensor de pressão e MSP-430.

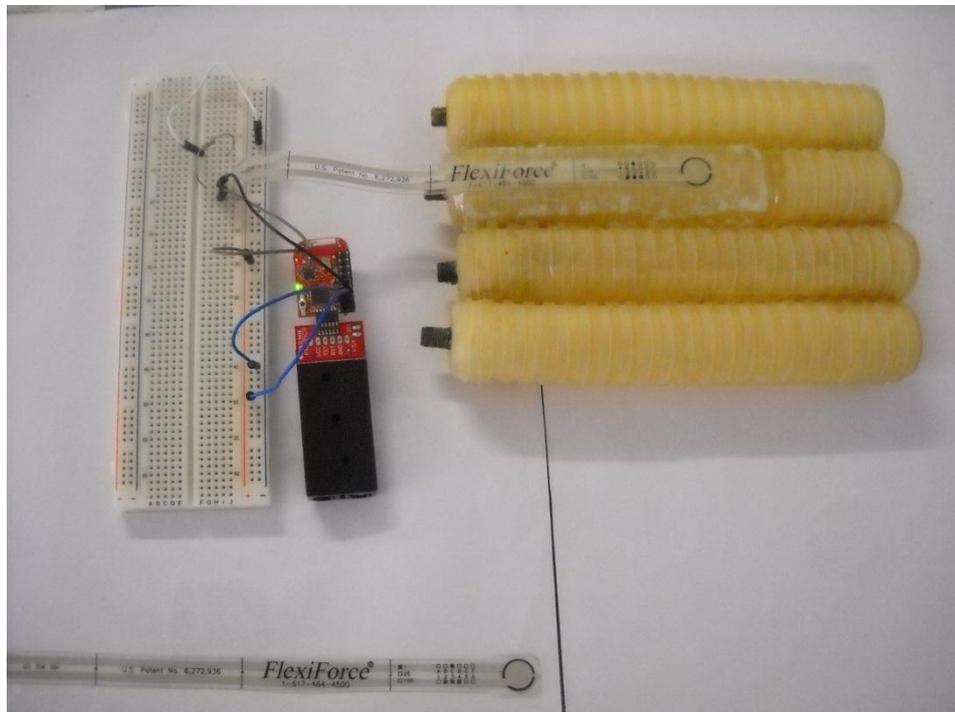


Figura 17: Fotografia do protótipo após fixação do sensor FSR e do sistema eletrônico.

5 CONCLUSÃO

A úlcera por pressão é uma lesão ocasionada pela compressão de tecidos moles por uma proeminência óssea, por tempo prolongado. Os fatores que causam a úlcera por pressão são multifatoriais, como descrito neste estudo, mas em geral a maior causa da incidência e reincidência, ainda é a falta de oxigenação e nutrição dos tecidos decorrentes da compressão dos ossos. Por esse olhar, é de fundamental importância que não sejam buscadas apenas soluções para que se controlem as lesões da pele e tecidos, sendo de fato imprescindível proporcionar condições de preveni-las.

Em vista de tal necessidade, foi preparado, no presente trabalho, um novo dispositivo, para o tratamento de tais casos, denominado colchão derivado do látex natural (*Hevea brasiliensis*) sensorizado. Destaca-se que se trata de um método totalmente original, cuja matéria-prima é um componente natural, extraído da *Hevea brasiliensis*, no qual é utilizado, para sua confecção, um método totalmente simples, de fabricação artesanal, baseado em observações de objetos e produtos já existentes no âmbito desse setor.

A base dessa proposta, então, está fundamentada na apresentação de um dispositivo que se aplica conforme os seguintes requisitos: 1) flexibilidade, maciez e resistência; 2) inflagem e desinflagem dos módulos que funcionam mecanicamente, o que irá promover alternância nos pontos de pressão, limitando o desenvolvimento de escaras; 3) aplicação por meio de uma bomba de ar com medidor de pressão; 4) não será realizada nenhuma alteração da matéria-prima utilizada; 5) assim como nos outros métodos, há necessidade de se realizar as devidas correções com base em sugestões dos clientes e profissionais da área.

No que se refere ao controle da redistribuição nos diferentes pontos de pressão aplicado sobre colchão circuitos de captação das variáveis de pressão e temperatura – associados à adição de polilissina ao látex serão o processo realizado na continuidade desse estudo além de estudo *in vivo*. Assim, os resultados alcançados sugerem e/ou evidenciam, de maneira lógica e racional, a possibilidade de se realizar o controle da pressão ocasionadora de UP, individualmente, dentro de um conceito *personal health robo*. Entretanto, essas conclusões serão obtidas nos experimentos futuros que irão amparar este estudo. Releva-se que tal anseio ainda não foi alcançado partindo-se de pressupostos cientificamente comprovados.

A variação da pressão entre colchão e paciente promove um massageamento de forma que haja uma melhor circulação na região de contato do paciente. Com isso a úlcera de pressão que provoca a necrose da região é evitada. Essa variação da pressão pode ser realizada através da inflagem/desinflagem periódica dos gomos de látex do colchão. Assim o material do colchão deve ser macio para melhor conforto do paciente além de flexível para permitir a inflagem.

Para aliviar o efeito da temperatura elevada na região de contato pode-se utilizar o mecanismo de inflagem relacionado ao problema da pressão. A relação desse mecanismo com a

temperatura se deve ao gás usado para inflar os gomos. O gás utilizado será o ar atmosférico frio que é obtido através de um sistema de refrigeração da bomba no qual será utilizada para a inflagem. Além disso, como segunda solução tem-se a presença de pequenos furos na superfície superior do colchão que induzirá uma ventilação na região de contato colchão-paciente. Para isso o material deve apresentar ranhuras que promove a ventilação e evita o acúmulo de umidade.

Tal efeito sobre a possibilidade de se distribuir e controlar a pressão na pele implica na redução do peso corporal sobre o colchão e conseqüentemente na prevenção dessa patologia. Lê-se, nos estudos dos autores citados, que procedimentos para o tratamento e controle de up são necessários, em particular, com o intuito de melhorar os resultados e diminuir os custos e a morbidade de pacientes. Mas, as características necessárias básicas para a composição de um novo dispositivo são fundamentadas em um estudo sobre o biomaterial látex, sem efeitos colaterais, e que não interferisse ou modificasse a anatomia do indivíduo.

6 TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se como trabalhos futuros os seguintes quesitos:

- (i) Utilização de sensores ultrasensíveis que permitem captação de pressão a nível capilar sistêmico;
- (ii) Conexão de um dispositivo visual e sonoro ao sistema eletrônico capaz de emitir sinal de alerta aos médicos, enfermeiros ou cuidadores quando a pressão capilar estiver no limite máximo suportável a fim de que medidas sejam tomadas.
- (iii) Realização de testes em humanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. American Diabetes Association complete guide to diabetes. 4th. Ed. Alexandria, VA: American Diabetes Association, 2005.

ARAÚJO, T. M.; ARAÚJO, M. F. M; CAETANO, J. A. O uso da escala de Braden e fotografias na avaliação do risco para úlceras por pressão. Revista Escola de Enfermagem USP, 46 (4), 858-64, 2012.

BORGES, E. L. et al. Feridas: como tratar. 2.ed. Coopmed, 2008.

BORGES, E. L. Feridas: Úlcera dos membros inferiores. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2011.

BRITO, M; ROCHA, A; FERREIRA, V. Análise dos Eventos Adversos em uma Unidade de Terapia Intensiva Neonatal como Ferramenta de Gestão de Qualidade da Assistência de Enfermagem. Enfermeira Global N° 17, Outubro 2009.

CHAVASCO, J.; FONSECA, I.; GOULART, D.; NERY, L.; HERNANDEZ; J. Avaliação Microbiológica das Úlceras de Decúbito (Escaras), R. Un. Alfenas, Alfenas, 5: 211-214, 1999.

COSTA, C.; PACHECO, M.. O Posicionamento dos Recém-Nascidos em UTI Neonatal. In: Anais do EPG 2005 – V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2005.

COSTA, D. R. Integração de Biomateriais em Sistemas Biológicos. Universidade de Brasília, 75 f. Dissertação (Latu Sensu), 2010.

COURI, C. E.; VOLTARELLI, J. C. Autologous stem cell transplantation for early type I diabetes mellitus. Autoimmunity [S.l.], v. 41, n.8, p.666-672, 2008a.

DIAS, T.A. Biomateriais no tratamento de feridas cutâneas. Un. Federal de Goiás, 49f., Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária), 2010.

DOMANSKY, R.C.; BORGES, E. L.; Manual para prevenção de lesões de pele. Rio de Janeiro, Rubio, 2012.

FERNANDES, N. C. S.; TORRES, G. V.; VIEIRA, D. Fatores de Risco e Condições Prédisponentes para Úlcera de Pressão em Pacientes de Terapia Intensiva. Revista Eletrônica de Enfermagem, São Paulo. 2008.

FERREIRA, J. J.C, GURGEL C.H.O.; GEBRIM D.G.; LIMA C.C.; MARCON L.P.; CADEGIANI F.A. Análise Descritiva das Complicações Agudas e Crônicas de Pacientes Diabéticos Insulino-Dependentes atendidos em um hospital de ensino do distrito federal. In: Anais dos Arquivos

Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia, XVIII Congresso da Sociedade Brasileira de Diabetes. Brasília, 19-22 outubro 2011.

GAVI, S.; HENSLEY, J. Diagnosis and management of type 2 diabetes in adults: a review of the ICSI guideline. *Geriatrics [S.l.]*, v. 64, n.6, p.12-7, 29, Jun 2009.

GOMES, F. S. L.; BASTOS, M. A. R.; MATOZINHOS, F. P.; TEMPONI, H. R.; MELENDEZ, G. V. Fatores associados à úlcera por pressão em pacientes internados nos centros de terapia intensiva de adultos. *Revista da Escola de Enfermagem da USP, São Paulo*. 2010.

GOULART, F.; FERREIRA, J.; SANTOS, K.; MORAIS, V.; FREITAS FILHO, G.. Prevenção de Úlcera por Pressão em Pacientes Acamados: Uma revisão da Literatura. *Revista Objetiva*, n.4, 2008.

JUNQUEIRA, L.C., CARNEIRO, M. J. *Histologia Básica*. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

KELLY, T. N.; BAZZANO Systematic review: glucose control and cardiovascular disease in type 2 diabetes. *Ann Intern Med [S.l.]*, v. 151, n. 6, p. 394-403, 2009.

KOEPPE, BRUCE M.; STANTON, BRUCE A. *Berne & Levy physiology*. 6th. Ed. Philadelphia, PA: Mosby/Elsevier, 2008.

LEHNINGER, A. L. et.al. *Lehninger principles of biochemistry*. 5th. Ed. New York: W.H. Freeman, 2008.

MANDELBAUM, S. H.; SANTINS, E. P; MANDELBAUM, M.H.S.A.; Cicatrização: conceitos atuais e recursos auxiliares parte I. *An Bras Dermatologia*, v. 78, n.4, p. 399-410, 2003.

MARTINS, M.A. *Manual de infecção hospitalar: Epidemiologia, Prevenção e Controle*, Ed. Medsi, 2001.

MEDEIROS, A. B. F; LOPES, C. H. A; JORGE, M. S. B. Análise da prevenção e tratamento das úlceras por pressão propostos por enfermeiros. *Revista Escola de Enfermagem USP*; 43 (1): 223-8, 2009.

MENDONÇA, R.J.; NETTO, J.C.. Aspectos celulares da cicatrização. *An brasileiro Dermatologia*. v. 84, n.3, p. 257, 2008.

MRUÉ, F.. Substituição do Esôfago Cervical por Prótese Biossintética de látex: estudo experimental em cães, *Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas)*, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 114 p., 1996.

NATIONAL PRESSURE ULCER ADVISORY PANEL. *Revista Estima – Vol. 5 (3), P. 43 – 44*, 2007.

OLIVEIRA, G.M; COSTA, L.M.M; BASMAJI, P. Nanoskin Bacterial Celulose Structured – Towards the Development of Regenerative Medicine. 2011.

PAIVA, L. C.. Úlcera de Pressão em Pacientes Internados em um Hospital Universitário em Natal/RN: Condições Predisponentes e Fatores de Risco, 2008.

PAGNANO, L. O.; Análise da Cicatrização na Pele de Coelhos após Tratamentos de Feridas com Biomateriais associados à fração de Proteína do Látex Natural da Seringueira (*Hevea brasiliensis*). Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias), Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 100 p., 2009.

PERRONE, F. ET.AL. Estado Nutricional e capacidade funcional na úlcera por pressão em pacientes hospitalizados. Revista Nutrição, Campinas, 24 (3): 431-438, 2001.

QUEGE, G.E. Estudo Comparativo do Uso de um produto à base de ácidos graxos essenciais (AGE) e de uma biomembrana de látex no tratamento de feridas crônicas infectadas. 2008.

REIS, C.L.D. *et al.* Mensuração de área de úlcera por pressão por meio dos software motic e auto CAD. Revista Brasileira de Enfermagem, Brasília; 65(2): 304-8, 2012.

REIS, M.C.; Desenvolvimento de Palmilhas derivadas do Látex Natural para o Pé Diabético com controle e monitoramento da Pressão Plantar e indução de Neoformação Tecidual. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Universidade de Brasília, Brasília, 176p, 2013.

RODRIGUES, S. S. Desenvolvimento de um sistema para controle de fluxo esofagiano para tratamento da obesidade, Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Universidade de Brasília, Brasília, DF, 106p, 2008.

SANTOS, C. T. ET.AL. Indicador de qualidade assistencial úlcera por pressão: análise de prontuário e de notificação de incidente. Revista Gaúcha de Enfermagem; 34 (1): 111-118, 2013.

SIMÃO, C. M. F.; CALIRI, M. H. L.; SANTOS, C. B. Concordância entre enfermeiros quanto ao risco dos pacientes para úlcera por pressão. Acta Paul Enfermagem; 26(1) 30-5, 2013.

VOLTARELLI, J.C.; *et al.* Autologous nonmyeloablative hematopoietic stem cell transplantation in newly diagnosed type 1 diabetes mellitus. JAMA [S.I.], v. 297, n.14, p. 1568-76, Apr 11 2007.

VOLTARELLI, J.C.; *et al.* Autologous hematopoietic stem cell transplantation for type 1 diabetes. *Ann NY Acad Sci [S.I.]*, v. 1150, p. 220-9, 2008.

VOLTARELLI, J.C.; COURI, C.E.; Stem cell transplantation for type 1 diabetes mellitus. *Diabetol Metabolic Syndrom [S.I.]*, v.1, n. 1, p.4, 2009.

WOLF, G. *et al.* Diabetic foot syndrome and renal function in type 1 and 2 diabetes mellitus show close association. *Nephrol Dial Transplant [S.I.]*, v. 24, n.6, p. 1896-901, 2009.

ANEXOS

ANEXO 1: PUBLICAÇÕES DA AUTORA

- Artigo completo aceito e publicado em anais de congresso.
CARVALHO, M. J.; RODRIGUES, S. S. F. R.; ROCHA, A. F.; SALES, R. V. S. Colchão inteligente derivado do látex aplicado em antescara. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2012. Porto de Galinhas – RE. XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2012.
- CARVALHO, M. J.; RODRIGUES, S. S. F. R.; ROSA, M. F. Úlcera por pressão: Proposta de um colchão inteligente derivado do látex natural (*Hévea Brasiliensis*). Revista Brasileira de Engenharia Biomédica (encaminhado em Junho de 2014).

ANEXO 2: PUBLICAÇÃO DE PEDIDO DE PATENTE

CARVALHO, M. J. ; ROSA, S. S. R. F. Colchão Inteligente para Evitar Escaras. 2012, Brasil.
Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020120254085, data de depósito: 05/10/2012, título:"Colchão Inteligente para Evitar Escaras" , Instituição de registro:INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial.