



## Curativo derivado do látex natural: Comportamento mecânico para seleção de variáveis por Planejamento Plackett-Burman

E. P. N. Lima<sup>1\*</sup>, R. I. R. Farias<sup>1</sup>, T. P. Galdino<sup>1</sup>, C. E. D. V. Leite<sup>1</sup>, L. C. Oliveira<sup>1</sup>, S. F. A. M. Queiroz<sup>2</sup>, A. C. Q. Santos<sup>2</sup>, M. V. L. Fook<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, PB, Brasil; 58.429-140.

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, PB, Brasil; 58.429-140.

\*eunicelima@outlook.com

(Recebido em 11/07/2020; revisado em 26/08/2020; aceito em 26/09/2020)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

### Resumo:

Este trabalho tem por objetivo determinar as variáveis mais significativas para a produção de membranas de látex, através da seleção de variáveis via planejamento experimental Plackett-Burman consistindo em 16 experimentos, utilizando 12 variáveis da produção e 4 repetições no ponto central. Ensaio de dureza, rugosidade e resistência mecânica à tração foram utilizados como caracterizações respostas. As variáveis do processo que influenciaram significativamente no comportamento das caracterizações respostas foram proporção de água, volume depositado no molde, tempo de repouso em capela, temperatura do ambiente e tempo de resfriamento após a saída da estufa. Assim, se conclui que o planejamento para seleção de variáveis foi eficiente e que a otimização do processo pode ser alcançada com essas cinco variáveis.

**Palavras-chave:** Biomateriais; borracha natural; seleção de variáveis; *Hevea brasiliensis*

### Abstract:

This work aimed to determine the most significant variables to produce latex membranes. Through the selection of variables via Plackett-Burman design with 16 runs. Were analyzed as responses the hardness, roughness, and mechanical resistance to traction. The process variables that most influenced the behavior of the response characterizations were the proportion of water, volume deposited in the mold, resting time in the exhaust, room temperature, and the cooling time after leaving the incubator over. Thus, the planning for the selection of variables was efficient and it is possible to obtain the optimization of the process with these five variables.

**Keywords:** Biomaterials; natural rubber; screening of variables; *Hevea brasiliensis*.

### 1. Introdução

A pele protege o corpo de contaminação por microrganismos e produtos químicos [1], mas quando esta barreira perde a integridade é chamada de úlcera cutânea, podendo atingir o subcutâneo e tecidos subjacentes, com causa provinda de trauma físico, mecânico, químico ou procedimento cirúrgico [2].

A classificação do tipo de úlcera é importante, pois é possível encaminhar para o correto tratamento. Assim, a úlcera pode ser aguda ou crônica em razão do tempo de reparação tecidual e de acordo com a extensão do dano tecidual [3]. São muitos os tratamentos disponíveis para lesões, tais como, desbridamento [4], revascularização [5] fatores de crescimento para aplicação local [6], oxigênio terapia [7], além da vasta quantidade de curativos existentes no mercado.

A busca por substâncias capazes de acelerar a cicatrização e apresentar angiogênica tem sido alvos de pesquisas. O material para esta finalidade deve possuir uma série de características, dentre elas o baixo custo, a

facilidade de processamento, a resistência a infecções, a não alteração por líquidos biológicos, resistência mecânica e é fundamental que seja biocompatível. Assim, é requerido que se trate de um biomaterial, uma substância sintética ou natural que visa melhoria ou substituição de membro ou função de um tecido vivo [8-10].

O látex, polímero de origem natural que tem em sua formação proteínas e lipídios, é extraído da Seringueira *Hevea brasiliensis*, sendo, portanto, uma substância curativa e um mecanismo de defesa para esse organismo. O látex possui baixo risco de transmissão de patógenos, propriedades de neovascularização e regeneração tecidual, além da ampla aplicabilidade clínico-social em razão de seu baixo preço de mercado. Por essas razões a sua utilização na forma de membranas para aplicação em curativos pode ser justificada. [11-13].

Vários pesquisadores utilizaram o látex natural como implante para diferentes tipos de tecidos do corpo e apresentaram resultados satisfatórios. As membranas de

látex também foram utilizadas como curativos, demonstrando grande potencial para aceleração de cicatrização tecidual [14-17]. Entretanto, a metodologia de produção das membranas e a definição de quais as variáveis são mais influentes em suas propriedades ainda necessitam ser estudadas.

Quando se trata das ótimas faixas de operações de um sistema ou de uma produção isso pode ser alcançado com a utilização de um planejamento experimental, mas a grande quantidade de variáveis do processo requer a triagem das variáveis mais significativas do processo, na qual o delineamento de Plackett-Burman (PB) pode ser empregado [18].

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi determinar as variáveis mais significativas para a produção de membranas de látex, visando seu uso como curativo.

## 2. Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Avaliação e Desenvolvimento de Biomateriais do Nordeste – CERTBIO, na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Para a confecção das membranas, foi adicionada água ultrapura (Master System GEHAKA, modelo MS2000, Brasil) ao látex natural líquido pré vulcanizado e bi-centrifugado (Du látex, lote LA313019, Brasil), seguindo então para homogeneização por agitação magnética.

Após estas etapas, um volume pré-determinado da solução de látex e água foi sugado com uma seringa descartável de 100 mL e depositado em um molde de vidro (fabricação própria – 38 cm x 9 cm x 2 cm com 0,3 cm de espessura). O molde preenchido permaneceu em repouso em capela (Quimis, modelo 0216-22, Brasil),

sendo posteriormente levado à estufa (ABC Labor, modelo AC-035/150, Brasil) para vulcanização e formação de uma fina membrana. Após a vulcanização a membrana passou por resfriamento e sequencialmente foi removida do molde de vidro com auxílio de água ultrapura. Finalmente a membrana foi seca em temperatura ambiente e passou por corte em molde metálico para se adequar as dimensões necessárias para as caracterizações.

### 2.1 Planejamento Plackett–Burman

Realizou-se um planejamento experimental para seleção das variáveis mais importantes para a produção das membranas, no qual as variáveis do processo proporção de água para diluição do látex, volume depositado no molde, velocidade e tempo de agitação do látex com a água, velocidade e tempo de centrifugação, tempo de repouso em capela, tempo e temperatura de estufa, tempo de resfriamento, temperatura do ambiente e exposição a luz tiveram seu comportamento avaliado em função das suas respectivas superfícies de respostas, geradas a partir dos resultados obtidos nos ensaios de dureza, espessura e resistência mecânica à tração.

Para o planejamento Plackett e Burman que consistiu de 16 ensaios (PB16) – 12 variáveis do processo, 1 variável identidade e 3 variáveis “fantasmas” – foram 16 combinações possíveis, acrescido com 4 repetições no ponto central, totalizando 20 ensaios. Os valores utilizados para o ensaio do planejamento estão dispostos na Tabela I e as condições para cada ensaio estão disponíveis na Tabela II. Os ensaios foram realizados em modo aleatório para evitar viés. Duas membranas de cada ensaio foram produzidas para caracterizações e análises estatísticas.

Tabela I - Planejamento fatorial PB16, contendo variáveis, códigos, níveis (superiores e inferiores).

Variáveis	Códigos	+1	0	-1
Tempo de estufa (hora)	X1	05:00	02:45	00:30
Volume de molde (mL)	X2	65	55	45
Proporção de água (%)	X3	60	50	40
Temperatura de estufa (°C)	X4	75	55	35
Tempo de resfriamento (hora)	X5	02:00	01:15	00:30
Temperature da sala (°C)	X6	26	23	20
Velocidade de rotação (rpm)	X7	1250	750	250
Velocidade de centrifugação (rpm)	X8	3500	2500	1500
Tempo de capela (hour)	X9	16:00	12:00	08:00
Tempo de rotação (minutos)	X10	00:15	00:10	00:05
Tempo de centrifugação (minutos)	X11	00:15	00:10	00:05
Exposição ao LED	X12	Alto	Médio	Baixo

### 2.2 Dureza

Para determinação da dureza foi empregado o durômetro do tipo Shore A (Precision Instruments, tipo A, China). Foram recortadas amostras de membranas em tamanho de 2 cm<sup>2</sup>. Seis dessas amostras foram empilhadas umas sobre as outras e colocados em uma base plana e estável, na temperatura de 25 °C e o indutor do durômetro foi colocado a 12 mm de distância da borda do conjunto

empilhado de membranas. Após isso, foi pressionado o durômetro até a base do equipamento entrar em contato com a amostra. Foi utilizada a média e o desvio padrão das leituras para cada membrana.

### 2.3 Rugosidade

Para medição da rugosidade superficial das membranas utilizou-se o rugosímetro digital portátil modelo RP-200

da marca Instrutherm. Para medir a rugosidade de uma superfície, o captador foi colocado na superfície da membrana e traçado em proporção constante. O captador obteve a rugosidade da superfície pela agulha, gerando um sinal analógico proporcional à rugosidade da superfície na saída do retificador. Foram coletadas

informações dos parâmetros de rugosidade Ra (Desvio aritmético médio) que significa a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas no comprimento de amostragem. Esse parâmetro foi escolhido pois é amplamente utilizado nos processos de fabricação.

Tabela II - Condições para realização dos ensaios, com valores e desvios (média de 5 replicatas) para as respostas da seleção de variáveis.

Ensaio	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	Dureza (Shore A)	Rugosidade (µm)	Módulo (MPa)	Deformação (%)	Res. a Tração (MPa)
1	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	38,39 ± 1,21	1,21 ± 0,22	1,52 ± 0,04	1109 ± 32	8,18 ± 0,96
2	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	37,58 ± 1,05	1,39 ± 0,01	1,36 ± 0,40	1049 ± 12	6,26 ± 0,69
3	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	38,44 ± 1,33	1,34 ± 0,21	1,53 ± 3,24	1101 ± 41	7,21 ± 0,85
4	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+	39,27 ± 1,24	1,97 ± 0,27	1,49 ± 2,22	1113 ± 23	7,58 ± 0,85
5	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+	39,26 ± 1,36	1,90 ± 0,08	1,42 ± 3,31	1138 ± 57	7,09 ± 0,93
6	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	41,94 ± 1,05	1,08 ± 0,24	1,65 ± 0,15	1083 ± 31	8,23 ± 0,93
7	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	37,02 ± 1,55	1,76 ± 0,19	1,35 ± 5,27	1084 ± 22	6,27 ± 0,72
8	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	39,95 ± 1,36	1,50 ± 0,09	1,72 ± 3,35	1011 ± 39	8,24 ± 0,83
9	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	36,08 ± 0,89	1,58 ± 0,18	1,56 ± 8,37	1083 ± 64	7,16 ± 0,74
10	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	-	37,38 ± 0,99	1,42 ± 0,10	1,42 ± 9,32	1024 ± 31	6,48 ± 0,85
11	-	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	41,47 ± 1,07	1,38 ± 0,03	2,39 ± 0,32	1154 ± 25	12,90 ± 0,02
12	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	39,92 ± 1,08	0,49 ± 0,27	1,48 ± 0,21	1085 ± 34	7,61 ± 0,40
13	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+	36,33 ± 1,27	1,85 ± 0,02	1,28 ± 2,24	1015 ± 44	5,70 ± 0,66
14	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	+	42,46 ± 1,25	1,53 ± 0,13	1,99 ± 2,14	1087 ± 25	9,82 ± 0,89
15	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	38,67 ± 0,97	2,15 ± 0,10	1,64 ± 9,24	1085 ± 68	7,63 ± 0,85
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,75 ± 1,47	1,61 ± 0,24	1,42 ± 4,29	1016 ± 61	6,14 ± 0,93
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40,69 ± 1,8	1,77 ± 0,40	1,36 ± 8,35	1125 ± 34	6,84 ± 0,87
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39,00 ± 1,36	1,48 ± 0,39	1,47 ± 3,34	1056 ± 34	7,08 ± 0,82
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40,66 ± 1,64	1,51 ± 0,13	1,35 ± 6,38	1092 ± 39	7,09 ± 0,84
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42,06 ± 1,52	1,57 ± 0,18	1,26 ± 5,35	1027 ± 41	6,12 ± 0,85

### 2.4 Resistência mecânica à tração

Para caracterização mecânica as membranas foram submetidas a testes mecânicos de resistência a tração de acordo com a norma D412-16. Os testes de tração foram conduzidos em cinco corpos de prova do tipo 2 para cada membrana, a temperatura ambiente, em uma máquina universal (INSTRON, modelo 3366, Brasil) usando uma velocidade de 200 mm.min-1 e os resultados foram reportados com a média de cinco determinações.

### 2.5 Microscopia ótica

Foi realizada a coleta de imagens após a realização do ensaio de tração. O local de rompimento em cada amostra foi observado por microscópio ótico com ampliação de 300 X, com o objetivo de determinar a presença de ranhuras. Foi utilizado um microscópio digital modelo KH-1300.

### 2.6 Análise estatística

Após realização dos experimentos e obtenção das repostas das caracterizações foi realizada a análise de dados através do programa STATISTICA (versão 10), determinando a contribuição de cada efeito, os erros padrões e análise ANOVA.

## 3. Resultados e discussão

### 3.1 Dureza

A Tabela II ilustra os resultados do ensaio de dureza de Shore A para as membranas do PB16. Foi possível observar que as amostras do ponto central, 17, 18, 19 e

20 apresentam baixo desvio de valores, sendo, um indicio da reprodutibilidade e confiabilidade dos resultados.

As amostras 6 e 14 apresentaram maiores valores de dureza, enquanto as amostras 9 e 13 exibiram menores valores. As variáveis X2 (volume de molde), X3 (% de água do LL) e X8 (velocidade de centrifugação) estavam com limites iguais em 6 e 14 e iguais entre 9 e 13, mas exatamente opostos quando comparados, ou seja, as variáveis X2, X3 e X8 influenciaram na dureza das membranas. Velocidades de centrifugação mais altas produzem uma membrana com característica de menor dureza enquanto que o menor volume de placa e a maior proporção de água gera uma membrana menos mole.

Um material para uso como curativo deve permitir movimentação muscular além de apresentar textura similar a pele para promover conforto ao usuário, sendo a dureza uma característica intrinsecamente relacionada com esses aspectos. Curran, Ratcliffe [19] e Jain [20] estimam que a dureza de um material que permita esse conforto esteja entre 25 e 48 Shore A. Portanto, todas as membranas obtidas estão dentro desta faixa sendo classificadas como muito macias até macia [21].

### 3.2 Rugosidade

Na Tabela II encontra-se os valores para as medidas de rugosidade das amostras do PB16. As amostras 4 e 15 apresentaram maiores valores para Ra, enquanto as amostras 6 e 12 apresentaram os menores valores. As variáveis X5 e X8 estão com limites iguais em 4 e 15 e iguais entre 6 e 12, mas exatamente opostos quando comparados. Assim, as variáveis X5 (tempo de

resfriamento) e X8 (velocidade de centrifugação) influenciam na rugosidade das membranas.

A rugosidade é uma característica desejada para um curativo que visa auxiliar a regeneração tecidual, pois, conforme discutido por Juárez-Moreno, Ávila-Ortega [22] em seu estudo acerca da influência da rugosidade e molhabilidade superficial na adesão de filmes poliméricos, se notou considerável aumento na resistência à adesão quando estas propriedades eram maiores.

Logo, o nível inferior da variável X5 e o nível superior de X8 tenderam a tornar a membrana mais rugosa, o que é desejável, pois, um curativo deve ter a capacidade de aderir ao local da ferida e selá-lo, para evitar a entrada de microrganismos e produtos externos que possam comprometer a cicatrização.

### 3.3 Resistência mecânica à tração

Na Tabela II estão os resultados do ensaio de resistência mecânica à tração realizado para as membranas do PB16. Esse ensaio permitiu avaliar o módulo de Young, a tensão de resistência a tração e a porcentagem de deformação após alongamento das membranas que devem possuir comportamento mecânico adequado para aplicação como curativo.

A amostra 11 se destaca, pois, possui maior valor nas três propriedades quando comparada com as demais amostras do PB16. Já as amostras com menores valores foram a 13 (para o módulo de Young e a tensão de ruptura) e a amostra 8 (com a menor deformação). Quanto às amostras do ponto central, 17, 18, 19 e 20, estas apresentaram comportamentos muito similares diferindo apenas quanto à deformação máxima.

Apesar da notória variação nos valores das propriedades mecânicas abordadas, as amostras do PB16 apresentaram elevada deformação, comportamento típico de um material elastomérico, como Du, Ge [23] descreveu. Todas as membranas apresentaram tensão de resistência a tração acima de 5MPa e Módulo de Young acima de 1,2 Mpa. Portanto, são apropriadas para uso como curativo, pois, conforme Peeters, van Barneveld [24], um curativo ideal deve fornecer barreira física e possuir comportamento mecânico igual ou superior a pele humana, protegendo o tecido lesado de traumas, infecções e desidratação.

### 3.4 Microscopia ótica

Analisando a superfície de fratura do corpo de prova após rompimento no ensaio de resistência à tração (Figura I) foi possível observar que houve a formação de ranhuras, indicando a presença de mecanismos de deformação e uma fratura do tipo dúctil, característico de um elastômero [23]. O mesmo comportamento foi observado para as demais amostras do PB16.

### 3.5 Análise estatística



Figura I - Superfície de fratura de amostra de membrana após rompimento no ensaio de resistência a tração do PB16, com magnificação de 300X.

Na Tabela III se encontram os valores para o R2 das respostas analisadas. Verifica-se que a maioria apresentou R2 acima de 90%. Apenas a deformação possui valor abaixo de 80%. Ainda na Tabela 3 se evidenciou os valores para o teste F obtido através da análise ANOVA. O valor de F significa a razão da variabilidade que o modelo não pode explicar, de modo que, no modelo capaz de prever o comportamento da resposta o valor de F calculado (Fcal) deve ser maior que o F tabelado (Ftab). Neste trabalho o valor do Ftab (grau de liberdade da regressão = 14, grau de liberdade do resíduo = 6) foi de 3.94. Dessa forma, a resposta da deformação durante a resistência à tração e da rugosidade não obtiveram resultados estatisticamente válidos.

Tabela III – Valores de R2, o número de variáveis significativas (VS), e o Fcal para as respostas do PB16.

Respostas	R <sup>2</sup>	VS	F <sub>cal</sub>
Dureza	92%	3	4,84
Rugosidade	90%	3	3,76
Resistência à tração	95%	7	8,20
Módulo de Young	96%	5	9,40
Deformação	70%	1	0,97

Para a análise dos efeitos a maioria das variáveis apresentou R2 acima de 90%, com exceção da deformação que apresentou um valor inferior a 80%, indicando que o modelo linear não foi suficiente para prever o comportamento da deformação das membranas durante o ensaio de resistência mecânica à tração. Quando o valor do Fcal é menor que o Ftab significa que o R2 não foi estatisticamente significativo, conforme obtido para a deformação durante o ensaio de tração.

O comportamento da deformação não foi influenciado pelas variáveis do processo e não foi previsível com um modelo linear, conforme discutido por Vieira [25]. Porém, para a variável rugosidade, o R2 foi de 90% e três variáveis do processo influenciaram seu

comportamento. Como este estudo tratou de uma seleção de variáveis, é importante que todos os aspectos possíveis sejam levados em consideração, assim, a rugosidade será tratada como estatisticamente influenciável e previsível por um modelo linear.

A Tabela III exibe ainda a quantidade de variáveis significativas obtidas para cada resposta do PB16. Observam-se que as variáveis respostas que mais modificaram significativamente seu comportamento em razão das variáveis do processo foram o módulo de Young e resistência à tração. Entretanto, a deformação apresentou a menor quantidade de influência nesse comportamento.

Tabela IV - Variáveis que influenciaram as respostas estudadas no PB16.

	Dureza	Rugosidade	Módulo	Res. a Tração	
X1 - Tempo de estufa (hora)					1
X2 - Volume de molde (mL)					4
X3 - Proporção de água (%)					3
X4 - Temperatura de estufa (°C)					1
X5 - Tempo de resfriamento (hora)					2
X6 - Temperature da sala (°C)					2
X7 - Velocidade de rotação (rpm)					0
X8 - Velocidade de centrifugação (rpm)					1
X9 - Tempo de capela (hora)					3
X10 - Tempo de rotação (minutos)					0
X11 - Tempo de centrifugação (minutos)					1
X12 - Exposição ao LED					0

\*Os números em destaque (amarelo) representam as variáveis mais influentes.

A rugosidade das membranas foi significativamente influenciada pelo tempo de estufa, volume de molde e o tempo de capela. Foi observado que o maior tempo de estufa tendeu a diminuir a rugosidade superficial das membranas, comportamento semelhante foi visto para a variável tempo de capela. Foi verificado também que o maior volume de molde tendeu a aumentar a rugosidade o que é desejável para a aplicação da membrana.

As membranas possuem maiores Módulos de Young quando se utilizaram o volume de molde no limite inferior (45 mL) e a proporção de água no limite superior (60%), provavelmente porque ocorreu uma densificação da estrutura, aumentando a rigidez. Para maior temperatura de estufa foram obtidas membranas com tendência a maior resistência mecânica. Este fato possivelmente está atrelado pela maior energia disponível permitir a formação de novas reticulações através do processo de degradação por cisão de cadeia, gerando na membrana novos mecanismos de deformação [28, 29].

#### 4. Conclusões

Foram obtidas membranas de látex através do planejamento experimental para seleção entre 12 variáveis de Plackett e Burman. As variáveis do processo que mais influenciaram no comportamento mecânico das membranas foram proporção de água, volume depositado no molde, tempo de repouso em capela, temperatura do ambiente, além do tempo de resfriamento após a saída da estufa. De tal maneira que a otimização do processo

Na Tabela IV se observa que a menor quantidade de látex, produziu o aumento da dureza, possivelmente em razão do maior empacotamento causado por a evaporação dos solventes ocorrer mais rapidamente [26]. A velocidade de centrifugação no nível máximo gerou membranas com menores durezas. Esse fato se deve, supostamente, que em maiores velocidades de centrifugação as partículas pesadas foram acumuladas no fundo do tubo, fazendo com que sejam descartadas e não colaborem para o aumento da dureza [27]. Além disso o maior tempo de centrifugação, tendeu a aumentar a resistência mecânica das membranas.

baseada nas respostas de dureza, rugosidade, módulo de Young e resistência à tração pode ser alcançada com estas cinco variáveis.

#### Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

#### Referências

- [1] Elias, P.M. and J.S. Wakefield, An integrated view of the epidermal environmental interface. *Dermatologica Sinica*, 2015. 33(2): p. 49-57.
- [2] Pisani, F., Factitious injury. *Pathology*, 2020. 52: p. S24.
- [3] Levy, S.M., et al., Surgical wound misclassification: a multicenter evaluation. *Journal of the American College of Surgeons*, 2015. 220(3): p. 323-329.
- [4] von Beckerath, O., et al., Use of maggot debridement therapy in hospitalised patients in Germany. *International wound journal*, 2020. 17(1): p. 10-15.
- [5] Gabel, J.A., et al., A conservative approach to select patients with ischemic wounds is safe and effective in the setting of deferred revascularization. *Journal of Vascular Surgery*, 2020.
- [6] Beltagy, T.M. and S. Yasser, Clinical, Radiographical and Histopathological Evaluation of Amniotic Membrane Allograft Pulpotomy in Primary teeth. *Egyptian Dental Journal*, 2019. 65(4-October

- (Orthodontics, Pediatric & Preventive Dentistry)): p. 3179-3197.
- [7] Bassetto, F., et al., Hyperbaric oxygen therapy in Plastic Surgery practice: case series and literature overview. *Il Giornale di chirurgia*, 2019. 40(4): p. 257.
- [8] Axibal, E. and M. Brown, Surgical Dressings and Novel Skin Substitutes. *Dermatologic clinics*, 2019. 37(3): p. 349-366.
- [9] Mane, A.Y. and N.G. Naik, Retrospective observational study about patient friendly and cost-effective wound care by newer concept of open dressing. *International Surgery Journal*, 2019. 7(1): p. 111-116.
- [10] Kowalczyk, M., *Intrinsically Biocompatible Polymer Systems*. 2020, Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- [11] Penhavel, M.V.C., et al., Effect of Hevea brasiliensis latex sap gel on healing of acute skin wounds induced on the back of rats. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 2016. 43(1): p. 48-53.
- [12] Ng, Y.S., et al., Proteome Analysis of Drosophila Mutants Identifies a Regulatory Role for 14-3-3ε in Metabolic Pathways. *Journal of proteome research*, 2017. 16(5): p. 1976-1987.
- [13] Zimmermann, M., et al., Natural latex rubber from Hevea brasiliensis aids tissue repair of bovine. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2018. 70(3): p. 741-748.
- [14] Garms, B.C., et al., Novel polymeric dressing to the treatment of infected chronic wound. *Applied microbiology and biotechnology*, 2019. 103(12): p. 4767-4778.
- [15] Bolognesi, L.F.C., et al., Natural latex films as carrier for Casearia sylvestris Swartz extract associated with ciprofloxacin. *American Chemical Science Journal*, 2015: p. 17-25.
- [16] Ribeiro, J.A., S.d.S.R.F. Rosa, and D.S. Oliveira, Biomaterial latex manufactured occlusion contact lens: proposal for amblyopia treatment. *IJAERS*, 2015.
- [17] Zhang, Y., J. Leclercq, and P. Montoro, Reactive oxygen species in Hevea brasiliensis latex and relevance to Tapping Panel Dryness. *Tree physiology*, 2017. 37(2): p. 261-269.
- [18] Montgomery, D.C., *Design and analysis of experiments*. 2017: John Wiley & Sons.
- [19] Curran, M.J., C. Ratcliffe, and J. Campbell, A comparison of types and thicknesses of adhesive felt padding in the reduction of peak plantar pressure of the foot: a case report. *Journal of medical case reports*, 2015. 9(1): p. 203.
- [20] Jain, A., Healing a diabetic forefoot non-healing neuropathic ulcer using the new Amit Jain's offloading system. *Wounds*, 2018. 5(2).
- [21] Yuan, W., et al. Shape-independent hardness estimation using deep learning and a gelsight tactile sensor. in *2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. 2017. IEEE.
- [22] Juárez-Moreno, J., et al., Effect of wettability and surface roughness on the adhesion properties of collagen on PDMS films treated by capacitively coupled oxygen plasma. *Applied Surface Science*, 2015. 349: p. 763-773.
- [23] Du, Y., et al., Biomimetic elastomeric, conductive and biodegradable polycitrate-based nanocomposites for guiding myogenic differentiation and skeletal muscle regeneration. *Biomaterials*, 2018. 157: p. 40-50.
- [24] Peeters, E., et al., One-year outcome of biological and synthetic bioabsorbable meshes for augmentation of large abdominal wall defects in a rabbit model. *Journal of Surgical Research*, 2013. 180(2): p. 274-283.
- [25] Vieira, S., *Análise de variância: (ANOVA)*. 2006: Editora Atlas.
- [26] Danglad-Flores, J., S. Eickelmann, and H. Riegler, Deposition of polymer films by spin casting: A quantitative analysis. *Chemical Engineering Science*, 2018. 179: p. 257-264.
- [27] Plüsch, C.S., et al., Zonal rotor centrifugation revisited: new horizons in sorting nanoparticles. *RSC advances*, 2019. 9(47): p. 27549-27559.
- [28] Barbosa, R., A.T. Nunes, and J.D. Ambrósio, Devulcanization of natural rubber in composites with distinct crosslink densities by twin-screw extruder. *Materials Research*, 2017. 20: p. 77-83.
- [29] Ghorai, S., et al., Mechanochemical devulcanization of natural rubber vulcanizate by dual function disulfide chemicals. *Polymer Degradation and Stability*, 2016. 129: p. 34-46.