

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

JÉSSICA DA SILVA CARNIETTO

**MATERIAIS POLIMÉRICOS: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DOS PRINCIPAIS
AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS.**

**Itaqui
2018**

JÉSSICA DA SILVA CARNIETTO

**MATERIAIS POLIMÉRICOS: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DOS PRINCIPAIS
AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Augusto Gonzaga Oliveira de Freitas

**Itaqui
2018**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C288m Carnietto, Jéssica da Silva

MATERIAIS POLIMÉRICOS: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DOS
PRINCIPAIS AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS / Jéssica
da Silva Carnietto.

50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)--
Universidade Federal do Pampa, INTERDISCIPLINAR EM
CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2018.

"Orientação: Augusto Oliveira Gonzaga de Freitas".

1. polímeros. 2. materiais poliméricos. 3.
nanotecnologia. I. Título.

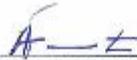
JÉSSICA DA SILVA CARNIETTO

**MATERIAIS POLIMÉRICOS: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA DOS PRINCIPAIS
AVANÇOS CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência
e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa,
como requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel Interdisciplinar em Ciência e
Tecnologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 26 de junho de 2018.

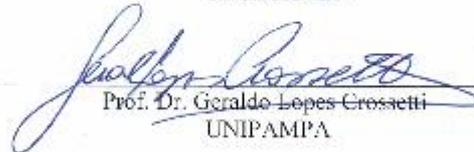
Banca examinadora:



Prof. Dr. Augusto Gonzaga Oliveira de Freitas
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Dr. Carla Pohl Selin
UNIPAMPA



Prof. Dr. Geraldo Lopes Grossetti
UNIPAMPA

Dedico este trabalho aos meus pais, Cleuza e Fernando, por dedicarem seus esforços para que eu e meus irmãos tivéssemos o melhor.

AGRADECIMENTO

Primeiramente quero agradecer a Deus por me mandar pessoas que me ajudassem nesta trajetória.

Aos meus pais, Cleuza e Fernando, e meus irmãos, Eduardo e Beatriz, por entenderem o meu sonho de ingressar na universidade e de me ajudarem a realiza-lo. Obrigada por não me deixar desistir, me auxiliando em todos os sentidos a permanecer forte.

Ao meu namorado, Thales, por também me ajudar a ser forte em momentos difíceis longe de minha família e na universidade. Você foi fundamental para este momento e todos os outros em minha vida. Obrigada por lutar comigo para que eu consiga realizar os meus sonhos. Você me inspira a ser melhor todos os dias.

Aos meus amigos Camila e Kauê, por me acompanharem nesta jornada. Vocês acreditavam em mim e me lembravam nos momentos certos que eu era capaz. A Camila por estar comigo desde o técnico em química. Ao Kauê pelo companheirismo desde o 3º do ensino médio.

Agradeço ao meu orientador, professor Augusto, por toda a contribuição científica e por me auxiliar em todo momento, tirando dúvidas e mostrando assuntos que ainda não tinha visto. Obrigada por ter aceitado ser meu orientador!

Aos professores, Carla e Geraldo, por tão prontamente terem aceitado participar da banca avaliadora do meu trabalho de conclusão de curso. Muito obrigada a vocês!

Aos amigos que fiz nesta trajetória, principalmente os que estiveram comigo nesta fase. Obrigada Natália, Maria e Dandara. Vocês foram e são muito importantes para minha vivência em Itaqui.

Agradeço a UNIPAMPA pela estrutura a mim garantida, principalmente agradeço a todos os funcionários que fazem que tudo funcione para nós.

“As grandes ideias surgem da observação dos pequenos detalhes”.

Augusto Cury

RESUMO

O termo Polímero vem do grego, através da combinação do prefixo (*Polus*), que indica vários e do sufixo (*mero*), que indica partes. Este tipo de material tem sido utilizado pelo homem desde os primórdios das civilizações. Apesar da exploração deste campo de estudo ser considerada recente, os polímeros apresentam grande potencialidade de aplicação. Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica a cerca de materiais poliméricos. Inicialmente, houve o conhecimento sobre os polímeros naturais, como por exemplo, o látex, que foi chamado de borracha pelos europeus por apagar as marcas de lápis. Depois, a partir de 1840, inicia-se a polimerização de polímeros sintéticos, produzidos em indústrias ou laboratórios. Com o advento de técnicas de polimerização, fez-se necessário os métodos de caracterização para que se conhecesse de forma específica cada polímero e sua utilização fossem potencializados. Nota-se que as aplicações deste material estão sendo exploradas para diversas áreas, porém é importante que os estudos em relação aos polímeros continuem para que aconteça de forma efetiva a otimização do produto final.

Palavras-Chave: polímeros, materiais poliméricos, nanotecnologia.

ABSTRACT

The term Polymer comes from the Greek, by combining the prefix (*Polus*), which indicates several and the suffix (*mero*), which indicates parts. This type of material has been used by man since the beginnings of civilizations. Although the exploration of this field of study is considered recent, polymers present great potential of application. Therefore, the objective of this work was to carry out a literature review on polymeric materials. Initially, there was knowledge about natural polymers, such as latex, which was called rubber by Europeans for erasing pencil marks. Then, starting in 1840, the polymerization of synthetic polymers, produced in industries or laboratories, begins. With the advent of polymerization techniques, the characterization methods were necessary to know each polymer specifically and its use was potentiated. It is noted that the applications of this material are being exploited for several areas, but it is important that the studies with respect to the polymers continue so that the optimization of the final product can happen effectively.

Keywords: Polymers, history, applications.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação básica da constituição de uma macromolécula polimérica.....	18
Figura 2 – Representação de um polímero, de forma resumida.....	18
Figura 3 – Representação de um homopolímero e de distintos copolímeros.....	20
Figura 4 – Representação genérica de um copolímero em bloco.....	21
Figura 5 – Hipóteses existentes para o comportamento de dois segmentos, hidrofóbico e hidrofílico, em meio aquoso	24
Figura 6 – Processo genérico de auto-organização de um copolímero anfifílico em meio aquoso.....	25
Figura 7 – Estrutura molecular da celulose	26
Figura 8 – Formação de Poliéster a partir do Etileno glicol e o Ácido adípico.....	28
Figura 9 – Representação genérica de uma polimerização clássica envolvendo os processos de iniciação, propagação e terminação.....	29
Figura 10 – Mecanismo geral da Transferência Reversível de Cadeia por Adição-Fragmentação	30
Figura 11 – Equação genérica da Polimerização Radicalar por Transferência de Átomo.....	31
Figura 12 – Estrutura química do monômero ϵ -Caprolactona.....	32
Figura 13 – Processo de Polimerização por Abertura de Anel da ϵ -Caprolactona pelo mecanismo de coordenação-inserção, utilizando octanoato de estanho como catalisador.....	32
Figura 14 – Iniciação da Polimerização por Abertura de Anel da ϵ -Caprolactona pelo mecanismo de monômero ativado.....	33
Figura 15 – Mecanismo de separação da Cromatografia de Permeação em Gel.....	35
Figura 16 – Técnica de Cromatografia de Permeação em Gel	36
Figura 17- Resumo de processo e resultados obtidos.....	38

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Massa molar média numérica M_n 18

Equação 2 – Massa molar média por peso M_w 19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATRP – Polimerização Radicalar por Transferência de Átomo

CL- ϵ -Caprolactona

CRP – Controlled Radical Polymerization

CTA- Agentes de Transferência de Cadeia

DP – Degree of Polymerization – Grau de Polimerização

DSC- Calorimetria Exploratória Diferencial

FDA – Food and Drug Administration

FRP – Free Radical Polymerization

MET- Microscopia Eletrônica de Transmissão

MEV- Microscopia Eletrônica de Varredura

MVC – Monômero cloreto de vinila

PDI – Polidispersidade

PLGA - Poli (ácido lático-co-ácido glicólico)

PVC – Poli (cloreto de vinila)

RAFT – Transferência Reversível de Cadeia por Adição-Fragmentação

RMN – Ressonância Magnética Nuclear

ROP – Polimerização por Abertura de Anel

SPI – Proteína Isolada de Soja

TGA- Análise Termogravimétrica

WVTR – Taxa de Transmissão de vapor da água

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 ABORDAGEM HISTÓRICA.....	15
3 POLÍMEROS E SUAS CLASSIFICAÇÕES.....	17
3.1 COPOLÍMEROS EM BLOCO.....	21
3.2 AUTO-ORGANIZAÇÃO DE COPOLÍMEROS EM BLOCO EM MEIO AQUOSO.....	22
3.3 BIOPOLÍMEROS.....	26
4 MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE POLÍMEROS.....	27
4.1 POLIMERIZAÇÃO RADICALAR LIVRE.....	28
4.2 POLIMERIZAÇÃO RADICALAR CONTROLADA.....	29
4.3 POLIMERIZAÇÃO POR ABERTURA DE ANEL.....	31
5 MÉTODOS DE ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO.....	33
6 NANOMATERIAIS POLIMÉRICOS.....	36
6.1 NANOMEDICINA.....	37
6.2 NANOTECNOLOGIA DE ALIMENTOS.....	38
7 CONCLUSÃO.....	40
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1 1 INTRODUÇÃO

2 O termo polímero foi utilizado pela primeira vez por um químico alemão conhecido
3 por J. Berzelius em 1832. Este termo foi utilizado para representar as moléculas de buteno
4 como sendo constituídas de muitas (poli) unidades (meros) de etileno (HAGE JR., 1998).

5 Os polímeros podem ser divididos em dois grandes grupos: naturais e sintéticos. Um
6 polímero natural é aquele encontrado na natureza e geralmente tem formas mais complexas,
7 como por exemplo, os ácidos nucleicos, proteínas, elastômeros, e demais exemplos. Segundo
8 WIEBECK e HARADA (2005), há registros que mostram que aproximadamente 3.000 anos
9 ocorreu a utilização de polímeros a partir da descoberta do verniz extraído da seiva da árvore
10 *Rhus verniciflua* pelos chineses (apud PITT et al., 2011).

11 Já os polímeros sintéticos são produzidos industrialmente, ou em laboratórios, através
12 de reações químicas apropriadas e, geralmente, a partir de moléculas de baixo peso molecular
13 (LUCAS et al., 2001). Em 1937, J. P. Flory desenvolve fibras têxteis de Nylon 6,6 como a
14 fibra de seda sintética a partir de pesquisas realizadas por Wallace H. Carothers (HAGE JR.,
15 1998).

16 No processo de polimerização, existem diferentes técnicas para a sua obtenção, dentre
17 elas a técnica por adição e por condensação. Na polimerização por adição é formada uma
18 cadeia de monômeros bifuncionais, formando uma macromolécula (CALLISTER JR., 2006).
19 Já os polímeros de condensação são aqueles em que o polímero contém grupos funcionais
20 como parte da cadeia polimérica, e não como grupo pendente (LUCAS et al, 2001).

21 Apesar da exploração deste campo de estudo ser considerada recente, os polímeros
22 apresentam grande potencialidade de aplicação nas mais diversas áreas como: Medicina,
23 Agricultura, Engenharias, entre outros. Com isso o presente trabalho tem por objetivo realizar
24 uma revisão bibliográfica, apresentando dados históricos sobre polímeros, métodos de
25 obtenção e caracterização, bem como as aplicações mais recentes desses materiais.

26 **2 ABORDAGENS HISTÓRICAS**

27 Materiais poliméricos têm sido utilizados pelo homem desde os primórdios das
28 civilizações. É da natureza humana a busca constante por alternativas que garantam a sua
29 sobrevivência, seu desenvolvimento e bem estar. Nessa perspectiva que inicialmente
30 polímeros naturais como celulose, amido, borracha natural e proteínas contribuíram para o
31 desenvolvimento da espécie. Com o passar dos anos, as propriedades distintas dos polímeros
32 foram despertando mais interesse e, então, conhecimentos na extração, processamento e
33 produção desses materiais foram sendo desenvolvidos.

34 Segundo WIEBECK e HARADA (2005), registros demonstram que no século I a.C.
35 houve o uso de uma resina termoplástica, o âmbar, que é moldável por compressão e provém
36 de árvores fossilizadas. Também há registros que mostram que há aproximadamente 3.000
37 anos ocorreu a utilização de polímeros a partir da descoberta do verniz extraído da seiva da
38 árvore *Rhus verniciflua* pelos chineses (apud PITT et al., 2011).

39 No século XVI, com a vinda de Cristóvão Colombo para a América, houve o primeiro
40 contato com o extrato da árvore *Havea brasiliensis*. Este extrato, produto da coagulação e
41 secagem do látex, tinha características de elasticidade e flexibilidade que não eram
42 conhecidos. Na Europa recebeu o nome de borracha por apresentar a capacidade de apagar
43 marcas de lápis. Em 1839, Charles Goodyear descobriu o processo de vulcanização que
44 confere a borracha as características de elasticidade, não pegajosidade e durabilidade
45 (CANEVAROLO JR., 2001).

46 Em 1846 o químico alemão Christian Schönbien tratou o algodão com ácido nítrico,
47 dando origem a nitrocelulose. Entretanto, em 1862, Alexander Parker dominou esta técnica e
48 patenteou a nitrocelulose, dando o nome a cera de Parquetina (CANEVAROLO JR., 2001).

49 O desenvolvimento de poli (cloreto de vinila) (PVC) teve início em 1835, quando
50 Justus von Liebig descobriu o monômero cloreto de vinila (MVC), um gás a temperatura
51 ambiente com ponto de ebulição a $-13,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Liebig fez esta descoberta por meio da reação do
52 dicloroetileno com hidróxido de potássio em solução alcoólica. Em 1839 Victor Regnault,
53 aluno de Liebig, publicou um artigo descrevendo a ocorrência de um pó branco após a
54 exposição de ampolas seladas e contendo MVC à luz solar. Entretanto, o primeiro relato da
55 polimerização autêntica de um haleto de vinila foi feito por A. W. Hoffman em 1860, que
56 notou a mudança do brometo de vinila para uma massa esbranquiçada sem mudança
57 composicional (RODOLFO JR. et al., 2006).

58 Em 1928, Wallace H. Carothers foi contratado pela Dupont, empresa química criada
59 por um aluno de Antoine-Laurent Lavoisier, para desenvolver pesquisas. Nos primeiros anos
60 da Dupont, Carothers estudava a síntese de poliésteres alifáticos e simultaneamente estudava
61 a síntese de poliamidas. Então, em 1935, anunciou o desenvolvimento da síntese de Nylon
62 6,6. Após alguns anos, em 1937, Carothers comete suicídio e J. P. Flory continua as pesquisas
63 sobre o Nylon 6,6 levando ao desenvolvimento de fibras têxteis de Nylon 6,6, como a fibra de
64 seda sintética (HAGE JR., 1998).

65 Em 1937, Otto Bayer sintetizou as primeiras fibras de poliuretano na tentativa de
66 encontrar um material concorrente às patenteadas poliamidas de Carothers, porém este
67 material foi ignorado pelo fato de não ter propriedades comparadas a do Nylon. Em 1940 a
68 produção de poliuretano teve um crescimento imenso com a II Guerra Mundial onde espumas
69 de poliuretano eram utilizadas como revestimento térmico e acústico de submarinos e aviões
70 alemães (SZYCHER, 1999).

71 Em 1934, Karl Ziegler publica um artigo utilizando o iniciador lítio butílico
72 para polimerizar butadieno, com isso tem-se um composto organometálico como iniciador
73 (HAGE JR., 1998). Pelo estudo de Ziegler foi possível realizar polimerizações de alquenos,

74 permitindo a produção de polímeros como etileno e poliestireno, provocando uma revolução
75 nos materiais de embalagem, têxteis e materiais de construção. Em 1950, Ziegler desenvolveu
76 um catalisador para polimerização do eteno, baseado em um catalisador formado a partir de
77 $TiCl_4$ e $Al(C_2H_5)_3$. Após isso G. Natta utilizou esse tipo de catalisador para polimerização do
78 propeno (SHRIVER et al., 2006). Hoje em dia, o *catalisador Ziegler-Natta* é muito utilizado
79 para polimerização estereoespecífica, onde ocorre a formação de cadeias poliméricas com
80 grau de organização elevado (MACHADO e PINTO, 2011).

81 No final da década de 90 houve uma grande revolução na síntese de polímeros com o
82 desenvolvimento de diversos tipos de Polimerização Radical Controlada, vindo da
83 necessidade de gerar produtos com baixa dispersidade e com diferentes morfologias
84 (CHIEFARI et al., 1998). Com esta técnica é possível produzir polímeros com topologias,
85 composição e massa molar de forma sistematizada. Permite também que sejam conhecidos os
86 principais fatores responsáveis pelo aumento da viscosidade e a relação estrutura-propriedade.
87 (FARIA, 2014).

88 3 POLÍMEROS E SUAS CLASSIFICAÇÕES

89 Polímeros são compostos que podem ser encontrados nas formas naturais ou sintético,
90 tendo massa molar em torno de 10^4 a $10^6 g.mol^{-1}$, formados pela reação química de
91 monômeros (AKCELRUD, 2007). Portanto, um polímero é uma macromolécula, com
92 estrutura composta pela repetição de n-ésimas unidades formadoras da cadeia. A essas
93 unidades de repetição, dá-se o nome de monômeros. O termo Polímero vem do grego, através
94 da combinação do prefixo (*Polus*), que indica vários e do sufixo (*mero*), que indica partes. No
95 Na Figura 1 é representada de forma genérica a definição do termo Polímero.

96

97

118 Massa molar média por peso M_w :

$$119 \quad M_w = \frac{\sum N_i M_i^2}{\sum N_i M_i} \quad (2)$$

120 em que cada molécula contribui proporcionalmente ao quadrado de sua massa.

121 Onde:

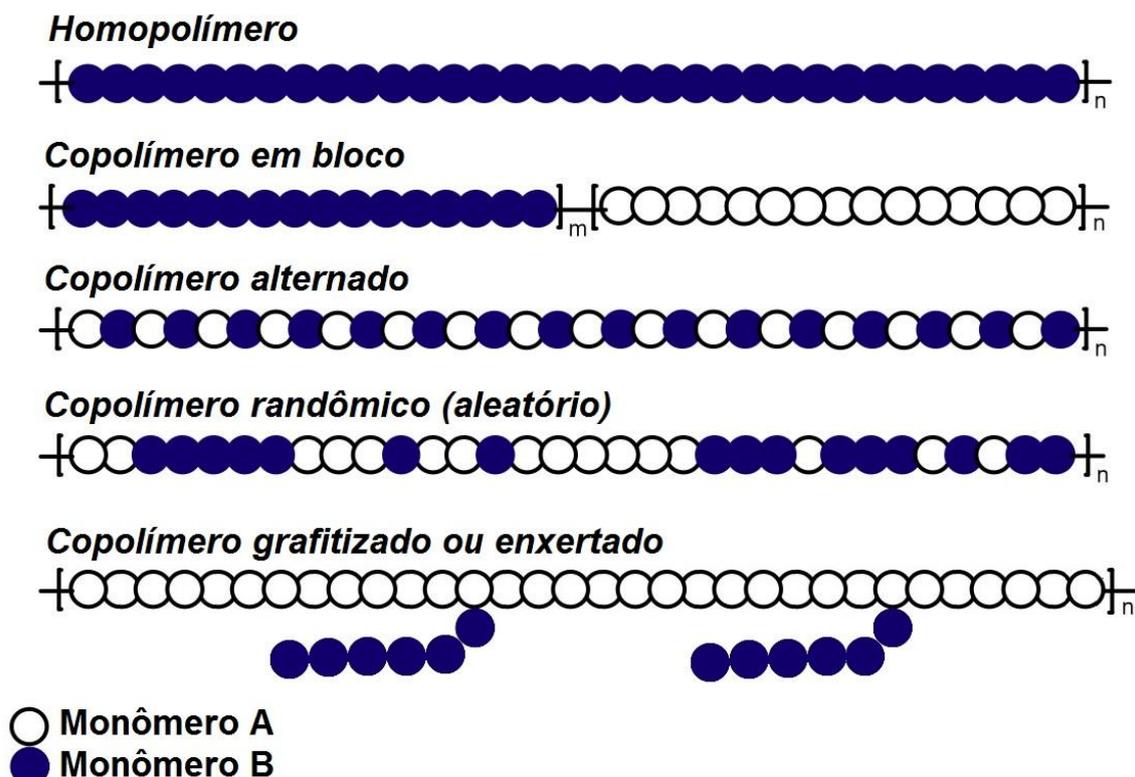
122 $N_i \rightarrow$ representa o número de moléculas i de massa molar M_i ;

123 A razão M_w/M_n é conhecida como dispersidade e é um indicativo da distribuição de
124 massa molar do polímero. É importante grifar que a dispersidade é frequentemente reportada
125 na literatura como índice de polidispersidade (PDI), termo que está em desuso em meio à
126 comunidade científica.

127 Estes materiais podem ser classificados das mais diversas formas, dentre elas: a forma
128 de ocorrência, quanto ao modo de preparação, quanto ao comportamento mecânico, entre
129 outros (LUCAS et al., 2001). Neste sentido, ao classificar um polímero pela forma de
130 ocorrência, dizemos que pode ser um polímero natural ou sintético. Um polímero natural é
131 aquele encontrado na natureza e geralmente tem formas mais complexas, como por exemplo,
132 os ácidos nucleicos, proteínas, elastômeros, e demais exemplos. Já os polímeros sintéticos são
133 produzidos industrialmente, ou em laboratórios, através de reações químicas apropriadas e,
134 geralmente, a partir de moléculas de baixo peso molecular (LUCAS et al., 2001).

135 Podemos dizer ainda que os polímeros podem ser classificados em homopolímeros e
136 copolímeros. Os homopolímeros são formados por repetições em longas cadeias de um
137 mesmo monômero. Os copolímeros são aqueles derivados de mais de uma espécie de
138 monômero. Estes copolímeros ainda podem ser chamados de bipolímeros em casos de
139 copolimerização de duas espécies monoméricas, terpolímeros os obtidos por três espécies
140 monoméricas, etc. (IUPAC, 2008). Na Figura 3 são apresentadas algumas formas distintas de
141 polímeros, entre homopolímero e copolímeros.

142 Figura 3: Representação de um homopolímero e de distintos copolímeros.



143

144 Fonte: Autor (2018).

145 Como é possível notar na figura acima, os copolímeros podem se distinguir em função
 146 de sua distribuição de monômeros ao longo da cadeia. Os copolímeros em bloco se
 147 apresentam na forma de dois ou mais blocos constituídos de seus respectivos monômeros.
 148 Mais detalhes sobre esse tipo de copolímeros serão apresentados a seguir, em uma seção
 149 específica. Um copolímero com duas espécies de unidades de monômeros em seqüência
 150 alternada é conhecido como *copolímero alternado*. Por sua vez, um copolímero na qual a
 151 probabilidade de achar uma determinada unidade de monômero em qualquer local da cadeia é
 152 independente da natureza da unidade adjacente, trata-se de um *copolímero aleatório*. Os
 153 copolímeros que apresentam blocos adjacentes ligados à cadeia principal, formando uma
 154 cadeia lateral, são conhecidos como *copolímero enxertado* e podem ter composição e
 155 topologia diferentes (LUCAS et al., 2001).

156 3.1 COPOLÍMEROS EM BLOCO

157 A partir da ideia de copolímero, têm-se os copolímeros em bloco onde ocorre a
 158 formação de uma sequência de um monômero, ligado a outra grade sequência de monômero
 159 (CANEVAROLO JR., 2002). Na Figura 4 há a representação de um copolímero em bloco.

160 Figura 4: Representação genérica de um copolímero em bloco.



Copolímero em bloco tipo A-B



Copolímero em bloco tipo A-B-A



Copolímero em bloco tipo A-B-C

161

162 Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al. (2013).

163 Os copolímeros em bloco são macromoléculas formadas por dois polímeros distintos
 164 unidos por uma ligação química primária. Os segmentos são constitucionalmente diferentes,
 165 ou seja, cada um dos blocos é formado por unidades constitucionais derivadas de monômeros
 166 com características diferentes, ou da mesma espécie, mas com composição ou distribuição de
 167 sequências de unidades diferentes. Os copolímeros em bloco são classificados de acordo com
 168 o número de blocos que apresentam e como os mesmos estão organizados. Por exemplo,
 169 copolímeros com dois blocos são chamados de diblocos, com três, triblocos e com mais de
 170 três, multiblocos (IUPAC, 1996). Em geral, a importância de copolímeros em bloco se
 171 justifica em função de sua ampla gama de propriedades, provenientes da união química de
 172 dois segmentos que, por definição, apresentam um determinado grau de incompatibilidade.

173 Essas propriedades (exemplo: auto-organização) são obtidas a partir da combinação de
174 diferentes polímeros em sequência alternada. A variação no número de blocos, no grau de
175 polimerização, na natureza química e na arquitetura dos blocos, torna possível a construção de
176 novos copolímeros com características desejáveis a uma determinada aplicação (LUCAS et al,
177 2001).

178 Estes copolímeros têm como principal aplicação à obtenção de elastômeros
179 termoplásticos. Eles podem ser utilizados para produção de produtos médicos descartáveis,
180 embalagens de alimentos, mantas, correias, entre outros (AMURIN, 2010).

181 **3.2 AUTO-ORGANIZAÇÃO DE COPOLÍMEROS EM BLOCO EM MEIO AQUOSO**

182 Em um copolímero em bloco de arquitetura simples, como, por exemplo, um
183 copolímero dibloco A-B, a sequência de N_A monômeros são ligados covalentemente a uma
184 sequência de N_B monômeros. Devido a uma entropia de mistura caracteristicamente pequena e
185 uma entalpia de mistura positiva, a maioria dos pares AB são imiscíveis e, por consequência,
186 termodinamicamente instáveis (GIACOMELLI, 2007). Isto é, a miscibilidade entre um
187 homopolímero A e outro B é termodinamicamente desfavorável.

188 No entanto, copolímeros em bloco apresentam uma alternativa para superar este
189 problema. Trata-se da ligação covalente entre os blocos, que suprime a separação de fases. Ao
190 invés disso, eles podem sofrer separação de microfases no estado sólido, ou o processo de
191 automontagem em solução. Como resultado, cada bloco irá manter-se na sua própria fase,
192 levando a formação de domínios ordenados, como um resultado das forças atrativas de curto
193 alcance e repulsivas de longo alcance, coexistentes (ABETZ e SIMON, 2005; BUCKNALL e
194 ANDERSON, 2003).

195 As interações secundárias fracas (não covalentes) das unidades de monômeros ao
196 longo de uma cadeia polimérica tendem a unir-se cooperativamente amplificando os efeitos

197 supramoleculares. Esta tendência é amplamente explorada no caso de copolímeros em bloco,
198 os quais frequentemente formam estruturas com microfases separadas como micelas e
199 vesículas, com dimensões na escala de nanômetros. O comportamento de fases dos
200 copolímeros dibloco é resultado da imiscibilidade dos dois blocos. Em consequência disso,
201 uma variedade de nanoestruturas podem ser produzidas através da manipulação da relação
202 entre volumes dos dois blocos e do grau de imiscibilidade entre eles (BUCKNALL e
203 ANDERSON, 2003).

204 Processos de auto-organização em meio aquoso, são obtidos quando ao menos um dos
205 blocos do copolímero apresenta afinidade pelo solvente, isto é, deve ser hidrofílico. O outro
206 deve ser hidrofóbico, ou seja, apresenta pouca ou nenhuma afinidade pela água. Este tipo de
207 copolímeros, formados por um segmento hidrofóbico e outro hidrofílico, são conhecidos na
208 literatura como anfifílicos.

209 As possibilidades existentes na solubilidade e auto-organização, ou não, de dois
210 homopolímeros e copolímeros dibloco, formados pelos mesmos segmentos, com diferentes
211 composições, são mostradas na Figura 5.

212

213

214

215

216

217

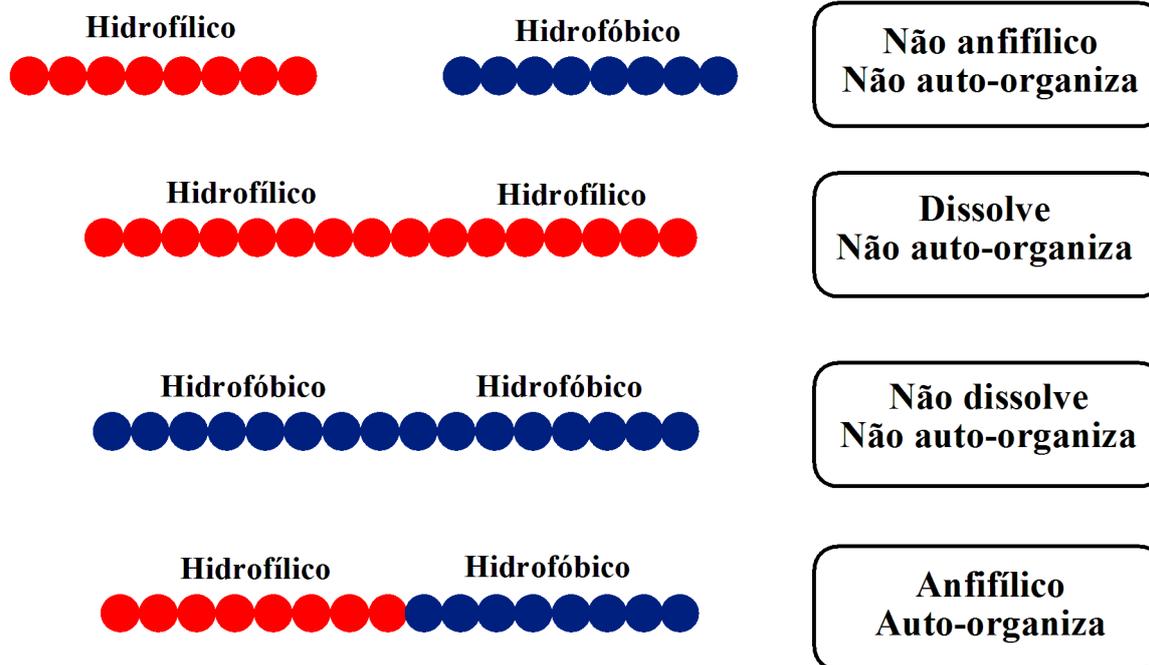
218

219

220

221

222 Figura 5: Hipóteses existentes para o comportamento de dois segmentos, hidrofóbico e
 223 hidrofílico, em meio aquoso.



224

225 Fonte: Autor (2018).

226 Na Figura 6 é representado um processo de auto-organização em meio aquoso, o qual
 227 consiste inicialmente na dissolução do copolímero em um solvente que seja
 228 termodinamicamente apropriado para ambos os blocos. Em seguida, a solução do polímero é
 229 adicionada ao ambiente aquoso. O processo de micelização leva a formação de estruturas
 230 ordenadas em que o contato entre o bloco insolúvel e o solvente é minimizado. O bloco
 231 solúvel é então orientado para a fase contínua do solvente e torna-se a “corona” da micela
 232 formada, enquanto que a parte insolúvel será protegida do solvente no “núcleo” da estrutura e,
 233 portanto, protegida do ambiente externo (MAI e EISENBERG, 2012; FENG et al., 2017).

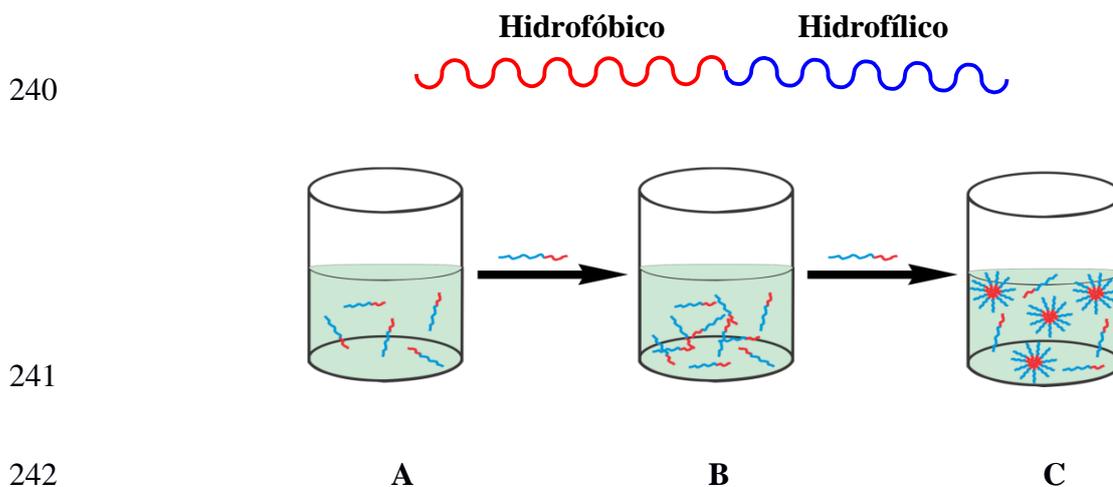
234

235

236

237

238 Figura 6: processo genérico de auto-organização de um copolímero anfifílico em meio
 239 aquoso.



242

243 Fonte: Autor (2018).

244 No processo representado na Figura 6, inicialmente o copolímero anfifílico encontra-
 245 se em concentração baixa, de modo que as cadeias movem-se livremente em meio ao solvente
 246 (A). Para parte da macromolécula, a água é um bom solvente, porém para outra, não.
 247 Portanto, enquanto o bloco hidrofílico está solúvel no meio, forças repulsivas atuam entre o
 248 bloco hidrofóbico e solvente. Conforme a concentração do polímero aumenta, aumenta a
 249 concentração de espécies solúveis, assim como aumenta a concentração das espécies
 250 hidrofóbicas (B). Em um determinado momento do processo, quando se atinge uma
 251 concentração específica, as forças repulsivas entre o bloco hidrofóbico e a água atingem uma
 252 magnitude em que passa a ser termodinamicamente favorável a formação de microdomínios
 253 compostos pelos blocos hidrofóbicos, protegidos da água (C). A partir desse momento a
 254 solução será composta por nanoagregados micelares, com os blocos hidrofóbicos formando o
 255 núcleo e os blocos hidrofílicos formando a corona das micelas. O exato momento – ou a exata
 256 concentração – em que isso ocorre, é conhecido como concentração micelar crítica
 257 (COSGROVE, 2010).

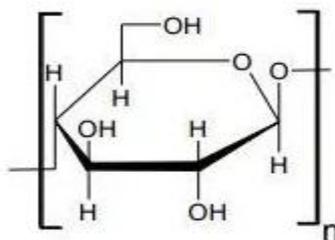
258

259 3.3 BIOPOLÍMEROS

260 Os biopolímeros são polímeros que podem ser produzidos a partir de matérias-primas
261 de fontes naturais e renováveis como milho, cana-de-açúcar, celulose, quitina, entre outras
262 (BRITO et al., 2011).

263 A celulose é o polissacarídeo natural mais abundante da Terra, sendo o principal
264 componente estrutural das paredes celulares das plantas e algas. Este polissacarídeo natural
265 tornou-se um dos biopolímeros mais utilizados devido às suas propriedades físicas, estruturais
266 e sua biocompatibilidade (ISIK et al., 2014). Na Figura 7 é possível observar a estrutura
267 molecular da celulose.

268 Figura 7: Estrutura molecular da celulose.



269

270 Fonte: BEZERRA (2016).

271 Outro biopolímero natural é o amido, um polissacarídeo de reserva dos vegetais que
272 pode ser obtido de diversas fontes, como cereais, raízes e tubérculos. O amido é formado por
273 dois tipos de polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina, com estruturas e
274 funcionalidades diferentes (MALI et al., 2010).

275 Segundo MALI et al. (2010) este biopolímero tem sido alvo de interesse no
276 desenvolvimento de filmes e revestimentos comestíveis. Dentro deste cenário, existem
277 grandes possibilidades de aplicação para as embalagens biodegradáveis de amido que se
278 baseiam na abundância, baixo custo e propriedades de formação de filme deste biopolímero.

279 Uma das mais estudadas é sua utilização como embalagem de frutas e hortaliças
280 minimamente processadas.

281 **4 MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE POLÍMEROS**

282 Atualmente existem diversos métodos para a obtenção de polímeros. Tais métodos
283 estão divididos em dois grandes grupos, a polimerização por adição e polimerização por
284 condensação.

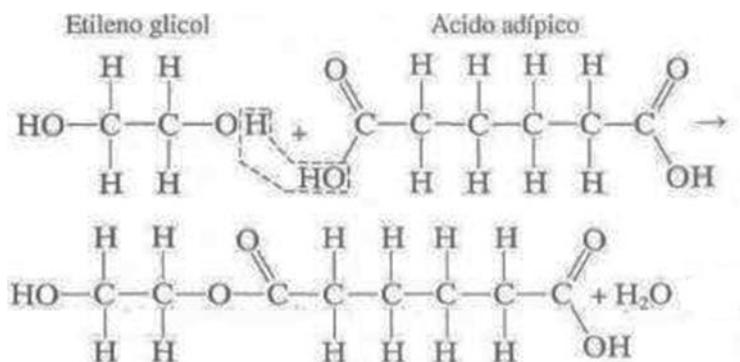
285 No processo de polimerização por adição é formada uma cadeia de monômeros
286 bifuncionais, formando uma macromolécula. Neste processo ocorre a quebra da dupla ligação
287 carbono-carbono (C=C), formando um radical e tornando o átomo de carbono altamente
288 reativo, ocasionando a reação em cadeia até que se formem a estrutura do polímero. Nesta
289 polimerização não ocorre a perda de uma molécula pequena. Industrialmente é o método mais
290 utilizado na produção de polietilenos e polipropileno (CALLISTER JR., 2006).

291 Há também as polimerizações com catalisadores *Ziegler-Natta* que são catalisadores
292 baseados em metais de transição, capazes de polimerizar e copolimerizar α -olefinas e dienos.
293 Estes catalisadores apresentam como característica a capacidade de formar polímeros
294 estereorregulares e com alto grau de isotaticidade (MACHADO e PINTO, 2011). Os
295 catalisadores *Ziegler-Natta* são os mais utilizados industrialmente para produção de
296 poliolefinas (MUKHOPADHYAY et al., 2005).

297 Já a polimerização por condensação são aqueles em que o polímero contém grupos
298 funcionais como parte da cadeia polimérica, e não como grupo pendente. Outro fator que
299 caracteriza este método é que em sua síntese envolve a perda de moléculas pequenas, por
300 exemplo, a água (LUCAS et al, 2001). A formação desses polímeros se dá através de reações
301 químicas intermoleculares, como podemos observar na Figura 8.

302

303 Figura 8: Formação de um Poliéster a partir do Etileno glicol e o Ácido adípico



304

305 Fonte: CALLISTER JR. (2006).

306 Na Figura 8 nota-se a interação molecular que ocorre entre o hidrogênio da hidroxila
 307 do Etileno glicol com a hidroxila do ácido adípico, resultando na formação do poliéster mais a
 308 água.

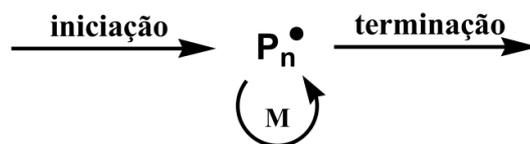
309 4.1 POLIMERIZAÇÃO RADICALAR LIVRE

310 A polimerização radicalar livre do inglês *Free Radical Polymerization* (FRP) é um dos
 311 processos mais utilizados comercialmente na produção de polímeros, já que é aplicável a
 312 maioria dos monômeros. Apresenta um mecanismo cinético que se fundamenta em três
 313 etapas: iniciação, propagação e terminação (MORAES, 2017).

314 A FRP é uma reação em cadeia, onde estas são iniciadas pela adição de radicais,
 315 procedente da decomposição de um iniciador, ao monômero. No processo de propagação
 316 acrescentam-se as unidades monoméricas ao radical (P[•]_n) assim formado. A terminação de
 317 cadeias acontece quando os radicais propagantes reagem por combinação ou
 318 desproporcionamento (MOAD et al., 2005 apud Freitas, 2016). Na Figura 9 pode-se observar
 319 de modo exemplificado estes três processos.

320

321 Figura 9: Representação genérica de uma polimerização clássica envolvendo os processos de
 322 iniciação, propagação e terminação.



323

324 Fonte: MOAD et al.(2005)

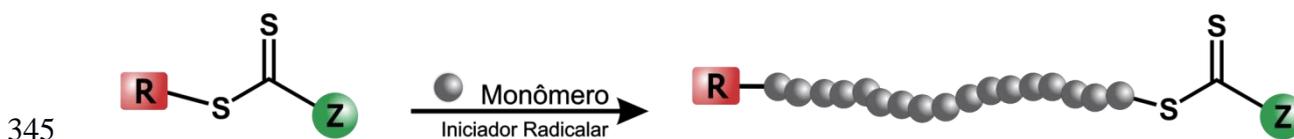
325 A FRP é eficiente para produção em larga escala de homopolímeros de diferentes
 326 massas molares. Porém, é bastante limitada com relação à produção de copolímeros bem
 327 definidos, principalmente em relação a copolímeros em bloco, já que as cadeias terminadas
 328 não incorporam mais monômeros pelo mecanismo radicalar, logo não é possível à adição de
 329 outro monômero – para formar o bloco- às cadeias terminadas (FLORENZANO, 2008).

330 4.2 POLIMERIZAÇÃO RADICALAR CONTROLADA

331 A Polimerização Radicalar Controlada, do inglês *Controlled Radical Polymerization*
 332 (CRP), consiste da polimerização radicalar com baixas taxas de terminação, fazendo com que
 333 o crescimento de cadeias, mesmo que por via radicalar, seja uniforme. Com isso, praticamente
 334 todas as cadeias crescem ao mesmo tempo, diminuindo a polidispersidade (FLORENZANO,
 335 2008). Os polímeros formados na CRP mantêm uma funcionalidade que os torna passíveis de
 336 serem purificados e, posteriormente, numa nova polimerização, ligar-se a novos monômeros,
 337 aumentando sua massa molar (HADJICHRISTIDIS et al., 2003).

338 Existem diversas técnicas para obter polímeros de forma controlada, uma delas é a
 339 Transferência Reversível de Cadeia por Adição-Fragmentação (RAFT) que tem como base
 340 proceder a uma reação de polimerização radicalar na presença de agentes de transferência de
 341 cadeia (CTA) que fazem com que cadeias poliméricas cresçam de maneira similar a
 342 polimerização por adição (SOUZA et al., 2008). Na Figura 10 é mostrado um processo RAFT
 343 genérico, na presença de um agente CTA.

344 Figura 10: Mecanismo geral da Transferência Reversível de Cadeia



346 Fonte: AUTOR (2018).

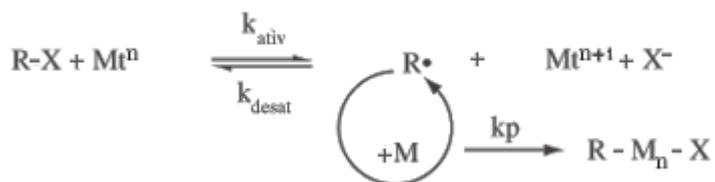
347 O processo RAFT é uma excelente alternativa para polimerização controlada de
 348 monômeros vinílicos do tipo acrilatos, metacrilatos e estirênicos. O controle do processo é
 349 devido à presença do agente CTA, que geralmente são compostos do tipo ditiocarbonatos ou
 350 tritioarbonatos. A manipulação nos grupos R e Z dos agentes CTAs permite um melhor
 351 ajuste do processo, com relação ao monômero que se pretende polimerizar
 352 (BARNER-KOWOLLIK, 2008; MOAD, 2005).

353 Uma das vantagens da RAFT é que é o mecanismo de CRP com maior abrangência de
 354 monômeros que podem ser polimerizados e, quanto maior a facilidade de ocorrer a
 355 polimerização, maior é a compatibilidade do monômero ao mecanismo RAFT. Já a sua
 356 desvantagem é para que a RAFT ocorra é necessário um iniciador, podendo gerar grupos
 357 finais indesejáveis e produzir novas cadeias, aumentando a taxa de terminação bi-molecular
 358 (FRANCO, 2007).

359 Dentro da CRP ainda tem-se a técnica de Polimerização Radicalar por Transferência
 360 de Átomo (ATRP). Na ATRP compostos de coordenação de metais de transição são usados
 361 como agentes controladores. Estes agentes reagem com haletos orgânicos - que são
 362 monômero-iniciador-, gerando uma espécie radicalar. Entretanto, o equilíbrio está sempre
 363 deslocado no sentido inverso, de tal forma que existe a todo o momento uma baixa
 364 concentração de radicais na solução, evitando o processo de terminação (FLORENZANO,
 365 2008). Na Figura 11 tem-se o processo de ATRP.

366

367 Figura 11: Equação genérica da técnica ATRP.



368

369 Fonte: FLORENZANO (2008)

370 Na Figura 11 nota-se que o R-X representa o iniciador, que geralmente é um haleto
 371 que deriva do monômero. O R-X reage com o Mt^n (metal de transição) formando uma espécie
 372 radicalar ($\text{R}\cdot$) e o polímero ($\text{R-M}_n\text{-X}$).

373 A ATRP mostra-se eficiente no controle da polimerização radicalar de quase todos os
 374 tipos de monômeros e ainda permite a síntese de monômeros do tipo dibloco, triblocos, em
 375 escova, estrelas, entre outros (MATYJASZEWSKI e XIA, 2001). Como principais
 376 desvantagens da ATRP destacam-se a contaminação do meio reacional com metais de
 377 transição, como por exemplo, o cobre e o ferro, gerando a necessidade de purificação
 378 adicional. Este tipo de polimerização também é sensível ao oxigênio, logo tem que ser
 379 realizada em ambiente orgânico (MATYJASZEWSKI e DAVIS, 2002).

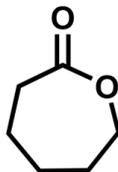
380 4.3 POLIMERIZAÇÃO POR ABERTURA DE ANEL

381 A polimerização por abertura de anel, do inglês *Ring Opening Polymerization* (ROP),
 382 como o próprio nome diz, parte-se de um monômero na forma de anel e com a abertura deste
 383 anel tem-se a geração de uma bifuncionalidade que, se reagir consigo mesma muitas vezes,
 384 formará uma cadeia polimérica, não havendo formação de subprodutos durante a reação
 385 (CANEVAROLO JR., 2001).

386 Na Figura 12 é mostrada a estrutura da ϵ -Caprolactona (CL), um éster cíclico que é um
 387 monômero clássico dos processos ROP.

Figura 12: Estrutura química do monômero ϵ -Caprolactona.

388

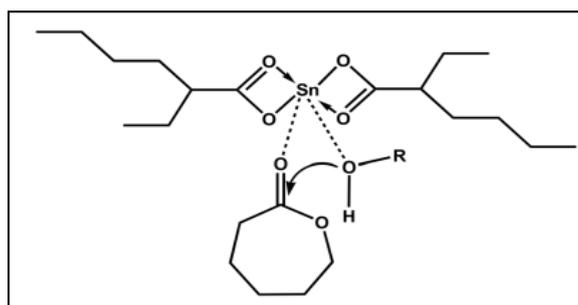


389

390 Fonte: FREITAS (2016).

Os processos ROP ocorrem por vários mecanismos distintos, sendo que os dois de maior relevância são o mecanismo de coordenação-inserção e o de monômero ativado. No mecanismo de coordenação-inserção acredita-se que a propagação se processa através da coordenação do monômero ao catalisador e da inserção do monômero a uma ligação metal-oxigênio do catalisador. O processo exige a presença de uma espécie nucleofílica – geralmente um álcool – que fará o ataque a carbonila do anel, dando início à polimerização, conforme mostrado na Figura 13.

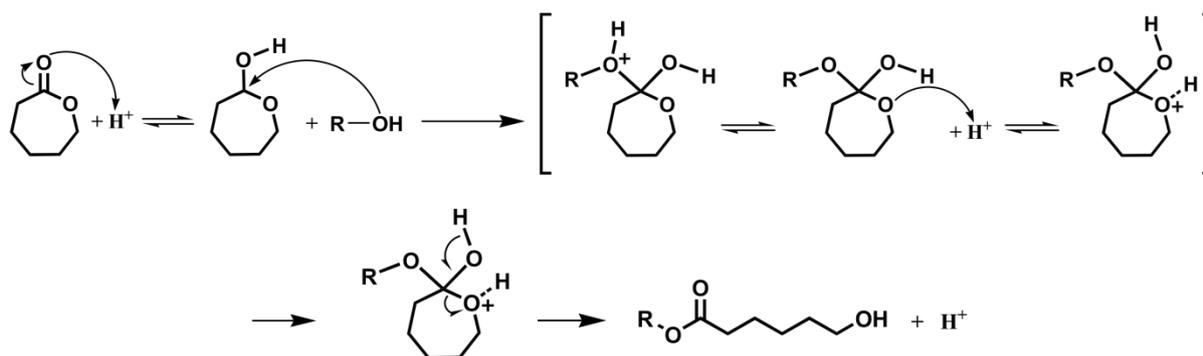
Figura 13: Processo de Polimerização por Abertura de Anel da ϵ -Caprolactona pelo mecanismo de coordenação-inserção, utilizando octanoato de estanho como catalisador.



Fonte: FREITAS (2016).

391 O mecanismo de monômero ativado consiste da ativação das moléculas do monômero
 392 por um catalisador, seguido pelo ataque do monômero ativado por uma espécie nucleofílica,
 393 geralmente um álcool, conforme mostrado na Figura 14.

394 Figura 14: Iniciação da Polimerização por Abertura de Anel da ϵ -Caprolactona pelo
 395 mecanismo de monômero ativado.



396

397 Fonte: FREITAS (2016).

398 5 MÉTODOS DE ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO

399 Para garantir polímeros com características estruturais previamente definidas não é
 400 somente importante conhecer dos métodos de polimerização, mas também dos métodos de
 401 caracterização que existem neste ramo da ciência, pois as propriedades dos polímeros não
 402 dependem apenas dos monômeros que formam suas cadeias, mas também de sua massa
 403 molar, grau de ramificação, entre outros (FLORENZANO, 2008).

404 Dentre os métodos de análise e caracterização encontra-se a Ressonância Magnética
 405 Nuclear (RMN) que se baseia na propriedade de alguns núcleos apresentarem momentos
 406 magnéticos (*spin*) não nulos. Os núcleos mais estudados na RMN são Hidrogênio (^1H), Boro
 407 (^{11}B), Carbono (^{13}C), Nitrogênio (^{14}N). (SANTANA e CABREIRA, 2009).

408 A espectroscopia de RMN de alta resolução é a mais versátil, confiável e geralmente a
 409 mais aplicável para o estudo da microestrutura dos polímeros. Com esta técnica é possível
 410 determinar a taticidade em homopolímeros, a determinação das sequências em copolímeros,
 411 assim como a determinação de mecanismos de reação (SANTANA e CABREIRA, 2009).

412 Outra técnica utilizada para caracterização de polímeros é a microscopia eletrônica de
 413 transmissão e a de varredura. A microscopia eletrônica de transmissão (MET) utiliza um feixe
 414 de elétrons sob alta tensão emitida por uma coluna de elétrons e lentes eletromagnéticas são

415 utilizadas para fiscalizar o feixe de elétrons na amostra (CORDEIRO e LEITE, 2015). O MET
416 é muito utilizado para análise de materiais biológicos, já que permite a definição de imagens
417 intracelulares, podendo observar a morfologia celular, aspectos das organelas, organização
418 molecular de vírus, entre outros. A dificuldade encontrada nesta técnica é que o instrumento é
419 complexo e é necessário que as espécies investigadas devam ser extremamente finas e é difícil
420 obter informação sobre estruturas em três dimensões (GALLETI, 2003).

421 Na microscopia eletrônica de varredura (MEV) utiliza-se de um feixe de elétrons de
422 pequeno diâmetro para explorar a superfície da amostra. A MEV também é utilizada para área
423 biológica, dando detalhes de objetos pequenos, tridimensionais, como grãos de pólen, esporos
424 de fungos, superfícies de folhas e pequenos fósseis (DEDAVID et al., 2007). O problema
425 encontrado no MEV é que a técnica fornece pouca ou nenhuma informação sobre a estrutura
426 interna (GALLETI, 2003).

427 A técnica de Análise Termogravimétrica (TGA) pode ser descrita como a técnica
428 termoanalítica que observa a perda e/ou ganho de massa da amostra em função do tempo ou
429 temperatura (DENARI e CAVALHEIRO, 2012). A TGA pode ser utilizada para estudos
430 comparativos da estabilidade térmica dos polímeros, determinação da umidade e de outros
431 voláteis de um material, avaliar o efeito do retardante de chamas em polímeros, cuja
432 finalidade é minimizar os riscos de incêndio ou propagação de chama (SANTANA e
433 CABREIRA, 2009).

434 Ainda pode-se citar a técnica de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) na qual
435 as variações de entalpia da amostra são monitoradas em relação a um material de referência
436 inerte enquanto ambas são submetidas a uma programação controlada de temperatura
437 (DENARI e CAVALHEIRO, 2012). Para ANDRADE et al. (2008) a técnica DSC foi
438 importante para demonstrar que ao adicionar mercaptana (CAPCURE) ao adesivo epóxi

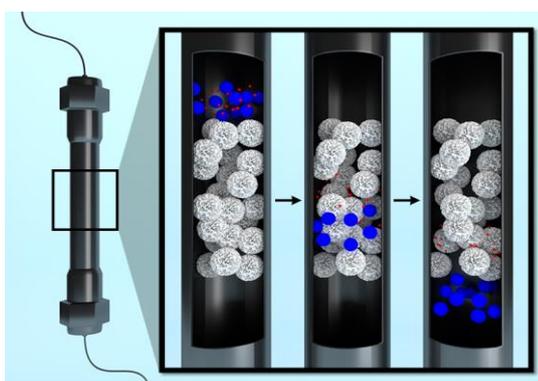
439 reduz-se o tempo de cura. Isso é importante, pois após o tempo de cura o adesivo epóxi torna-
440 se resistente à água, ácido e consegue unir variados materiais entre si.

441 Outra técnica muito importante para análise e caracterização de polímeros é a
442 Cromatografia de Permeação em Gel, do inglês *Gel Permeation Chromatography* (GPC).
443 Esta é uma técnica de cromatografia líquida onde é possível determinar diferentes massas
444 molares e a distribuição do peso molecular de polímeros (MOORE, 1964).

445 A essência da técnica de GPC é baseada nos diferentes tempos de eluição apresentados
446 por polímeros com diferentes massas molares. O processo de separação ocorre em uma coluna
447 empacotada com gel poroso. Devido ao material poroso que compõe a fase estacionária da
448 coluna, macromoléculas com menor volume hidrodinâmico apresentam maior tempo de
449 retenção (MAX PLANCK INSTITUTE FOR POLYMER RESEARCH, 2018). Por outro
450 lado, conforme ilustrado na Figura 15, quanto maior a macromolécula, menor o tempo de
451 retenção.

452 Figura 15: Mecanismo de separação da Cromatografia de Permeação em Gel.

453

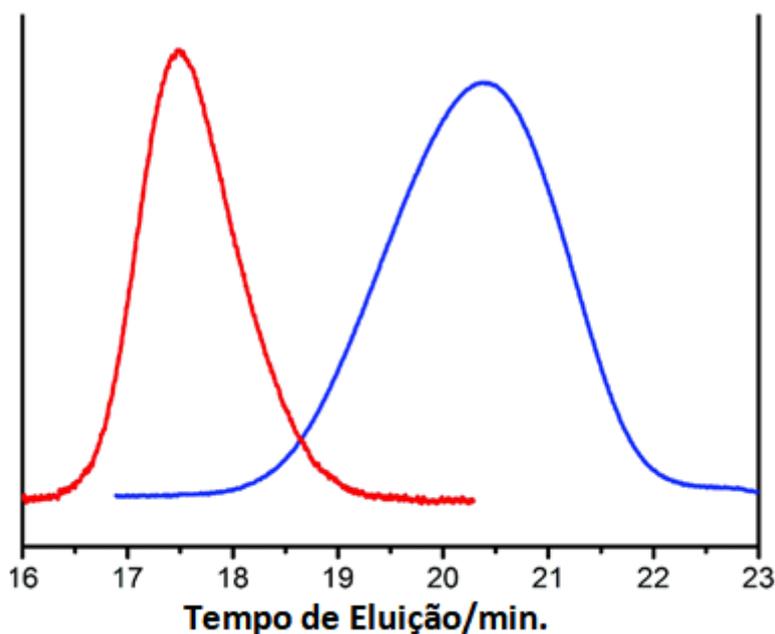


457

458 Fonte: MAX PLANCK INSTITUTE FOR POLYMER RESEARCH (2018).

459 Na Figura 16 é mostrado a sequência do processo envolvido na técnica de GPC. Pode
460 se observar um cromatograma para duas amostras de polímeros de diferentes dispersidade.

461 Figura 16: Técnica de Cromatografia de Permeação em Gel.



462

463 Fonte: AUTOR (2018).

464 Na Figura 16 são mostrados dois cromatogramas de GPC para dois polímeros com
465 distintas massas molares. Como se observa, aquele com maior volume hidrodinâmico (curva
466 vermelha) apresenta um menor tempo de eluição, ao contrário daquele da curva azul, que por
467 ter um menor volume hidrodinâmico, leva mais tempo para percorrer toda a coluna e,
468 consequentemente, apresenta um maior tempo de eluição.

469 6 NANOMATERIAIS POLIMÉRICOS

470 Os polímeros são materiais utilizados há muitos anos, entretanto o potencial deste
471 material tem sido explorado a pouco. Dentro deste campo há os nanomateriais, que se
472 destacam por estarem na faixa dos nanômetros. É de fato importante o conhecimento destes
473 materiais, pois as propriedades são fortemente dependentes do tamanho das partículas. Logo,
474 ao obter nanomateriais é possível obter novas propriedades que os tornem interessantes para

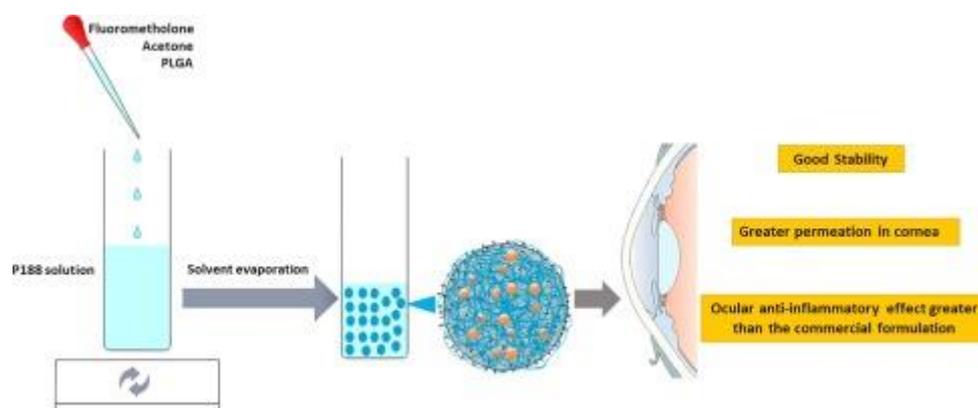
475 as mais variadas áreas (ZARBIN, 2007). A seguir, citaremos algumas aplicações de
476 nanomateriais poliméricos.

477 **6.1 NANOMEDICINA**

478 A utilização de polímeros para a área da saúde vem trazendo resultados significativos.
479 A quitosana, por exemplo, é derivada de um processo de desacetilação da quitina e que pode
480 ser encontrada nas carapaças de crustáceos (MIKHAILOV e LEBEDEVA, 2007). Segundo
481 COSTA JR. e MANSUR (2008) também é considerada biodegradável e biocompatível, além
482 de ser bacteriostática e fungistática (apud JUVENCIO, 2017). SOUZA (2016) evidenciou que
483 a quitosana foi eficiente no auxílio a cicatrização de feridas na pele de ratas diabéticas,
484 estimulando a proliferação de células. Isso é de suma importância, pois GREENHALGH
485 (2003) diz que pacientes diabéticos que não aderem ao tratamento ou controle da doença têm
486 maiores dificuldades na cicatrização, podendo haver maiores inflamações e até mesmo ao
487 risco de morte.

488 Com grande importância para a vida, a água recebe diversos tratamentos para que
489 cheguem à casa ideal para consumo. Atualmente o tratamento é realizado por diversos
490 produtos químicos, como os sais de alumínio para coagulação- floculação. Entretanto, há
491 evidências que o alumínio está associado a doenças neurodegenerativas, como a Doença de
492 Alzheimer (KAWAHARA e KATO-NEGISHI, 2011). Assim, PINGUELO et al. (2017)
493 utilizou de *Moringa oleifera*, um polímero natural, como coagulante primário, junto do
494 polímero natural do quiabo (*Abelmoschus esculentus*) como auxiliar de floculação. A união
495 destes dois polímeros apresentaram bons resultados em relação à cor e turbidez da água,
496 podendo ser uma boa alternativa para o tratamento de água e diminuindo os riscos que
497 existem ao utilizar os sais de alumínio.

498 O poli (ácido lático-co-ácido glicólico) (PLGA) tem motivado estudos para uso como
 499 material para aplicações biomédicas por ser: biocompatível, taxa de biodegradação adaptada
 500 (dependendo do peso molecular), aprovado para uso clínico em humanos pela *Food and Drug*
 501 *Administration* (FDA) dos EUA, potencial para modificar propriedades de superfície para
 502 melhorar a interação com materiais biológicos, entre outros (GENTILE et al., 2014).
 503 PIZARRO et al. (2018) estudou o desenvolvimento e otimização de nanopartículas de PLGA
 504 carregadas com fluormetolona para o tratamento de condições inflamatórias do olho. Na
 505 Figura 17 nota-se como foi realizado este processo.
 506 Figura 17: Resumo do processo e resultados obtidos.



508 Fonte: PIZARRO et al. (2018).

509 Na Figura 17 mostra que o PLGA e o fluormetolona foram dissolvidos em acetona e
 510 agitados durante 10 minutos. Logo depois a acetona foi evaporada sob pressão reduzida.

511 6.2 NANOTECNOLOGIA DE ALIMENTOS

512 Dentre as áreas da indústria de alimentos as maiores beneficiadas com a
 513 nanotecnologia são o desenvolvimento de novos materiais funcionais, processamento em
 514 micro e nanoescala, desenvolvimento de novos produtos e nanossensores para segurança
 515 alimentar (WEISS et al., 2006). Apesar da aplicação da nanotecnologia em alimentos ser nova

516 em relação, por exemplo, a área biomédica e as indústrias de tecnologia de informação,
517 existem diversas oportunidades para a elaboração de produtos com características funcionais e
518 nutracêuticas, desenvolvimento de processos e as embalagens inteligentes (ASSIS et al.,
519 2012).

520 Neste segmento, controlar de forma efetiva a temperatura - que depende das condições
521 de distribuição e estocagem- contribui para conhecer a vida de prateleira dos produtos,
522 corrigindo o período de validade, aumentando o controle de qualidade e reduzindo os
523 desperdícios (SHIMONI et al., 2001). MACIEL et al. (2012) incorporou clorofila, um corante
524 natural termossensível, à matriz de filmes de quitosana para embalagem, objetivando obter
525 sistemas inteligentes de indicação de variação de temperatura. Eles concluíram que o sistema
526 altera de verde para amarelo na faixa de 50 °C a 75 °C. Ainda tem-se a vantagem deste
527 sistema ser biodegradável, de simples produção e ser constituído de materiais naturais e
528 seguro para uso em contato com alimento.

529 Segundo o GUIA ALIMENTAR PARA A POPULAÇÃO BRASILEIRA (2008) a
530 embalagem tem a função de proteger e trazer dados dos alimentos como validade,
531 composição, lote, identificação da origem, entre outros. Além de estes fatores serem
532 importantes, atualmente a população tem se preocupado com o impacto ambiental que
533 determinado tipo de embalagem pode acarretar como, por exemplo, as embalagens a base de
534 petróleo (RHIM et al., 2013). Por isso, SARWAR et al. (2018) desenvolveram filmes de
535 nanocompósitos biodegradáveis e antimicrobianos. Os filmes eram constituídos de poli
536 (acetato de vinila) (PVA), nanocelulose e nanopartículas de prata recobertas com amido (Ag
537 NPs). Como resultado os autores descreveram que o filme exibiu forte atividade
538 antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. Além disso, os autores
539 testaram a taxa de transmissão de vapor da água (WVTR) e obtiveram resultados positivos,

540 tornando o filme favorável como embalagem de frutas e legumes frescos com alta taxa de
541 respiração (SARWAR et al., 2018).

542 Dentro da nanotecnologia de alimentos existe a técnica de microencapsulação que é o
543 processo de empacotamento de materiais sólidos, líquidos ou gasosos em cápsulas
544 extremamente pequenas, as quais podem liberar o conteúdo de forma controlada e sob
545 condições específicas (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2017). Por essa técnica foi possível
546 obter micropartículas de Proteína Isolada de Soja (SPI) capazes de encapsular óleo de copaíba
547 (FAYAD et al., 2013), que é usado como anti-inflamatório e antisséptico e demonstrou
548 atividade contra o parasita *Leishmania amazonensis* (GOMES et al., 2007). O fato de micro
549 encapsular este óleo inseticida o torna mais efetivo por ser liberado no organismo de forma
550 controlada.

551 7 CONCLUSÃO

552 O presente trabalho teve por objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca de
553 polímeros, que pudesse compreender desde uma abordagem histórica até suas aplicações
554 atuais.

555 Assim sendo, podemos observar o grande potencial que os polímeros têm no
556 desenvolvimento das áreas da medicina e alimentos, por exemplo. Nota-se que já é possível
557 organizar de forma controlada moléculas de polímeros. A partir disso, é possível moldar os
558 materiais conforme o interesse.

559 A aplicação de materiais poliméricos na medicina, por exemplo, apresentam avanços
560 notáveis. Em métodos de cicatrização; carreamento e liberação controlada de drogas no
561 organismo; na fabricação de cosméticos, entre outros.

562 A área de alimentos se apresenta como um grande campo de aplicação das
563 nanotecnologias, principalmente no que tange a área de segurança alimentar e
564 desenvolvimento de novos produtos.

565 Apesar de novos estudos surgirem com frequência, a área de polímeros não foi
566 explorada em sua totalidade. Isso se deve ao fato de que tais estudos iniciaram recentemente,
567 principalmente no Brasil. Contudo, observa-se uma grande tendência no crescimento do
568 número de trabalhos relacionados a estes materiais dentro de diversos campos da ciência.

569

570

571

572

573

574

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587 **8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

- 588 ABETZ, V.; SIMON, P.F.W. Phase Behaviour and Morphologies of Block
589 Copolymers. **Advances in Polymer Science**, v.189, p.125-212, 2005. Disponível em:
590 https://link.springer.com/chapter/10.1007/12_004 Acesso em: Mai. 05, 2018. doi:
591 10.1007/12_004
- 592
- 593 AKCELRUD, L. **Fundamentos da ciência dos polímeros**. Barueri: Editora Manole Ltda,
594 2007. 288p.
- 595
- 596 AMURIN, L.G. **ESTUDO DE PROCESSAMENTO E DA ORIENTAÇÃO**
597 **MICROESTRUTURAL EM NANOCOMPÓSITOS DE COPOLÍMEROS EM BLOCO**.
598 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-graduação em Engenharia de
599 Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- 600
- 601 ANDRADE, H.P.C. et al. Comportamento de Cura de Adesivo Epoxídico Contendo Grupo
602 Mercaptana Avaliado por Exploratória Diferencial (DSC). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**,
603 v.18, p.359-365, 2008. Disponível
604 em:http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282008000400017
605 Acesso em: Jun. 06, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282008000400017>
- 606
- 607 ASSIS, L.M. et al. Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos.
608 **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, p. 99-109, 2012. Disponível em:
609 http://www.scielo.br/pdf/bjft/v15n2/aop_0711.pdf Acesso em: Jun. 06, 2018. doi:
610 <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000004>
- 611
- 612 BARNER-KOWOLLIK, C. **Handbook of RAFT Polymerization**. Weinheim: WILEY-
613 VCH, 2008. 556p.
- 614
- 615 BEZERRA, R.D.S. **BIOPOLÍMEROS DERIVADOS DA CELULOSE PARA A**
616 **APLICAÇÃO NA ADSORÇÃO/DESORÇÃO DO FÁRMACO AMITRIPTILINA EM**
617 **MEIO AQUOSO**. 2016. 247f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Curso de Pós-
618 graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Piauí.
- 619
- 620 BRITO, G.F. et al. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista**
621 **Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6, p. 127-139, 2011. Disponível em:
622 www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/download/222/204 Acesso em:
623 Jun. 10, 2018.
- 624
- 625 BUCKNALL, D.G.; ANDERSON, H.L. Polymers Get Organized. **Science**, v.302, p.1904-
626 1905, 2003. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14671284> Acesso em:
627 Mai. 05, 2018. doi: 10.1126/science.1091064
- 628
- 629 CALLISTER JR., W.D. **Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais: Uma**
630 **abordagem integrada**. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 702p.
- 631
- 632 CANEVAROLO JR., S.V. **Ciência dos Polímeros – Um texto básico para tecnólogos e**
633 **engenheiros**. São Paulo: Artliber Editora, 2002. 277p.
- 634

- 635 CHIEFARI, J. et al. Living Free-Radical Polymerization by Reversible Addition-
636 Fragmentation Chain Transfer: The RAFT Process. **Macromolecules**, v. 31, p. 5559-5562,
637 1998. Disponível em: < <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ma9804951>> Acesso em: Jun.
638 06, 2018. doi: 10.1021/ma9804951
639
- 640 CORDEIRO, M.A.L.; LEITE, E.R. Estudo da sintetização de nanopartículas por microscopia
641 eletrônica de transmissão in situ. **Cerâmica**, v.61, p.269-275, 2015. Disponível em:
642 <http://www.scielo.br/pdf/ce/v61n358/0366-6913-ce-61-358-00269.pdf> Acesso em: Mai. 10,
643 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132015613581929>
644
- 645 COSGROVE, T. **Colloid Science Principles, methods and applications**. Bristol: Wiley,
646 2010. 399p.
647
- 648 COSTA JR., E.S.; MANSUR, H.S. Preparação e caracterização de blendas de quitosana/poli
649 (álcool vinílico) reticuladas quimicamente com glutaraldeído para aplicação em engenharia de
650 tecido. **Química Nova**, v.31, p. 1460-1466, 2008. Disponível em: <
651 http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000600034>.
652 Acesso em: Mai. 10, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422008000600034>
653
- 654 DEDAVID, B.A. et al. **MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA: Aplicações**
655 **e preparação de amostras**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 60p.
656
- 657 DENARI, G.B.; CAVALHEIRO, E.T.G. **Princípios e aplicações de análise térmica**. São
658 Carlos: IQSC, USP, 2012.
659
- 660 FARIA, H.D. **Otimização de polímeros carregados produzidos por polimerização via**
661 **radical livre (PRL) e controlada (PRC, variante RAFT) para o aumento da viscosidade**
662 **de suas soluções aquosas**. 2014. 111f. Dissertação (Mestrado em Química) – Curso de
663 Química, Universidade Federal de Alfenas.
664
- 665 FAYAD, S.J. et al. Morphology of Soy Protein Isolate at Oil/Water and Oil/Air
666 Interfaces. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.24, p. 1012-1017, 2013. Disponível
667 em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50532013000600016)
668 [50532013000600016](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-50532013000600016)> Acesso em: Mai. 05, 2018. Doi: [http://dx.doi.org/10.5935/0103-](http://dx.doi.org/10.5935/0103-5053.20130130)
669 [5053.20130130](http://dx.doi.org/10.5935/0103-5053.20130130)
670
- 671 FENG, H. et al. Block Copolymers: Synthesis, Self-Assembly, and Applications. **Polymers**,
672 v.9, p. 1-31, 2017. Disponível em: < <http://www.mdpi.com/2073-4360/9/10/494>> Acesso em:
673 Jun. 01, 2018. doi: <https://doi.org/10.3390/polym9100494>
674
- 675 FLORENZANO, F.H. Perspectivas Atuais para a Obtenção Controlada de Polímeros e sua
676 Caracterização. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.18, p.100-105, 2008. Disponível em: <
677 http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282008000200006>.
678 Acesso em: Mai. 25, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282008000200006>
679
- 680 FOOD INGREDIENTS BRASIL. A tecnologia da microencapsulação de ingredientes. **Food**
681 **Ingredients Brasil**, v. 19, p.76-84, 2017. Disponível em: <[http://revista-](http://revista-fi.com.br/revista/FiB42/mobile/index.html#p=84)
682 [fi.com.br/revista/FiB42/mobile/index.html#p=84](http://revista-fi.com.br/revista/FiB42/mobile/index.html#p=84)> Acesso em: Jun. 06, 2018.
683

- 684 FRANCO, I.C. **MODELAGEM MATEMÁTICA DA POLIMERIZAÇÃO VIA**
685 **RADICAL LIVRE CONTROLADA USANDO MECANISMO RAFT**
686 **(TRANSFERÊNCIA DE CADEIA REVERSÍVEL POR ADIÇÃO-**
687 **FRAGMENTAÇÃO)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Curso de
688 Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas.
689 FREITAS, A.G.O. **SÍNTESE DE COPOLÍMEROS EM BLOCO POR REAÇÕES ONE-**
690 **POT COM PROCESSOS RAFT E ROP SIMULTÂNEOS**. 2016. Tese (Doutorado em
691 Ciências) – Curso de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Santa Maria.
692
693 GALLETI, S.R. Introdução a microscopia eletrônica. **Biológico**, v.65, p. 33-35, 2003.
694 Disponível em: <
695 http://pointer.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/lce1302/Microscopio_Eletronico.pdf
696 Acesso em: Mai. 06, 2018. >
697
698 GENTILE, P. et al. An Overview of Poly(lactic-co-glycolic) Acid (PLGA)-Based
699 Biomaterials for Bone Tissue Engineering. **International Journal of Molecular Sciences**, v.
700 15, p. 3640-3659, 2014. Disponível em:
701 <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3975359/pdf/ijms-15-03640.pdf>> Acesso
702 em: Jun. 05, 2018.
703
704 GIACOMELLI, C. **Nouveaux Développements dans l'Encapsulation de Molécules**
705 **Hydrophobes via l'Auto-Assemblage de Copolymères à Blocs Amphiphiles**. 2007. Tese
706 (Doutorado em Química) – Curso de Pós-graduação em Química, Université Bordeaux 1.
707
708 GOMES, N.M. et al. Antinociceptive activity of Amazonian Copaiba oils.
709 **Journal of Ethnopharmacology**, v.109, p.486-492, 2007. Disponível em:
710 <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17029841>> Acesso em: Jun. 06, 2018. doi:
711 10.1016/j.jep.2006.08.018
712
713 GREENHALGH, D.G. Wound healing and diabetes mellitus. **Clinics in Plastic Surgery**,
714 v.30, p. 37-45, 2003. Disponível em: <[http://www.lipteh.com/Study-](http://www.lipteh.com/Study-Notes/General/Wound%20healing/Articles/diabetic%20wound%20healing.pdf)
715 [Notes/General/Wound%20healing/Articles/diabetic%20wound%20healing.pdf](http://www.lipteh.com/Study-Notes/General/Wound%20healing/Articles/diabetic%20wound%20healing.pdf)> Acesso em:
716 Jun. 10, 2018.
717
718 HADJICHRISTIDIS, N. et al. **BLOCK COPOLYMERS: Synthetic Strategies, Physical**
719 **Properties and Applications**. New Jersey: Wiley-Interscience, 2003. 409p.
720
721 HAGE JR., E. Aspectos históricos sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia de
722 polímeros. **Polímeros**, v.8, p. 6-9, 1998. Disponível em:
723 http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14281998000200003 Acesso
724 em: Mar. 23, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14281998000200003>
725
726 ISIK, M. et al. Ionic Liquids and Cellulose: Dissolution, Chemical Modification and
727 Preparation of New Cellulosic Materials. **International Journal Molecular Sciences**, v. 15,
728 p. 11922-11940, 2014. Disponível em:
729 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4139821/> Acesso em: Mai. 05, 2018. doi:
730 <https://dx.doi.org/10.3390%2Fijms150711922>
731
732 IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology**. 1996. 1670p.
733

- 734 IUPAC. **Compendium of Polymer Terminology and Nomenclature**. RSC Publishing,
735 2008. 465p.
736
- 737 JUVENCIO, L.R.F. **PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILME DE**
738 **PVA/QUITOSANA/COLÁGENO VISANDO A APLICAÇÃO COMO CURATIVO**
739 **CUTÂNEO**. 2017. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Curso de Pós-
740 graduação em Ciência dos Materiais, Universidade Federal de São Carlos.
741
- 742 KAWAHARA, M.; KATO-NEGISHI, M. Link between Aluminium and the Pathogenesis of
743 Alzheimer's Disease: The Integration of the Aluminium and Amyloid Cascade Hypotheses.
744 **International Journal of Alzheimer's Disease**, v. 2011, 17p., 2011. Disponível em:
745 <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3056430/>> Acesso em: Jun. 05, 2018.
746
- 747 LUCAS, E.F. et al. **Caracterização de Polímeros**. Rio de Janeiro: E-papers, 2001. 366p.
748
- 749 MACHADO, F.; PINTO, J.C. Uma revisão sobre polimerização de olefinas usando
750 catalisadores Ziegler-Natta heterogêneos. **Polímeros**, v.21, p. 321-334, 2011. Disponível em:
751 <http://www.scielo.br/pdf/po/v21n4/aop_0856.pdf> Acesso em: Jul. 02, 2018.
752
- 753 MACIEL, V.B.V.; FRANCO, T.T.; YOSHIDA, C.M.P. Sistemas inteligentes de embalagens
754 utilizando filmes de quitosana como indicador colorimétrico de temperatura. **Polímeros**, v.22,
755 p.318-324, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282012000400003&script=sci_abstract&tlng=pt> Acesso em: Jun. 06, 2018. doi:
756 <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282012005000054>
757
- 758 MAI, Y.; EISENBERG, A. Self-assembly of block copolymers. **Chemical Society Reviews**,
759 v. 41, p.5969-5985, 2012. Disponível em:
760 <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/cs/c2cs35115c#!divAbstract> Acesso em:
761 Jun. 01, 2018. doi: 10.1039/c2cs35115c
762
- 763 MALI, S. et al. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina:**
764 **Ciências Agrárias**, v.31, p.137-156, 2010. Disponível em: <
765 www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/download/4898/4363>. Acesso em:
766 Jun. 06, 2018.
767
- 768 MATYJASZEWSKI, K.; DAVIS, T.P. **HANDBOOK OF RADICAL**
769 **POLYMERIZATION**. Estados Unidos: Wiley-Interscience, 2002. 901p.
770
- 771 MATYJASZEWSKI, K.; XIA, J. Atom Transfer Radical Polymerization. **Chemical Reviews**,
772 v. 101, p.2921–2990, 2001. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/cr940534g>
773 Acesso em: Jun. 10, 2018. doi: 10.1021/cr940534g
774
- 775 MAX PLANCK INSTITUTE FOR POLYMER RESEARCH (München). Gel Permeation
776 Chromatography (GPC) Size Exclusion Chromatography (SEC): manual técnico. München,
777 2018.
778
- 779 MIKHAILOV, G.M.; LEBEDEVA, M.F. Procedures for preparing chitin-based fibers.
780 **Russian Journal of Applied Chemistry**, v.80, p. 685-694, 2007. Disponível em:
781 <<https://link.springer.com/article/10.1134/S1070427207050011>> Acesso em: Jun. 10, 2018.
782

- 783 **MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasília, DF). Guia alimentar para a população brasileira:**
784 **Promovendo a Alimentação Saudável:** manual técnico. Brasília, 2008. 210p.
785
- 786 MOAD, G. et al. Living Radical Polymerization by the RAFT Process. **Aust. J. Chem.**, v.58,
787 p.379-410, 2005. Disponível em: < <http://www.publish.csiro.au/CH/pdf/CH05072> >. Acesso
788 em: Mai. 10, 2018. doi: <https://doi.org/10.1071/CH05072>
789
- 790 MOORE, J.C. Gel Permeation Chromatography. I. A new method for molecular weight
791 distribution of high polymers. **Journal of Polymer Science: Part A**, v.2, p. 835-843, 1964.
792 Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/pol.1964.100020220>>
793 Acesso em: Jul. 04, 2018. doi: <https://doi.org/10.1002/pol.1964.100020220>
794
- 795 **MORAES, S.B. POLIMERIZAÇÃO VIA RADICAL LIVRE MEDIADA POR**
796 **NITRÓXIDOS EM EMULSÃO E MINIEMULSÃO A BAIXAS TEMPERATURAS.**
797 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Curso de Pós-graduação em Engenharia
798 Química, Universidade Estadual de Campinas.
799
- 800 MUKHOPADHYAY, S. Density functional study on the role of electron donors in propylene
801 polymerization using Ziegler-Natta catalyst. **Journal of Organometallic Chemistry**, v. 690,
802 p. 1356-1365, 2005. Disponível em:
803 <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022328X04009684>> Acesso em: Jul.
804 11, 2018.
805
- 806 OLIVEIRA, M.A.M.; NELE, M.; PINTO, J.C. Polimerização RAFT em miniemulsão.
807 **Polímeros**, v.23, p.784-797, 2013. Disponível em:
808 <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0104-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0104-14282013000600015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)
809 [14282013000600015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0104-14282013000600015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)> Acesso em: Mai. 05, 2018. doi:
810 <http://dx.doi.org/10.4322/polimeros.2014.013>
811
- 812 PINGUELO, G.C.B. et al. Influência do tempo de mistura lenta no uso combinado de
813 polímeros naturais para o tratamento de água. **Brazilian Journal of Food Research**, v.8, p.
814 1-11, 2017. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rebrapa/article/view/3986/pdf> Acesso
815 em: Mai. 05, 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.3895/rebrapa.v8n3.3986>
816
- 817 PITT, F.D. et al. Desenvolvimento histórico, científico e tecnológico de polímeros sintéticos e
818 de fontes renováveis. **Revista da Unifebe**, v.1, 2011. Disponível em:
819 <<http://periodicos.unifebe.edu.br/index.php/revistaeletronicadaunifebe/article/view/47/38>>
820 Acesso em: Mai. 05, 2018.
821
- 822 PIZARRO, R.G. et al. Development of fluorometholone-loaded PLGA nanoparticles for
823 treatment of inflammatory disorders of anterior and posterior segments of the eye.
824 **International Journal of Pharmaceutics**, v.547, p. 338-346, 2018. Disponível em:
825 <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378517318303594>> Acesso em: Jun.
826 05, 2018.
827
- 828 RHIM, J.W.; PARK, H.M.; HA, C.S. Bio-nanocomposites for food packaging applications.
829 **Progress in Polymer Science**, v.38, p.1629-1652, 2013. Disponível em:
830 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S007967001300049X> Acesso em: Jun. 06,
831 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.05.008>
832
833

- 833 RODOLFO JR., A.; NUNES, L.R.; ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC**. São Paulo:
834 ProEditores, 2006. 450p.
835
- 836 SANTANA, R.C.; CABREIRA, V. **Análise Instrumental Aplicada a Polímeros**. Porto
837 Alegre: Projeto UFRGS EAD, 2009.
838
- 839 SARWAR, M.S.; NIAZI, M.B.K.; JAHAN, Z.; AHMAD, T.; HUSSAIN, A. Preparation and
840 characterization of PVA/nanocellulose/Ag nanocomposite films for antimicrobial food
841 packaging. **Carbohydrate Polymers**, v.184, p. 453-464, 2018. Disponível em:
842 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861717314790> Acesso em: Jun. 07,
843 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.068>
844
- 845 SHIMONI, E.; ANDERSON, E.M.; LABUZA, T.P. Reliability of time temperature indicators
846 under temperature abuse. **Journal of Food Science**, v.66, p.1337-1340, 2001. Disponível em:
847 <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15211.x>>Acesso em:
848 Jun. 06, 2018. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15211.x>
849
- 850 SHRIVER, D.F. et al. **Química Inorgânica**. Porto Alegre: Bookman, 2006. 848p.
851
- 852 SOUZA, T.A.D. **HIDROGEL DE QUITOSANA EM DIFERENTES GRAUS DE**
853 **DESACETILAÇÃO NA CICATRIZAÇÃO DE FERIDAS CUTÂNEAS DE RATAS**
854 **DIABÉTICAS**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Curso de Pós-graduação em
855 Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás.
856
- 857 SOUZA, V.V. et al. Polimerização Radicalar Controlada na modalidade RAFT: do
858 controlados ao polímero. In: 31º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2008.
859
- 860 SZYCHER, M. **POLYURETHANES**. Londres: CRC Press, 1999. 65p.
861
- 862 WEISS, J. et al. Functional Materials in Food Nanotechnology. **Journal of Food Science**,
863 v.71, p.107-116, 2006. Disponível em:
864 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1750-3841.2006.00195.x> Acesso em: Mai.
865 05, 2018. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00195.x>
866
- 867 WIEBECK, H.; HARADA, J. **Plásticos de Engenharia – Tecnologia e Aplicações**. São
868 Paulo: Artliber Editora, 2005. 352p.
869
- 870 ZARBIN, A.J.G. Química de (Nano)materiais. **Química Nova**, v.30, p. 1469-1479, 2007.
871 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n6/a16v30n6.pdf>> Acesso em: Jul. 03, 2018.