



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS DE RIBEIRÃO PRETO

Produção de micro/nanofibras eletrofiadas à base de álcool polivinílico (PVA) contendo agentes antimicrobianos para aplicações farmacêuticas

Maria Sirlene Morais

**Ribeirão Preto
2021**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS DE RIBEIRÃO PRETO

Produção de micro/nanofibras eletrofiadas à base de álcool polivinílico (PVA) contendo agentes antimicrobianos para aplicações farmacêuticas

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto para obtenção do Título de Mestre em Ciências.
Área de concentração: Medicamentos e Cosméticos

Orientada: Maria Sirlene Morais

Orientador: Prof. Dr. Wanderley Pereira de Oliveira

Versão corrigida da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas em 28/01/2022. A versão original encontra-se disponível na Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto/USP.

Ribeirão Preto

2021

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Morais, Maria Sirlene

Produção de micro/nanofibras eletrofiadas à base de álcool polivinílico (PVA) contendo agentes antimicrobianos para aplicações farmacêuticas. Ribeirão Preto, 2021.

74 p.; 30cm.

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto/USP – Área de concentração: Medicamentos e Cosméticos. Orientador: Oliveira, Wanderley Pereira

1. Nanofibras. 2. Eletrofiação. 3. Encapsulação. 4. Ativos naturais. 5. Atividade antimicrobiana.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome do aluno: Maria Sirlene Morais

Título do trabalho: Produção de micro/nanofibras eletrofiadas à base de álcool polivinílico (PVA) contendo agentes antimicrobianos para aplicações farmacêuticas.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas para obtenção do Título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Medicamentos e Cosméticos.
Orientador: Prof. Dr. Wanderley Pereira Oliveira

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof (a) Dr(a): _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof (a) Dr(a): _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof (a) Dr(a): _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Trabalho realizado no Departamento de Ciências Farmacêuticas da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Processos Farmacêuticos (LAPROFAR)

Dedicatória.....

A minha família, seja ela, a que nasceu comigo, a nascida de mim ou a escolhida por mim, que me ajudou chegar até aqui.

Vocês são e sempre serão a minha força!

AGRADECIMENTOS

Ao *Prof. Dr. Wanderley Pereira de Oliveira*, pela oportunidade, dedicação, paciência e principalmente, por contribuir em minha formação profissional.

Ao Técnico do LAPROFAR, Sr. Marcelo Luis Lombardi Martinez, pela amizade, apoio e auxílio nas atividades experimentais.

Aos professores e professoras que tive oportunidade de conhecer nas disciplinas cursadas durante esse período da minha formação, pelo conhecimento compartilhado.

Aos amigos do LAPROFAR: Iara, Victor, Yan, Leonardo, pela amizade e apoio.

Aos amigos da UFSCar por terem me recebido tão calorosamente, em especial à Dra Daniela Patrícia Freire Bonfim por todo conhecimento transmitido.

À Dra Marita Gimenez Pereira, pela amizade e apoio na realização dos ensaios de atividade antifúngica e antibacteriana das fibras eletrofiadas.

A minha amiga Dra Cláudia Regina Fernandes Souza, pelas contribuições e presença constante, principalmente em meus dias de puro desespero.

Ao programa de Pós- graduação da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – USP pela oportunidade de aprimoramento e realização deste projeto de pesquisa.

Aos órgãos de incentivo á pesquisa e desenvolvimento CNPq e FAPESP, pelo continuo apoio ás atividade de pesquisa do LAPROFAR.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES)- Código de Financiamento 001”.

Meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

MORAIS, M.S. **Produção de micro/nanofibras eletrofiadas à base de álcool polivinílico (PVA) contendo agentes antimicrobianos para aplicações farmacêuticas.** 2021. 74 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2021.

O desenvolvimento de biomateriais tem trazido inúmeros benefícios para diversas áreas do conhecimento, com ênfase nas ciências biomédicas. Este trabalho apresenta a fabricação de micro e nanofibras biodegradáveis à base de álcool polivinílico (PVA), incorporando três princípios ativos farmacêuticos - o extrato bruto de própolis, quitosana e nistatina, pelo processo de eletrofiação. Os efeitos dos parâmetros de processamento relacionados à solução polimérica, como pH, condutividade elétrica e comportamento reológico, foram investigados. As mantas de micro/nanofibras eletrofiadas foram caracterizadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), atividade antimicrobiana e ensaios de umedecimento e absorção de água. Nanofibras foram produzidas com sucesso, as quais apresentaram atividade antimicrobiana contra *S. aureus*, boa compatibilidade entre componentes e excelentes características de absorção de água. As características das nanofibras eletrofiadas dependem das propriedades da composição de eletrofiação e dos ingredientes farmacêuticos ativos incorporados. Portanto, a produção de micro e nanofibras biodegradáveis eletrofiadas a partir de PVA contendo agentes antimicrobianos é viável. As propriedades das mantas eletrofiadas produzidas qualificam-nas como um excelente biomaterial para uso como curativo para feridas e queimaduras, entre outras aplicações.

Palavras-chave: nanofibras, eletrofiação, polímeros biodegradáveis, ativos naturais, encapsulação, atividade antimicrobiana

ABSTRACT

MORAIS, M.S. **Production of polyvinyl alcohol (PVA) electrospun micro/nanofibers containing antimicrobial agents for pharmaceutical applications**. 2021. 74 f. Thesis (Master's degree). Faculty of Pharmaceutical Sciences of Ribeirão Preto - University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2021.

The development of biomaterials has brought countless benefits to several areas of knowledge, emphasizing biomedical sciences. This work presents the manufacture of biodegradable micro and nanofibers based on polyvinyl alcohol (PVA), incorporating three active pharmaceutical ingredients - the crude extract of propolis, chitosan and nystatin, by electrospinning. The effects of processing parameters related to the polymer solution, such as pH, electrical conductivity and rheological behavior, were investigated. The electrospun micro/nanofiber mats were characterized by scanning electron microscopy (SEM), Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), antimicrobial activity and wetting and water absorption assays. Nanofibers were successfully produced, which showed antimicrobial activity against *S. aureus*, good compatibility between components and excellent water absorption characteristics. The electrospun nanofibers' characteristics depend on the electrospinning composition's properties and incorporated active pharmaceutical ingredients. Therefore, the production of electrospun biodegradable micro and nanofibers from PVA added with antimicrobial agents is feasible. The properties of the produced electrospun mats qualify them as an excellent biomaterial for use as wounds and burns dressings, among others applications.

Keywords: nanofibers, electrospinning, biodegradable polymers, natural actives, encapsulation, antimicrobial activity.

1. INTRODUÇÃO

Os nanomateriais têm apresentado importância significativa em aplicações tecnológicas em diversas áreas do conhecimento, em função de suas propriedades físico-químicas aprimoradas. São constituídos por substâncias químicas ou materiais em escalas nanométricas (1-100 nm) em pelo menos uma dimensão. Para os nanomateriais, o tamanho é o fator de relevância que ao ser ajustado, vai proporcionar novas propriedades e inter-relações visando um objetivo pré-definido (SALEH, 2020).

As nanofibras surgiram como um nanomaterial fibroso que tem recebido enorme atenção na atualidade, com aplicações inovadoras em diferentes áreas do conhecimento. Entre seus diferenciais é possível destacar a alta relação superfície/volume, presença de pequenos poros interfibras, que resulta em elevada porosidade, e a possibilidade de ser fabricada a partir de diversos materiais. Pode ser aprimorada com adição de diversas moléculas, terapêuticas ou não, o que as tornam exclusivas em muitas aplicações avançadas, como na área biomédica e têxteis médicos (HUANG et al., 2012; ÇAY et al., 2014; VILCHES et al., 2020).

As nanofibras podem ser produzidas por diferentes processos, com destaque para a eletrofiação. A eletrofiação, também conhecida por *electrospinning*, é uma técnica simples e versátil que utiliza forças eletrostáticas para produzir fibras de dimensões que variam de micrometros até nanômetros. No processo, uma alta voltagem é aplicada à ponta de um capilar por onde uma solução polimérica, ou ainda um polímero fundido, será ejetado. Quando o campo elétrico atinge um valor crítico, em que a força elétrica supera a tensão superficial da solução, a gota formada na ponta do capilar, assume o formato de um cone (Cone de Taylor). Há então uma transposição eletrostática, onde a gota em formato de cone evolui para um jato carregado que viaja pelo ar, eventualmente, até um coletor aterrado. Durante o percurso, o solvente presente na solução evapora, formando uma fibra de polímero carregada que fica depositada aleatoriamente no coletor (ÇAY et al., 2014; ISLAM et al., 2015; XUE et al., 2019). A operação completa de eletrofiação pode ser influenciada por vários fatores chamados parâmetros de processamento e englobam propriedades relacionadas à solução polimérica (viscosidade, condutividade elétrica, pH); ao equipamento (distância capilar-coletor, vazão de alimentação); e às condições ambientais (umidade e temperatura). O efeito desses

parâmetros na qualidade das nanofibras tem sido amplamente investigada (HUANG et al., 2003; LI et al., 2004; RAMAKRISHNA et al., 2006).

A técnica pode ser aplicada para produzir fibras a partir de uma grande variedade de polímeros naturais, sintéticos, biodegradáveis ou não biodegradáveis, e combinações destes (RENEKER, 1996; CHRONAKIS, 2005).

Uma das áreas de aplicação de nanofibras produzidas por eletrofiação é em medicina regenerativa, sendo um dos objetivos da engenharia tecidual é usar suportes (*scaffolds*) como análogos da matriz extracelular ou substratos de suporte para células que tenham sido revestidas nesta matriz (CHRONAKIS, 2005). As mesmas são capazes de proporcionar a ancoragem, migração e proliferação de células para reproduzir a estrutura tridimensional do tecido a ser regenerado. Em relação às aplicações em sistemas de entrega medicamentos, incluindo sistemas de liberação controlada, as nanofibras oferecem oportunidade para o encapsulamento de diferentes ativos como antibióticos, drogas antineoplásicas, proteínas e DNA (ZANIN et al., 2011).

Danos físicos à pele são lesões muito comuns que normalmente ocorrem durante a vida do ser humano, sendo sua cicatrização uma sequência complexa de processos celulares e moleculares (ARCHANA et al., 2013). O desenvolvimento de novos materiais para curativos é um desafio permanente em termos de inovação tecnológica médica, e um curativo ideal requer uma série de requisitos como taxa de intumescimento apropriada, permeabilidade ao oxigênio, absorção de exsudatos, preservação da umidade e controle microbiano. Muitos desses requisitos podem ser plenamente atendidos pelas micro e nanofibras (ABRIGO et al., 2014; AMBEKAR et al., 2019).

Este trabalho, portanto, tem como objetivo avaliar o potencial do processo de eletrofiação para a produção de nanofibras de PVA incorporadas de ativos farmacêuticos (extrato concentrado da própolis verde, quitosana e a nistatina), visando aplicações futuras como curativos de feridas. Investigou-se a influência de parâmetros relacionados à solução polimérica, nas propriedades físico-químicas, e a atividade antimicrobiana das fibras formadas,

6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho, levou à obtenção de informações relevantes sobre diversos aspectos envolvidos na produção de nanofibras poliméricas pelo processo de eletrofição, e seu emprego como um sistema inovador de carreamento de fármacos. A análise dos resultados experimentais permite a obtenção de várias conclusões abordando os aspectos de composição das formulações a serem eletrofiadas, do processo de eletrofição e seus parâmetros de maior relevância para o sucesso na obtenção das fibras, métodos de caracterização a avaliação da atividade antimicrobiana das fibras obtidas. A seguir apresentam-se as principais conclusões obtidas.

- A técnica de eletrofição se mostrou efetiva para a produção de micro e nanofibras de PVA adicionadas com os ativos extrato concentrado da própolis, quitosana, nistatina, bem como suas misturas;
- A adição dos compostos e suas misturas nas soluções de PVA resultou em variações nos parâmetros da solução como o pH, a condutividade e viscosidade aparente o que refletiu nas características morfológicas das nanofibras formadas;
- As condições de eletrofição podem ser controladas bem como a morfologia das mantas como o diâmetro e a porosidade;
- Todas as mantas eletrofiadas apresentaram atividade antimicrobiana, exceto para a bactéria *E. coli*. Para *S. Aureus* as amostras F2 e F5 apresentaram os maiores halos de inibição;
- As membranas de nanofibras obtidas se mostraram altamente promissoras para aplicações farmacêuticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL, Silvestre Bongiovanni et al. Effect of benign solvents composition on poly (ϵ -caprolactone) electrospun fiber properties. **Materials Letters**, v. 245, p. 86-89, 2019.
- ABRIGO, Martina; MCARTHUR, Sally L.; KINGSHOTT, Peter. Electrospun nanofibers as dressings for chronic wound care: advances, challenges, and future prospects. **Macromolecular bioscience**, v. 14, n. 6, p. 772-792, 2014.
- ABUNAHHEL, Bassam M.; AZMAN, Nurul Zahirah Noor; JAMIL, Munirah. Effect of Needle Diameter on the Morphological Structure of Electrospun n-Bi₂O₃/Epoxy-PVA Nanofiber Mats. **Chemical and Materials Engineering**, v. 12, n. 6, p. 296-299, 2018.
- ADIBZADEH, Siavash; BAZGIR, Saeed; KATBAB, Ali A. Fabrication and characterization of chitosan/poly (vinyl alcohol) electrospun nanofibrous membranes containing silver nanoparticles for antibacterial water filtration. **Iranian Polymer Journal**, v. 23, n. 8, p. 645-654, 2014.
- ADOMAVIČIŪTĖ, Erika et al. Formation and analysis of electrospun nonwoven mats from bicomponent PVA/aqueous propolis nano-microfibres. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, 2015.
- AKHGARI, Abbas et al. Indomethacin electrospun nanofibers for colonic drug delivery: In vitro dissolution studies. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 152, p. 29-35, 2017.
- ALAVARSE, ALEX CARVALHO. Desenvolvimento e caracterização de arcabouços à base de blendas poliméricas de PVA e de Quitosana para engenharia de tecido. **Santo André: Universidade Federal do ABC**, 2015.
- ALCOBIA, Daniel de Souza. **Produção de nanofibras alinhadas de polímeros biodegradáveis para crescimento e regeneração de células neurais**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- AMBEKAR, Rushikesh S.; KANDASUBRAMANIAN, Balasubramanian. Advancements in nanofibers for wound dressing: A review. **European Polymer Journal**, v. 117, p. 304-336, 2019.
- ANJUM, Syed Ishtiaq et al. Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 7, p. 1695-1703, 2019.
- ARANAZ, Inmaculada et al. Functional characterization of chitin and chitosan. **Current chemical biology**, v. 3, n. 2, p. 203-230, 2009.

- ARCHANA, D.; DUTTA, Joydeep; DUTTA, P. K. Evaluation of chitosan nano dressing for wound healing: Characterization, in vitro and in vivo studies. **International journal of biological macromolecules**, v. 57, p. 193-203, 2013.
- ASAWAHAME, Chawalinee et al. Formation of orally fast dissolving fibers containing propolis by electrospinning technique. **Chiang Mai Journal of Science**, v. 42, p. 469-480, 2015.
- BARUDIN, Nur Hidayati Ahmad et al. Synthesis, characterization and comparative study of nano-Ag-TiO₂ against Gram-positive and Gram-negative bacteria under fluorescent light. **Food Control**, v. 46, p. 480-487, 2014.
- BAKHSHESHI-RAD, Hamid Reza et al. Development of the PVA/CS nanofibers containing silk protein sericin as a wound dressing: In vitro and in vivo assessment. **International journal of biological macromolecules**, v. 149, p. 513-521, 2020.
- BANKOVA, V. S.; POPOV, S. S.; MAREKOV, N. L. A study on flavonoids of propolis. **Journal of Natural Products**, v. 46, n. 4, p. 471-474, 1983.
- BARHOUM, Ahmed et al. Nanofibers as new-generation materials: from spinning and nano-spinning fabrication techniques to emerging applications. **Applied Materials Today**, v. 17, p. 1-35, 2019.
- BAUMGARTEN, Peter K. Electrostatic spinning of acrylic microfibers. **Journal of colloid and interface science**, v. 36, n. 1, p. 71-79, 1971.
- BAYAT, Samaneh et al. Bromelain-loaded chitosan nanofibers prepared by electrospinning method for burn wound healing in animal models. **Life sciences**, v. 229, p. 57-66, 2019.
- BAYDA, Samer et al. The history of nanoscience and nanotechnology: from chemical-physical applications to nanomedicine. **Molecules**, v. 25, n. 1, p. 112, 2020.
- BERRETTA, Andresa Aparecida et al. Propolis and its potential against SARS-CoV-2 infection mechanisms and COVID-19 disease. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, p. 110622, 2020.
- BHARDWAJ, Nandana; KUNDU, Subhas C. Electrospinning: a fascinating fiber fabrication technique. **Biotechnology advances**, v. 28, n. 3, p. 325-347, 2010.
- BIRCH, M.; SIBLEY, G. Antifungal Chemistry Review. 2017.
- BOGNITZKI, Michael et al. Nanostructured fibers via electrospinning. **Advanced materials**, v. 13, n. 1, p. 70-72, 2001.
- BREIJYEH, Zeinab; JUBEH, Buthaina; KARAMAN, Rafik. Resistance of Gram-negative bacteria to current antibacterial agents and approaches to resolve it. **Molecules**, v. 25, n. 6, p. 1340, 2020.

- BRETTMANN, Blair Kathryn et al. Electrospun formulations containing crystalline active pharmaceutical ingredients. **Pharmaceutical research**, v. 30, n. 1, p. 238-246, 2013.
- BRITO, G. F. et al. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. **Revista eletrônica de materiais e Processos**, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.
- BULUŞ, Erdi; BULUŞ, Gülseren Sakarya; AKKAŞ, Mehmet. Investigation of the Effects of Working Parameters in Electrospinning Technology on Morphology of Polymeric Nanofiber Membranes Using Reference Polymers. **Journal of materials and electronic devices**, v. 2, n. 1, p. 6-11, 2021.
- BURGER, Christian; HSIAO, Benjamin S.; CHU, Benjamin. Nanofibrous materials and their applications. **Annu. Rev. Mater. Res.**, v. 36, p. 333-368, 2006.
- CAPEK, Ignác. **Nanocomposite structures and dispersions**. Elsevier, 2019.
- ÇAY, Ahmet; MIRAFTAB, Mohsen; KUMBASAR, E. Perrin Akçakoca. Characterization and swelling performance of physically stabilized electrospun poly (vinyl alcohol)/chitosan nanofibres. **European Polymer Journal**, v. 61, p. 253-262, 2014.
- CHARALABIDIS, Aggelos et al. The biopharmaceutics classification system (BCS) and the biopharmaceutics drug disposition classification system (BDDCS): beyond guidelines. **International journal of pharmaceutics**, v. 566, p. 264-281, 2019.
- CHEN, Haisheng et al. Functionalized electrospun nanofiber membranes for water treatment: A review. **Science of The Total Environment**, v. 739, p. 139944, 2020.
- CHENG, Dong-Bing et al. Recent advances of morphology adaptive nanomaterials for anti-cancer drug delivery. **Progress in Natural Science: Materials International**, 2020.
- CHIELLINI, Emo et al. Biodegradation of poly (vinyl alcohol) based materials. **Progress in Polymer Science**, v. 28, n. 6, p. 963-1014, 2003.
- CHRONAKIS, Ioannis S. Novel nanocomposites and nanoceramics based on polymer nanofibers using electrospinning process—a review. **Journal of materials processing technology**, v. 167, n. 2-3, p. 283-293, 2005.
- COSTA, Rodrigo GF et al. Eletrofiação de Polímeros em Solução: parte I: fundamentação teórica. **Polímeros**, v. 22, n. 2, p. 170-177, 2012.
- CUI, Jiabin et al. Electrospun nanofiber membranes for wastewater treatment applications. **Separation and Purification Technology**, p. 117116, 2020.
- DE SOUSA, João PB et al. A reliable quantitative method for the analysis of phenolic compounds in Brazilian propolis by reverse phase high performance liquid chromatography. **Journal of Separation Science**, v. 30, n. 16, p. 2656-2665, 2007.
- DEITZEL, Joseph M. et al. Controlled deposition of electrospun poly (ethylene oxide) fibers. **Polymer**, v. 42, n. 19, p. 8163-8170, 2001.

- DING, Bin et al. Preparation and characterization of nanoscaled poly (vinyl alcohol) fibers via electrospinning. **Fibers and Polymers**, v. 3, n. 2, p. 73-79, 2002.
- DOLEZ, Patricia I. Nanomaterials definitions, classifications, and applications. **In: Nanoengineering**. Elsevier, 2015. p. 3-40.
- DOSHI, Jayesh; RENEKER, Darrell H. Electrospinning process and applications of electrospun fibers. **Journal of electrostatics**, v. 35, n. 2-3, p. 151-160, 1995.
- ELKORDY, Amal Ali et al. An overview on natural product drug formulations from conventional medicines to nanomedicines: past, present and future. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, p. 102459, 2021.
- ESKANDARINIA, Asghar et al. A propolis enriched polyurethane-hyaluronic acid nanofibrous wound dressing with remarkable antibacterial and wound healing activities. **International journal of biological macromolecules**, v. 149, p. 467-476, 2020.
- FAN, Liu. **Development of functional polyvinyl alcohol nanofibers by electrospinning technology**. 2012. Tese de Doutorado.
- FANG, Jian et al. Applications of electrospun nanofibers. **Chinese science bulletin**, v. 53, n. 15, p. 2265-2286, 2008.
- FONG, Hao; CHUN, Iksoo; RENEKER, Darrel H. Beaded nanofibers formed during electrospinning. **Polymer**, v. 40, n. 16, p. 4585-4592, 1999.
- FRANCO, Diogo; GONÇALVES, Luiz Fernando. Feridas cutâneas: a escolha do curativo adequado. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, v. 35, p. 203-206, 2008.
- FRIDRIKH, Sergey V. et al. Controlling the fiber diameter during electrospinning. **Physical review letters**, v. 90, n. 14, p. 144502, 2003.
- GENG, Xinying; KWON, Oh-Hyeong; JANG, Jinho. Electrospinning of chitosan dissolved in concentrated acetic acid solution. **Biomaterials**, v. 26, n. 27, p. 5427-5432, 2005.
- GEORGE, Ashish et al. A comprehensive review on chemical properties and applications of biopolymers and their composites. **International journal of biological macromolecules**, v. 154, p. 329-338, 2020.
- GHORBANI-CHOGHAMARANI, Arash et al. Application of Nanofibers Based on Natural Materials as Catalyst in Organic Reactions. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, 2020.
- GONÇALVES, M.C. **Nanomaterials**, in: GONÇALVES, M.C.; MARGARIDO, F. ed., **Materials for Construction and Civil Engineering: Science, Processing and Design**, chapter 14. Springer, New York, USA, 629-677, 2015.
- GOY, Rejane C.; BRITTO, Douglas de; ASSIS, Odilio BG. A review of the antimicrobial activity of chitosan. **Polímeros**, v. 19, p. 241-247, 2009.

- GUERRINI, Lilia M. et al. Eletrofição do poli (álcool vinílico) via solução aquosa. **Polímeros**, v. 16, p. 286-293, 2006.
- GUPTA, Kailash Chandra et al. Nanofibrous scaffolds in biomedical applications. **Biomaterials research**, v. 18, n. 1, p. 1-11, 2014.
- HAIDER, Adnan; HAIDER, Sajjad; KANG, Inn-Kyu. A comprehensive review summarizing the effect of electrospinning parameters and potential applications of nanofibers in biomedical and biotechnology. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 11, n. 8, p. 1165-1188, 2018.
- HOMAYONI, Homa; RAVANDI, Seyed Abdolkarim Hosseini; VALIZADEH, Masoumeh. Influence of the molecular weight of chitosan on the spinnability of chitosan/poly (vinyl alcohol) blend nanofibers. **Journal of applied polymer science**, v. 113, n. 4, p. 2507-2513, 2009.
- HOTALING, Nathan A. et al. Dataset for the validation and use of DiameterJ an open source nanofiber diameter measurement tool. **Data in brief**, v. 5, p. 13-22, 2015.
- HOTALING, Nathan A. et al. DiameterJ: A validated open source nanofiber diameter measurement tool. **Biomaterials**, v. 61, p. 327-338, 2015.
- HUANG, Chengyang et al. The involvement of integrin $\beta 1$ signaling in the migration and myofibroblastic differentiation of skin fibroblasts on anisotropic collagen-containing nanofibers. **Biomaterials**, v. 33, n. 6, p. 1791-1800, 2012.
- HUANG, Zheng-Ming et al. A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. **Composites science and technology**, v. 63, n. 15, p. 2223-2253, 2003.
- IBRAHIM, Hassan M.; KLINGNER, Anke. A review on electrospun polymeric nanofibers: Production parameters and potential applications. **Polymer Testing**, v. 90, p. 106647, 2020.
- IOIRISH, N. *As Abelhas: Farmacêuticas com Asas*, Editora Mir: Moscou, 1982; p. 228.
- ISLAM, Md Shahidul; RAHAMAN, Md Saifur; YEUM, Jeong Hyun. Electrospun novel super-absorbent based on polysaccharide–polyvinyl alcohol–montmorillonite clay nanocomposites. **Carbohydrate polymers**, v. 115, p. 69-77, 2015.
- JIA, Yong-Tang et al. Fabrication and characterization of poly (vinyl alcohol)/chitosan blend nanofibers produced by electrospinning method. **Carbohydrate polymers**, v. 67, n. 3, p. 403-409, 2007.
- JUBEH, Buthaina; BREIJYEH, Zeinab; KARAMAN, Rafik. Resistance of gram-positive bacteria to current antibacterial agents and overcoming approaches. **Molecules**, v. 25, n. 12, p. 2888, 2020.
- KADAJJI, Veeran Gowda; BETAGERI, Guru V. Water soluble polymers for pharmaceutical applications. **Polymers**, v. 3, n. 4, p. 1972-2009, 2011.

- KAKORIA, Ashish; SINHA-RAY, Sumit. A review on biopolymer-based fibers via electrospinning and solution blowing and their applications. **Fibers**, v. 6, n. 3, p. 45, 2018.
- KANG, Yun Ok et al. Chitosan-coated poly (vinyl alcohol) nanofibers for wound dressings. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials**, v. 92, n. 2, p. 568-576, 2010.
- KARAKAŞ, Hale. Electrospinning of nanofibers and their applications. **Istanbul Technical University, Textile Technologies and Design Faculty**, 2015.
- KIM, Jeong In et al. Electrospun propolis/polyurethane composite nanofibers for biomedical applications. **Materials Science and Engineering: C**, v. 44, p. 52-57, 2014.
- KIM, Jong-Sang; RENEKER, Darrell H. Polybenzimidazole nanofiber produced by electrospinning. **Polymer Engineering & Science**, v. 39, n. 5, p. 849-854, 1999.
- KIM, Mi Jin et al. In vitro and in vivo application of PLGA nanofiber for artificial blood vessel. **Macromolecular Research**, v. 16, n. 4, p. 345-352, 2008.
- KOOSHA, Mojtaba; MIRZADEH, Hamid. Electrospinning, mechanical properties, and cell behavior study of chitosan/PVA nanofibers. **Journal of Biomedical Materials Research Part A**, v. 103, n. 9, p. 3081-3093, 2015.
- KRISTANC, Luka et al. The pore-forming action of polyenes: From model membranes to living organisms. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes**, v. 1861, n. 2, p. 418-430, 2019.
- KUGARAJAH, Vaidhegi et al. Future Applications of Electrospun Nanofibers in Pressure Driven Water Treatment: A Brief Review and Update. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, p. 105107, 2021.
- KUMAR, Santosh; MUKHERJEE, Avik; DUTTA, Joydeep. Chitosan based nanocomposite films and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 196-209, 2020.
- LAI, Guo-Jyun et al. Composite chitosan/silk fibroin nanofibers for modulation of osteogenic differentiation and proliferation of human mesenchymal stem cells. **Carbohydrate polymers**, v. 111, p. 288-297, 2014.
- LARANJEIRA, Mauro; FÁVERE, Valfredo T. de. Quitosana: biopolímero funcional com potencial industrial biomédico. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 672-678, 2009.
- LEENA, Maria et al. Electrospraying and spinning techniques: fabrication and its potential applications. In: **Food Nanotechnology**. CRC Press, 2019. p. 187-216.
- LI, Dan; XIA, Younan. Electrospinning of nanofibers: reinventing the wheel? **Advanced materials**, v. 16, n. 14, p. 1151-1170, 2004.

- LI, Ting-Ting et al. Processing and characterizations of rotary linear needleless electrospun polyvinyl alcohol (PVA)/Chitosan (CS)/Graphene (Gr) nanofibrous membranes. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 8, n. 6, p. 5124-5132, 2019.
- LI, Zhensheng et al. Chitosan–alginate hybrid scaffolds for bone tissue engineering. **biomaterials**, v. 26, n. 18, p. 3919-3928, 2005.
- LI, Zhenyu; WANG, Ce. Effects of working parameters on electrospinning. In: **One-dimensional nanostructures**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. p. 15-28.
- LIM, Chwee Teck et al. Nanofiber technology: status and emerging developments. **Progress in Polymer Science**, v. 70, p. 1-17, 2017.
- LIN, Jinyou et al. Biomimicry via electrospinning. **Critical reviews in solid state and materials sciences**, v. 37, n. 2, p. 94-114, 2012.
- LIN, Tong et al. Using chitosan as a thickener for electrospinning dilute PVA solutions to improve fibre uniformity. **Nanotechnology**, v. 17, n. 15, p. 3718, 2006.
- LIU, Kesong; YAO, Xi; JIANG, Lei. Recent developments in bio-inspired special wettability. **Chemical Society Reviews**, v. 39, n. 8, p. 3240-3255, 2010.
- LOPEZ, Felipe L. et al. Amorphous formulations of indomethacin and griseofulvin prepared by electrospinning. **Molecular Pharmaceutics**, v. 11, n. 12, p. 4327-4338, 2014.
- LUO, C. J.; NANGREJO, M.; EDIRISINGHE, M. A novel method of selecting solvents for polymer electrospinning. **Polymer**, v. 51, n. 7, p. 1654-1662, 2010.
- MACOSSAY, Javier et al. Effect of needle diameter on nanofiber diameter and thermal properties of electrospun poly (methyl methacrylate). **Polymers for Advanced Technologies**, v. 18, n. 3, p. 180-183, 2007.
- MAHMUD, Md Musavvir et al. Effects of binary solvent mixtures on the electrospinning behavior of poly (vinyl alcohol). **Materials Research Express**, v. 5, n. 11, p. 115407, 2018.
- MANDRU, M. et al. Sustained release of nystatin from polyurethane membranes for biomedical applications. **Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures**, v. 6, n. 3, p. 1227-1238, 2011.
- MARCUCCI, Maria Cristina. Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. **Apidologie**, v. 26, n. 2, p. 83-99, 1995.
- MAYR-HARTING, Anna; HEDGES, A. J.; BERKELEY, R. C. W. Chapter VII methods for studying bacteriocins. In: *Methods in microbiology*. **Academic Press**, 1972. p. 315-422.
- MEHTA, Piyush P.; PAWAR, Vividha S. Electrospun nanofiber scaffolds: technology and applications. In: *Applications of nanocomposite materials in drug delivery*. **Woodhead Publishing**, 2018. p. 509-573.

- MILLÁS, Ana Luiza Garcia et al. Instalação da tecnologia de electrospinning para a produção e caracterização de nanofibras de celulose incorporadas com óleos naturais. 2012.
- MISHRA, Raghvendra Kumar et al. Electrospinning production of nanofibrous membranes. **Environmental Chemistry Letters**, v. 17, n. 2, p. 767-800, 2019.
- MIT-UPPATHAM, Chidchanok; NITHITANAKUL, Manit; SUPAPHOL, Pitt. Ultrafine electrospun polyamide-6 fibers: effect of solution conditions on morphology and average fiber diameter. **Macromolecular Chemistry and Physics**, v. 205, n. 17, p. 2327-2338, 2004.
- MORADKHANNEJHAD, Leila et al. Electrospinning of zein/propolis nanofibers; antimicrobial properties and morphology investigation. **Journal of Materials Science: Materials in Medicine**, v. 29, n. 11, p. 165, 2018.
- MUNJ, Hrishikesh R.; LANNUTTI, John J.; TOMASKO, David L. Understanding drug release from PCL/gelatin electrospun blends. **Journal of biomaterials applications**, v. 31, n. 6, p. 933-949, 2017.
- NAGY, Zsombor Kristóf et al. Electrospun water soluble polymer mat for ultrafast release of Donepezil HCl. **Express polymer letters**, v. 4, n. 12, p. 763-772, 2010.
- NAVARRO, Rômulo Feitosa. A Evolução dos Materiais. Parte I: da Pré-história ao Início da Era Moderna. **Revista eletrônica de materiais e processos**, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2006.
- NGADIMAN, Nor Hasrul Akhmal et al. Influence of polyvinyl alcohol molecular weight on the electrospun nanofiber mechanical properties. **Procedia Manufacturing**, v. 2, p. 568-572, 2015.
- NIU, Ben et al. Electrospinning of zein-ethyl cellulose hybrid nanofibers with improved water resistance for food preservation. **International journal of biological macromolecules**, v. 142, p. 592-599, 2020.
- OCHEKPE, Nelson A.; OLORUNFEMI, Patrick O.; NGWULUKA, Ndidi C. Nanotechnology and drug delivery part 1: background and applications. **Tropical journal of pharmaceutical research**, v. 8, n. 3, 2009.
- OLIVEIRA, Luís Manuel Barroso. **Automatização e controlo de um sistema de electrospinning**. 2011. Tese de Doutoramento.
- PAIPITAK, K. et al. Characterization of PVA-chitosan nanofibers prepared by electrospinning. **Procedia Engineering**, v. 8, p. 101-105, 2011.
- PÁL, Szilárd et al. Technological and biopharmaceutical optimization of nystatin release from a multiparticulate based bioadhesive drug delivery system. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 49, n. 2, p. 258-264, 2013.
- PELIPENKO, Jan et al. The impact of relative humidity during electrospinning on the morphology and mechanical properties of nanofibers. **International journal of pharmaceuticals**, v. 456, n. 1, p. 125-134, 2013.

- PILLAY, Viness et al. A review of the effect of processing variables on the fabrication of electrospun nanofibers for drug delivery applications. **Journal of Nanomaterials**, v. 2013, 2013.
- RAHMANI, Mahya et al. Cross-linked PMS/PLA nanofibers with tunable mechanical properties and degradation rate for biomedical applications. **European Polymer Journal**, p. 109633, 2020.
- RAMAKRISHNA, Seeram et al. Electrospun nanofibers: solving global issues. **Materials today**, v. 9, n. 3, p. 40-50, 2006.
- RAMAKRISHNA, Seeram. An introduction to electrospinning and nanofibers. **World Scientific**, 2005.
- RAMAKRISHNAN, Ramprasath et al. Effect of solution properties and operating parameters on needleless electrospinning of poly (ethylene oxide) nanofibers loaded with bovine serum albumin. **Current drug delivery**, v. 16, n. 10, p. 913-922, 2019.
- RAWTANI, Deepak; RAO, Piyush K.; HUSSAIN, Chaudhery Mustanar. Recent advances in analytical, bioanalytical and miscellaneous applications of green nanomaterial. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, p. 116109, 2020.
- RAZAVIZADEH, Bibi Marzieh; NIAZMAND, Razieh. Characterization of polyamide-6/propolis blended electrospun fibers. **Heliyon**, v. 6, n. 8, p. e04784, 2020.
- REBIA, Rina Afiani et al. Natural antibacterial reagents (centella, propolis, and hinokitiol) loaded into poly [(r)-3-hydroxybutyrate-co-(r)-3-hydroxyhexanoate] composite nanofibers for biomedical applications. **Nanomaterials**, v. 9, n. 12, p. 1665, 2019.
- RENEKER, Darrell H.; CHUN, Iksoo. Nanometre diameter fibres of polymer, produced by electrospinning. **Nanotechnology**, v. 7, n. 3, p. 216, 1996.
- ROŠIĆ, Romana et al. Physical characteristics of poly (vinyl alcohol) solutions in relation to electrospun nanofiber formation. **European polymer journal**, v. 49, n. 2, p. 290-298, 2013.
- RWEI, Syang-Peng; HUANG, Cheng-Chiang. Electrospinning PVA solution-rheology and morphology analyses. **Fibers and Polymers**, v. 13, n. 1, p. 44-50, 2012.
- SABRA, Sally et al. Recent advances in electrospun nanofibers for some biomedical applications. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 144, p. 105224, 2020.
- SADEGHI, Amin; PEZESHKI-MODARESS, Mohamad; ZANDI, Mojgan. Electrospun polyvinyl alcohol/gelatin/chondroitin sulfate nanofibrous scaffold: fabrication and in vitro evaluation. **International journal of biological macromolecules**, v. 114, p. 1248-1256, 2018.
- SADRI, Minoos et al. New wound dressing polymeric nanofiber containing green tea extract prepared by electrospinning method. **Fibers and Polymers**, v. 16, n. 8, p. 1742-1750, 2015.

- SAHARIAH, Priyanka; MASSON, Mar. Antimicrobial chitosan and chitosan derivatives: a review of the structure–activity relationship. **Biomacromolecules**, v. 18, n. 11, p. 3846-3868, 2017.
- SALEH, Tawfik A. Nanomaterials: Classification, properties, and environmental toxicities. **Environmental Technology & Innovation**, p. 101067, 2020.
- SALLES, Tais Helena Costa; LOMBELLO, Christiane Bertachini; D'ÁVILA, Marcos Akira. Electrospinning of gelatin/poly (vinyl pyrrolidone) blends from water/acetic acid solutions. **Materials Research**, v. 18, n. 3, p. 509-518, 2015.
- SALOMAO, Kelly et al. Brazilian propolis: correlation between chemical composition and antimicrobial activity. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 5, 2008.
- SANKARAN, Sowmya et al. Electrospun polymeric nanofibers: fundamental aspects of electrospinning processes, optimization of electrospinning parameters, properties, and applications. In: **Polymer nanocomposites in biomedical engineering**. Springer, Cham, 2019. p. 375-409.
- SHOJAEI, T. Roodbar et al. Characterization and Evaluation of Nanofiber Materials. **Handbook of Nanofibers**, 2018.
- SILVA, Hélio SR; DOS SANTOS, Kátia SCR; FERREIRA, Elizabeth I. Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 776-785, 2006.
- SINGH, Harmanpreet et al. Transmucosal delivery of Docetaxel by mucoadhesive polymeric nanofibers. **Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology**, v. 43, n. 4, p. 263-269, 2015.
- SIONKOWSKA, Alina. Current research on the blends of natural and synthetic polymers as new biomaterials. **Progress in polymer science**, v. 36, n. 9, p. 1254-1276, 2011.
- ŠIRC, Jakub et al. Morphological characterization of nanofibers: methods and application in practice. **Journal of Nanomaterials**, v. 2012, 2012.
- SON, Won Keun et al. Effect of pH on electrospinning of poly (vinyl alcohol). **Materials letters**, v. 59, n. 12, p. 1571-1575, 2005.
- STEGMAYER, M. Ángeles et al. Electrospinning synthesis and characterization of nanofibers of Co, Ce and mixed Co-Ce oxides. Their application to oxidation reactions of diesel soot and CO. **Catalysis Today**, 2020.
- STEPANYAN, Roman et al. Fiber diameter control in electrospinning. **Applied Physics Letters**, v. 105, n. 17, p. 173105, 2014.
- SUBBIAH, Thandavamoorthy et al. Electrospinning of nanofibers. **Journal of applied polymer science**, v. 96, n. 2, p. 557-569, 2005.

- SUDHA, Parappurath N. et al. Nanomaterials history, classification, unique properties, production and market. In: **Emerging Applications of Nanoparticles and Architecture Nanostructures**. Elsevier, 2018. p. 341-384.
- SUJKA, Witold et al. Influence of Porous Dressings Based on Butyric-Acetic Chitin Co-Polymer on Biological Processes In Vitro and In Vivo. **Materials**, v. 12, n. 6, p. 970, 2019.
- SUNG, Soo-Hyun et al. External use of propolis for oral, skin, and genital diseases: a systematic review and meta-analysis. Evidence-Based Complementary and **Alternative Medicine**, v. 2017, 2017.
- TAEPAIBOON P, Rungsardthong U, Supaphol P. Drug-loaded electrospun mats of poly (vinyl alcohol) fibres and their release characteristics of four model drugs. **Nanotechnology**. 2006;17.
- TANEJA, Neelam et al. Evolution of bacterial flora in burn wounds: key role of environmental disinfection in control of infection. **International journal of burns and trauma**, v. 3, n. 2, p. 102, 2013.
- TARUS, Bethwel et al. Effect of polymer concentration on the morphology and mechanical characteristics of electrospun cellulose acetate and poly (vinyl chloride) nanofiber mats. **Alexandria Engineering Journal**, v. 55, n. 3, p. 2975-2984, 2016.
- THOMPSON, C. J. et al. Effects of parameters on nanofiber diameter determined from electrospinning model. **Polymer**, v. 48, n. 23, p. 6913-6922, 2007.
- TUCKER, Chauncey L. et al. Mechanical and physical properties of recombinant spider silk films using organic and aqueous solvents. **Biomacromolecules**, v. 15, n. 8, p. 3158-3170, 2014.
- TUĞCU-DEMİRÖZ, Fatmanur et al. Development and characterization of chitosan nanoparticles loaded nanofiber hybrid system for vaginal controlled release of benzydamine. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, p. 105801, 2021.
- UYAR, Tamer; BESENBACHER, Flemming. Electrospinning of uniform polystyrene fibers: The effect of solvent conductivity. **Polymer**, v. 49, n. 24, p. 5336-5343, 2008.
- VASS, Panna et al. Scale-up of electrospinning technology: Applications in the pharmaceutical industry. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology**, v. 12, n. 4, p. e1611, 2020.
- VENUGOPAL, J.; RAMAKRISHNA, S. Biocompatible nanofiber matrices for the engineering of a dermal substitute for skin regeneration. **Tissue engineering**, v. 11, n. 5-6, p. 847-854, 2005.
- VILCHEZ, Ariel et al. Applications of electrospun nanofibers with antioxidant properties: A review. **Nanomaterials**, v. 10, n. 1, p. 175, 2020.
- VOLPATO, Fabio Zomer et al. Preservation of FGF-2 bioactivity using heparin-based nanoparticles, and their delivery from electrospun chitosan fibers. **Acta biomaterialia**, v. 8, n. 4, p. 1551-1559, 2012.

- WANG, Rongrong et al. Design of a RADA16-based self-assembling peptide nanofiber scaffold for biomedical applications. **Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition**, v. 30, n. 9, p. 713-736, 2019.
- XIE, Ping et al. Advanced carbon nanomaterials for state-of-the-art flexible supercapacitors. **Energy Storage Materials**, 2020.
- XU, He et al. An anisotropically and heterogeneously aligned patterned electrospun scaffold with tailored mechanical property and improved bioactivity for vascular tissue engineering. **ACS applied materials & interfaces**, v. 7, n. 16, p. 8706-8718, 2015.
- XU, Jia et al. Preparation of chitosan/PLA blend micro/nanofibers by electrospinning. **Materials Letters**, v. 63, n. 8, p. 658-660, 2009.
- XU, Xiuling et al. Ultrafine medicated fibers electrospun from W/O emulsions. **Journal of controlled release**, v. 108, n. 1, p. 33-42, 2005.
- XUE, Jiajia et al. Electrospinning and electrospun nanofibers: methods, materials, and applications. **Chemical reviews**, v. 119, n. 8, p. 5298-5415, 2019.
- YANG, Qingbiao et al. Influence of solvents on the formation of ultrathin uniform poly (vinyl pyrrolidone) nanofibers with electrospinning. **Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics**, v. 42, n. 20, p. 3721-3726, 2004.
- YU, Jiasheng et al. Electrospun PLGA fibers incorporated with functionalized biomolecules for cardiac tissue engineering. **Tissue Engineering Part A**, v. 20, n. 13-14, p. 1896-1907, 2014.
- ZAMANI, Maedeh; PRABHAKARAN, Molamma P. RAMAKRISHNA, Seeram. Advances in drug delivery via electrospun and electrospayed nanomaterials. **International journal of nanomedicine**, v. 8, p. 2997, 2013.
- ZANIN, Maria Helena A.; CERIZE, Natalia NP; DE OLIVEIRA, Adriano M. Production of nanofibers by electrospinning technology: overview and application in cosmetics. **Nanocosmetics and Nanomedicines**, p. 311-332, 2011.
- ZAREI, Maryam et al. Fabrication and characterization of conductive polypyrrole/chitosan/collagen electrospun nanofiber scaffold for tissue engineering application. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2020.
- ZEIGHAMPOUR, Farideh et al. Comparison of prolonged antibacterial activity and release profile of propolis-incorporated PVA nanofibrous mat, microfibrous mat, and film. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 135, n. 6, p. 45794, 2018.
- ZHANG, Yuanyuan et al. Preparation of electrospun chitosan/poly (vinyl alcohol) membranes. **Colloid and Polymer Science**, v. 285, n. 8, p. 855-863, 2007.
- ZONG, Xinhua et al. Structure and process relationship of electrospun bioabsorbable nanofiber membranes. **Polymer**, v. 43, n. 16, p. 4403-4412, 2002.

