

Estudo e Monitoramento Tecnológico de Tecnologias Associadas a Superfícies Hidrofóbicas

Study and Technological Monitoring of Technologies Associated With Hydrophobic Surfaces

Thianne Silva Batista¹

Valdirio Alexandre Gadelha Segundo¹

José Nilton Silva¹

¹Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, Brasil

Resumo

Este artigo aborda um estudo de monitoramento tecnológico no desenvolvimento de superfícies com caráter hidrofóbico com diversas áreas de aplicações. Para levantamento das informações foi utilizada a plataforma Questel Orbit® que direciona buscas em documentos de patentes, sendo aplicado como palavras-chaves: “Hidrofóbica”, “superfície”, “revestimento”, “sílica” e “polímero”. Foram feitas as análises “macro”, “meso” e “micro”, para obtenção das principais características tecnológicas referentes aos tipos de instituições, aos países e às áreas de atuação que apresentam os maiores números de patentes ao longo dos anos. Dentre as áreas de aplicação, destacam-se as áreas métodos de revestimento, técnicas de produção e síntese e composição. A principal matéria-prima utilizada para a produção/aplicação foram os compostos orgânicos, com destaque também para os poliméricos.

Palavras-chave: Monitoramento tecnológico. Patentes. Superfícies hidrofóbicas.

Abstract

This article approaches a technological monitoring study in the development of superhydrophobic and hydrophobic surfaces with various application areas. To obtain the information, the *Questel Orbit*® platform was used, which directs searches in patent documents, being applied as keywords: “Hydrophobic”, “surface”, “coating”, “silica” and “polymer”. The “macro”, “meso” and “micro” analyzes were carried out to obtain the main technological characteristics related to the types of institutions, the countries and the areas of performance that present the largest patent numbers over the years. Areas of application include areas of coating methods, production techniques, and synthesis and composition. The main raw material used for the production / application were the organic compounds, with emphasis also for the polymeric ones.

Keywords: Technological monitoring. Patent. Hydrophobic surfaces.

Área Tecnológica: Processos Químicos.



1 Introdução

Inspirado pela compreensão de fenômenos existentes na natureza, o estudo das características hidrofóbicas envolve conceitos que podem ser demonstrados pelas superfícies de algumas plantas e por diversas espécies de animais que possuem essas propriedades (FIHRI *et al.* 2017).

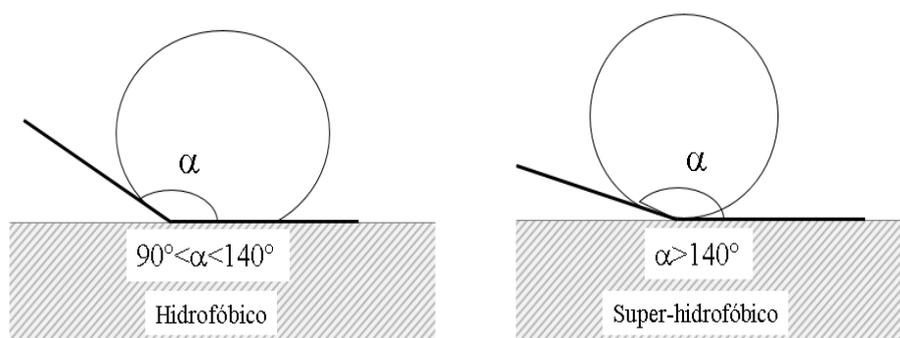
O termo “hidrofóbico” é referente às superfícies que têm aversão à água e, por definição, uma superfície hidrofóbica é aquela em que o ângulo de contato com a água é superior a 90° . Assim sendo, a hidrofobicidade de uma superfície é determinada pelo ângulo de contato: quanto maior o ângulo, maior a hidrofobicidade (PAL *et al.* 2005).

Hidrofilia e hidrofobicidade são os termos mais comuns introduzidos para representar a afinidade relativa de gotículas de água em superfícies sólidas. Em uma superfície hidrofílica, uma gotícula de água molha a maior superfície possível, entrando nos poros do material e saturando-o completamente. Por outro lado, uma gota de água é repelida por uma superfície hidrofóbica e, devido à ação de forças intermoleculares, assume uma forma quase esférica (VAZIRINASAB *et al.* 2018).

Assim, super-hidrofilicidade é caracterizada por descrever um espalhamento completo da água no substrato, em contraste, a super-hidrofobicidade apresenta um estado quase não molhante (VAZIRINASAB *et al.* 2018).

As superfícies super-hidrofóbicas são baseadas no efeito do lótus, também chamado de efeito de lótus antiaderente, descoberto nos anos 1970 a partir da observação microscópica das propriedades hidrofóbicas naturais das folhas da flor de lótus. Em meados da década de 1990, Wilhelm Barthlott desenvolveu e patenteou o princípio registrado como “efeito lótus” graças ao uso da nanotecnologia sobre a qual se baseiam as superfícies com características hidrofóbicas. Por sua vez, a hidrofobicidade de uma superfície é determinada pelo ângulo de contato: quanto maior o ângulo, maior a hidrofobicidade, assim como representado na Figura 1.

Figura 1 – Ângulo formado por uma gota de água numa superfície hidrofóbica



Fonte: Adaptada de Pal *et al.* (2005)

Os processos de adesão de uma substância sobre um material serão tanto maiores quanto forem as energias de superfícies envolvidas. Assim, quando se tem moléculas cercadas por espécies semelhantes em todos os lados, com forças intermoleculares equilibradas, elas irão interagir com moléculas estruturalmente semelhantes. Diferentemente de moléculas na superfície, que apresentam forças intermoleculares desequilibradas interagindo com o ar. Como resultado, as moléculas na superfície possuem energia livre adicional, que é chamada de energia de superfície (YILGÖR, I.; YILGÖR, E.; SÖZ, 2016).

As superfícies hidrofílicas, por isso, possuem elevados níveis de energia de superfície, enquanto que a super-hidrofobicidade é atribuído principalmente à existência de uma baixa energia superficial do material sólido e pode ser comumente caracterizado pela medida do ângulo que a água forma com a superfície (BURKARTER, 2010). O ângulo de contato que uma gotícula de água com uma superfície super-hidrofóbica deve ser superior a 140° (FERREIRA, 2013).

Em 1805, Thomas Young desenvolveu um estudo com base na ideia de equilíbrio de forças e obteve uma equação que associa parâmetros relevantes no efeito de interação sólido-líquido. A Equação 1, denominada equação de Young, relaciona o ângulo de contato entre um líquido e uma superfície sólida lisa, por meio de tensões interfaciais.

$$\cos \alpha = \frac{E_{SV} - E_{SL}}{E_{LV}} \quad (1)$$

Onde α é o ângulo de contato, E_{SV} é a tensão superficial do contato sólido e vapor, E_{SL} é a tensão superficial do contato sólido e líquido e E_{LV} a tensão superficial líquido vapor. Entende-se a partir da equação de Young que, como a tensão superficial da água e seus arredores (geralmente o ar) são fixos, uma diminuição na tensão superficial de um material sólido leva a um aumento no ângulo de contato (VAZIRINASAB *et al.* 2018).

As características estruturais das superfícies podem apresentar-se como lisas ou rugosas. Desse modo, maior rugosidade da superfície, combinada com uma menor energia é necessária para alcançar um ângulo de contato superior e super-hidrofobicidade. Wenzel (1936) propôs a primeira aproximação para caracterizar a influência da rugosidade da superfície do sólido. Dessa forma, ele modificou a equação de Young da seguinte maneira:

$$\cos \alpha_W = r \left(\frac{E_{SV} - E_{SL}}{E_{LV}} \right) \quad (2)$$

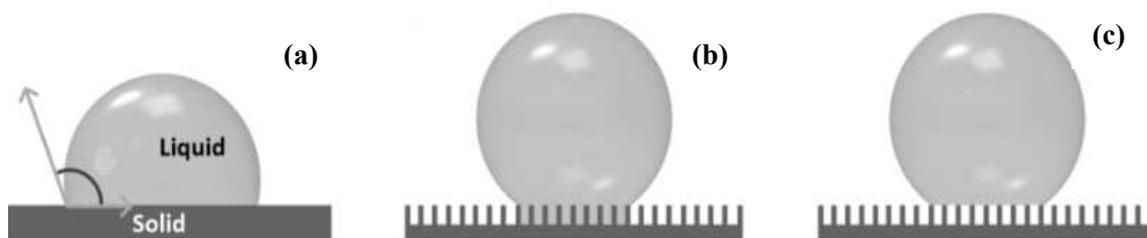
A Equação 2 é chamada de equação de Wenzel, em que r é o fator rugosidade superficial adimensional, definido pela razão entre a área real de uma superfície rugosa, A_{rugosa} , e sua área projetada, A_{lisa} (MOHAMED *et al.* 2015).

As equações de Young e Wenzel são válidas apenas para superfícies homogêneas, isto é, não se aplicam às superfícies heterogêneas. Um estado de molhamento heterogêneo, como Cassie-Baxter, Equação 3, tem ar (ou outro fluido) aprisionado nos sulcos de rugosidade sob o líquido e, portanto, o líquido é impedido de penetrar nos poros (VAZIRINASAB *et al.* 2018).

$$\cos \alpha_{CB} = -1 + \phi_S (\cos \alpha + 1) = \phi_S \cos \alpha + \phi_S - 1 \quad (3)$$

No estado heterogêneo, o líquido só entra em contato com o sólido no topo das saliências em uma fração denotada como ϕ_S , que é a relação da área total da interface sólido-líquido e líquido-ar em uma área geométrica plana de unidade paralela à superfície rugosa (YAN; GAO; BARTHOLOTT, 2011). Os estados das superfícies sólidas considerando as equações de Young, Wenzel e Cassie-Baxter podem ser ilustrados na Figura 2.

Figura 2 – Estados considerando a superfície lisa e superfície rugosa: (a) Young; (b) Wenzel; (c) Cassie-Baxter



Fonte: Adptado de Shin *et al.* (2016)

A demanda por superfícies hidrofóbicas e super-hidrofóbicas é crescente em diversas aplicações, como em revestimentos autolimpantes, anti-incrustação biológica, anticorrosivo, transporte seletivo de microgotas e separação óleo-água (CHO *et al.* 2017). Suas principais aplicabilidades são dadas em superfícies inorgânicas, como metais (alumínio e ligas de alumínio, ligas de ferro, cobre), vidros (janelas automotivas) e cerâmicas (materiais de construção) (SACILOTTO, 2015).

Para atribuir a estes materiais a hidrofobicidade ou super-hidrofobicidade são utilizados principalmente materiais funcionais que incluem grafeno, tubos de carbono e compostos orgânicos poliméricos (JIN *et al.* 2015). Para esse último, compostos que contém sílica, dióxido de silício, são frequentemente adicionados com finalidade de melhorar as propriedades mecânicas de alguns polímeros (HAMDI *et al.* 2016).

O desenvolvimento e aplicação de superfície com carácter hidrofóbico ou super-hidrofóbico tem despertado o interesse tanto para pesquisas acadêmicas quanto para diversas aplicações no setor industrial. Exemplos de trabalhos que abordam a tecnologia da super-hidrofobicidade ou hidrofobicidade em superfícies são citados por Guo *et al.* (2017); Yang *et al.* (2017); Zheng *et al.* (2016) e Mohamed *et al.* (2015).

Um estudo de monitoramento tecnológico faz parte do estudo de prospecção tecnológica, ou *forecast (ing)*, *foresight (ing)* ou *future studies*, que permite fornecer informações e indicações das principais tendências tecnológicas no contexto mundial (PORTER, 2004). Esses estudos auxiliam a identificação do estado da técnica de tecnologias e suas tendências e desenvolvimento tecnológicos, alinhado com as necessidades da sociedade.

A sistematização da prática de monitoramento tecnológico consiste em coletar, analisar informações sobre os desenvolvimentos científicos e tecnológicos em uma dada área de interesse, para dar suporte em uma ação ou decisão.

A busca em documentos de patentes permite gerar informações de apoio ao levantamento do estado da técnica relacionado ao desenvolvimento de superfícies hidrofóbicas. A partir do estado da técnica e do estado da arte disponível, tem-se a possibilidade de identificar os estágios e relevância das tecnologias, tendência para surgimento de novas tecnologias, investimentos, processos, produtos, PD&I, fusões e aquisições, parceiros, concorrentes no mercado, dentre outras.

Diante o exposto, o objetivo deste estudo foi realizar o levantamento do estado da técnica atual para desenvolvimento de superfícies hidrofóbicas, a partir da aplicação sistemática do monitoramento de patentes para verificação do desenvolvimento tecnológico utilizando a plataforma Questel Orbit®.

2 Metodologia

O método de monitoramento tecnológico realizado neste estudo utiliza informações oriundas dos documentos de patentes, utilizando como principal ferramenta de busca a plataforma Questel Orbit®. O sistema Orbit® abrange bases de dados de patentes de vários países como exemplo o Escritório Europeu de Patentes (EPO), Escritório Americano de Marcas e Patentes (USPTO), o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) do Brasil, entre outros.

A metodologia de pesquisa, empregada com o objetivo de mapear patentes no contexto das superfícies hidrofóbicas, consistiu em busca empregando palavras-chave e/ou classificação internacional de patentes (International Patent Classification – IPC) como entrada para a ferramenta Questel Orbit®. Inicialmente, buscou-se como palavra-chave “hidrofóbica”, “superfície”, “revestimento”, “sílica” e “polímero”, nos campos título, resumo e palavras-chave, de forma a obter o maior número possível de documentos de 1998 a 2018.

Depois da seleção dos documentos considerados como relevantes para o estudo, a análise foi realizada em 400 documentos com o intuito de extração de informações em dois níveis diferentes, a saber: macro e meso. Dentre esses 400 documentos foram selecionados 80 para análise mais detalhada dado pelo nível micro.

Análise no nível macro consistiu em uma análise dos documentos de acordo com a série histórica de depósitos/publicações, a distribuição por países, por universidades, centros de pesquisa e empresas ligadas ao conhecimento científico e desenvolvimento da tecnologia. Para análise do nível meso, foram categorizadas as áreas tecnológicas relacionadas ao tema que estão distribuídos os documentos de patentes. Cabe ressaltar que o mesmo documento pode estar incluído em mais de uma área.

Por fim, na análise nível micro foram identificadas particularidades nos documentos e detalhamentos tecnológicos de acordo com os aspectos mais relevantes em torno do conteúdo abordado, considerando a seguinte taxonomia:

- a) Processo: são identificados nos documentos métodos e processos para desenvolvimento e obtenção de tecnologias relacionadas ao tema principal.
- b) Matéria-prima: são identificados nos documentos os principais compostos utilizados para obtenção dos processos.
- c) Equipamento: são verificados os equipamentos utilizados nos processos de acordo com cada método específico de obtenção.
- d) Análise de caracterização: são observadas as técnicas que caracterizam os métodos como hidrofóbicos ou super-hidrofóbicos relacionando o melhor custo/benefício do respectivo processo.

3 Resultados e Discussão

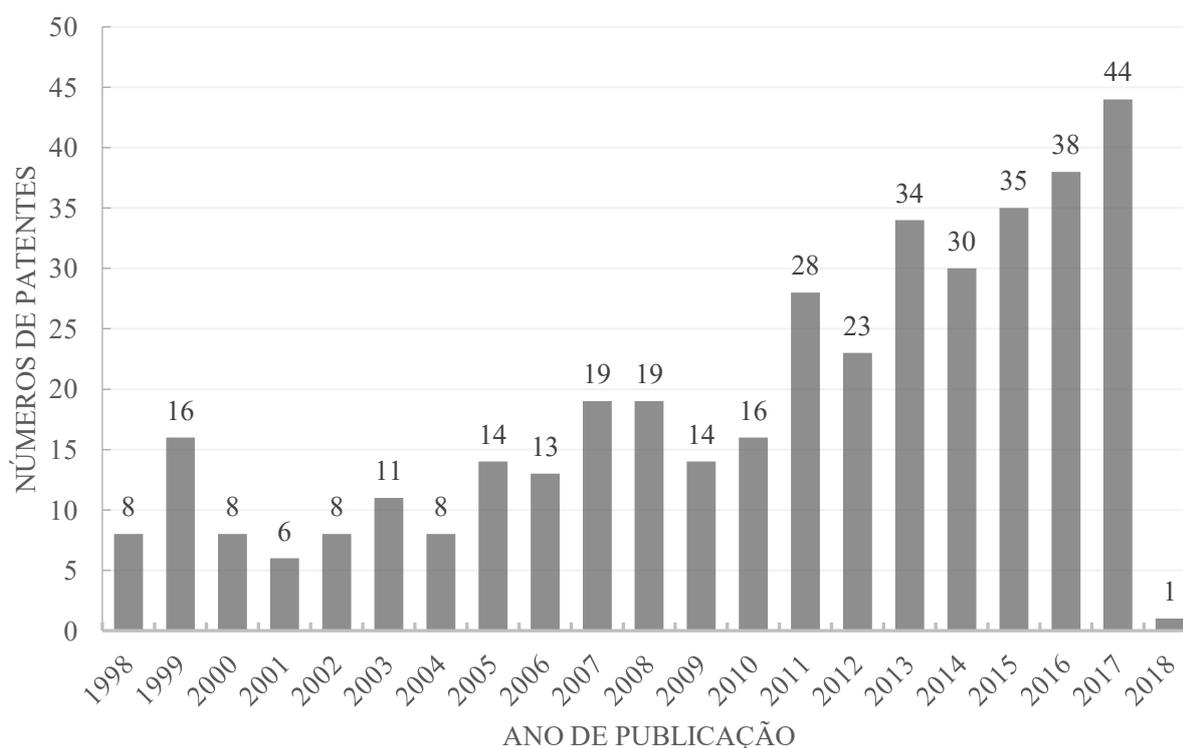
Depois da realização das buscas e leitura do conteúdo dos documentos de patentes selecionados a partir da metodologia aplicada, as informações extraídas dos 400 documentos de patentes que foram analisadas nos níveis de análise.

3.1 Distribuição de Patentes por Ano

A primeira análise está relacionada à evolução da produção tecnológica em número de patentes por ano. A Figura 3 representa a distribuição de patentes publicadas de 1998 a 2018, totalizando 393 documentos de patentes publicadas, que envolvem os conteúdos a respeito de superfícies hidrofóbicas.

Percebe-se que a partir do ano de 2013 houve um aumento significativo na quantidade de patentes, sendo em 2017 o ano com maior número de patentes publicadas correspondendo ao total de 44 documentos.

Figura 3 – Número de patentes publicadas sobre superfícies hidrofóbicas de 1998 a 2018

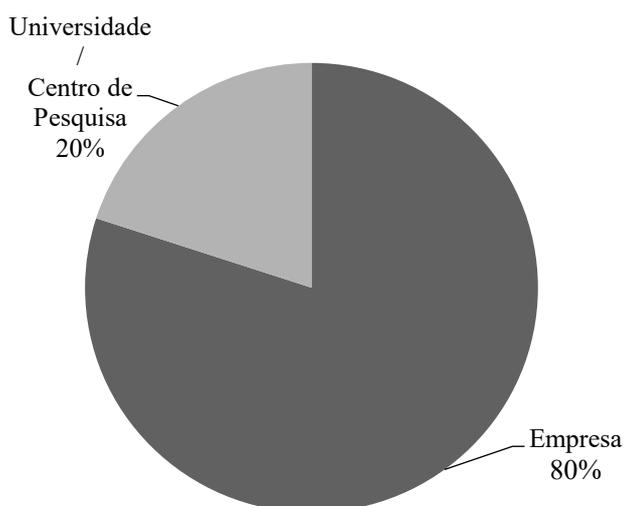


Fonte: Questel Orbit ® (2018)

3.2 Distribuição de Patentes por tipo de Instituição

As instituições que desenvolvem tecnologias relacionadas aos processos de hidrofobicidades de superfícies foram classificadas em empresas e universidades/centros de pesquisas. Dentre essas, as empresas foram as que mais se destacaram no número de patentes. Essa distribuição está representada na Figura 4.

Nas Tabelas 1 e 2, a seguir, estão descritas as principais empresas e universidades/centros de pesquisa, respectivamente, que estão relacionados com as superfícies hidrofóbicas. As empresas, assim como as universidades/centros de pesquisas, apresentam no mínimo cinco patentes publicadas e concedidas. É possível observar os países onde estão situadas as principais empresas na Tabela 1 e para as principais universidades e centro de pesquisa da Tabela 2 todas estão situadas na China.

Figura 4 – Distribuição das patentes por tipo de instituição

Fonte: Questel Orbit® (2018)

Tabela 1 – Principais empresas relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias associadas a superfícies hidrofóbicas

PRINCIPAIS EMPRESAS	PAÍSES	NÚMEROS DE PATENTES
Konica Minolta	Japão	13
BASF	Alemanha	8
Procter & Gamble (P&G)	Estados Unidos	7
AGFA Gevaert	Bélgica	6
FujiFilm	Japão	6
Dow Corning	Estados Unidos	5
Seiko Epson	Japão	5
3M	Estados Unidos	5
PPG Industries	Estados Unidos	5

Fonte: Questel Orbit® (2018)

Tabela 2 – Principais universidades e centro de pesquisa

PRINCIPAIS UNIVERSIDADES E CENTROS DE PESQUISA	PAÍSES	NÚMEROS DE PATENTES
CAS Guangzhou Chemistry	China	8
Shaanix University of Science and Technology	China	6
Jiangnan University	China	6
Zhejiang University	China	5
Kawamura Institute of Chemical Research	China	5

Fonte: Questel Orbit® (2018)

Dentre as principais empresas revela-se a Konica Minolta, multifuncional japonesa, com maior número de patentes. De acordo com os dados obtidos a partir da plataforma Questel Orbit®, o cenário para as aplicações das patentes nas principais empresas mencionadas, na

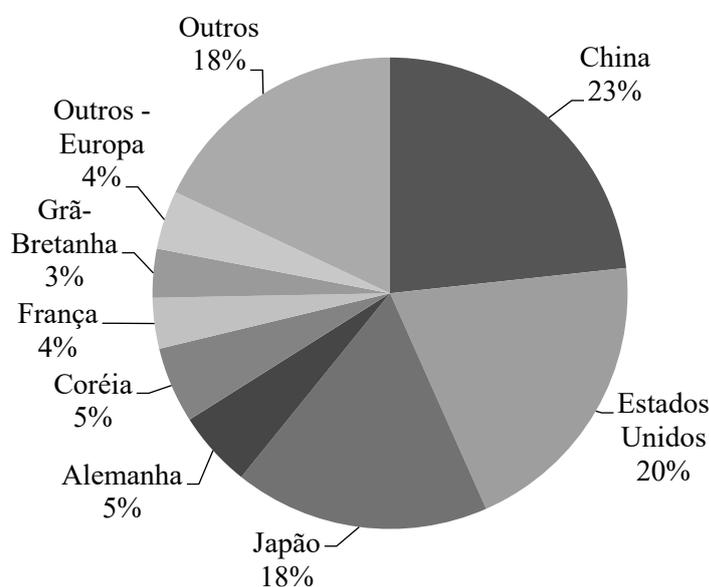
Tabela 1, situa-se de 2005 a 2013. Já a universidade de Shaanxi, na China, apresenta grande evolução nas aplicações de suas patentes de 2013 a 2017, assim como o centro de pesquisa química o CAS Guangzhou e a universidade de Zhejiang.

3.3 Distribuição das Patentes Depositadas e Publicadas por Países

A Figura 5 traz a distribuição das patentes depositadas nos principais países. Em relação aos países de origem das instituições, a China se destaca, com 23% do total de número de patentes depositadas.

Percebe-se, na Figura 5, uma concentração maior no número de patentes entre os países em crescente desenvolvimento tecnológico, compreendidos pela China, Estados Unidos, Japão e Alemanha.

Figura 5 – Distribuição de patentes por países depositantes



Fonte: Questel Orbit® (2018)

A Tabela 3 a seguir apresenta os percentuais das patentes publicadas pelos países, o qual é possível observar que os Estados Unidos, por exemplo, possuem 8,89% das patentes publicadas de 1998 a 2018. Valor que difere do percentual de patentes depositadas, assim como para os outros países.

Tabela 3 – Distribuição de patentes publicadas por países

PAÍSES	PATENTES PUBLICADAS (%)
China	26,54
Estados Unidos	8,89
Japão	6,84
Coréia	5,06
França	3,56
Índia	3,42

PAÍSES	PATENTES PUBLICADAS (%)
Alemanha	3,01
Austrália e Grã Betânia	2,74*
Canadá	2,6
Brasil e Rússia	2,33*
Itália	2,05
Taiwan	1,92
Outros	25,97

Nota: *cada país.

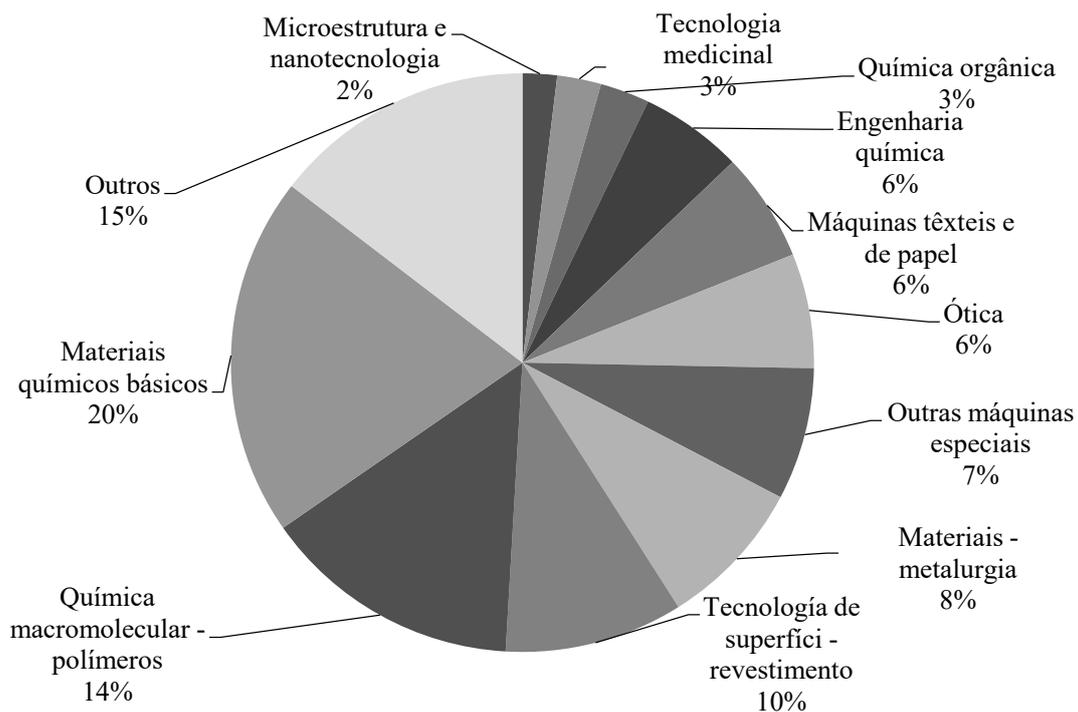
Fonte: Questel Orbit® (2018)

3.4 Características Tecnológicas

Foram identificadas 11 diferentes áreas das tecnologias relacionadas com superfícies hidrofóbicas, e a sua distribuição por número de patentes é representada na Figura 6. Sobre as áreas que apresentam maior percentual de patentes, pode-se destacar a tecnologia para o desenvolvimento de materiais químicos básicos, que envolvem processos de sínteses e fabricações. Também foram mencionadas outras áreas de relevância como as dos polímeros e da tecnologia de revestimento de superfície.

Para análise micro foram investigados 80 documentos de patentes, dentre esses 45 tornaram-se relevantes para obter informações referentes às principais aplicações, considerando as grandes áreas relacionadas ao tema.

Figura 6 – Distribuição de patentes nas áreas tecnológicas



Fonte: Questel Orbit® (2018)

3.5 Distribuição por Aplicações

As principais aplicações foram encontradas nas áreas de tecnologias de superfícies, nanotecnologia, materiais e de polímeros e a distribuição de patentes podem ser descritas como:

- a) Processo de hidrofobização:
 - Metais: 2 patentes
 - Materiais porosos: 1 patent
- b) Métodos de revestimento:
 - Super-hidrofóbicos e hidrofóbicos: 9 patentes
 - Hidrofóbicos auto-limpantes: 2 patentes
 - Com compostos orgânicos e poliméricos: 10 patentes
- c) Técnicas de produção:
 - Pó ultra-hidrofóbico: 2 patentes
 - Nanoestruturas hidrofóbicas: 2 patentes
 - Materiais semi-interpenetrante: 1 patente
 - Filmes (películas) super-hidrofóbicos: 6 patentes
- d) Síntese e composição:
 - Materiais super-hidrofóbicos e hidrofóbicos: 10 patentes

Dentre as áreas de aplicação, destacam-se as áreas métodos de revestimento, técnicas de produção e síntese e composição.

4 Considerações Finais

A partir do estudo das patentes publicadas de 1998 a 2018 associadas a superfícies hidrofóbicas, pode-se obter o seguinte:

- a) Analisando os depósitos por ano pode-se verificar que houve um aumento significativo do número de tecnologias criadas, destacando-se o ano 2017 com maior número depósitos de patentes.
- b) As empresas tiveram o maior número de depósitos de patentes em relação às universidade/ centros de pesquisa.
- c) Em relação aos países, destacam-se China e Estados Unidos no depósito de patentes.
- d) Entre as tecnologias relacionadas com as superfícies hidrofóbicas, as que mais se destacaram foram dos materiais químicos, somando 20% do total.
- e) As aplicações são amplas e estão em constante desenvolvimento, principalmente nas áreas de materiais e de revestimentos. Destaca-se também a sua grande importância dentro da área de nanotecnologia como produção de nanoestruturas hidrofóbicas.
- f) A principal matéria-prima utilizada para a produção/aplicação foram os compostos orgânicos, com destaque também para os poliméricos.
- g) Em relação aos métodos de revestimentos destacam-se os super-hidrofóbicos e hidrofóbicos.

Referências

- BURKARTER, E. **Desenvolvimento de superfícies superhidrofóbicas de politetrafluoretileno**. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- CHO, E. *et al.* Robust multifunctional super-hydrophobic coatings with enhanced water/oil separation, self-cleaning, anti-corrosion, and anti-biological adhesion. **Chemical Engineering Journal**, [S.l.], v. 314, p. 347–357, 2017.
- FERREIRA, L. M. V. **Revestimentos Hidrofóbicos**. 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.
- FIHRI, A. *et al.* Recent progress in super-hydrophobic coatings used for steel protection: A review. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, [S.l.], v. 520, p. 378–390, 2017.
- GUO, F. *et al.* Multifunctional hollow superhydrophobic SiO₂ microspheres with robust and self-cleaning and separation of oil/water emulsions properties. **Journal of Colloid and Interface Science**, [S.l.], v. 494, p. 54–63, 2017.
- HAMDI, B. *et al.* Ageing process of some pyrogenic silica samples exposed to controlled relative humidities Part I: Kinetic of water sorption and evolution of the surface silanol density. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, [S.l.], v. 491, p. 62–69, 2016.
- JIN, Y. *et al.* Super-hydrophobic and superoleophilic polydimethylsiloxane-coated cotton for oil–water separation process: An evidence of the relationship between its loading capacity and oil absorption ability. **Journal of Hazardous Materials**, [S.l.], v. 300, p. 175–181, 2015.
- MOHAMED, A. M. A.; ABDULLAH, A. M.; YOUNAN, N. Y. Corrosion behavior of super-hydrophobic surfaces: A review. **Arabian Journal of Chemistry**, [S.l.], v. 8, p. 749–765, 2015.
- PORTER, A. L. Technology futures analysis: towards integration of the field and new methods. **Technological Forecasting and Social Change**, [S.l.], v. 71, p. 287–303, 2004.
- PAL, S. *et al.* Molecular dynamics simulation of water near nanostructured hydrophobic surfaces: interfacial energies. **Chemical Physics and Physical Chemistry**, [S.l.], v. 6, p. 1641–1649, 2005.
- QUESTEL ORBIT. **Orbit Intelligence**. 2018. Disponível em: <<https://www.orbit.com/>>. Acesso em: 20 out. 2018.
- SACILOTTO, D. G. **Obtenção e caracterização de revestimento hidrofóbico utilizando viniltrióxido de silano (VTES) como precursor em solução sol-gel sobre aço inoxidável AISI 204 por dip-coating**. 2015. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais PPGE3M, Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.
- SHIN, S. *et al.* Bio-Inspired Extreme Wetting Surfaces for Biomedical Applications. **Materials**, [S.l.], v. 9, p. 1–116, 2016.
- VAZIRINASAB, E.; JAFARI, R.; MOMEN, G. Application of superhydrophobic coatings as a corrosion barrier: A review. **Surface and Coatings Technology**, [S.l.], v. 341, p. 40–56, 2018.

YAN, Y. Y.; GAO, N.; BARTHLOTT, W. Mimicking natural superhydrophobic surfaces and grasping the wetting process: A review on recent progress in preparing superhydrophobic surfaces. **Advances in Colloid and Interface Science**, [S.l.], v. 169, n. 1.-2, p. 80–105, 2011.

YANG, Z. *et al.* Superhydrophobic epoxy coating modified by fluorographene used for anti-corrosion and self-cleaning. **Applied Surface Science**, [S.l.], v. 401, p. 146–155, 2017.

YILGÖR, I.; YILGÖR, E.; SÖZ, C. K. **Superhydrophobic Polymer Surfaces: Preparation, Properties and Applications**. 1. ed. Turkey: Smithers Information Ltda., 2016.

ZHENG, D. *et al.* Superhydrophobic surfaces for corrosion protection: a review of recent progresses and future directions. **Journal of Coatings Technology and Research**, [S.l.], v. 13, p. 11–29, 2016.

Sobre os autores

Thianne Silva Batista

E-mail thianne.siilva@gmail.com

Doutorando em Engenharia Química na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); e mestre em Engenharia Química, pela UFCG.

Endereço profissional: Laboratório de Integrado de Engenharia e Processo. Rua Aprígio Veloso, 882 – Universitário, Campina Grande, PB. CEP: 58429-900.

Valdirio Alexandre Gadelha Segundo

E-mail valdirio.segundo@eq.ufcg.edu.br

Mestrando em Engenharia Química na na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG); graduado em Engenharia Química, pela UFCG.

Endereço profissional: Laboratório de Integrado de Engenharia e Processo. Rua Aprígio Veloso, 882 – Universitário, Campina Grande, PB. CEP: 58429-900.

José Nilton Silva

E-mail: nilton@eq.ufcg.edu.br

Doutor e mestre em Engenharia Química, pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), licenciado em Química, pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB); e bacharel em Engenharia Química, pela UFCG.

Endereço profissional: Laboratório de Integrado de Engenharia e Processo. Rua Aprígio Veloso, 882 – Universitário, Campina Grande, PB. CEP: 58429-900.