

# Produção de Carvões Ativados Derivados de Biomassa e sua Aplicação em Processos de Adsorção

## *Production of Activated Carbons Derived from Biomass and its Application in Adsorption Processes*

*José Luiz Cunha Cordeiro<sup>1</sup>*

*Raildo Alves Fiuza Junior<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil

### Resumo

Este trabalho tem como objetivos principais a busca de anterioridade sobre a produção de carvões ativados derivados de biomassa e sua aplicação em processos de adsorção, além de apresentar uma visão geral do estado atual de tecnologias nesta área de estudo. Para fazer o estudo de prospecção tecnológica, associou-se as palavras-chave *biomas\**, *adsorpt\** e *activ\* carbon\**, obtendo 181 patentes e eliminando-se as patentes que não foram o foco deste trabalho, foram obtidos 177 registros. A China foi o país que mais se destacou nesta área, com o maior número de documentos de patentes depositados no grupo estudado, indicando que tal país está seguro com a apropriação de seus conhecimentos. A partir da análise dos resultados encontrados na prospecção, verificou-se que a produção de carvões ativados derivados de biomassa e, sua aplicação em processos de adsorção é ainda pouco explorado consistindo de oportunidades para estudos posteriores.

Palavras-chave: Carvões Ativados. Biomassa. Adsorção.

### Abstract

This work has as main objectives the search of the previous one on the production of activated carbon derived from the biomass and its application in adsorption processes, besides presenting an overview of the area of study in this area. To do the study of technological prospecting, it was associated with *biomass \**, *adsorpt \** and *activ \* carbon \**, obtaining 181 patents and eliminating as patents that were not the focus of this work, we obtained 177 records. China was the country that most stood out in this area, with the largest number of patent documents deposited in the group studied, having this country as insurance with due attention to their knowledge. From the analysis of results found in the prospection, it was verified that the production of activated carbon derived from biomass and its application in adsorption processes is still little explored consisting of opportunities for further studies.

Keywords: Activated Carbon. Biomass. Adsorption.

Área Tecnológica: Química de Materiais. Meio Ambiente.



# 1 Introdução

Define-se adsorção como sendo uma operação de transferência de massa, a qual estuda a habilidade de certos sólidos em concentrar na sua superfície determinadas substâncias existentes em fluidos líquidos ou gasosos, possibilitando a separação dos componentes desses fluidos, sendo que a espécie que se acumula na interface do material é denominada de adsorvato e a superfície sólida no qual o adsorvato se acumula é denominada adsorvente (NASCIMENTO *et al.*, 2014). Os adsorventes são definidos como substâncias sólidas, porosas e que apresentam uma área superficial elevada na qual ocorre a adsorção do adsorvato, ou seja, da substância química que se acumula na superfície do adsorvente (CASTRO; FRANCO; CIDADE, 2018).

Atualmente, os processos de adsorção estão ganhando destaque tanto para a purificação de efluentes contaminados por diferentes contaminantes, como por corantes (YAGUB *et al.*, 2014), metais pesados (UDDIN, 2017), entre outros e para a remoção de Compostos Orgânicos Voláteis (ZHANG *et al.*, 2017) e outros gases poluentes da atmosfera, como o dióxido de carbono (FIUZA JÚNIOR *et al.*, 2015). O que faz a técnica de adsorção uma técnica bastante promissora é o seu baixo custo quando comparada a outras técnicas (BRITO *et al.*, 2010), além disso, ela pode ser aplicada a uma gama de poluentes aquáticos e atmosféricos (AHMAD *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2017).

A remoção dos poluentes atmosféricos e aquáticos é um desafio nos dias atuais e é de extrema importância, pois esses compostos oferecem riscos a saúde ambiental e humana. Os corantes por exemplo, dependendo da concentração e do tempo de exposição podem causar alergias, dermatites e câncer (BHARAT; RAMESH, 2013), além de produzirem uma cor indesejada quando liberados nos efluentes, reduzindo processos de fotossíntese e prejudicando a vida aquática (YAGUB *et al.*, 2014). Outros contaminantes muito comuns referem-se aos metais pesados que são contaminantes ambientais estáveis e persistentes, uma vez que não podem ser degradados e a depender das características físicas e químicas do ambiente aquático podem reagir e se dispersar ou são mobilizados e depositados nos sedimentos, constituindo um perigo potencial pelas características de biodisponibilidade adquiridas (SANTOS; JESUS, 2014). Os Compostos Orgânicos Voláteis também apresentam riscos a saúde humana como ao meio ambiente, onde muitos deles são tóxicos e carcinogênicos e contribuem para a depleção da camada de ozônio e intensificação do efeito estufa (ZHANG *et al.*, 2017).

Nesse cenário, o desenvolvimento de adsorventes para a remoção desses poluentes aquáticos e atmosféricos são de extrema importância. Vários materiais produzidos a partir de materiais carbonáceos, tais como carvões ativados (ALSLAIBI *et al.*, 2013), biochar (AHMAD *et al.*, 2014), fibras ativadas de carbono (TANG *et al.*, 2007), nanotubos de carbonos (TALAPATRA; MIGONE, 2002) entre outros, vem sendo aplicados a processos de adsorção.

A produção de carvões ativados para a remoção de poluentes a partir de resíduos de biomassa vem se tornando mais popular nos últimos tempos (FIUZA JUNIOR *et al.*, 2015), devido às biomassas serem consideradas resíduos agrícolas, como cascas de frutas, casca de

nozes e de castanha do Pará, pinhas, talos de milho, miolo de arroz, palha de arroz, entre outras (BRITO *et al.*, 2010; LIM; SRINIVASAKANNAN; BALASUBRAMANIAN, 2010; VAROL; PUTUN, 2012). Os carvões ativados são produzidos a partir de materiais ricos em carbono, como turfa, madeira, casca de nozes, cascas de frutas, entre outros por processos de carbonização e ativação. Geralmente é um dos adsorventes mais eficientes devido a seu baixo valor econômico em relação a outras técnicas, excelente capacidade de adsorção, propriedades ácidos e básicas e estabilidade térmica (ZHANG *et al.*, 2017).

Os carvões ativados podem ser produzidos a partir de materiais ricos em carbono (ZHANG *et al.*, 2017), como turfa, madeira, nozes, casca de arroz, caroço de frutas tropicais como o caroço de cajá, umbu, tamarindo, seriguela e acelora e cascas de frutas em geral, que são resíduos agroindustriais (ZHANG *et al.*; 2017; FIUZA JÚNIOR, 2016; LOANNIDOU; ZABANIOTOU, 2007; CHEN *et al.*, 2011; DIAS *et al.*, 2007).

Os carvões ativos derivados de biomassa podem ser produzido por pirólise seca ou pirólise hidrotérmica, por ativação física ou química entre outros (LOANNIDOU; ZABANIOTOU, 2007). Além disso, carvões ativados podem ser gerados por métodos de aquecimento em micro-ondas (ALSLAIBI *et al.*, 2013), bioregeneração (AKTAS; ÇECEN, 2007), com superfície modificada (SHAFEEYAN *et al.*, 2010), usando materiais ricos em lignina geralmente derivados de biomassa (ZHANG *et al.*, 2017) entre outros.

Nesse cenário, o estudo prospectivo é uma ferramenta importante, que influência nos processos de tomada de decisão para o desenvolvimento de novas tecnologias, bem como projeta e analisa possíveis estudos que contribuirão de forma positiva, na construção do futuro (SANTOS *et al.*, 2018). Além disso, a prospecção tecnológica é uma ferramenta importante, uma vez que facilita a propriedade intelectual, amplia a gestão da inovação, senso crítico e a visão dos gargalos tecnológicos, permite visualizar oportunidades, bem como pode ser utilizada para mapear aspectos da inovação do progresso tecnológico de um país, região ou mesmo áreas tecnológicas (LIMA *et al.*, 2019).

Essa prospecção tecnológica tem como objetivo identificar patentes na base de dados Espacenet que utilizem carvões ativados derivados de biomassa aplicados em processos de adsorção, além de identificar os principais métodos de ativação utilizados pelo país que mais se destaca no tema e analisar quais os poluentes que estão sendo adsorvidos por esses materiais.

## 2 Metodologia

A busca por documentos de patentes foi realizada de maneira a prover o maior número de documentos de patentes correspondentes ao tema de interesse, utilizando palavras chaves que tornassem possível uma pesquisa representativa acerca do tema. A Tabela 1 mostra o escopo utilizado para a pesquisa dos documentos de patentes

**Tabela 1** – Pesquisa por palavras-chave

TOTAL (PATENTES)	BIOMAS*	ADSORPT*	ACTIV* CARBON*	VOLATILE* ORGANIC* COMPOUND*
>10.000	X			
>10.000		X		
>10.000			X	
7.529				X
1	X	X	X	X
1046	X	X		
1607	X		X	
>10.000		X	X	
181	X	X	X	

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

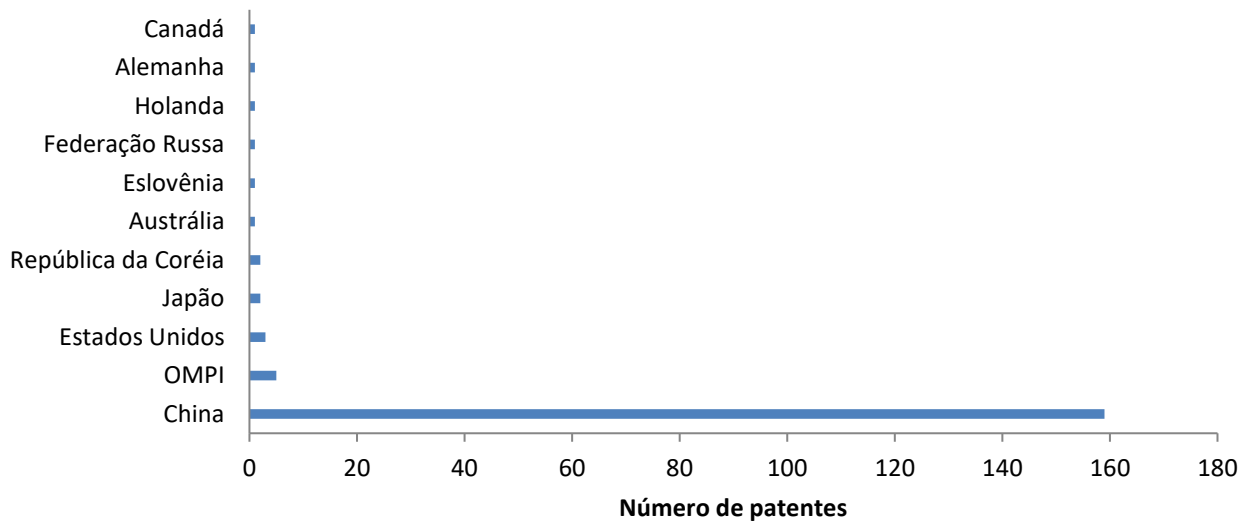
As buscas foram realizadas por meio do banco de patentes, do International Patent Classification (IPC), o ESPACENET, que é uma base mundial de acesso livre usualmente empregada em trabalhos de prospecção (SILVA; CID; QUINTELLA, 2015). A coleta de dados foi realizada em 20 de setembro de 2018, não houve limitação de período, objetivando mapear documentos de patentes sobre produção de carvões ativados derivados de biomassa e sua aplicação em processos de adsorção.

A metodologia consistiu na associação das palavras-chave *biomass\**; *adsorpt\** e *activ\* carbon\**, encontrando assim 181 documentos de patentes. Após a eliminação das repetições e a remoção de patentes não relacionadas ao foco deste trabalho, 177 famílias de patentes foram analisadas. Essas palavras-chave foram escolhidas para atender aos objetivos deste trabalho, mapeando, dessa forma, o maior número de patentes possíveis. Observa-se que para a busca com os termos individuais *Biomass\**, *Adsorpt\**, *Activ\* Carbon\** e para a combinação *Adsorpt\** e *Activ\* Carbon\**, sem quantificação exata. A quantificação para se fazer um estudo prospectivo só foi possível ao relacionar as três palavras-chaves dessa metodologia. Isso ocorreu devido à generalidade das palavras-chave escolhidas, quando utilizadas individualmente, incorporando, assim, diversos métodos e tecnologias que não são relacionados ao escopo deste trabalho.

### 3 Resultados e Discussão

Diversos países e uma organização depositaram patentes relativas ao tema, conforme nos mostra a Figura 1:

**Figura 1** – Países e organizações que mais detêm patentes na área em estudo



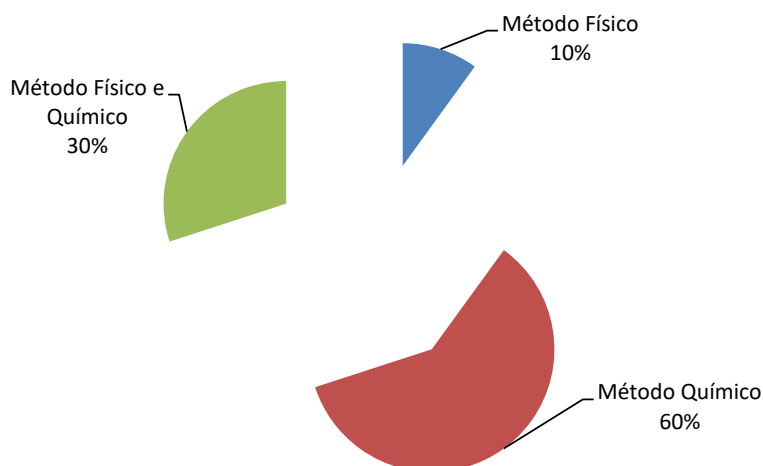
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2018)

O país que mais se destacou no domínio tecnológico de métodos para a produção de carvões ativados derivados de biomassa para aplicação em processos de adsorção foi a China, com 159 documentos de patentes, que equivale a aproximadamente 88% das patentes estudadas. A China é um país com 1,3 bilhão de pessoas (SILVA; CID; QUINTELLA, 2015) e tem investido em pesquisa nessa área por ser um grande produtor de resíduos de biomassas no mundo (FERNANDES *et al.*, 2018).

Além disso, a China possui sua matriz energética baseada em carvões, logo, a aplicação desses carvões em processos de adsorção é viável, sendo também um dos países que mais têm investido em tecnologias renováveis (FERNANDES *et al.*, 2018). Por fim, na China, parece já existir uma cultura de propriedade intelectual (SILVA; CID; QUINTELLA, 2015).

A ativação química foi a que mais se destacou para a produção de carvões ativados na China, correspondendo a 60% das patentes, seguida de ativação física e química simultaneamente com 30% e 10% das patentes respectivamente foi de ativação química, conforme apresentado a Figura 2.

**Figura 2** – Métodos de ativação que mais se destacaram na China



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

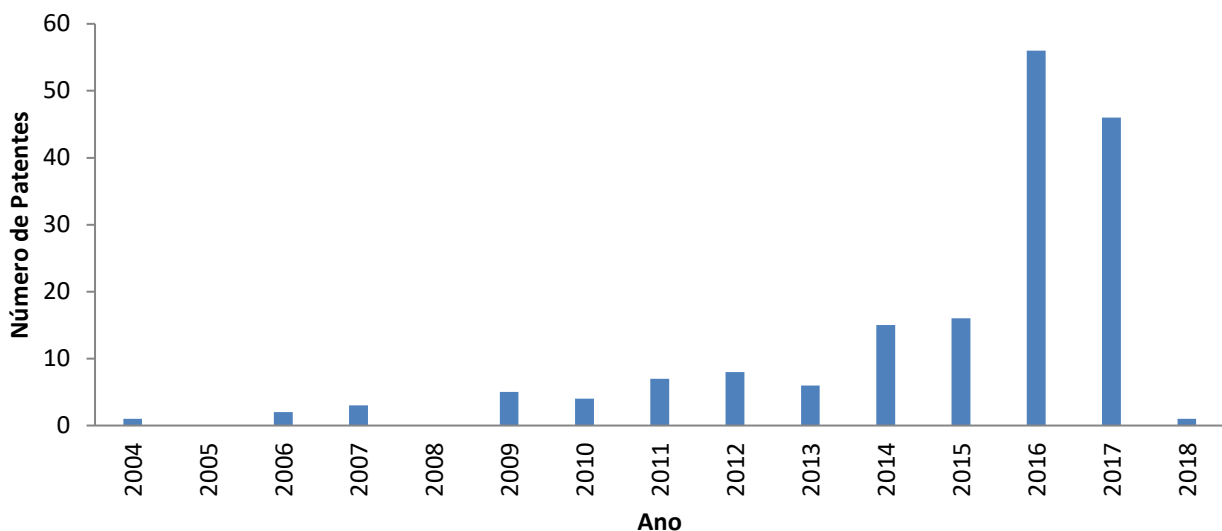
A China utilizou diversas etapas e vários agentes químicos ativantes para a produção de seus carvões ativados, logo não foi possível quantificar quais as substâncias químicas que mais aparecem nos processos de ativação química do carvão, mas ativações com soluções ácidas e básicas aparecem constantemente nas patentes. Não foi possível fazer um levantamento de quais as biomassas mais utilizadas pelos chineses, já que muitas patentes não especificam as biomassas utilizadas no processo de produção de carvão.

Após a China, a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI) foi quem mais se destacou no depósito de patentes referentes a este tema, com cinco patentes. Os países que mais se destacaram no depósito de patentes relativos a esse tema após a China foram: os Estados Unidos com três patentes; o Japão com duas patentes e a República da Coreia com duas patentes. Os demais países tiveram apenas uma patente cada um. O Brasil não aparece entre os países que depositaram patentes relativas ao tema, mesmo sendo o país que produz aproximadamente 1/3 da produção mundial de carvão, sendo que 75% desse carvão ainda é produzido artesanalmente, utilizando-se principalmente a lenha da mata nativa (SANTOS; HATAKEYAME, 2012), mostrando que tal país ainda não está seguro com a apropriação de seus conhecimentos.

A primeira patente a ser depositada foi em 1978 e ela desenvolveu uma tecnologia para tratamento de águas residuais, utilizando carvão ativo e micro-organismos aeróbicos. O carvão ativo foi utilizado nessa tecnologia para processos de adsorção. Essa patente foi depositada na República da Coreia tendo como titular a empresa Sterling Drug.

Durante muito tempo não houve depósito de patentes relativas a esse tema, sendo que uma nova patente foi depositada 11 anos depois, nos anos de 1989. Os anos de 1990 e 1991 também receberam o depósito de uma patente cada um. Entre 1992 e 1994 não houve depósitos de patentes, voltando a existir depósito no ano de 1995 com o depósito de duas patentes. Posteriormente a 1995 houve depósito no ano de 1997 com uma patente. Observa-se que o tema voltou a receber depósitos de patentes em 2004 e a partir deste ano o depósito de patentes relativos a esse tema começou a crescer significativamente, conforme mostra a Figura 3:

**Figura 3** – Evolução anual a partir de 2004 do depósito de patentes conforme escopo deste trabalho

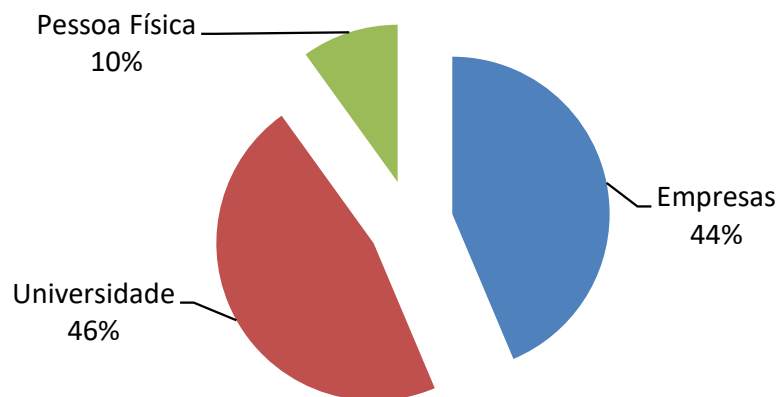


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Ao analisar-se a evolução das patentes a partir de 2004 (Figura 3), observa-se duas bandas de crescimento nos depósitos das patentes em relação ao processo de produção de carvões ativados derivados de biomassa e sua aplicação em processos de adsorção, a primeira com quatro patentes em 2010 e a segunda com 46 patentes em 2017. O maior número de patentes foi registrado no ano de 2016 com 56 patentes depositadas. O crescimento a partir do ano de 2010 pode estar associado a alguns fatores, pois, devido aos impactos ambientais globais, como poluição aquática, poluição atmosférica e de solos, houve a necessidade de desenvolvimento de métodos baratos e materiais eficientes para remediação ambiental (BRITO *et al.*, 2010). Além disso, o crescimento a partir de 2010 pode ser atribuído também às várias ações nacionais e internacionais que passaram a procurar soluções de modo mais intenso para a problemática expressa internacionalmente com as mudanças climáticas que passaram a ganhar destaque a partir da década de 1990 (SILVA; CID; QUINTELLA, 2015), e os processos de adsorção a partir de carvões ativados derivados de biomassa estão ganhando destaque para a remoção de gases poluentes da atmosfera (ZHANG *et al.*, 2017), bem como para remoção de contaminantes em efluentes e solos (AHMAD *et al.*, 2014).

Na Figura 4, percebe-se que o setor da sociedade que mais se destacou em depósito de documento de patentes foi a universidade (46%), seguido das empresas (44%) e, por fim, as pessoas físicas (10%). Neste estudo, pode-se observar um fato interessante, a porcentagem no depósito de documentos de pessoas físicas e universidades foi maior do que os depósitos do setor empresarial, mostrando que o domínio tecnológico desse tema está atraindo diversos setores da sociedade, além do empresarial.

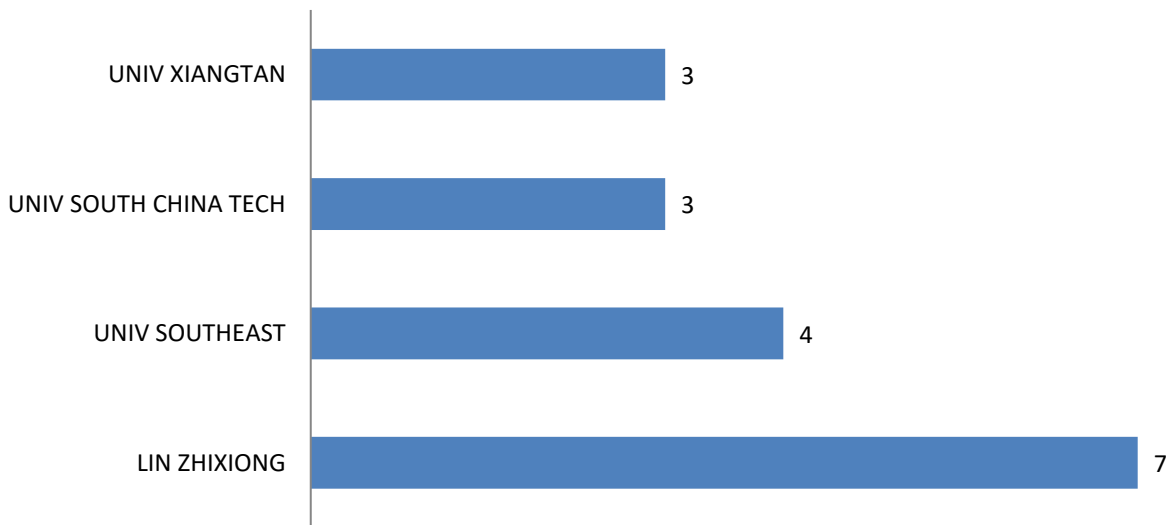
**Figura 4** – Setores da sociedade aos quais pertencem os titulares das patentes



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Observa-se que Lin Zhixiong destaca-se como pessoa física que mais deposita documentos de patentes nessa área (Figura 5), com um total de sete patentes, sendo esses depósitos todos na China. Não existiu empresa que se destacou na quantidade de depósitos de patentes neste tema, onde todas elas ficaram entre uma e duas patentes depositadas. Entre as universidades que se destacaram, há a Universidade Southeast com quatro registros de patentes; e as Universidades Xiangtan e South China Tech, ambas com três registros de patentes e localizadas na China.

**Figura 5** – Principais Titulares



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

A maioria das empresas e universidades depositou uma patente. Porém existiram algumas empresas e universidades que conseguiram depositar duas patentes em relação ao tema. Elas não se destacaram como os titulares da Figura 5 que depositaram a partir de três patentes, mas conseguiram depositar uma patente a mais que os demais titulares. Das 10 empresas que conseguiram depositar duas patentes, nove são chinesas e apenas uma pertence à Organização Mundial de Propriedade Industrial (OMPI), enquanto oito universidades conseguiram depositar duas patentes sendo que todas são chinesas. A empresa pertencente à OMPI que conseguiu depositar duas patentes foi a WS Waermeprozestechnik. A seguir são listadas as nove empresas e as oito universidades chinesas que depositaram duas patentes:

Empresas:

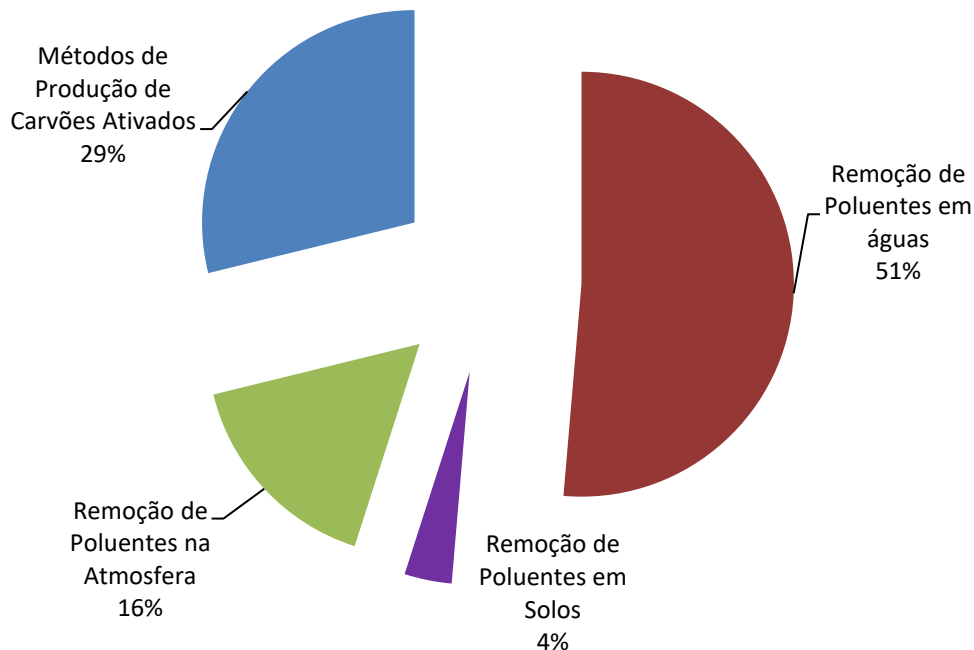
- a) Beijing Shenwu Environment & Energy Technology Co Ltd.
- b) Deqing County Xinxinda Silk Dyeing Co Ltd.
- c) Guangzhou Inst Energy Conv Cas.
- d) Liuzhou Donghou Bioenergy Tech Co Ltd.
- e) Shuangdeng Group Co Ltd.
- f) South China Inst Environmental Sciences Mep.
- g) Suzhou Kehuan Env Prot Tech Co Ltd.
- h) Wuhan Gaoke Jiacheng Power Technology Co Ltd.
- i) Yunnan Shengqing Environmental Protection Tech Co Ltd.
- j) Universidades:
- k) Univ Central South.
- l) Univ Hefei Technology.
- m) Univ Huazhong Science Tech.
- n) Univ Jilin.
- o) Univ Kunming Science & Tech.



- p) Univ Shandong.
- q) Univ Shaoxing.
- r) Univ Zhejiang A&F.

Entre as patentes selecionadas, observou-se que elas se dividiam em grandes áreas, sendo elas de métodos de produções de carvões ativados de alto desempenho que podem ser aplicados aos processos de adsorção (51 famílias de patentes) e carvões ativados que foram produzidos e aplicados em processos de adsorção como uma forma de remediação ambiental (126 famílias de patentes). Os carvões ativados que foram produzidos e aplicados em processos de adsorção foram aplicados para a remoção de poluentes em corpos d'água, remoção de poluentes em solos e remoção de poluentes atmosféricos, conforme nos mostra a Figura 6:

**Figura 6** – Métodos e aplicação dos carvões ativados produzidos a partir de biomassa



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

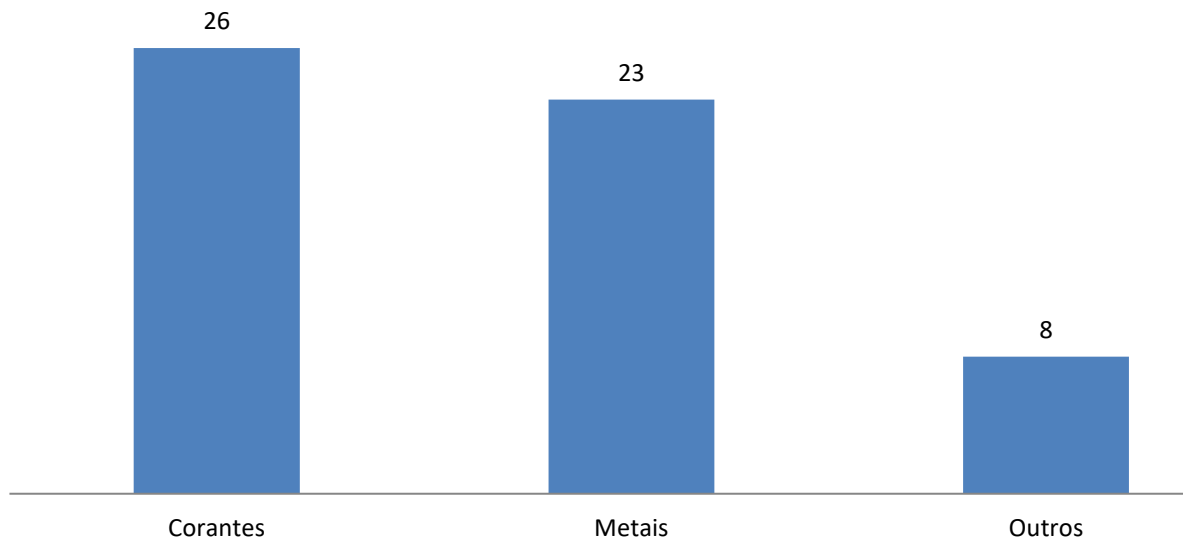
A produção de carvões ativados aplicados à remoção de poluentes aquáticos foi a que mais se destacou (51%), mostrando que a preocupação com a água doce no planeta cresce significativamente a cada dia. Tal fato pode estar atrelado à situação emergencial da água doce no planeta, já que a escassez de água é um problema que tem chamado a atenção da população, devido a seu caráter global e imediato, fazendo-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias para a purificação de efluentes, possibilitando assim o reuso de água e aliviando os corpos hídricos (BHARAT; RAMESH, 2013; BRITO *et al.*, 2010).

Os métodos de produção de carvões ativados ficaram em segundo lugar (29%). Esses métodos têm como objetivo a produção de carvões ativados eficientes e que podem vir a ser aplicados aos processos de adsorção de diferentes poluentes. O poder adsorvente dos carvões é proveniente da sua elevada área superficial (GUILARDUCI *et al.*, 2006), logo, as patentes relativas a esse tema desenvolveram métodos para produzir carvões com elevadas áreas superficiais.

Os métodos de desenvolvimento de carvões aplicados à remoção de poluentes na atmosfera (16%) ficaram em terceiro lugar. O desenvolvimento de materiais para esse fim é de extrema importância, pois a problemática da poluição atmosférica tem sido crescente nas últimas décadas devido ao crescimento populacional e industrial, e os poluentes atmosféricos contribuem para a degradação da camada de ozônio e para o aumento do aquecimento global, trazendo assim sérios prejuízos ambientais (ZHANG *et al.*, 2017). Por fim, em quarto lugar ficaram os métodos de produção de carvões ativados para a remoção de poluentes em solos (4%), mostrando a necessidade do desenvolvimento de novos carvões ativados aplicados para este fim.

Entre os poluentes relatados nas patentes que têm como objetivo principal a remoção de compostos em corpos aquáticos, aparecem em primeiro lugar os corantes com 26 patentes depositadas, os metais pesados com 23 depósitos e outros poluentes com oito patentes. Entre os outros poluentes estão os antibióticos, pesticidas e iodo. A Figura 7 mostra a quantidade de patentes depositadas por poluentes aquáticos:

**Figura 7** – Poluentes que aparecem nas patentes relativas à purificação de efluentes



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Os corantes são utilizados por diversas indústrias na fabricação de seus produtos, principalmente as indústrias têxteis, curtumes, indústrias de papel e de alimentos. Os corantes sintéticos são amplamente utilizados por causa de suas vantagens em relação aos corantes naturais (KYZAS; FU; MATIS, 2013). A produção anual de corantes sintéticos chega a 700 mil toneladas/ano e cerca de 10 a 15% dos corantes utilizados pelas indústrias chegam aos efluentes (KHARAT, 2015). Calcula-se que só a indústria têxtil libera aproximadamente 100 toneladas/ano (SEN; SEN; ANG, 2012) de corantes nos efluentes aquosos. Dependendo da concentração e do tempo de exposição, os corantes podem causar alergias, dermatites e até mesmo câncer (BHARAT; RAMESH, 2013). Quando liberados nos efluentes, os corantes produzem uma cor indesejada nos corpos d'água, reduzindo processos de fotossíntese e prejudicando a vida aquática (YAGUB *et al.*, 2014). Devido à elevada produção industrial dessa classe de poluentes, faz-se necessária a aplicação de diversas tecnologias para a remoção de corantes em corpos d'água.

Os metais conhecidos popularmente como metais pesados estão entre os poluentes que são considerados tóxicos ao meio ambiente, aos seres humanos e aos animais e se diferenciam dos compostos orgânicos tóxicos como os corantes por serem absolutamente não degradáveis, de maneira que podem se acumular nos componentes do ambiente manifestando, assim, a sua toxicidade. Quando estão presentes em elevadas quantidades no organismo humano, podem causar diarreia, cólicas, problemas no sistema nervoso central, entre outros (RAULINO, 2016). A contaminação de águas com metais pesados cresceu bastante nos últimos 55 anos (RAULINO, 2016), logo, o desenvolvimento de métodos para remoção desses poluentes em corpos aquáticos é de extrema importância, visto que se trata de poluentes não degradáveis e a água potável é um bem de grande importância para o homem, pois dela dependem a sobrevivência do ser humano e de todo o ecossistema (RAULINO, 2016).

A preocupação com o aumento significativo de gases poluentes está relacionada ao fato de que eles são um risco à saúde do planeta e do ser humano, pois constituem uma gama de poluentes que são intensificadores do Efeito Estufa e causam problemas como irritações na pele e olhos, problemas respiratórios e podem gerar diferentes tipos de câncer (ZHANG *et al.*, 2017). O aumento desses gases cresceu significativamente nos últimos anos, em especial dos Compostos Orgânicos Voláteis, havendo, assim, a necessidade da criação do Protocolo de Goteborg, que estipula que as emissões de Compostos Orgânicos Voláteis devem ser reduzidas para metade até 2020 (ZHANG *et al.*, 2017). Nesse cenário, o desenvolvimento de adsorventes para remoção desses compostos é de extrema importância.

## 4 Considerações Finais

A partir da análise dos resultados encontrados nesta prospecção, verificou-se que a produção de carvões ativados derivados de biomassa e sua aplicação em processos de adsorção é ainda pouco explorado, constando apenas 177 registros de patentes referentes ao tema.

Dos documentos de patentes encontrados, o primeiro foi depositado em 1978, na República da Coreia. A China se destacou nos depósitos de patentes relativas a esse tema, indicando que esse país já caminha para uma apropriação do conhecimento. Após a China, a OMPI foi quem mais depositou patentes relativas a esse tema, seguida dos Estados Unidos, Japão e República da Coreia. O Brasil não desenvolveu patentes relativas ao tema dessa prospecção, o que é algo preocupante, pois se trata de um país que produz bastante carvão (cerca de 1/3 da produção mundial) derivado da lenha nativa.

Entre os métodos de ativação, a ativação química foi a que mais se destacou entre os chineses, correspondendo a 60% das patentes depositadas. Não foi possível identificar quais os compostos químicos mais utilizados pela China, já que os carvões produzidos pelos chineses, em sua grande maioria, passavam por vários processos de ativação química. Também não foi possível identificar qual a biomassa mais utilizada pela China, pois grande parte das patentes não especificava qual era a matéria-prima utilizada.

Entre os inventores, merece destaque o Chinês Lin Zhixiong, que depositou um total de sete patentes. São as universidades que mais investem no desenvolvimento de carvões ativados aplicados a processos de adsorção, seguidos do setor empresarial e, por fim, as pessoas físicas.

Observa-se que as universidades southeast, South China Tech e Xiangtan foram as que mais se destacaram no depósito de patentes, tendo elas depositados quatro, três e três patentes respectivamente. As patentes são, em sua grande maioria, representadas por inventores chineses, o que está de acordo com o fato de a china possuir 159 documentos de patentes depositados.

A aplicação dos carvões ativados para remoção de poluentes aquáticos foi a que mais se destacou, o que pode estar relacionado ao fato de a água ser um recurso natural finito e que sofre contaminação por diferentes poluentes diariamente. Destacou-se, em seguida, o desenvolvimento de métodos de produção de carvões ativados, sendo que esses métodos têm como objetivo desenvolver carvões ativados com elevada área superficial. Seria interessante que esses carvões produzidos com elevada área superficial fossem aplicados em processos de remoção de poluentes, a fim de se avaliar o comportamento desses carvões frente a diferentes poluentes.

Os poluentes aquáticos que mais apareceram foram: os corantes, os metais pesados. Tal fato pode estar atrelado à ampla produção de corantes no mundo. No caso dos metais, por se tratarem de compostos tóxicos e totalmente não degradáveis, o desenvolvimento de tecnologias para a remoção desse poluente em água é extremamente necessário.

Houve o desenvolvimento de patentes para a remoção de gases poluentes, o que pode estar relacionado ao fato de que são poluentes produzidos em larga escala em processos industriais e os seus respectivos descartes não ocorrem da forma correta, gerando, assim, poluição ambiental e necessidade de desenvolvimento de materiais para remoção desses compostos.

A partir da análise dos resultados encontrados na prospecção, verificou-se que a produção de carvões ativados derivados de biomassa e sua aplicação em processos de adsorção é ainda pouco explorada, pois existem apenas 177 patentes depositadas no mundo todo, o que gera oportunidades para estudos posteriores.

## Referências

AHMAD, M. *et al.* Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. **Chemosphere**, [S.l.], v. 99, p.19-33, mar. 2014.

AKTAŞ, Ö.; ÇEÇEN, F. Bioregeneration of activated carbon: A review. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [S.l.], v. 59, p. 257-272, jun. 2007.

ALSLAIBI, T. M. *et al.* A review: production of activated carbon from agricultural byproducts via conventional and microwave heating. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, [S.l.], p. 1.183-1.190, fev. 2013.

BHARATH, K. S.; RAMESH, S. T. Removal of dyes using agricultural waste as low-cost adsorbents: a review. **Applied Water Science**, [S.l.], v.3, p. 773-790, dez. 2013.

BRITO, S. M. *et al.* Brazil nut shells as a new biosorbent to remove methylene blue and indigo carmine from aqueous solutions. **Journal of Hazardous Materials**, [S.l.], v. 174, p. 84-92, fev. 2010.

CASTRO, A. D.; FRANCO, C. R.; CIDADE, M. J. Adsorção de Corantes Azul Indosol, Laranja Indosol e Vermelho Drimaren em Solução Aquosa por Argila Branca. **Revista Virtual de Química**, [S.l.], v. 10, n. 5, p. 1-14, set. 2018.

CHEN, Y. *et al.* Application studies of activated carbon derived from rice husks produced by chemical-thermal process. A review. **Advances in Colloid and Interface Science**. [S.l.], v. 163, p. 39-52, mar. 2011.

- DIAS, J. M. *et al.* Waste materials for activated carbon preparation and its use in aqueous-phase treatment. A review. **Journal of Environmental Management**, [S.l.], v. 85, p. 833-846, dez. 2007.
- ESIN A. V.; PÜTÜN, A. E. Preparation and characterization of pyrolytic chars from different biomass samples. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, [S.l.], v. 98, p. 29-36. nov. 2012.
- FERNANDES, T. L. *et al.* Estudo Prospectivo sobre a Utilização de Biomassa na Produção de Biogás para Geração de Energia Descentralizada. **Cadernos de Prospecção**, [S.l.], v. 11, p. 940-951, 2018.
- FIUZA JÚNIOR, R. A. **Valorização de Caroços de Frutas Tropicais e Captura de CO<sub>2</sub>**, 2016, Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós Graduação em Química. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.
- FIUZA JÚNIOR, R. A. *et al.* Preparation of granular activated carbons from yellow mombin fruit stones for CO<sub>2</sub> adsorption. **Journal of Environmental Management**, [S.l.], v. 161, p. 198-205, set. 2015.
- GUILARDUCI, V. V. *et al.* Adsorção De Fenol Sobre Carvão Ativado em Meio Alcalino. **Química Nova**, [S.l.], p. 1.226-1.232, 2006.
- KHARAT, D. Preparing Agricultural Residue Based Adsorbents For Removal Of Dyes From Effluents. **A Review Brazilian Journal of Chemical Engineering**, [S.l.], p. 1-12, 2015.
- KYZAS, G. Z; FU, J.; MATIS, K. A. Review: The Change from Past to Future for Adsorbent Materials in Treatment of Dyeing Waste Waters. **Materials**, [S.l.], p. 5.131-5.158, 2013.
- LIM, W. C.; SRINIVASAKANNAN. C.; BALASUBRAMANIAN, N. Activation of palm shells by phosphoric acid impregnation for high yielding activated carbon. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, [S.l.], p. 181-186, 2010.
- LIMA, J. A. C. *et al.* O Estado da Técnica do Eugenol: Uma Prospecção Tecnológica Fundamentada em Base de Dados de Patentes e Periódicos. **Revista Virtual de Química**, [S.l.], v. 11, p. 699-710, 2019.
- LOANNIDOU, O.; ZABANIOTOU, A. Agricultural residues as precursors for activated carbon production. A review. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 11, p. 1.966-2.005, 2007.
- NASCIMENTO, R. F. *et al.* **Adsorção: aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Fortaleza: Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará (UFC), 2014.
- RAULINO, G. S. **Biossorção em Sistema Multielementar dos Íons Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, e Zn<sup>2+</sup> em Solução Aquosa Usando A Vagem Seca Do Feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) Modificada: Otimização Usando Planejamento Fatorial**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2016.
- SANTOS, L. T.; JESUS, T. B. Caracterização de metais pesados das águas superficiais da bacia do Rio Subaé (Bahia). **Geochimica Brasiliensis**, [S.l.], v. 28, n. 2, p. 137-148, 2014.
- SANTOS, S. F. O. M.; HATAKEYAMA, K. Processo Sustentável de produção de carvão vegetal quanto aos aspectos: ambiental, econômico, social e cultural. **Produção**, [S.l.], v. 22, p. 309-321, 2012.
- SANTOS, F. A. *et al.* Prospecção Tecnológica: uma Visão Geral dos Aspectos e Impactos Relevantes de Aminodoximas. **Revista Virtual de Química**, [S.l.], v. 10, n. 5, p. 1.168-1.179. 2018.

- SHAFEEYAN, M. S. *et al.* A review on surface modification of activated carbon for carbon dioxide adsorption. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, [S.l.], p. 143-151, 2010.
- SILVA, H. R.; CID, A. L.; QUINTELLA, C. M. Prospecção tecnológica de patentes para identificação e quantificação dos componentes responsáveis pela fluorescência possíveis de serem encontrados no biodiesel. **Cadernos de Prospecção**, Slavador, p. 700-712, 2015.
- SEN, T. Y. M.; SEN, T. K.; ANG, H. Equilibrium, Kinetics, and Thermodynamics of Methylene Blue Adsorption by Pine Tree Leaves. **Water Air Soil Pollut**, [S.l.], p. 5.267-5.282, 2012.
- TALAPATRA, S.; MIGONE, A. D. Adsorption of methane on bundles of closed-ended single-wall carbon nanotubes. **Physical Review**, [S.l.], v. 65, p. 65-71, jan., 2002.
- TANG, D. *et al.* Adsorption of p-nitrophenol from aqueous solutions onto activated carbon fiber. **Journal of Hazardous Materials**, [S.l.], v. 143, p. 49-56, maio, 2007.
- UDDIN, M. K. A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. **Chemical Engineering Journal**, [S.l.], v. 308, p. 438-462, jan. 2017.
- VAROL, A. V; PUTUN, A. E. Preparation and characterization of pyrolytic chars from different biomass samples. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, [S.l.], v. 98, p. 29-36, nov, 2012.
- YAGUB, M. T. *et al.* Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. **Advances in Colloid and Interface Science**, [S.l.], v. 209, p. 1-13, jul., 2014.
- ZHANG, X. *et al.* Adsorption of VOCs onto engineered carbon materials: A review. **Journal of Hazardous Materials**, [S.l.], v. 338, p. 102-123, set., 2017.

## Sobre os Autores

### **José Luiz Cunha Cordeiro**

*E-mail:* mujoseluis@hotmail.com

Graduado em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS. Atualmente desenvolve mestrado em Química Inorgânica pela Universidade Federal da Bahia – UFBA.

Endereço profissional: Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Campus Universitário de Ondina, Salvador, Bahia. CEP: 40170-115.

### **Raildo Alves Fiuza Junior**

*E-mail:* raildofiuza@ufba.br

Professor do Departamento de Química Geral e Inorgânica do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia – UFBA, atualmente ocupa a cadeira de professor Adjunto. Bacharel em Química (2010) e Doutor em Química (2016) pelo Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia.

Endereço profissional: Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Campus Universitário de Ondina, Salvador, Bahia. CEP: 40170-115.