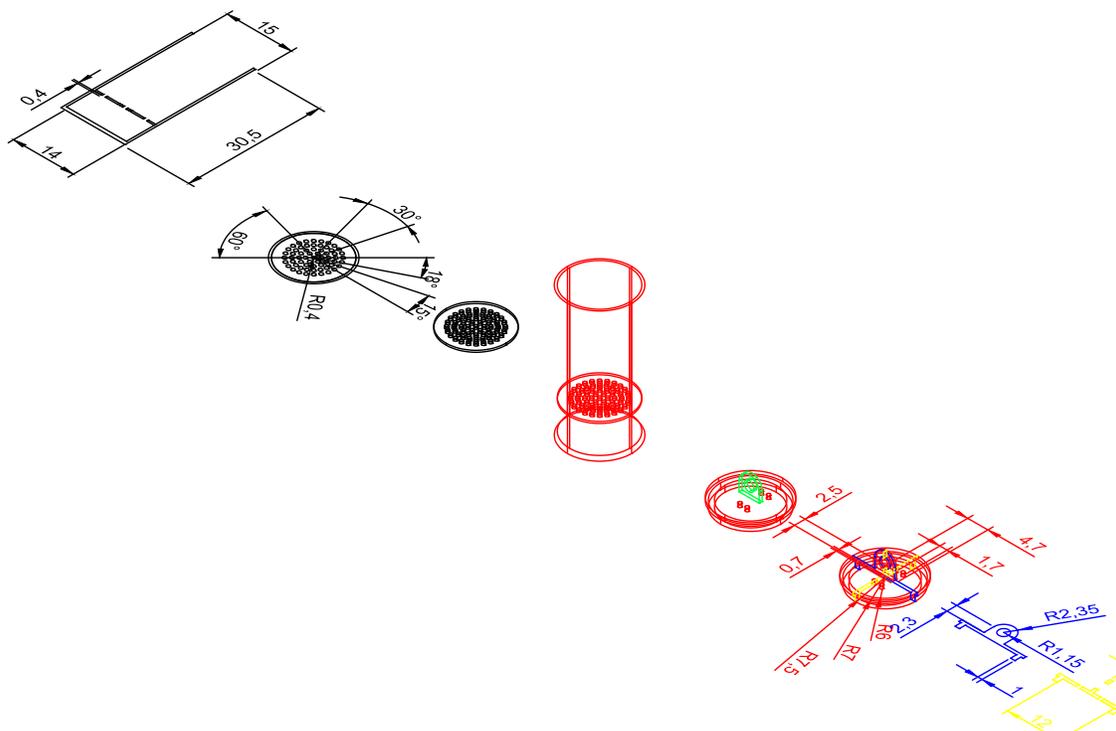


Panorama Tecnológico de Biorreatores para Pesquisa de Transformação de Resíduos Sólidos em Fertilizantes Orgânicos



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento*

DOCUMENTOS 201

Panorama Tecnológico de Biorreatores para Pesquisa de Transformação de Resíduos Sólidos em Fertilizantes Orgânicos

*Caio de Teves Inácio
Sandra Protter Gouvêa
Maria Regina Capdeville Laforet*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1024
Jardim Botânico, Rio de Janeiro, RJ - CEP: 22460-000
Fone: + 55 (21) 2179-4500
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Solos

Presidente
Vinicius de Melo Benites

Secretária-Executiva
Jacqueline Silva Rezende Mattos

Membros
Marcos Antônio Nakayama, Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de Camargo Moraes, Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira, Enyomara Lourenço Silva, Evaldo de Paiva Lima, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Luciana Sampaio de Araujo, Maria Regina Capdeville Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Moema de Almeida Batista, Ricardo de Oliveira Dart, Wenceslau Geraldes Teixeira

Supervisão editorial
Jacqueline Silva Rezende Mattos

Revisão de texto
Marcos Antônio Nakayama

Normalização bibliográfica
Enyomara Lourenço Silva

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Marcos Antônio Nakayama

1ª edição
On-line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Solos

Panorama tecnológico de biorreatores para pesquisa de transformação de resíduos sólidos em fertilizantes orgânicos / Caio de Teves Inácio ... [et al.]. – Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2018.
26 p. : il. color. – (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 201).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: <<https://www.embrapa.br/solos/publicacoes>>.
Título da página da Web (acesso em 30 set 2018).

1. Biotecnologia. 2. Patentes. 3. C&T. I. Inácio, Caio de Teves. II. Gouvêa, Sandra Protter. III. Laforet, Maria Regina Capdeville. IV. Embrapa Solos. V. Série.

CDD 660.6

Autores

Caio de Teves Inácio

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

Sandra Protter Gouvêa

Bióloga, doutora em Ecologia e Recursos Naturais, analista da Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP

Maria Regina Capdeville Laforet

Ciência Social Aplicada, mestre em Propriedade Intelectual e Inovação, analista da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

Apresentação

A presente publicação trata de um estudo prospectivo no campo de tecnologia de biorreatores. Esses equipamentos são amplamente utilizados atualmente na pesquisa, desenvolvimento e inovação em bioprocessos e reações bioquímicas para a produção de bioenergia, bioprodutos e biorremediação.

O emprego de biorreatores vem crescendo, acompanhando os avanços das biociências e da biotecnologia aplicada a fármacos, análises médicas, energia, meio ambiente e agricultura. Na agropecuária, os biorreatores têm sido muito aplicados no aproveitamento de biomassa e de fontes biológicas renováveis para geração de insumos e bioprodutos para vários ramos das agroindústrias.

A utilização de biorreatores, adaptados para testes de bancadas, tem permitido investigar e reproduzir, em escala de laboratório, as fases da compostagem, um método muito empregado na reciclagem e conversão de resíduos sólidos orgânicos em insumos para a produção de adubos e fertilizantes.

Desse modo, em virtude da importância e atualidade do tema, a presente publicação vem contribuir para a disponibilização de informações tecnológicas buscadas em documentos de patentes, que registram a evolução de quantidades de depósitos dessas invenções, o estado da arte dessas tecnologias, assim como os principais países depositantes.

José Carlos Polidoro

Chefe-Geral interino da Embrapa Solos

Sumário

Introdução	9
Metodologia	10
Resultados	12
A Evolução temporal (“Quando”) e países de proteção (“Onde”).....	12
Categorização das tecnologias em áreas de conhecimento (“O que”)	16
Discussão	20
Considerações Finais	23
Referências	25

Introdução

Os biorreatores são equipamentos amplamente utilizados na pesquisa e desenvolvimento (P&D) em biomedicina, biofármacos, bioenergia e biorremediação de resíduos, entre outros bioprocessos. Inovações recentes no campo tecnológico de biorreatores foram influenciadas pelos avanços na biotecnologia em conexão com as tecnologias digitais e engenharia de equipamentos (CNI, 2014).

Essas inovações estão relacionadas à tendência ao uso de fontes biológicas, orgânicas, renováveis e recicláveis em substituição à matéria-prima de origem não renovável, como as procedentes das matrizes fósseis e inorgânicas, que apresentam elevado potencial de impactos negativos sobre o meio ambiente (Oborne, 2010).

O maior aproveitamento dos recursos biológicos e das moléculas bioativas de origem animal e vegetal tem representado importante potencial de renovação para segmentos primários como a agricultura; com repercussões internas e externas a esse setor (Trommetter, 2008; Vieira Filho; Silveira, 2012).

De acordo Inácio e Miller (2009), no caso do reúso de resíduos rurais e da agroindústria para a produção de fertilizantes, indústria e agricultura se integram numa cadeia de produção de insumos de base biológica e renovável. O emprego da matéria orgânica, como insumo fertilizante e condicionante de solo, muito embora corresponda a uma prática tradicional na agricultura, segundo esses autores, tem demandado inovações para atender ao crescente interesse da indústria, dos agricultores e dos consumidores finais na obtenção de produtos com efeito melhorado em termos de nutrição e desempenho.

Nesse contexto, Inácio e Miller (2009) observaram que o melhor aproveitamento dos resíduos orgânicos, provenientes da agropecuária e da agroindústria, passou a requerer processos de biotransformação para a produção de nutrientes vegetais que, além do valor proteico e energético, sejam comprovadamente seguros ao meio ambiente e à saúde humana.

Soluções alternativas em termos de insumos e energia, adotadas por países em desenvolvimento como o Brasil, foram citadas no Agricultural Outlook (OECD, 2015). Nesse documento, foram relatadas ações desenvolvidas em países exportadores de produtos primários com vistas à obtenção de eficiência energética e ambiental. O uso de recursos biológicos e o aproveitamento da biomassa foram citados relacionados a muitas dessas soluções obtidas via emprego de bioprocessos.

Na operação dos bioprocessos – de acordo com o objetivo, o tipo de substrato transformado, subproduto obtido, célula, enzima e microrganismo utilizado –, foi descrito o emprego de biorreatores aeróbios e anaeróbicos. Foram citadas as atividades dos equipamentos de porte industrial, assim como em escala piloto e de bancada, essas duas últimas semelhantes às tecnologias prospectadas no presente estudo de panorama de patentes.

Conforme Vandergheynst et al. (1997), biorreatores em escala adequada à pesquisa e experimentação possibilitam a simulação de bioprocessos, como a compostagem aeróbica de resíduos orgânicos, que ocorre em grandes leiras dispostas no meio ambiente. Por meio de equipamentos em escala de bancada ou piloto, é possível simular, em ambiente controlado de laboratório, a repetibilidade de um sistema complexo de fatores compreendido por temperatura, níveis de oxigênio, atividade biológica e pH, entre outros elementos. Desse modo, de acordo com Vandergheynst et al. (1997), pode-se procurar investigar e reproduzir em laboratório o processo de biodecomposição e reciclagem da matéria orgânica que ocorre no ambiente natural.

Equipamentos em escala de laboratório, de acordo com Mason e Milke (2005), permitem, ainda, o estabelecimento de métodos de avaliação e de monitoramento da geração de subprodutos com vistas ao aperfeiçoamento, em escala industrial, da qualidade, da eficiência energética e ambiental de compostos de base orgânica e biológica.

Com a finalidade de se realizar um levantamento da atividade de patenteamento de invenções nas categorias de biorreatores – que operam por meio da atividade microbiológica, aeróbica e em escala de teste de bancada ou piloto –, foi estabelecido o estudo de panorama de tecnologias publicadas em documentos de patente. Dentre os principais indicadores desse estudo, foram empregadas as variáveis da evolução temporal dos depósitos de patentes, das áreas de conhecimento das tecnologias, bem como dos países de origem desses depósitos.

Metodologia

A avaliação quantitativa da documentação de patentes levantada foi realizada pelo emprego de ferramentas de prospecção tecnológica. A análise proveniente da discussão dos resultados teve como subsídios publicações e indicadores internacionais de inovação tecnológica e propriedade intelectual em invenções relacionadas a biorreatores.

O presente estudo teve como principal fonte de informação publicações de depósitos e de concessões de patentes. A consulta à literatura técnico-científica acerca de tecnologias de biorreatores forneceu uma visão qualificada do campo tecnológico, que direcionou o mapeamento, bem como a análise e interpretação dos resultados obtidos (Figura 1).

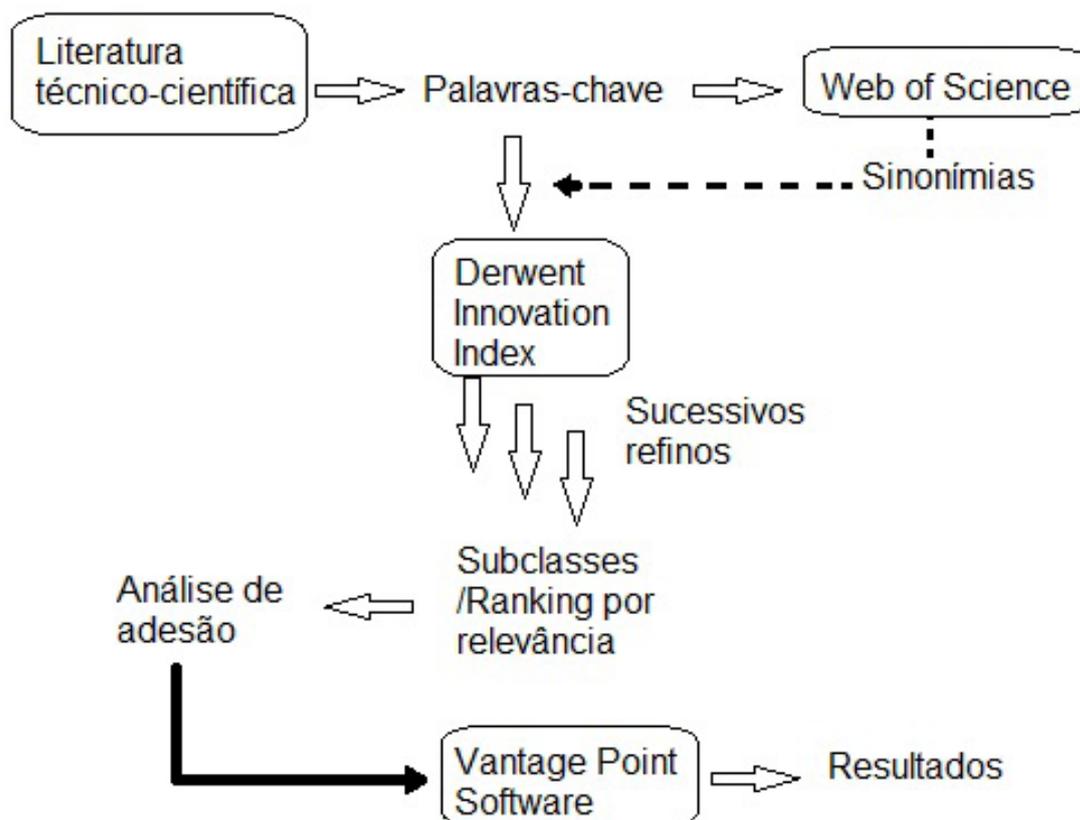


Figura 1. Esquema do fluxo metodológico do estudo de prospecção adotado.

Em virtude de as publicações de patentes descreverem de forma padronizada os requisitos de novidade, de atividade inventiva e de aplicação industrial de uma invenção, elas constituem fontes de informações do estado da técnica, sobre o qual novas soluções podem ser continuamente desenvolvidas (Alves et al., 2014). Dessa maneira, a consulta a essas fontes pode dar acesso e prover o acompanhamento, de forma compacta e atualizada, a praticamente todos os campos tecnológicos relacionados a produtos, processos, métodos e serviços (Pargaonkar, 2015).

A primeira etapa do estudo teve como objetivo selecionar palavras-chave provenientes do campo técnico-científico de biorreatores, com características similares aos utilizados na pesquisa de aproveitamento/transformação de resíduos sólidos orgânicos. Com essa finalidade, um conjunto de expressões que caracterizassem métodos, técnicas e dispositivos relacionados a biorreatores foram selecionadas.

As expressões *bioreactor*, *bench scale*, *temperature control* e *composting* foram pesquisadas na *Web of Science* com o intuito de obter sinônimas para as expressões. A *Web of Science* foi adotada para esse fim por se tratar de uma base de dados referenciais, com cobertura multidisciplinar e que indexa periódicos, revistas e conferências. O emprego da *Web of Science* teve como finalidade o aumento do escopo da recuperação de documentos. As palavras obtidas foram combinadas para formação de expressões de buscas com emprego de operadores (booleanos) de pesquisa e caracteres curinga. As buscas foram feitas no campo *tópicos* na base de patentes *Derwent Innovations Index* (DII), que disponibiliza informações reescritas por técnicos no assunto de modo a facilitar a consulta e a localização de publicações de patentes na área de química, elétrica, eletrônica e engenharia mecânica.

As expressões de buscas foram inicialmente testadas em consultas no campo *tópicos* e, após sucessivos refinamentos, foram retirados termos menos relevantes, sendo mantidos e incluídos aqueles que apresentavam maior relevância quanto à recuperação de conteúdos. O critério da relevância foi estabelecido pelo uso de ferramenta disponibilizada pela própria base DII que analisa os resultados por área de conhecimento.

Uma vez estabelecido um conjunto de documentos suficientemente amplo e focado nas expressões testadas, foi feito um *ranking*, com base na ferramenta de análise de resultados da DII, ordenando as publicações pela Classificação Internacional de Patentes (CIPs).

Posteriormente, as classificações internacionais de patentes de maior ocorrência foram examinadas pelo pesquisador da área para seleção daquelas mais descritivas da categoria tecnológica de biorreator buscada. Finalmente, após estudo das CIPs e expressões testadas, foi estabelecida a estratégia de busca composta pela combinação da palavra-chave *reactor** (no campo *tópicos*) associada a quatro subclasses da CIPs. Descritas na Tabela 1, as subclasses selecionadas pertencem à seção (C) Química e Metalurgia – nas classes “Aparelhos de enzimologia e preparação de fertilizantes” – e à Seção (B) – na classe “Processos ou aparelhos químicos ou físicos”.

A estratégia de busca foi aplicada em 25 de setembro de 2015 na Base Derwent, e foram obtidos como resultados 3.362 documentos. Do total dos resultados, foi extraída uma amostra de 10% (300 documentos) para a realização de teste de adesão, por meio da geração de números aleatórios (Pargaonkar, 2015). Os documentos amostrados foram avaliados pelo pesquisador especialista, quanto à adesão ao tema de análise. O exame de títulos e resumos de cada documento apontou que 83% deles mantinham relação com as categorias tecnológicas selecionadas. A proporção da adesão foi levada em consideração nas interpretações e análises realizadas a partir de então.

Tabela 1. Subclasses selecionadas.

Subclasse	Descrição
C12M-001/36	Aparelhos para enzimologia ou microbiologia incluindo controle responsivo à condição do meio ou ao tempo, p. ex., fermentadores automaticamente controlados [2006.01]
C05F-017/02	(Preparação de fertilizantes caracterizada pela etapa de preparação industrial do composto [2006.01]. Aparelhos para esse fim [2006.01])
B01J-019/24	(Reatores fixos sem elementos móveis em seu interior (B01J 19/08, B01J 19/26 têm prioridade; com partículas fixas B01J 8/02) [2006.01])
B01J-019/32	(Elementos de acondicionamento em forma de grade ou de elementos compostos de várias peças para formar uma unidade de módulo no aparelho de transferência de calor ou de massa [2006.01])

Por último, houve a exportação dos resultados para o software bibliométrico *Vantage Point*, no qual os dados estruturados deram origem a um estudo de panorama tecnológico de reatores sobre o qual foi estabelecido o presente trabalho.

Resultados

Os resultados foram consolidados a partir de três principais variáveis, indicativas dos países de origem, das áreas tecnológicas e da evolução temporal das publicações de patentes, conforme o detalhamento indicado na Tabela 2 e desenvolvido nos subitens 3.1 e 3.2.

Tabela 2. Variáveis de análise de competência e de domínio.

Quando	O quê	Onde
- Evolução temporal	- Áreas e subáreas de conhecimento	- Países prioritários (local de competência tecnológica)
- Proteção vigente vs. domínio público	- Novos produtos / tecnologias emergentes e alternativas	- Países de extensão (exploração comercial)
- Tecnologias emergentes		- Busca de recursos humanos e know-how

Fonte: Adaptação de Porter e Cunningham (2004).

A evolução temporal (“Quando”) e países de proteção (“Onde”)

De modo geral, quando se considerou a variável “Evolução temporal”, entre o final dos anos 1960 e o ano de 2015, foi observada uma acentuada progressão no número de depósitos prioritários de patentes, descontados os pedidos em período de sigilo (Figura 2). Esse crescimento está relacionado ao aumento do esforço em P&D, com reflexos sobre a produção de tecnologias de reatores relacionadas às classificações internacionais de patentes utilizadas na estratégia de busca.

O primeiro depósito é também *designado* como prioritário quando a data de reivindicação da prioridade é equivalente à data do depósito. O primeiro depósito – feito pelo titular da tecnologia

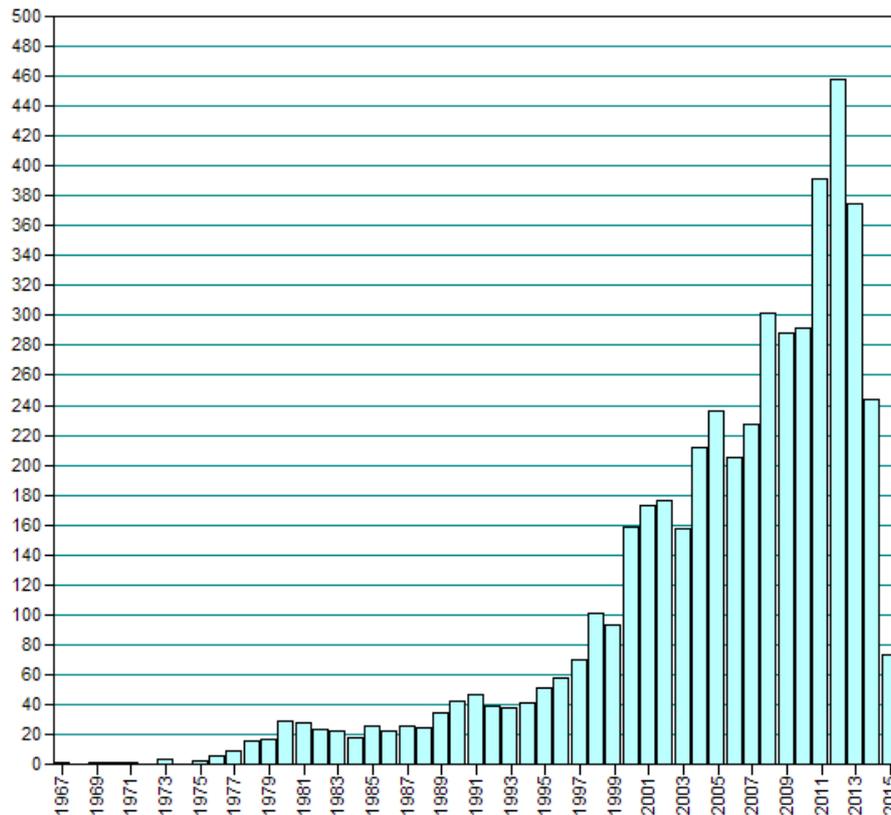


Figura 2. Evolução temporal (1967 a 2015) do conjunto de depósito de documentos de patente por ano (primeiro depósito ou depósito prioritário). Elaboração com uso de software *Vantage Point*.

anteriormente a extensões da proteção (depósitos posteriores) em outros países de interesse comercial – é indicativo de países ou regiões que desenvolvem know-how na área tecnológica em estudo (Lybecker, 2014).

Quando se relaciona a evolução temporal do número de depósitos com países e regiões de recepção desses pedidos, podem-se indentificar áreas de origem do desenvolvimento da tecnologia, assim como aquelas onde se encontram capacidade para sua reprodução (Alves et al., 2014).

Aplicando o conceito ao estudo de reatores, infere-se, por meio da Figura 3, que o incremento no número de tecnologias de reatores protegidas nos últimos 10 anos, nas categorias assinaladas, resultou em grande medida de depósitos provenientes dos escritórios dos Estados Unidos da América (EUA), da Coreia do Sul, da China e do Canadá.

Considerando-se toda a série temporal, na Figura 4, foram ordenados os 10 países/regiões que apresentam maior número de primeiro depósito para a proteção das tecnologias. Verificou-se no gráfico que há liderança dos EUA, seguidos pelos países asiáticos China e Coreia do Sul. O Brasil, não incluído no *ranking* dos dez primeiros depositantes, ocupa o 18º lugar nesse ordenamento.

Na Figura 5, são apresentados dois mapas mundiais de distribuição de depósitos prioritários de patente. Os mapas foram elaborados visando à obtenção de um formato de visualização mais adequado acerca da evolução e distribuição da proteção patentária nas categorias de biorreatores levantadas. Nos mapas, foi considerada a posição de todos os países presentes na amostragem em dois intervalos de tempo, de 1977 a 1990 e de 1991 a 2015. Os intervalos correspondem ao espaço de tempo estipulado na busca.

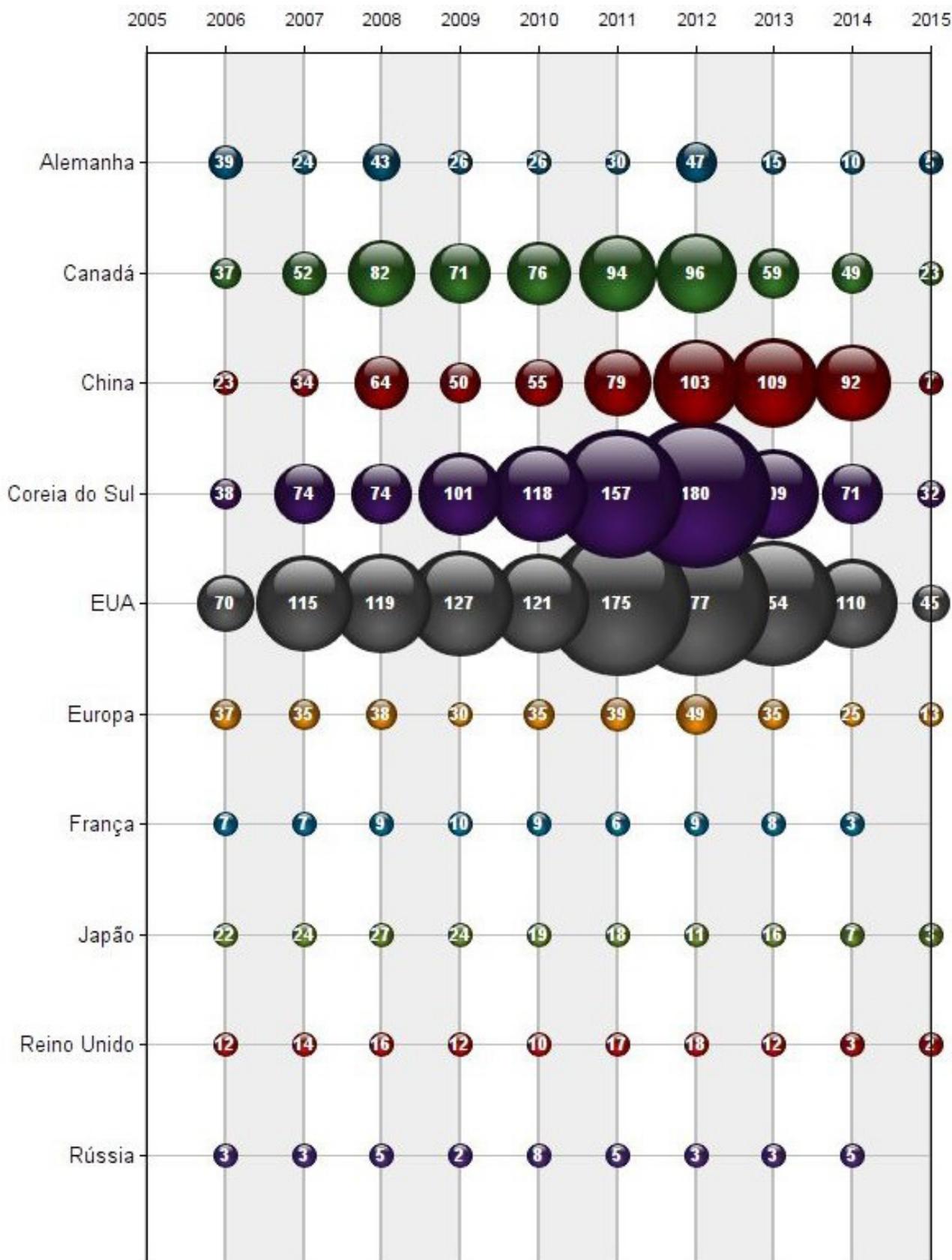


Figura 3. Evolução temporal dos depósitos prioritários de documentos de patente nos últimos 10 anos, individualizados para os 10 países/região com maior número de depósitos para o total de documentos recuperados. Elaboração com uso do software *Vantage Point*.

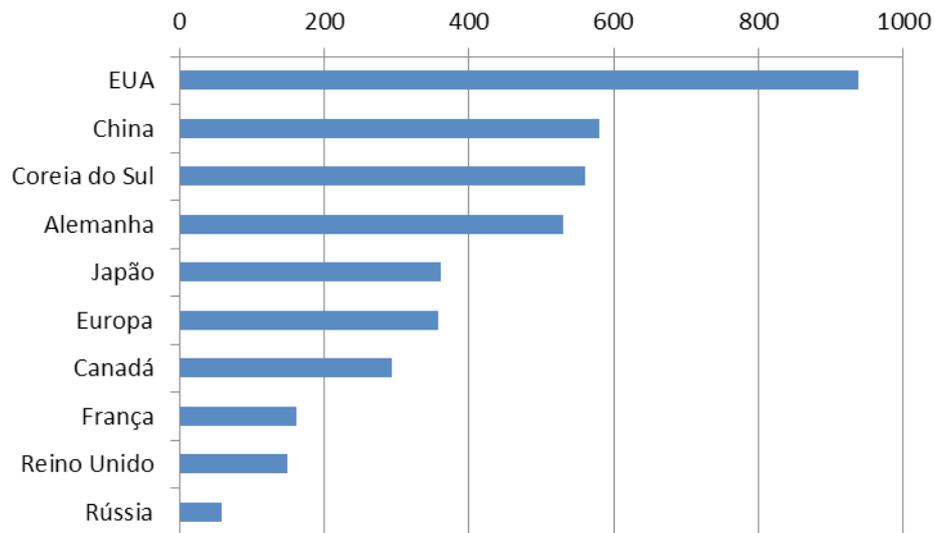


Figura 4. Ordenamento de 10 países de prioridade com maior número de depósitos de patentes, para o conjunto dos documentos recuperados em toda a série temporal. Elaboração com uso do software *Vantage Point*.

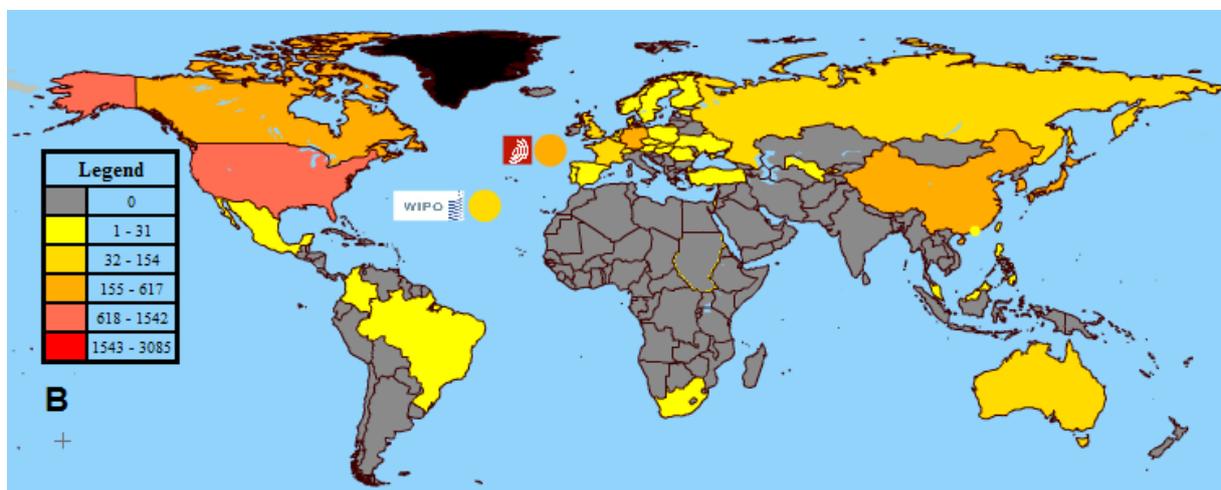
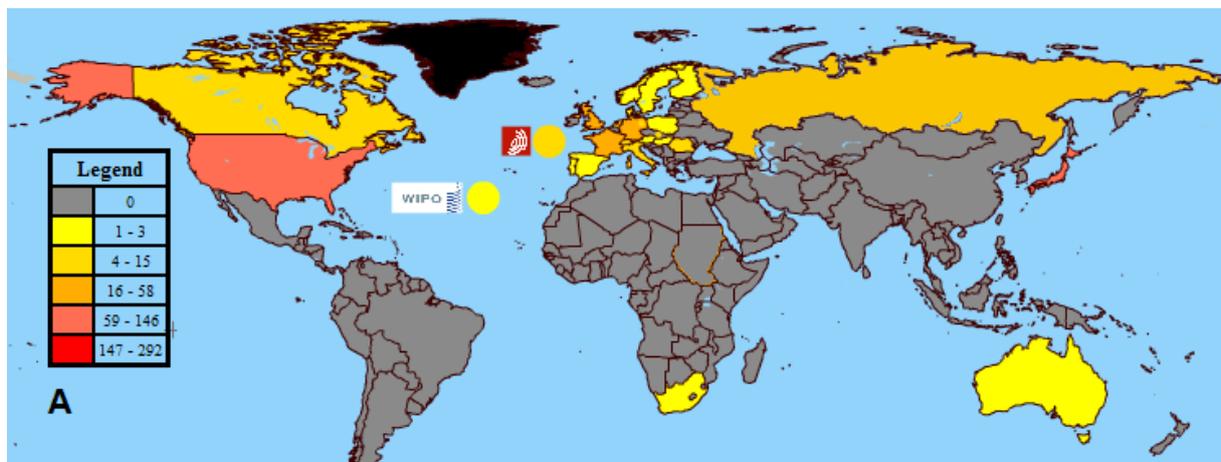


Figura 5. Mapa mundial com escala de distribuição de depósitos prioritários em países de prioridade, (A) de 1977 a 1990 e (B) de 1991 a 2015. Elaboração com uso do software *Vantage Point*.

Em termos globais, a comparação dos mapas A e B permite a realização de inferências em relação à posição dos países na evolução de depósitos. Entre os países que detêm capacidade tecnológica nesse campo, verifica-se, por exemplo, a intensificação do número de depósitos de patentes nos EUA e na Alemanha em contraste com a progressão menos expressiva no Japão, na Grã-Bretanha e na França.

A partir da década de 1990, conforme assinalado no mapa B, identifica-se o aumento marcante do número de patentes originado no continente asiático, principalmente devido à aceleração de depósitos procedentes da China. Destaca-se, também, entre os países asiáticos, o desempenho da Coreia do Sul na atividade de patenteamento nessa área tecnológica seguida por Cingapura, Malásia e Taiwan.

O mapa B revela ainda a emergência de depósitos de patentes no Leste europeu em países como a Turquia, Ucrânia, Hungria, República Tcheca em comparação com o aumento em menor proporção em países da Europa Central como Itália, França e Grã-Bretanha. Por último, pode-se visualizar, ainda no mapa B, o surgimento de depósitos provenientes da América do Sul (Brasil e Colômbia) e da América do Norte (México).

Categorização das tecnologias em áreas de conhecimento (“O quê”)

A distribuição dos documentos componentes da amostra por áreas de conhecimento foi possível pela utilização da ferramenta de análise e categorização desenvolvida por técnicos da base de patentes (DII). Observa-se que, na vinculação às categorias, cada documento pode estar relacionado a mais de uma área de conhecimento.

Na Figura 6, estão enumeradas as áreas de conhecimento predominantes na categorização do conjunto dos documentos amostrados. Verifica-se que áreas como “Química” e “Engenharia”, com maior adesão de documentos, podem ser consideradas como domínios temáticos mais “ocupados” e, portanto, mais disputados pela atividade de patenteamento no assunto. Por outro lado, áreas com menor adesão aos documentos podem ser consideradas domínios “mais livres” e, por consequência, menos impeditivos ao exame e atribuição da atividade inventiva e de novidade para uma invenção. Nas categorias de reatores levantadas, as áreas que se apresentam mais abertas ao patenteamento de invenções são representadas por “Óptica”, “Mineração e processamento mineral” e “Saúde pública, ambiental e ocupacional”.

As subáreas de conhecimento representativas de P&D e da atividade patentária em análise podem ser mapeadas também via Classificação Internacional de Patentes (CPI). A CIP é uma forma de indexação e codificação, utilizada pelos escritórios de patentes, que visa à recuperação eficiente de documentos no monitoramento tecnológico na área ou subáreas de interesse.

O ordenamento das CIPs mais frequentes indica domínios mais preenchidos em termos de conhecimentos e tecnologias pertencentes ao tema monitorado, com descrições específicas das subáreas técnicas. Por meio da análise quantitativa das subclasses das CIPs atribuídas aos documentos da amostra, foram ordenados os 10 domínios mais ocupados (Tabela 3). As três subclasses integrantes da estratégia de busca do estudo aparecem nesse ordenamento: a subclasse B01J na 1ª posição, a C12M na 5ª posição e a C05F na 10ª posição, empatada com a F28D.

A análise matricial do número de documentos de patente – feita por meio da integração dos dados das dez subclasses mais representativas da CIP com os dos dez primeiros países de depósito – fornece subsídio para a detecção de territórios de concentração de know-how, de produção e de capacidade em P&D nas áreas tecnológicas de reatores de interesse.

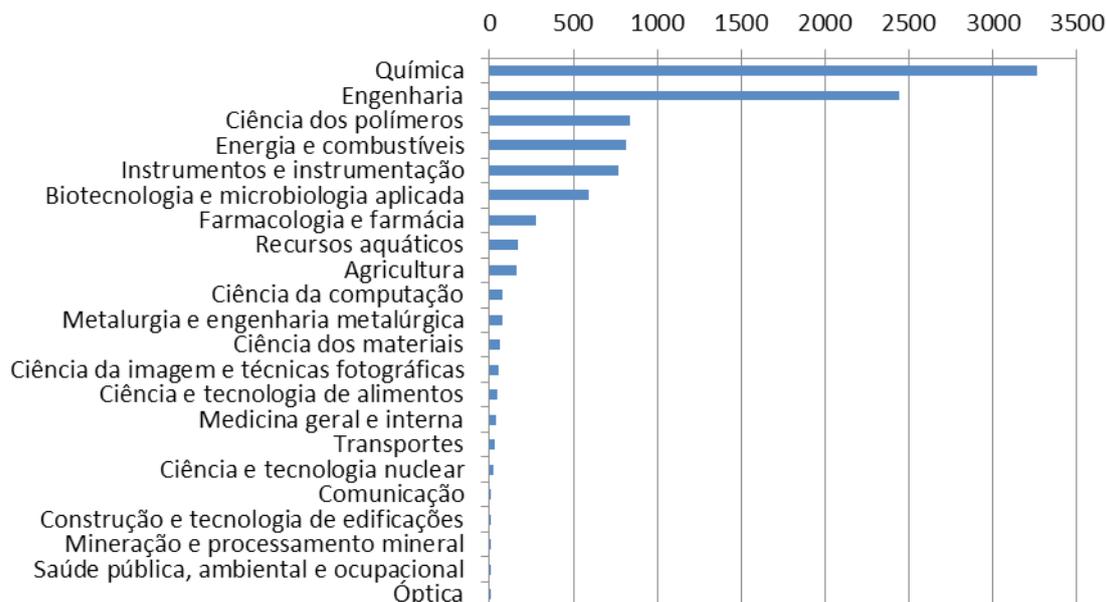


Figura 6. Número de documentos por áreas de conhecimento do tema monitorado, conforme a classificação de áreas da base mundial de patentes. Elaboração com uso da ferramenta Analyse results *Derwent Innovations Index* (DII).

Tabela 3. Ordenamento de dez posições líderes para subclasses mais ocorrentes da Classificação Internacional de Patentes, entre os documentos recuperados.

Classificação Internacional de Patentes	Nº documentos
B01J - Processos químicos ou físicos, p. ex., catálise, química coloidal; aparelhos pertinentes aos mesmos	2.811
C07C - Compostos acíclicos ou carbocíclicos	726
C01B - Elementos não metálicos; seus compostos	661
B01D - Separação	498
C12M - Aparelhos para enzimologia ou microbiologia	472
C08F - Compostos macromoleculares obtidos por reações compreendendo apenas ligações insaturadas carbono-carbono	278
C07B - Métodos gerais de química orgânica; aparelhos para os mesmos	275
B01F - Mistura, p. ex., dissolução, emulsificação, dispersão	248
C10G - Craqueamento de óleos hidrocarbonetos; produção de misturas hidrocarbonetos líquidos, p. ex., por hidrogenação destrutiva, oligomerização, polimerização	216
C05F - Fertilizantes orgânicos não abrangidos pelas subclasses C05B, C05C, p. ex., fertilizantes resultantes do tratamento de lixo ou refugos	209
F28D - Aparelhos de troca de calor não incluídos em uma outra subclasse em que os meios de troca de calor não entram em contato direto	209

Como resultado dessa análise, observa-se, na Figura 7, relativamente às tecnologias representadas pelas CIPs componentes da estratégia de busca, que a subclasse C12M (Aparelhos para enzimologia/microbiologia) apresenta maior número de depósitos provenientes da China, seguida dos EUA e da Alemanha. A subclasse B01J (Processos químicos ou físicos), que reúne o maior número de depósitos, tem predomínio de documentos originados nos EUA, seguidos pela Coreia do Sul e pela Alemanha. Observa-se ainda que a subclasse C05F (Fertilizantes orgânicos) tem predomínio de publicações procedentes da China, da Alemanha e dos EUA.

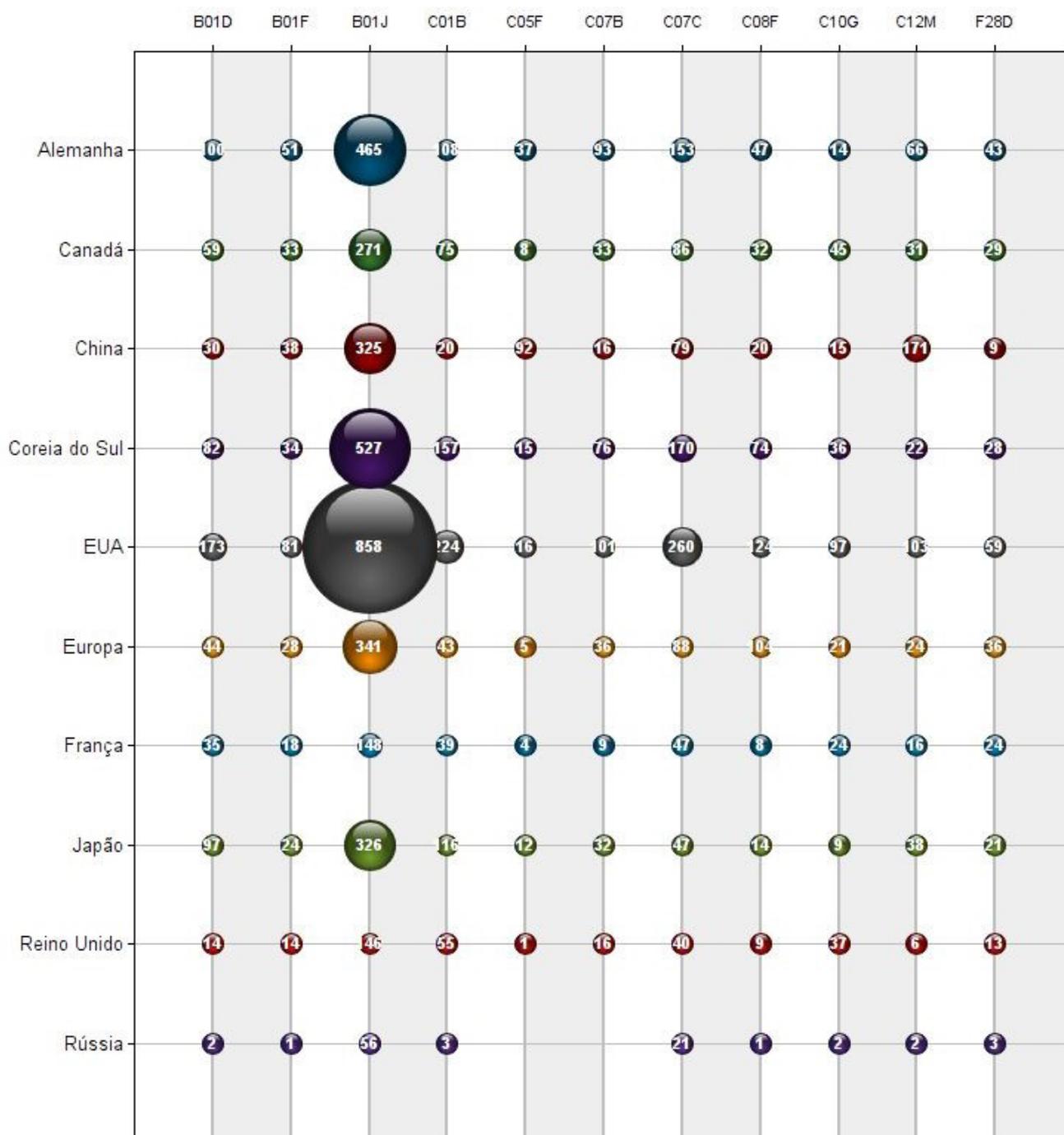


Figura 7. Matriz de número de documentos conforme as dez primeiras posições de liderança das subclasses CIP e os dez países com depósitos prioritários mais ocorrentes, dentre o conjunto de dados amostrados. Elaboração com uso do software *Vantage Point*.

A análise do cruzamento de dez frases mais recorrentes nos títulos das patentes investigadas com os dez países líderes em depósito prioritário (Figura 8) possibilita relacionar “O quê” tem sido feito e “Onde” (território). Considerando o conjunto de ocorrências analisadas, pode-se indicar a incidência do tema “Zona de reação” em depósitos provenientes dos EUA, “Reator tubular” em documentos com prioridade na Alemanha, da expressão “Reator químico” em publicações originadas no Japão e “Troca de calor” em documentos provenientes da China.

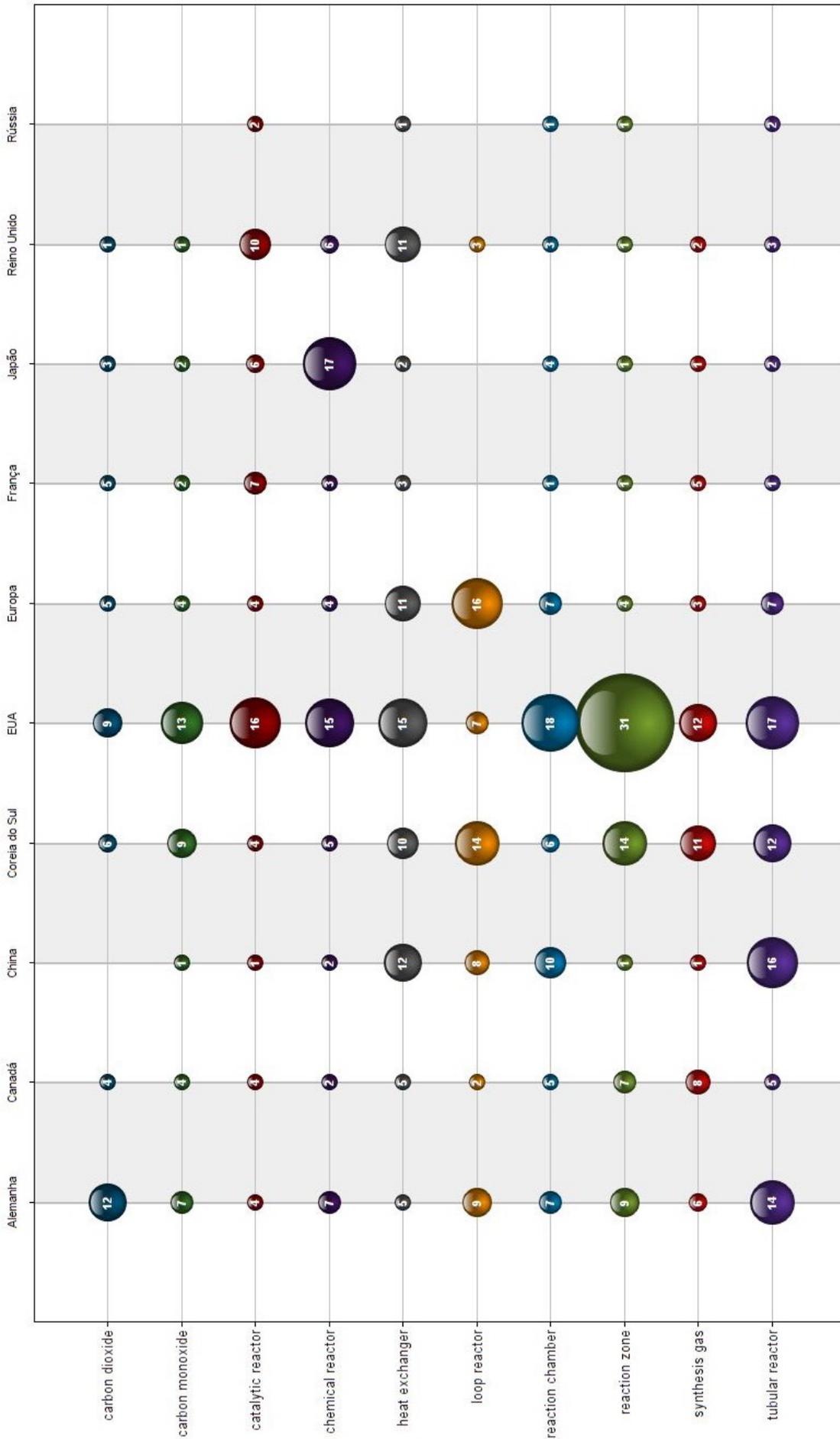


Figura 8. Matriz de número de documentos representativos de 10 frases mais ocorrentes no título de documentos e os 10 países/regiões líderes em depósitos prioritários, dentro o conjunto de dados amostrados. Elaboração com uso do software *Vantage Point*.

Discussão

É notória a afirmação de que a aplicação de direitos de propriedade intelectual tem crescido no mundo todo nas últimas décadas. Entidades internacionais que monitoram indicadores tecnológicos e de inovação, como a Organização para a Cooperação do Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO), indicaram que organizações e empresas não vêm utilizando somente patentes, mas também empregam, cada vez mais, outros tipos de direitos de propriedade intelectual, tais como marcas e *design* (Lybecker, 2014; OECD, 2015).

A intensificação no uso de propriedade intelectual é consistente com a incorporação de ativos de ciência e tecnologia (C&T) para criação de valor para produtos e serviços, aumentando o desempenho e a competitividade de empresas e segmentos (OECD, 2015). Contudo, o uso da propriedade intelectual reflete igualmente a complexidade e modularidade de novas tecnologias, como dispositivos eletrônicos, computadores e celulares, que dispõem de um conjunto de funcionalidades que requerem apropriação por meio de um conjunto de direitos de propriedade intelectual (Pargaonkar, 2015).

O monitoramento dos maiores depositantes em cada segmento, conforme Lybecker (2014), proporciona a identificação do estado da inovação de um determinado setor e sua dinâmica de concorrência. Da mesma forma, o acompanhamento dos depósitos, suas extensões, mudanças de titularidade e licenciamentos fornece um mapa onde se pode rastrear a origem da criação de valor (a localização geográfica dos inventores) e o local de apropriação de valor (a localização geográfica dos proprietários finais da inovação). De acordo com De Beer et al. (2013), as patentes funcionam como conectores ou “proxies” tecnológicos das inovações, enquanto as marcas fornecem informações sobre a distribuição e a circulação de produtos e serviços inovadores.

Outra característica das aplicações dos direitos de propriedade intelectual é a fertilização cruzada entre as áreas científicas e tecnológicas (OECD, 2015). Essa tendência é perceptível de forma clara na integração das tecnologias digitais às áreas das biociências como a bioinformática. Essa integração é assinalada também pela literatura científica (artigos, anais, banco de dados e outras fontes).

A literatura citada na documentação de patente pode ser uma fonte de informação acerca do conhecimento que migra da ciência para a inovação, fornecendo a base científica à tecnologia. Nas áreas de conhecimento mais associadas às categorias de reatores monitoradas, tais como a Engenharia Química e a Instrumentação (Figura 6), pode ser verificado o cruzamento entre os processos químicos e as tecnologias computacionais, com destaque para proeminência recente chinesa nas duas áreas tecnológicas tanto no número de publicações quanto no de patentes.

Simulação feita na SCImago Journal & Country *Ranking* com indicadores científicos extraídos da Base Scopus (Elsevier B.V.) mostram em 2015 a liderança da China no número de publicações na área de Engenharia Química e na categoria “Processos químicos e tecnologias”. Contudo, os EUA, classificados em segundo lugar neste *ranking* de publicações, são o país que ostenta maior número de citações pelo índice H.

O desempenho da China e da Coreia do Sul em tecnologias digitais associadas à Engenharia Química tem se refletido no crescimento da atividade inventiva e no aumento do número de depósitos de patentes. A Figura 9 mostra um quadro estatístico comparativo do número de publicações de patentes na área de Engenharia Química. A comparação indica números de depósitos realizados

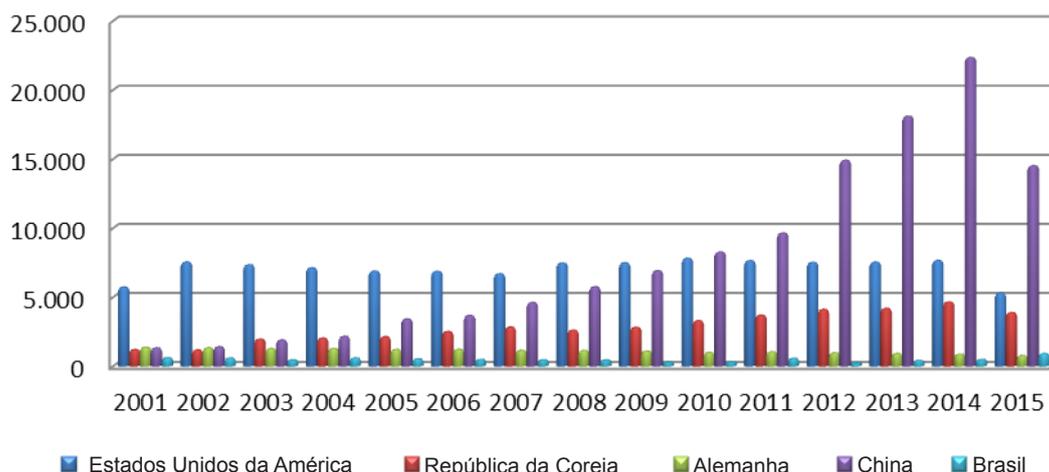


Figura 9. Número de publicações de patentes por países (Sistema PCT/WIPO) na área tecnológica de Engenharia Química (2001 - 2015). Elaboração com uso do *WIPO Statistics Database*: <<http://www.wipo.int/ipstats/en/>>.

pelos países que se destacaram no panorama de tecnologias de reatores (EUA, China, Coreia do Sul e Alemanha) e o Brasil, que ocupa 18º lugar no *ranking* de reatores.

Na Figura 9, está indicado o avanço vertiginoso de depósitos de documentos chineses na última década nesta área. A Figura 9 mostra ainda a manutenção do alto nível de publicação de patentes dos EUA, o crescimento consistente de depósitos da Coreia do Sul, além da posição da Alemanha e do Brasil na atividade de depósito em Engenharia Química.

A Coreia do Sul, que corresponde ao terceiro país no panorama de depósitos de patentes de reatores, apresenta um dos maiores indicadores de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) do mundo, com investimento de cerca de 3% de seu PIB em C&T e com 20% dos pesquisadores de suas universidades atuando na área de biociências (Lee et al., 2010). Na subclasse mais ocorrente entre os documentos de reatores recuperados, relativos a processos químicos ou físicos e aparelhos pertinentes aos mesmos B01J, a Coreia do Sul surge como o segundo maior depositante atrás dos EUA (Figura 7).

Os EUA, o primeiro em número de depósitos (Figuras 2 e 3) e na categoria mais numerosa B01J, são o país líder dos investimentos globais em P&D nas áreas de biociências e biotecnologia (OECD, 2014; 2015). A disponibilidade de recursos públicos somados aos fundos privados – investidos na forma de capital semente e de risco – teve impacto direto na capacidade do país de associar os resultados da pesquisa em biociências às indústrias.

Como consequência disso, observa-se nos EUA o surgimento de um grande número de pequenas empresas biotecnológicas (*spin offs* das universidades ou *spin outs* de empresas ligadas ao setor químico, farmacêutico e de alimentos). O empreendedorismo dos EUA, conforme Hoffman (2014), refletiu-se no bom desempenho do país em depósitos de patentes nas áreas de biotecnologia e análise de material biológico, ambas ligadas ao uso de biorreatores.

As Figuras 10 e 11 apresentam a evolução comparativa dos depósitos pelos EUA, Brasil e principais países citados no panorama de reatores nas duas áreas. Chama a atenção, nos dois gráficos, o elevado número de depósitos dos EUA e o firme crescimento dos depósitos chineses a partir de 2007. Adicionalmente, podem ser observados, na evolução dos depósitos, os efeitos das crises financeiras de 2008 e 2011, seguidas da recuperação dos depósitos pelos EUA e a China.

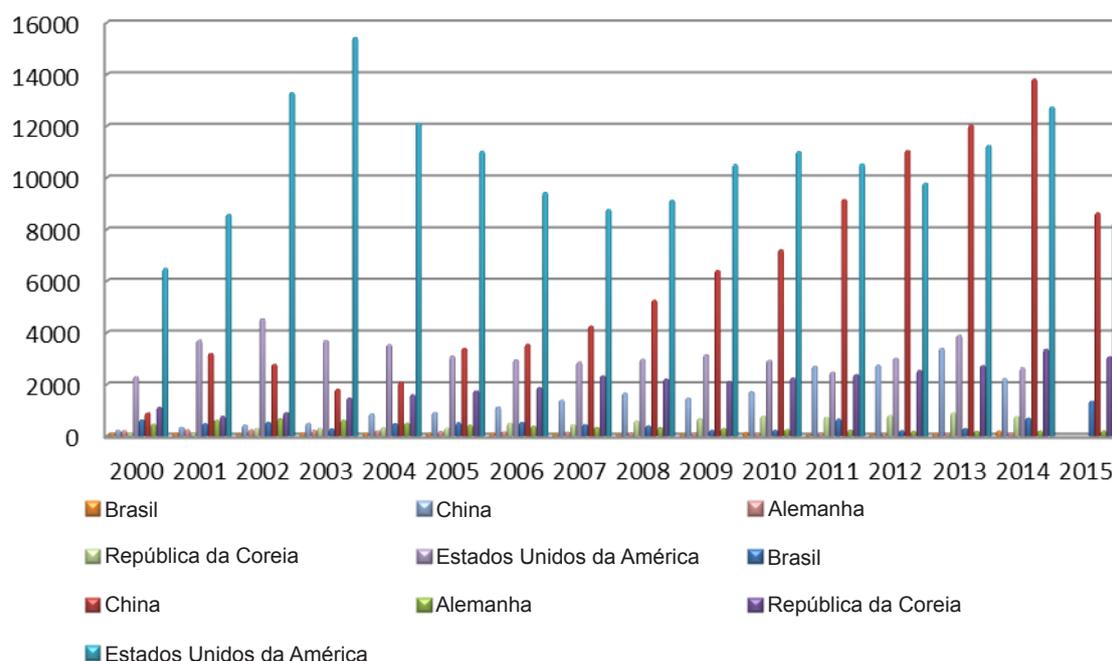


Figura 10. Número de publicações de patentes por países (Sistema PCT/WIPO) na área tecnológica de Engenharia Química (2001 - 2015). Elaboração com do *WIPO Statistics Database*: <<http://www.wipo.int/ipstats/en/>>.

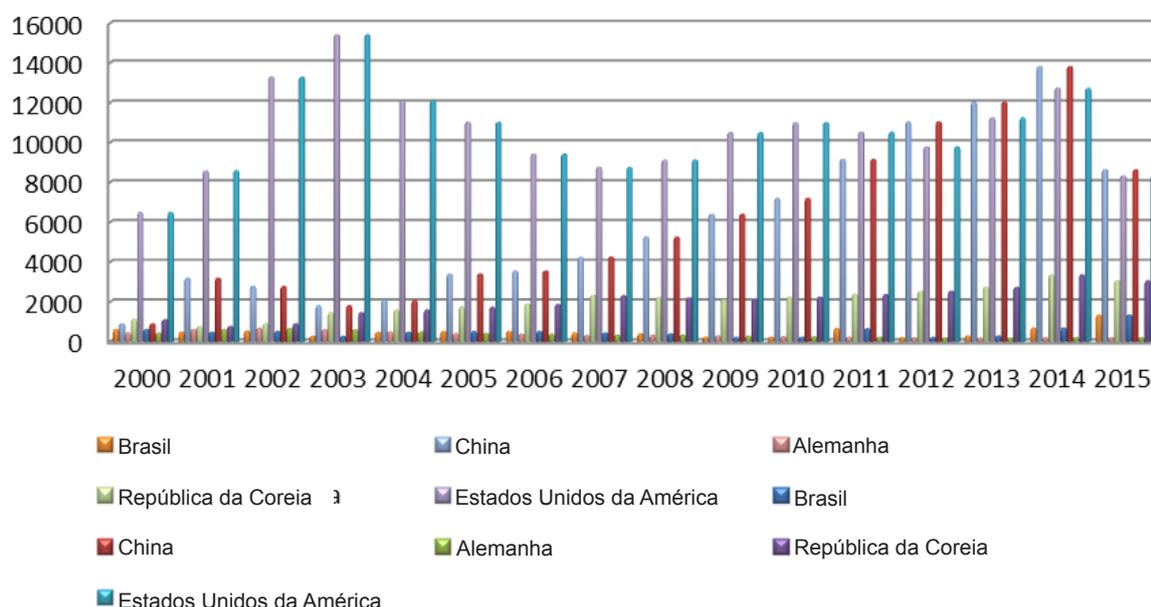


Figura 11. Número de publicações de patentes por países (Sistema PCT/WIPO) na área de Biotecnologia (2000 - 2015). Elaboração com uso do *WIPO Statistics Database*: <<http://www.wipo.int/ipstats/en/>>.

A China, segunda no *ranking* de reatores (Figuras 2 e 3) e bem posicionada como depositante nas categorias “Aparelhos para enzimologia ou microbiologia C12M” e “Fertilizantes orgânicos resultantes do tratamento de lixo ou refugos C05F”, constituiu nas duas últimas décadas uma sólida infraestrutura em biociências e biotecnologia (OECD, 2014). Essa estrutura tem como base a integração da Academia Chinesa de Ciência com universidades e empresas.

Na China, consolidou-se também um sistema público e privado de financiamento para C&T com vistas à industrialização dos resultados de biociências e biotecnologia (Zhang; Huang, 2010). A estratégia chinesa foi baseada no patentamento em áreas de fronteira biotecnológicas, na inserção de P&D na cadeia produtiva das indústrias emergentes (bioindústrias), na formação de *clusters* identificados com mercados e alianças externas (Zhang; Huang, 2010).

Na quarta posição em número de depósitos de patentes de reatores (Figuras 2 e 3), a Alemanha é origem de pedidos em várias categorias tecnológicas, com destaque para “Processos químicos ou físicos e aparelhos pertinentes aos mesmos B01J” e “Compostos acíclicos ou carbocíclicos C07C”.

Muito embora os países europeus não tenham tanta disponibilidade e acesso aos capitais de risco quando comparados aos EUA, a Alemanha possui a terceira receita mundial em investimento em P&D em biociências e biotecnologias (Robin; Shubert, 2013). Para incentivar a indústria biotecnológica, foi criado um programa governamental que dividiu o país em biorregiões especializadas, com intuito de consolidar a relação entre a pesquisa e aplicações práticas.

A Alemanha possui também a terceira colocação mundial em relação ao número de empresas em biotecnologia. A indústria alemã de biotecnologia é recente, estabelecida nos últimos 20 anos e caracterizada por *startups* com 85% das empresas com menos de 50 empregados (Robin; Shubert, 2013).

O Brasil ocupa o 18º lugar no número de tecnologias de reatores depositadas. Em virtude da biodiversidade e do banco de germoplasma considerado um dos maiores da agricultura mundial, o país apresenta oportunidades para o desenvolvimento de biociências e da bioprospecção, sobretudo, aplicadas às áreas da saúde humana, produção primária e bioindústrias (CNI, 2014).

Nas últimas décadas, houve um significativo crescimento de linhas e grupos de pesquisa no Brasil em Bioquímica, Genética e Biologia Molecular. Esse incremento se traduziu na 14ª colocação do País, em 2015, no *ranking* de publicações científicas da SCImago Journal nesses temas e em 3º lugar nos campos relacionados à Agricultura e as Ciências Biológicas.

Devido à grande parte das atividades de pesquisa se concentrar em universidades e institutos públicos, as empresas biotecnológicas de pequeno porte se caracterizam no Brasil por manter fortes vínculos com essas instituições (*spin offs*) (Mendonça; Freitas, 2009). Adicionalmente, essas empresas enfrentam dificuldades para o acabamento, escalonamento (*scale up*) e inserção de tecnologias nas cadeias produtivas emergentes, inclusive no mercado externo, por falta de instrumentos regulatórios e financeiros mais adequados.

Considerações Finais

Os principais resultados indicam que os EUA mantêm a proeminência no campo de invenção de biorreatores ligados a processos físicos, químicos inorgânicos/orgânicos e de compostos não metálicos. A China, segunda colocada no *ranking* de biorreatores, encontra-se em rápida expansão no que diz respeito a reatores químicos, físicos, de enzimologia, de microbiologia e de fertilizantes orgânicos. A Coreia do Sul apresentou bom desempenho em reatores físicos, químicos e de macromoléculas de carbono, enquanto a Alemanha se destacou em processos físicos, químicos e em compostos orgânicos acíclicos e carbocíclicos.

O Brasil, que ficou na 18ª colocação no *ranking*, apresenta depósitos de patentes em categorias de reatores referentes a processos físicos e químicos, a misturas de hidrocarbonetos derivados do

petróleo, mas com incipiente número de patentes relacionado a processos de química orgânica e de biocompostos. A intensificação de PD&I nas categorias citadas representa oportunidade para o Brasil de tirar proveito de setores onde já apresenta bom desempenho: produção de petróleo e agropecuária.

As citadas categorias de processos de química orgânica e de biocompostos, apesar de ainda apresentarem um reduzido número de depósitos de patentes, têm potencial de crescimento tendo em vista a existência de pesquisa na área, quantidade de biomassa e grande produção agrícola.

Embora a disponibilidade de recursos biológicos (biomassa), como no caso do Brasil, possa representar oferta de matéria-prima, não confere, por si só, nem capacidade tecnológica nem capacidade bioindustrial de produção de derivados.

Como se pode depreender do panorama, a criação de subprodutos de base biológica está relacionada ao avanço em biociências e bioprocessos. Essa capacidade, de acordo com Hoffman (2014), é adquirida e mantida pelo acompanhamento das rotas técnicas e tecnologias emergentes com vistas a produzir diferenças, incrementos e pequenas rupturas a partir do domínio do estado da técnica.

O desempenho da China, segunda colocada no *ranking* de biorreatores, demonstra os efeitos de uma forte associação de C&T nas áreas de engenharia química, materiais biológicos e biotecnologia, somada a fertilização cruzada dessas áreas com as tecnologias digitais. O avanço chinês em tecnologias limpas também correspondeu à aplicação da ciência em soluções técnicas para os drásticos problemas de poluição e contaminação ambiental devido ao acelerado crescimento, industrialização e aumento de padrões de consumo.

Tal como o Brasil, a China detém reservas de recursos naturais que precisam ser preservadas, descontaminadas e utilizadas dentro do padrão de economia circular. Diferente do Brasil, a China aliou uma rápida criação de conhecimento científico em biociências com a adaptação de soluções funcionais, tanto no campo da produção primária quanto em campos tecnológicos sofisticados da biotecnologia.

O uso tradicional de resíduos orgânicos como adubo nas áreas rurais da China tornou-se foco de invenções bioquímicas voltadas à produção primária e incremental de processos de compostagem e de digestão anaeróbica (Zhang; Huang, 2010). Inovações em equipamentos e tratamento biológico produziram fertilizantes orgânicos de maior eficiência nutricional e com as requeridas externalidades ambientais positivas, atenuação de emissão de CO₂ e metano; combate à erosão nos solos e menor uso de água para irrigação.

De modo a estimular e tirar ainda maior proveito do esforço inventivo chinês, o sistema de propriedade intelectual daquele país foi ajustado para viabilizar a absorção e a adaptação de tecnologias externas; garantindo a liberdade de uso e a apropriação pela China dos ativos estratégicos à espiral evolutiva de seu desenvolvimento e protagonismo internacional.

No caso do Brasil, o reaproveitamento dos resíduos orgânicos provenientes do setor agropastoril e das agroindústrias foi avaliado pelo Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada (IPEA), que concluiu que a maior parte é destinada à produção de energia e uma parcela ainda reduzida é reutilizada na produção de fertilizantes orgânicos e condicionadores do solo (Schneider et al., 2012).

No Brasil, o desenvolvimento da indústria de fertilizantes orgânicos, como os demais ramos da bioindústria, é limitado por barreiras técnicas, político-econômicas e legais (Wilson, 2015). Os

insumos orgânicos competem com os intermediários químicos e derivados do petróleo, que apresentam preços declinantes, subsídios governamentais, cadeia de produção e de distribuição maduras; enfim, toda uma estrutura que tende a conservar o emprego dos derivados inorgânicos.

A eleição de áreas prioritárias e a ação governamental podem tornar o setor de reúso de resíduo mais competitivo frente ao convencional, por meio de financiamento, incentivo fiscal e preços sustentados. Além disso, para o desenvolvimento do setor, são necessárias garantias quanto a padrões de qualidade, de segurança e de descontaminação, similares àquelas existentes para os derivados inorgânicos.

Quanto às barreiras técnicas, por mais que estejam estabelecidos processos como a compostagem e a digestão anaeróbica de resíduos, há lacunas de conhecimento que precisam ser preenchidas. Para o processo de biodegradação aeróbio e termofílico da compostagem, ainda há espaço para a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias quanto à ação dos microrganismos sobre a matéria orgânica, especialmente materiais lignocelulósicos, à influência de novos materiais (p. ex., biochar, nanocompósitos) sobre a biodegradação, às técnicas robustas de prevenção de perdas de nitrogênio e redução de emissões de gases de efeito estufa, além do desenvolvimento de engenharia de escala. O aproveitamento de resíduos deverá solucionar ainda desafios técnicos relacionados à coleta e ao processamento de modo que se estabeleçam economias de escalas na fabricação de fertilizantes orgânicos.

Todas essas soluções vão demandar intensificação de C&T na área de bioprocessos com a aplicação de biorreatores. Portanto, a atualização do estado da técnica das invenções de biorreatores, aliada ao fomento da rede de pesquisa e da infraestrutura laboratorial de centros de pesquisa e de empresas, são pré-condições para o desenvolvimento tecnológico e inovação na transformação de resíduos em fertilizantes orgânicos.

Referências

- ALVES, T.; COSTA, H.; RODRIGUES, R.; ROCHA, M. Development of Text Mining Tools for Information Retrieval from Patents. *Nature*, v. 7, p. 9, 2014.
- CNI. **Bioeconomia**: oportunidades, obstáculos e agenda. Brasília, DF, 2014. 81 p. (Propostas da indústria eleições, 35).
- DE BEER, J.; FU, K.; WUNSCH-VINCENT, S. **The informal economy, innovation and intellectual property- Concepts, metrics and policy considerations**. 2013.
- HOFFMAN, W. The Shifting Currents of Bioscience Innovation. *Global Policy*, v. 5, n. 1, p. 76-84, 2014.
- INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem**: ciência e prática aplicadas a gestão de resíduos. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, p. 156, 2009.
- LEE, S.; YOON, B.; PARK, G.; PARK, J. Open innovation in SMEs—An intermediated network model. *Research policy*, v. 39, n. 2, p. 290-300, 2010.
- LYBECKER, K. M. Innovation and technology dissemination in clean technology markets and the developing World: the role of trade, intellectual property rights, and uncertainty. *Journal of Entrepreneurship Management and Innovation*, v. 10, n. 2, p. 7-38, 2014.
- MASON, I. G.; MILKE, M. W. Physical modelling of the composting environment: A review. Part 1: Reactor systems. *Waste management*, v. 25, n. 5, p. 481-500, 2005.
- MENDONÇA, M. A. A.; FREITAS, R. E. **Biotechnologia**: perfil dos grupos de pesquisa no Brasil. [Brasília, DF]: IPEA, 2009.
- OBORNE, M. The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda. *OECD Observer*, n. 278, p. 35-38, 2010.

OECD. **Green Growth Indicators 2014**.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264202030-en>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

OECD. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2015: Innovation for growth and society. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2015-en> . Acesso 5 maio 2016.

OECD. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**. 2015. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en>. Acesso em 29 Mar 2016.

PARGAONKAR, Y. R. Leveraging patent landscape analysis and IP competitive intelligence for competitive advantage. **World Patent Information**, v. 45, p. 10-20, 2015.

PORTER, A. L.; CUNNINGHAM, S. W. **Tech mining**: exploiting new technologies for competitive advantage. [New Jersey]: John Wiley, v. 29, 2004.

ROBIN, S.; SHUBERT, T. Cooperation with public research institutions and success in innovation: Evidence from France and Germany. **Research Policy**, v. 42, n. 1, p. 149-166, 2013.

SCHNEIDER, V. E.; PERESIN, D.; TRENTIN, A. C.; BORTOLIN, T. A.; SAMBUICHI, R. H. R. **Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindustriais associadas**. Brasília, DF: IPEA, 2012. 129 p.

TROMMETTER, M. Intellectual property rights in agricultural and agro-food biotechnologies to 2030. **OECD International Futures Project on "The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda"**, v. 2030, 2008.

VANDERGHEYNST, J. S.; GOSSETT, J. M.; WALKER, L. P. High-solids aerobic decomposition: pilot-scale reactor development and experimentation. **Process Biochemistry**, v. 32, n. 5, p. 361-375, 1997.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. D. Mudança tecnológica na agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 4, p. 721-742, 2012.

WILSON, D. C. (Ed.). **Global waste management outlook**. 2015. Available at: <<http://www.greenreport.it/wp-content/uploads/2015/09/Global-Waste-Management-Outlook-2015.pdf>>. Access in: 29 Jul. 2016.

ZHANG, X.; HUANG, H. **Science e Technology on Bio-hylic and Biomass Resources in China: A Roadmap to 2050**. Science Press, 2010.