

MONITORAMENTO TECNOLÓGICO DOS PROCESSOS DE APROVEITAMENTO DO BIOGÁS COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

Rafaella de Souza Oliveira Azevedo¹; Ricardo Gabbay de Souza²; Rita de Cássia Colman¹; Lisiane Veiga Mattos¹

¹Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, UFF, Niterói, RJ, Brasil. (rafaellasozevedo@gmail.com)

Rec.: 11.05.2015. Ace.: 11.12.2015

RESUMO

O biogás apresenta como vantagens, por exemplo, a redução da emissão de gases de efeito estufa e a redução de resíduos utilizados como matérias-primas. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo prospectivo, através da análise de artigos científicos e documentos patentários sobre os processos de aproveitamento do biogás como fonte de energia renovável, visando acompanhar o desenvolvimento tecnológico neste setor. Observou-se que, de maneira geral, o número de artigos científicos e de depósito de pedidos de patentes nesta área aumentou ao longo dos últimos dez anos. Os Estados Unidos se destacaram, sendo o país com maior número de publicações de artigos científicos e depósitos de pedidos de patentes nesse setor.

Palavras chaves: Biogás. Desenvolvimento Sustentável. Prospecção Tecnológica.

ABSTRACT

Biogas presents as advantages, for example, the reduction of the emission of greenhouse gases and the reduction of wastes used as raw materials. The aim of this study was to carry out a prospective study, through the analysis of scientific articles and patent documents on biogas utilization processes as sustainable energy source, aiming to follow the technological development in this sector. It was observed that, in general, the number of scientific papers and filing of patent applications in this area has increased over the last ten years. The United States stood out, being the country with the largest number of scientific articles publications and filing of patent applications in this sector.

Keywords: Biogas. Sustainable Development. Technology Prospecting.

Área tecnológica: Energias Renováveis; Biocombustíveis

INTRODUÇÃO

A demanda global por energia está crescendo de forma cada vez mais acelerada e a maior parte desta demanda é atendida por combustíveis fósseis. Além de ser uma reserva energética limitada, a queima dos combustíveis fósseis gera um grande impacto ambiental, uma vez que contribui para o crescimento das emissões de CO₂, que é um dos gases responsáveis pelo aumento do efeito estufa. Ainda assim, a maior parte das reservas naturais conhecidas de petróleo e gás natural está concentrada em regiões politicamente instáveis, o que afeta a segurança do suprimento mundial de energia (WEILAND, 2010).

Este panorama vem aumentando significativamente, nos últimos anos, a busca pelo desenvolvimento de novas fontes de energia renovável, como o biogás gerado a partir de digestores anaeróbicos e ou degradação biológica de compostos orgânicos presentes em aterros sanitários. O biogás é uma fonte de energia renovável versátil que pode ser utilizada na substituição de combustíveis fósseis (LIANGCHENG et al., 2014). Atualmente, o biogás é utilizado, principalmente, na geração de calor e eletricidade, injeção em redes de gás natural como combustível. O biogás apresenta como vantagens, por exemplo, a redução da emissão de gases de efeito estufa, a redução da dependência na importação de combustíveis fósseis de regiões politicamente instáveis e a redução de resíduos que são utilizados como matérias-primas (SANZ-BOBI; DE CUADRA; BATLLE, 2012).

Nesse sentido, o conhecimento do estado da técnica se torna essencial para a tomada de decisões de instituições e empresas com relação ao investimento em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. Desse modo, trabalhos de monitoramento tecnológico são de grande importância. Portanto, o objetivo principal deste trabalho foi realizar um estudo prospectivo, através da análise de artigos científicos e documentos patentários sobre os processos de aproveitamento do biogás como fonte de energia renovável, visando acompanhar o desenvolvimento tecnológico neste setor.

METODOLOGIA

No presente trabalho, os artigos científicos e documentos patentários foram levantados nas bases de dados *Scopus* e *QuestelOrbit*. Os critérios de busca adotados nas referidas bases de dados estão apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Na base de dados *Scopus*, a estratégia inicial consistiu na utilização do termo “*biogas*”, sem limitação por ano de publicação, no campo “*Title, Abstract, Keywords*” e resultou em um total de 15.127 publicações, que englobavam todos os mais variados tipos de assuntos relacionados ao biogás. Entretanto, já que o foco do presente trabalho é o aproveitamento do biogás produzido da digestão anaeróbia ou decomposição natural da matéria orgânica presente nos aterros sanitários como fonte de energia renovável, foram incluídos na estratégia da busca termos mais específicos da área, de forma a detectar documentos mais relevantes para o assunto. Assim, em combinação com o termo “*Biogas*” foram utilizados ainda “*(Biomass OR Biowaste)*” e “*(Anaerobic OR Landfill)*”, resultando em um total de 1.816 publicações. Entretanto, foi possível observar que grande parte dos documentos detectados ainda não estava relacionada a uma aplicação do biogás como fonte de energia renovável. Portanto, de forma a especificar mais a busca, foram incluídos também os termos: “*(Conver* OR Recover* OR Reform*)*” e “*(Energy OR Power OR Electricity OR Fuel OR Heat)*”, resultando em um total de 431 publicações. Por último, de forma a estudar o cenário nos últimos 10 anos, a estratégia de busca foi limitada para publicações a partir do ano de 2005 e resultou em um total de 353 publicações (estratégia nº4). A partir desse resultado, é possível afirmar que o maior número de publicações na área do biogás foi realizado a partir do ano de 2005, uma vez que houve uma diminuição de apenas 78 documentos quando comparado ao resultado da mesma estratégia de busca, porém sem limitação de data de publicação. Portanto, o resultado obtido com a

limitação da data de publicação a partir do ano de 2005 é bem representativo do estado da técnica relacionado ao assunto até o momento.

Tabela 1 - Critério de busca de artigos científicos na base de dados *Scopus*

Estratégia	Palavras chaves	Campo	Ano de Publicação	Nº de Publicações
1	Biogas	Title, Abstract, Keywords	Todos os anos	15.127
2	Biogas AND (Biomass OR Biowaste) AND (Anaerobic OR Landfill)	Title, Abstract, Keywords	Todos os anos	1.816
3	Biogas AND (Biomass OR Biowaste) AND (Anaerobic OR Landfill) AND (Conver* OR Recover* OR Reform*) AND (Energy OR Power OR Electricity OR Fuel OR Heat)	Title, Abstract, Keywords	Todos os anos	431
4	Biogas AND (Biomass OR Biowaste) AND (Anaerobic OR Landfill) AND (Conver* OR Recover* OR Reform*) AND (Energy OR Power OR Electricity OR Fuel OR Heat)	Title, Abstract, Keywords	A partir de 2005	353

Fonte: Autoria própria, 2015.

Na base de dados *Questel Orbit* foi adotada a mesma estratégia utilizada na base de dados de artigos científicos *Scopus*. A única diferença está no campo de busca pesquisado, o qual engloba título, resumo e reivindicações. Como resultado, foram obtidos 116 documentos patentários (estratégia nº4). Novamente, pode-se afirmar que o maior número de depósitos de pedidos de patentes na área de biogás foi realizado a partir do ano de 2005, uma vez que houve uma diminuição de apenas 33 documentos quando comparado ao resultado da mesma estratégia de busca, porém sem limitação de ano de depósito. Portanto, o resultado obtido com a limitação do ano de depósito a partir do ano de 2005 é bem representativo do estado da técnica relacionado ao assunto até o momento.

Tabela 2 - Critério de busca de documentos patentários na base de dados *Questel Orbit*

Estratégia	Palavras chaves	Campo	Ano de Depósito	Nº de Documentos
1	Biogas	Title, Abstract, Claims	Todos os anos	9.827
2	Biogas AND (Biomass OR Biowaste) AND (Anaerobic OR Landfill)	Title, Abstract, Claims	Todos os anos	594
3	Biogas AND (Biomass OR Biowaste) AND (Anaerobic OR Landfill) AND (Conver* OR Recover* OR Reform*) AND (Energy OR Power OR Electricity OR Fuel OR Heat)	Title, Abstract, Claims	Todos os anos	149

Tabela 2 - Critério de busca de documentos patentários na base de dados *Questel Orbit*

Estratégia	Palavras chaves	Campo	Ano de Depósito	Nº de Documentos
4	Biogas AND (Biomass OR Biowaste) AND (Anaerobic OR Landfill) AND (Conver* OR Recover* OR Reform*) AND (Energy OR Power OR Electricity OR Fuel OR Heat)	Title, Abstract, Claims	A partir de 2005	116

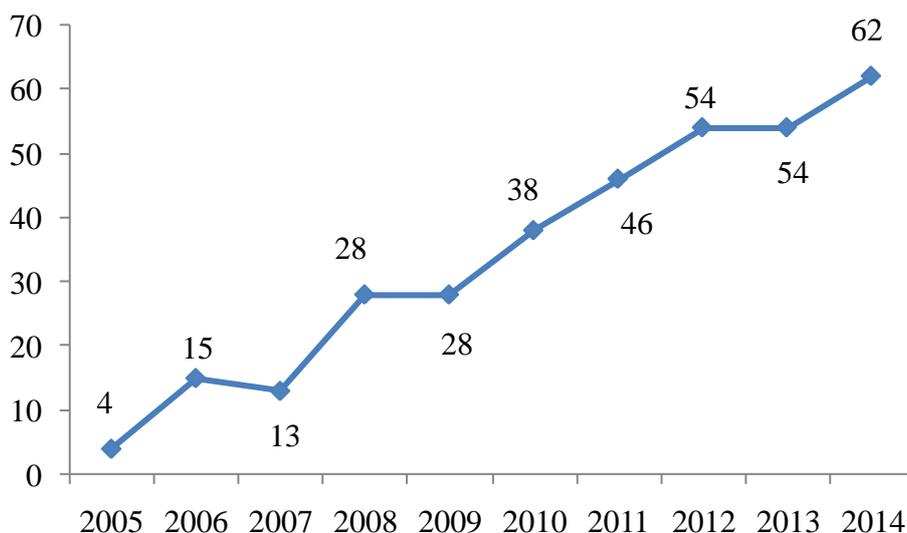
Fonte: Autoria própria, 2015.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a evolução temporal dos artigos científicos publicados entre o período de 2005 e 2014. Percebe-se que o número de artigos voltados para o biogás vem crescendo cada vez mais nos últimos 10 anos, tendo ocorrido uma pequena diminuição apenas em 2007. Em 2008, observa-se o primeiro aumento significativo do número de publicações na área (total de 28), que se manteve constante durante o ano seguinte. Em 2010, o número de publicações relacionadas ao biogás voltou a crescer (total de 38) e, desde então, somente em 2013 o número de publicações manteve-se constante (total de 54). O ano de 2014 foi o mais significativo nos últimos 10 anos, apresentando um total de 62 artigos publicados, ou seja, aproximadamente 18% do total dos últimos 10 anos. Apesar de não incluído no gráfico, o ano de 2015 parece ser um ano promissor considerando-se que em apenas 3 meses completos já foram publicados 11 artigos.

Diante desses dados, nota-se que vem ocorrendo nos últimos 10 anos um aumento significativo no número de publicações na área do biogás, onde se percebe um nítido crescimento e interesse explorador neste setor, o que condiz com o grande potencial tecnológico e mercadológico do produto.

Figura 1 - Evolução do número de artigos científicos sobre biogás entre o período de 2005 e 2014

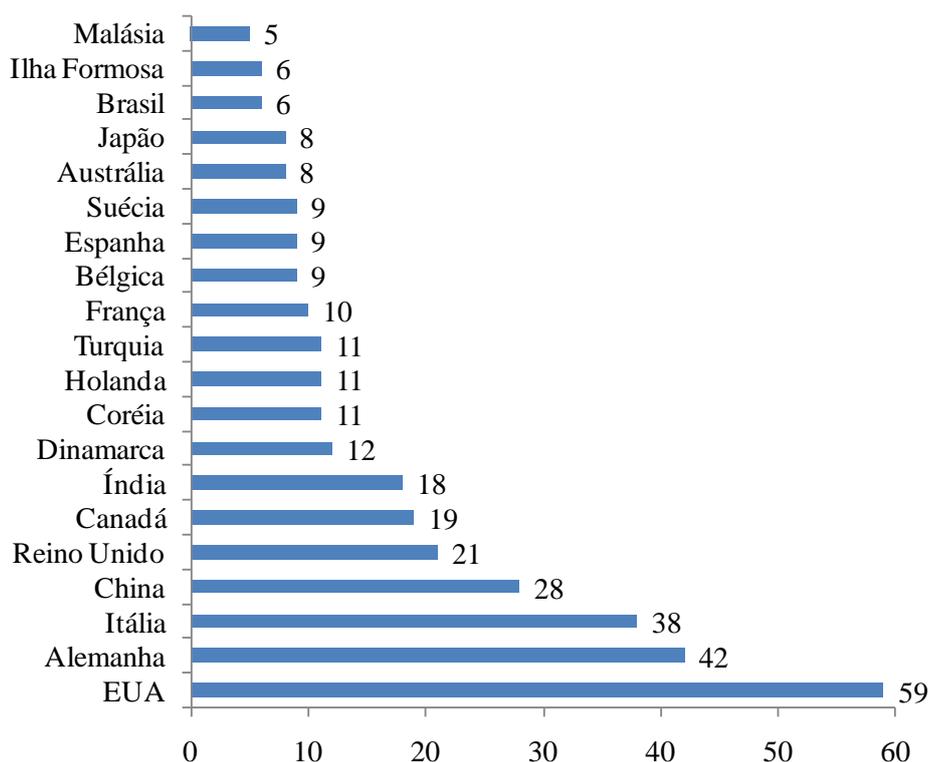


Fonte: Autoria própria, 2015.

Quanto à publicação de artigos por país, pode-se observar a partir da Figura 2 que os Estados Unidos se destacam no setor do biogás, sendo responsáveis pela publicação de 59 artigos

científicos, ou seja, aproximadamente 17% do total analisado. Em segundo lugar está a Alemanha com um total de 42 artigos publicados, ou seja, aproximadamente 12% do total analisado. Em seguida, em 3º e 4º lugares, aparecem a Itália e a China, sendo responsável, cada país, respectivamente, pela publicação de 38 e 28 artigos científicos, ou seja, aproximadamente 11% e 8% do total de publicações no setor do biogás nos últimos 10 anos. O Brasil aparece em 18º lugar da lista com 6 publicações de artigos científicos no setor do biogás nos últimos 10 anos, ou seja, aproximadamente 2% do total de artigos analisados.

Figura 2 - Distribuição dos artigos científicos por países entre o período de 2005 e 2015 (até março, inclusive)

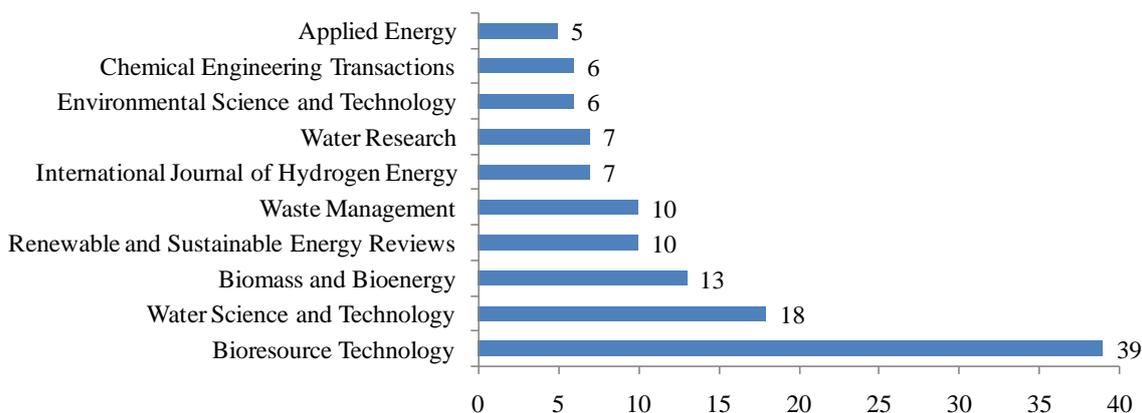


Fonte: Autoria própria, 2015.

Já a Figura 3 mostra as 10 revistas que mais publicaram artigos científicos na área do biogás nos últimos 10 anos. Em 1º lugar aparece em destaque a revista “Bioresource Technology” com um total de 39 artigos científicos publicados entre o período de 2005 a 2015 (até março, inclusive). Em 2º e 3º lugares estão as revistas “Water Science and Technology” e “Biomass and Bioenergy”, já com 18 e 13 publicações, respectivamente, ou seja, um número consideravelmente reduzido em comparação com ao 1º lugar.

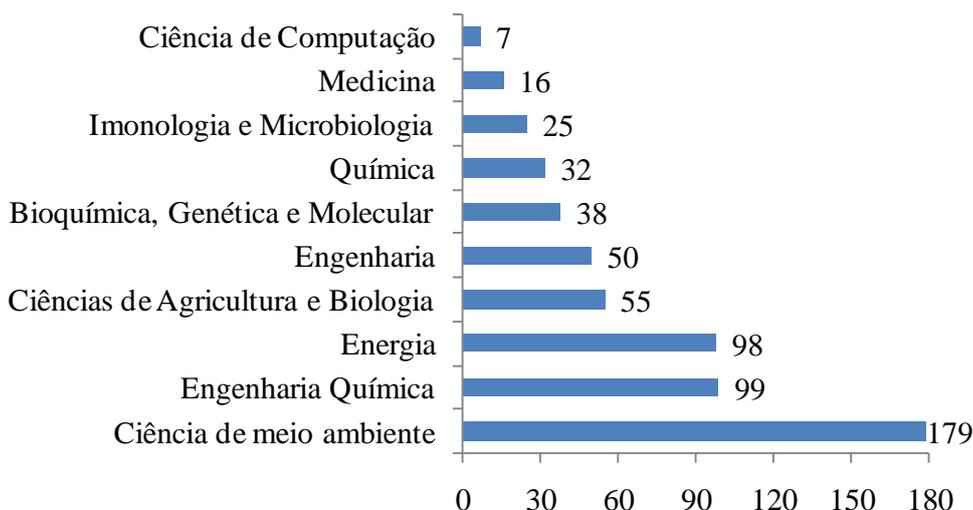
A Figura 4 adiante apresenta a distribuição de artigos por principais áreas tecnológicas e informa também o número de publicações pertencentes a cada tecnologia. Vale destacar que um mesmo artigo científico pode ser classificado como direcionado a mais de uma área tecnológica. A área de Ciência e Meio Ambiente é a que mais se destaca com um total de 179 publicações. Em seguida, praticamente empatados, aparecem as áreas de Engenharia Química e Energia com um total, respectivamente, de 99 e 98 publicações. As demais áreas tecnológicas já aparecem com um menor número de publicações.

Figura 3 - Distribuição dos artigos científicos por revistas entre o período de 2005 e 2015 (até março, inclusive)



Fonte: Autoria própria, 2015.

Figura 4 - Distribuição dos artigos científicos por domínio tecnológico entre o período de 2005 e 2015 (até março, inclusive)



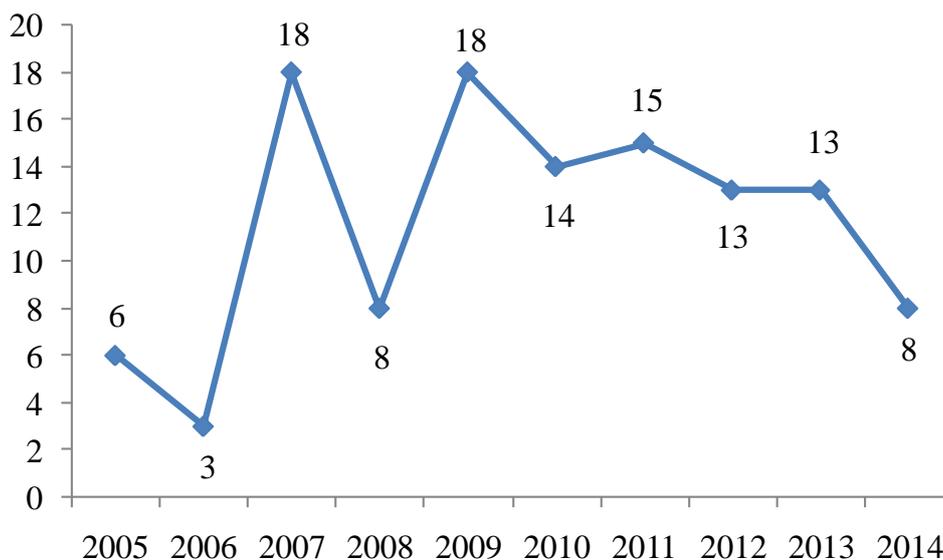
Fonte: Autoria própria, 2015.

Com relação à análise de documentos patentários, a Figura 5 mostra a evolução temporal do depósito de pedidos de patentes nos 93 escritórios de propriedade industrial abrangidos pela base de dados *Questel Orbit* no período entre 2005 e 2014. De uma forma geral, percebe-se que o número de pedidos de patentes voltados para o biogás vem oscilando nos últimos 10 anos. Destacando-se o ano de 2007, quando houve um aumento significativo (total de 18 depósitos) em relação ao ano anterior (3 depósitos). Entretanto, esse aumento não se manteve no ano seguinte, tendo sido depositado apenas 8 pedidos de patente no ano de 2008.

Já em 2009, o número de depósitos na área voltou a crescer, totalizando novamente 18 depósitos, o que pode ser resultado do desenvolvimento de uma nova tecnologia no setor. Nos anos de 2010, 2011 e 2012, ocorreu uma leve queda no número de depósitos, apresentando uma média de 14 pedidos de patentes por ano. Já em 2013 e 2014 foram detectados, respectivamente, 13 e 8 depósitos de pedido de patente. Entretanto, é muito provável que ainda existam pedidos de patentes

depositados nestes anos que ainda estejam em período de sigilo, ou seja, sua publicação ainda não foi efetuada. Para o ano de 2015 é plausível não ter sido detectado nenhum depósito de pedido de patente, uma vez que caso tenha(m) sido depositado(s), este(s) encontram-se em fase de sigilo. A maioria dos países, como, por exemplo, o Brasil, mantém o pedido de patente em sigilo por um período de 18 meses após seu recebimento, sua publicação podendo ser antecipada apenas a pedido da depositante.

Figura 5. Distribuição dos depósitos de pedidos de patentes por ano entre o período de 2005 e 2014



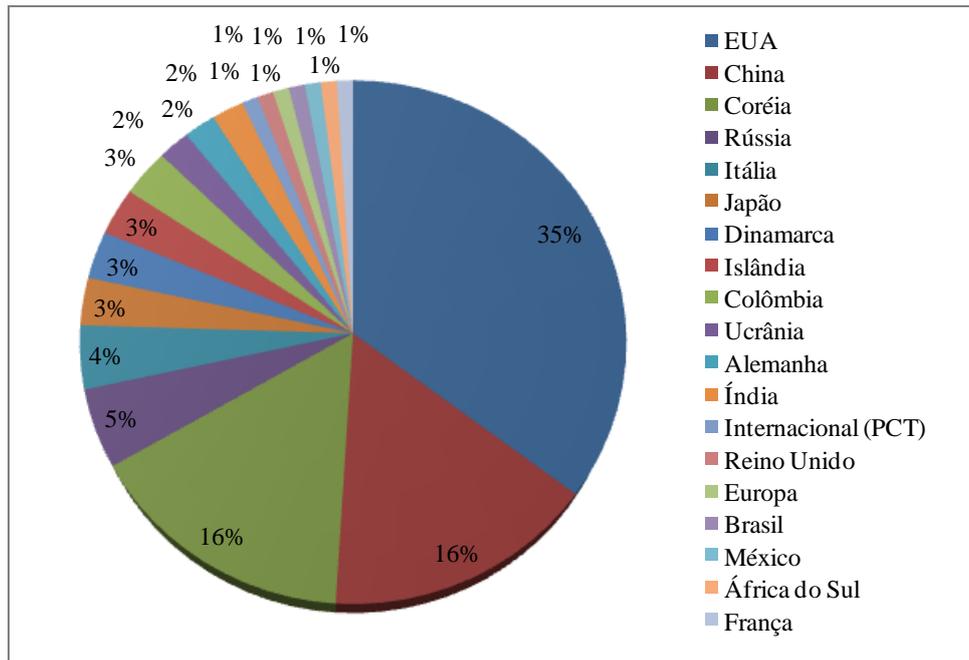
Fonte: Autoria própria, 2015.

Quanto ao depósito de pedidos de patentes por país, pode-se observar, a partir da Figura 6, que os Estados Unidos se destacam no setor do biogás, sendo o responsável pelo depósito de 42 pedidos de patente, ou seja, aproximadamente 36% do total de pedidos de patentes depositados nos últimos 10 anos. Empatados em 2º e 3º lugares aparecem a Alemanha e China, sendo responsável, cada um, por aproximadamente 16% do total de depósitos de pedidos de patentes no setor do biogás nos últimos 10 anos.

O Brasil aparece em 12º lugar da nossa lista, sendo responsável por aproximadamente 2% dos depósitos de pedidos de patentes no setor do biogás nos últimos 10 anos, mesma porcentagem detectada em análise similar realizada para artigos científicos (dados apresentados na Figura 2).

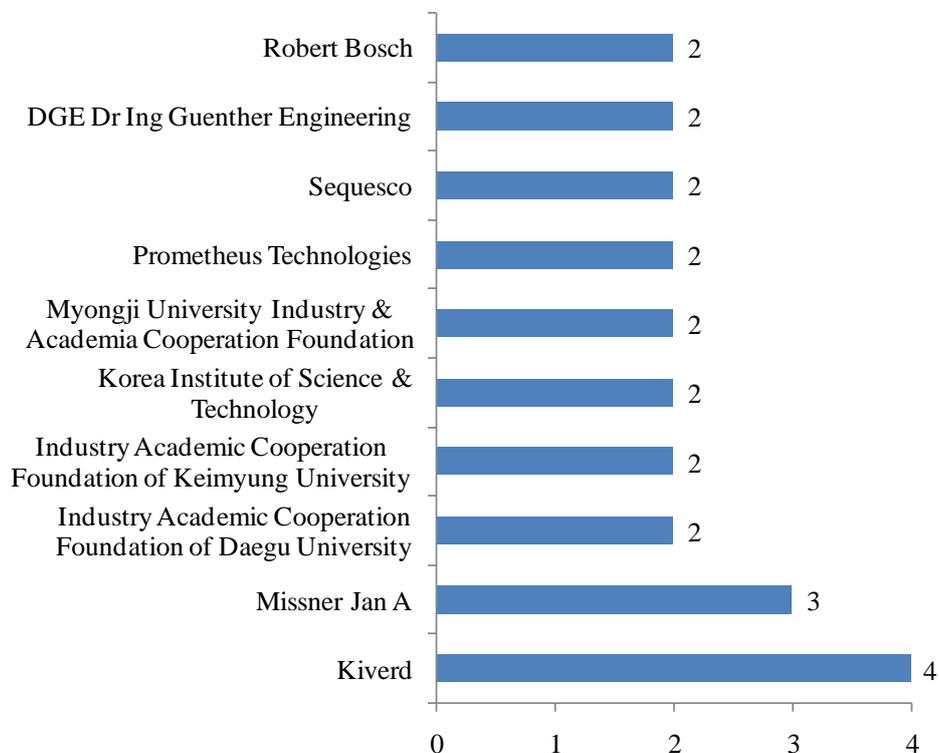
A Figura 7 mostra os 10 principais depositantes de pedidos de patentes no setor de biogás nos últimos 10 anos. Em primeiro lugar, vem a empresa KIVERDI, responsável pelo depósito de 4 pedidos de patentes nos últimos 10 anos. Em 2º lugar, está o depositante MEISSNER JAN A, responsável pelo depósito de 3 pedidos de patentes nos últimos 10 anos. Em seguida, todos empatados com um total de 2 pedidos de patente depositados entre o período de 2005 e 2015 (até março, inclusive) estão os depositantes INDUSTRY ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION OF DAEGU UNIVERSITY, INDUSTRY ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION OF KEIMYUNG UNIVERSITY, KOREA INSTITUTE OF SCIENCE & TECHNOLOGY, MYONGJI UNIVERSITY INDUSTRY & ACADEMIA COOPERATION FOUNDATION, PROMETHEUS TECHNOLOGIES, SEQUESCO, DGE DR ING GUENTHER ENGINEERING e ROBERT BOSCH.

Figura 6 - Distribuição dos documentos patentários por país da prioridade entre o período de 2005 e 2015 (até março, inclusive)



Fonte: Autoria própria, 2015.

Figura 7. Distribuição dos documentos patentários por depositante (10 primeiros) entre o período de 2005 e 2015 (até março, inclusive)

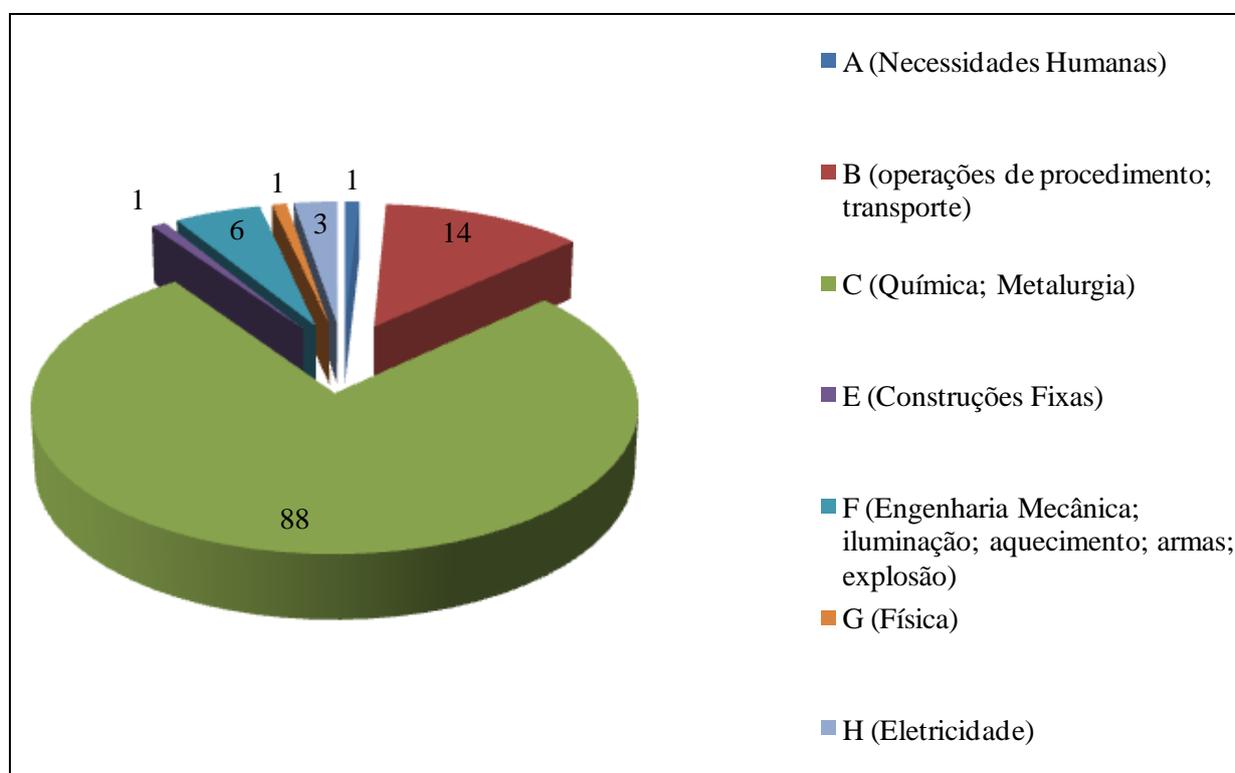


Fonte: Autoria própria, 2015.

A Figura 8 apresenta a distribuição dos pedidos de patentes por seções da Classificação Internacional de Patentes (IPC) e informa também o número de pedidos de patentes pertencentes a cada classificação.

Observa-se que dentre as oito possíveis seções, 7 estavam presentes nos documentos patentários detectados, são elas: Seção A (Necessidades Humanas), Seção B (Operações de Processamento; Transporte), Seção C (Química; Metalurgia), Seção E (Construções Fixas), Seção F (Engenharia Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão), Seção G (Física) e Seção H (Eletricidade). Vale destacar que cada documento patentário pode conter diversas classificações.

Figura 8 - Distribuição dos documentos patentários por seções da IPCentre o período de 2005 e 2015 (até março, inclusive)

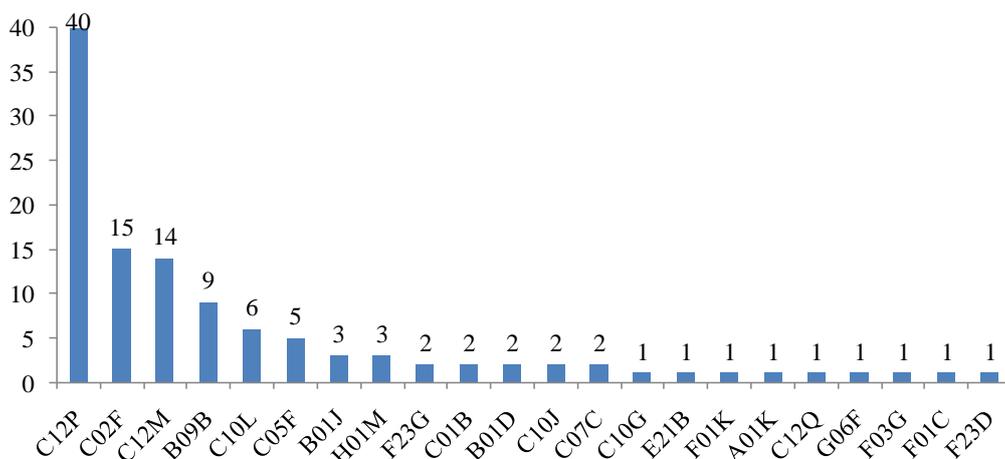


Fonte: Autoria própria, 2015.

A Figura 9 mostra a distribuição dos documentos patentários por subclasses da IPC, sendo possível notar a presença de 22 subclasses distintas com destaque para C12P, a qual estava presente em 40 documentos patentários analisados. A referida classificação refere-se a processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar uma composição ou composto químico desejado ou para separar isômeros ópticos de uma mistura racêmica.

Em segundo lugar, presente em 15 documentos patentários analisados, aparece a subclasse C02F, que refere-se ao tratamento de água, de água residuais, de esgotos ou de lamas e lodos. Já em terceiro lugar, presente em 14 documentos patentários analisados, aparece a subclasse C12M, que trata de aparelhos para enzimologia ou microbiologia.

Figura 9 - Distribuição dos documentos patentários por subclasses da IPCentre o período de 2005 e 2015 (até março, inclusive)

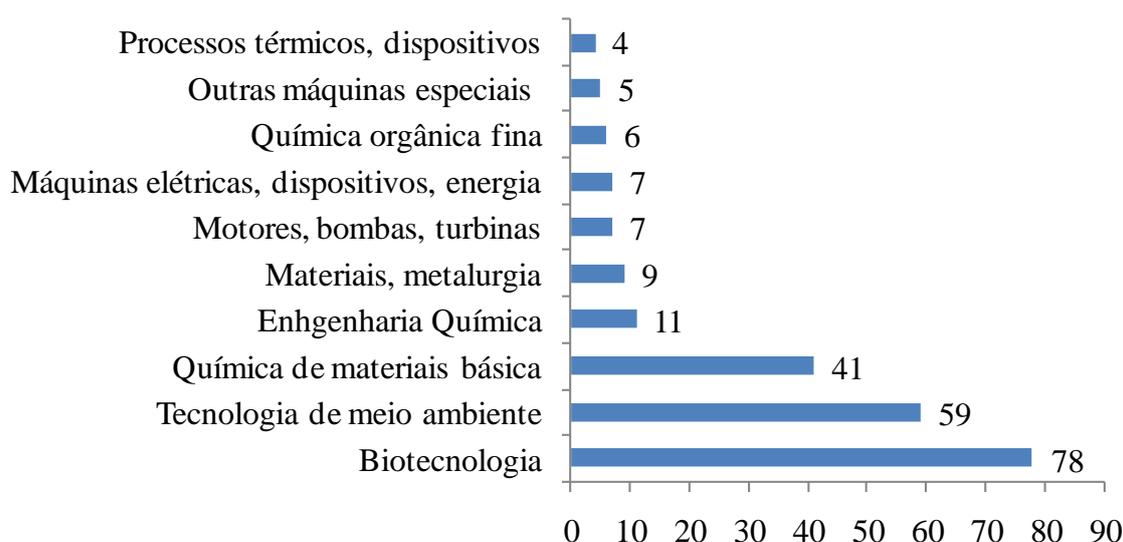


Fonte: Autoria própria, 2015.

A Figura 10 apresenta a distribuição de documentos patentários por principais domínios tecnológicos e informa também o número de documentos pertencentes a cada tecnologia. Vale destacar que um mesmo documento patentário pode ser classificado como direcionado a mais de um domínio tecnológico. O domínio de Biotecnologia é o que mais se destaca com um total de 78 documentos patentários. Em seguida aparece o domínio de Tecnologia de Meio Ambiente com um total de 59 documentos patentários.

Vale lembrar que em análise similar realizada para artigos científicos (dados apresentados na Figura 4) destacou-se o domínio de Ciência e Meio Ambiente com um total de 179 publicações.

Figura 10 - Distribuição dos documentos patentários por domínio tecnológicoentre o período de 2005 e 2015 (até março, inclusive)



Fonte: Autoria própria, 2015.

CONCLUSÃO

O presente monitoramento tecnológico mostrou que, de forma geral, vem ocorrendo, nos últimos 10 anos, um aumento significativo principalmente no número de publicações de artigos científicos na área do biogás, onde se percebe um nítido crescimento e interesse explorador neste setor. Esses resultados indicam um grande potencial tecnológico e mercadológico do produto. Foi possível observar também que os Estados Unidos se destacam no setor do biogás, sendo responsável por aproximadamente 17% do total de publicações de artigos científicos e por aproximadamente 36% do total de depósitos de pedidos de patentes, ambos nos últimos dez anos. Em seguida aparece a Alemanha, sendo responsável por aproximadamente 12% do total de publicações de artigos científicos e por aproximadamente 16% do total de depósitos de pedidos de patentes no setor do biogás, ambos nos últimos dez anos. O Brasil, apesar de ter um grande potencial para produção e o uso energético de biomassa, não ocupa um lugar de destaque nesta área, sendo responsável por apenas 2% do total de artigos científicos analisados, bem como de pedidos de patentes depositados nos últimos 10 anos.

PERSPECTIVAS

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a tendência é de que o número de artigos científicos e de depósito de pedidos de patentes na área relacionada ao uso do biogás como fonte de energia continue aumentando ao longo dos anos. Esse resultado mostra a importância da inserção do biogás na matriz energética mundial, indicando que esta tecnologia apresenta um grande potencial para ser utilizada como uma fonte de energia renovável no futuro.

REFERÊNCIAS

LIANGCHENG, Y.; XUMENG, G.; CAIXIA, W.; FEI, Y.; YEBO, L. Progress and Perspectives in Converting Biogas to Transportation Fuels. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 40, p. 1133-1152, 2014.

SANZ-BOBI, M. A.; DE CUADRA, F.; BATLLE, C. A review of Key Points of an Industrial Biogas Bioplant. A European Perspective. In: Conference: Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), 2012 International Conference on, 11-14 de nov. de 2012, p. 1-6.

WEILAND, P. Biogas Production: Current and Perspectives. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 85, p. 849-560, 2010.