

MONITORAMENTO TECNOLÓGICO SOBRE ETANOL LIGNOCELULÓSICO

EMERSON LEO SCHULTZ¹; DANIELA TATIANE DE SOUZA²; MARIA IARA PEREIRA MACHADO³; SIBELLE DE ANDRADE SILVA⁴; ROBERTO BARBOSA DE ALMEIDA⁵; LUCIANA HARUMI MORIMOTO FIGUEIREDO⁶
¹emerson.schultz@embrapa.br, EMBRAPA; ²daniela.souza@embrapa.br, EMBRAPA; ³maria.machado@embrapa.br, EMBRAPA; ⁴sibelle.silva@embrapa.br, EMBRAPA; ⁵roberto.barbosa@embrapa.br, EMBRAPA; ⁶luciana.figueiredo@embrapa.br, EMBRAPA.

RESUMO

A produção de etanol a partir de materiais lignocelulósicos, como bagaço de cana e palha de milho, é de grande interesse de diversos países, pois, pode aumentar a produção de etanol sem a necessidade de aumentar a área plantada das matérias-primas. Visando compreender a dinâmica desse mercado, nesse trabalho foi realizado o monitoramento tecnológico do processo de fermentação de hidrolisados de materiais lignocelulósicos para a produção de etanol baseando-se em documentos de patentes, publicações científicas e informações de mercado. Embora o tema monitorado seja de grande interesse para a indústria sucroalcooleira brasileira, a tecnologia relacionada com etanol lignocelulósico praticamente não é protegida por meio do sistema de patentes no Brasil. Entretanto, o meio científico brasileiro tem aumentado as pesquisas nessa área, o que é revelado pelo crescente número de publicações científicas brasileiras. Isso demonstra que o meio científico ainda não se preocupa com a proteção por meio de patentes, o que pode ter vários motivos, como o pouco conhecimento do sistema de patentes, a falta de alianças com o setor privado, entre outros.

PROBLEMÁTICA

O etanol lignocelulósico é produzido a partir de materiais lignocelulósicos, sendo também chamado de etanol de segunda geração. Esses materiais são constituídos de celulose, hemicelulose e lignina. Os processos para emprego de materiais lignocelulósicos para produção de etanol inclui as seguintes etapas: trituração, pré-tratamento, hidrólise química ou enzimática, fermentação e separação/purificação. Nos processos de pré-tratamento e hidrólise, a hemicelulose e a celulose são decompostas obtendo-se pentoses e hexoses. Os principais gargalos da produção de etanol lignocelulósico são as etapas de pré-tratamento, hidrólise e a fermentação de pentoses ou dos hidrolisados de materiais lignocelulósicos (CHEN, 2011; MUSSATO *et al.*, 2010; ZHU & PAN, 2010).

Alguns materiais lignocelulósicos podem ser mais promissores que outros para produção de etanol como, por exemplo, materiais com baixo teor de lignina. Enzimas podem ser empregadas na etapa de hidrólise, sendo que a hidrólise enzimática geralmente produz menor quantidade de compostos que inibem a fermentação dos açúcares. Entretanto, o custo das enzimas tem inviabilizado o processo. Micro-organismos que sejam capazes de fermentar tanto pentoses e hexoses são de grande interesse na produção de etanol lignocelulósico (MARGEOT *et al.*, 2009; MUSSATO *et al.*, 2010; CHU & LEE, 2007).

Desse modo, esse trabalho visa realizar a prospecção de tecnologias relacionadas a processos de fermentação para obtenção de etanol lignocelulósico, por meio do monitoramento tecnológico em bases de dados de patentes e científicas. Além disso, o monitoramento do mercado também foi realizado por meio de bases de dados específicas. O presente trabalho representa um dos resultados do projeto da Embrapa intitulado "O uso da informação tecnológica como ferramenta para pesquisa, desenvolvimento e inovação nas áreas de biotecnologia e nanotecnologia agropecuária" – INFOAGRO.

METODOLOGIA

Para as buscas realizadas em bancos de patente e publicações científicas, palavras-chave relacionadas com o tema foram escolhidas, a partir das quais duas estratégias de busca foram elaboradas:

- Via metabólica da xilose: [(xyl* and (enzym* or isomerase\$ or reductase\$ or dehydrogenase\$ or pathway\$)) and (lignocellulos* or cellulose* or hemicellulos*) and (ethanol or bioethanol)]
- Fermentação de pentoses e de hidrolisados obtidos de materiais lignocelulósicos: [Ferment* and (xylose or yeast or hydrolysate\$ or arabinose or pentose\$) and (lignocellulos* or cellulose* or hemicellulos*) and (ethanol or bioethanol)]

Para as informações de mercado, uma estratégia mais geral também foi empregada: [Ethanol and (lignocellulos* or cellulose* or hemicellulos*)]

A busca de documentos de patentes foi realizada na Base de dados de patentes *Derwent Innovation Index* (DII), no período entre 2007-2011. Já a busca de artigos científicos foi realizada na base *Web of Science* (WOS). As buscas de informações do mercado foi realizada na base de dados *Wilson Web* e no site Google. Todos os dados obtidos a partir das buscas por documentos de patente e artigos e foram selecionados em relação à pertinência ao tema alvo da busca e importados no software *Vantage Point* para análise.

RESULTADOS

Na Base *Derwent Innovation Index* foram obtidos 597 documentos de patente, para o período de 2007-2011. As informações obtidas dos documentos foram avaliadas e aqueles relacionados com o tema alvo, fermentação, foram selecionados, resultando em um total de 187 documentos. Os dados mostram que os principais países foco de depósito dos pedidos de patente na área relacionada com etanol lignocelulósico, utilizando a estratégia de busca do presente trabalho, foram EUA (91 documentos), China (69) e Europa (56). O Brasil apresenta apenas um documento de patente entre os selecionados.

A Figura 1 apresenta a variação das cinco principais classificações da CIP dos documentos de patente selecionados, mostrando que a área está em crescente evolução em termos de novos depósitos, principalmente no que diz respeito a processos de fermentação ou processos que utilizam enzimas para sintetizar uma composição ou composto químico desejado.

Em relação aos depositantes dos pedidos de patente sobre a área estudada, 20% são universidades, em sua maioria estrangeiras; enquanto o restante do grupo é representado por empresas e outras instituições. De um modo geral, foi identificado um reduzido interesse no mercado brasileiro para a proteção das tecnologias relacionadas à área em questão. A análise no *Vantage Point* mostrou ainda que as principais palavras encontradas no item "foco tecnológico" dos documentos de patente foram etanol, xilose, glicose, leveduras e fermentação, mostrando ainda que a principal levedura utilizada nas tecnologias desenvolvidas é a *Saccharomyces cerevisiae*.

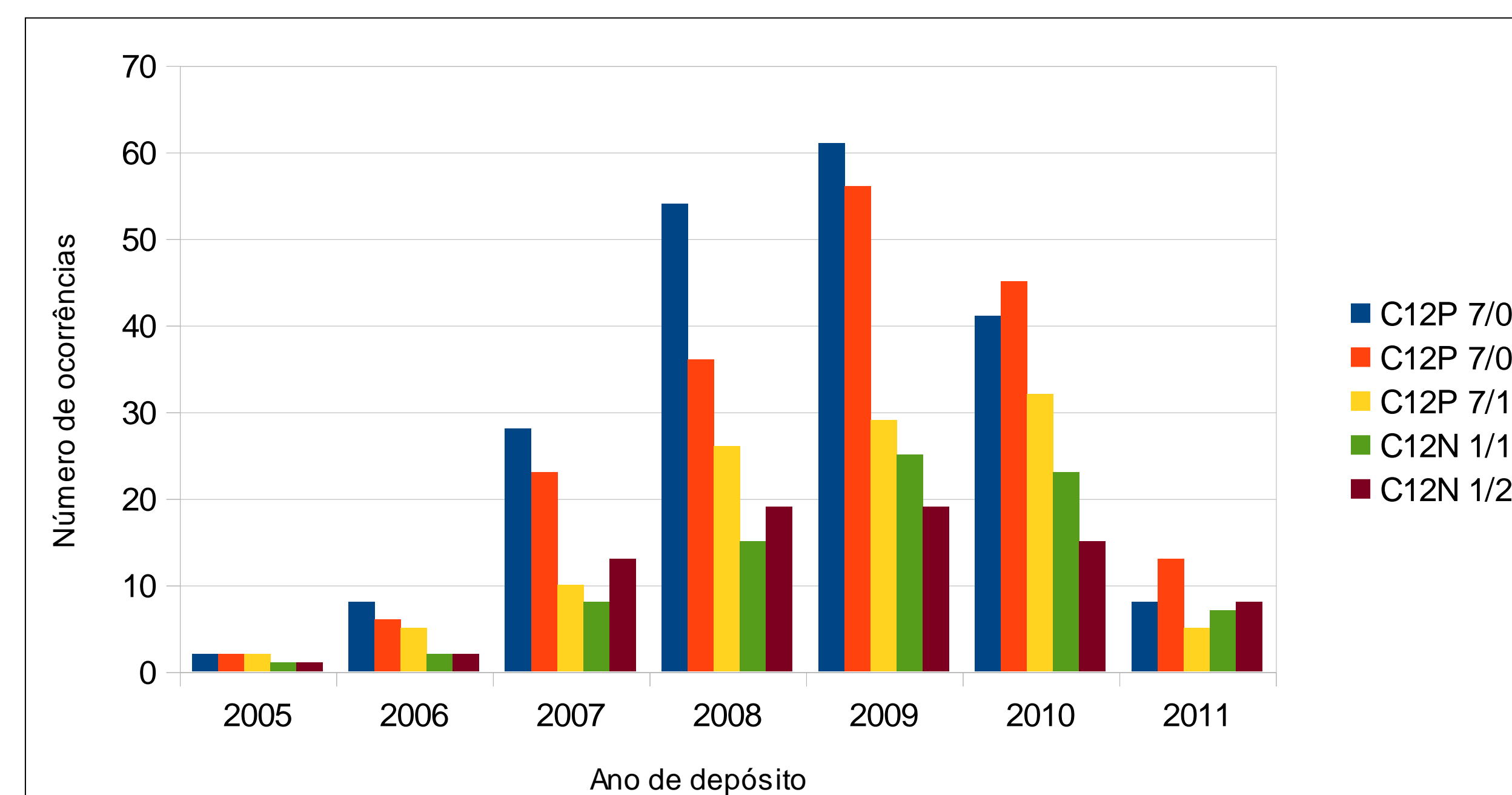


Figura 1. Número de ocorrências no período de 2005-2011 dos cinco principais códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP).

Para os artigos científicos, na Base *Web of Science* foram encontrados, após seleção, 488 artigos científicos. Ao contrário da análise sobre os documentos de patente, as universidades figuram com maior participação nas publicações, representando 75% dos documentos, sendo o grupo restante representado por empresas e outras instituições. Na Figura 2 é mostrada a evolução durante o período de 2007-2011 dos principais de origem das publicações científicas.

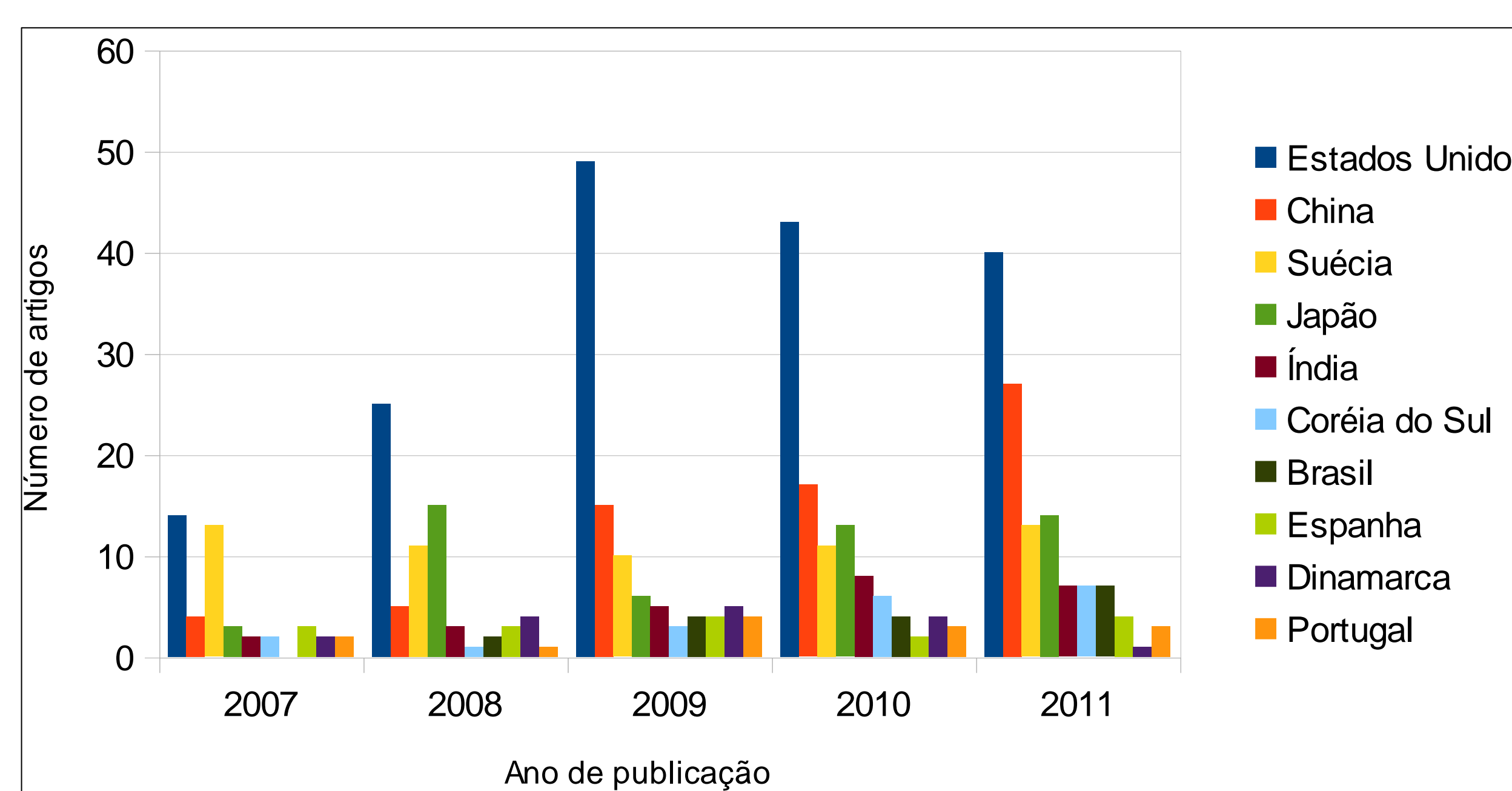


Figura 2. Evolução do número de artigos publicados por país no período de 2007-2011.

Em relação às informações de mercado, na Base *Wilson Web*, 79 artigos/reportagens relacionados ao tema etanol lignocelulósico foram encontrados para o período de 2007-2011. Destacam-se no levantamento diversos empreendimentos conjuntos, na forma de *joint ventures*, com vistas à produção de enzimas para a produção de etanol celulósico e de biocombustíveis a partir de resíduos da biomassa. O Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) e a Cosan são duas instituições brasileiras que se destacam nestes tipos de parcerias. Destacam-se ainda a construção de novas plantas produtoras de enzimas pela dinamarquesa Novozymes, e as plantas de etanol lignocelulósico da Abengoa, da DuPont Danisco Cellulosic Ethanol (DDCE) e da Mossi & Ghosolfi.

Uma estratégia tecnológica bastante comum, identificada nas informações de mercado, é a realização de investimentos na produção de etanol celulósico por empresas que possuem atuação em outras cadeias de produção. Além disso, um ponto que possui implicações sobre as estratégias de transferência de tecnologia refere-se ao fato das empresas internacionais do setor concentrarem, em geral, suas atividades de pesquisa básica em seus países de origens. As *joint ventures* são bastante pulverizadas, sendo realizadas com uma gama de parceiros em diferentes países. As empresas do setor parecem deslocar algumas de suas atividades para o Brasil, a fim de completar o processo de inovação e desenvolver seus negócios. Aparentemente, o Brasil serve de interesse como base para a produção industrial. O estudo confirma o apontado por BONTEMPO e ALVES (2012): a disponibilidade de cana-de-açúcar seria, de acordo com uma visão convencional, a razão para a vinda dessas empresas ao país.

CONCLUSÕES

Os Estados Unidos foi o país que recebeu maior número de depósitos de pedidos de patente relacionados com fermentação para produção de etanol lignocelulósico, seguido pela China, Europa, Japão, Canadá, Austrália e Índia, enquanto no Brasil foi depositado apenas um pedido de patente. Em relação aos artigos científicos, os Estados Unidos também é o principal país em publicações sobre fermentação para obtenção de etanol lignocelulósico, seguido pela China, Suécia e Japão. O Brasil vem apresentando um crescimento contínuo no número de artigos científicos publicados.

Em relação às informações de mercado, alguns investimentos produtivos estão sendo realizados, tanto em plantas de produção de etanol lignocelulósico (plantas de demonstração), como em plantas produtoras de enzimas. Diversas informações sobre aquisições e *Joint Ventures* também foram obtidas. Entretanto, como a produção de etanol lignocelulósico ainda se encontra em estágio de pesquisa e desenvolvimento em muitas empresas, as informações de mercado sobre esse tema são pouco precisas.

PRINCIPAIS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHEN, Y. Development and application of co-culture for ethanol production by co-fermentation of glucose and xylose: a systematic review. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, v. 38, p. 581-597, 2011.
- CHU, B. C. H.; LEE, H. Genetic improvement of *Saccharomyces cerevisiae* for xylose fermentation. *Biotechnology Advances*, v. 25, p. 425-441, 2007.
- MARGEOT, A.; HAHN-HAGERDAL, B.; EDLUND, M.; SLADE, R.; MONOT, F. New improvements for lignocellulosic ethanol. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 20, p. 372-380, 2009.
- MUSSATO, S. I.; DRAGONE, G.; GUIMARÃES, P. M. R.; SILVA, J. P. A.; CARNEIRO, L. M.; ROBERTO, I. C.; VICENTE, A.; DOMINGUES, L.; TEIXEIRA, J. A. Technological trends, global Market, and challenges of bio-ethanol production. *Biotechnology advances*, v. 28, p. 817-830, 2010.
- ZHU, J. Y.; PAN, X. J. Woody biomass pretreatment for cellulosic ethanol production: Technology and energy consumption evaluation. *Bioresource Technology*, v. 101, p. 4992-5002.