

GERAÇÃO DE INOVAÇÕES NA PRODUÇÃO DE ETANOL DE CANA-DE-AÇÚCAR DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DA ROTA HIDROLÍTICA ENZIMÁTICA: UM ESTUDO DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

FABRÍCIO JOSÉ PIACENTE

Professor do Programa de Mestrado do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS e
Professor no Centro Universitário Padre Anchieta- Unianchieta
e-mail: fjpiacente@bol.com.br

VANESSA DE CILLOS SILVA

Professora do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza - CEETEPS
e-mail: va.csilva@hotmail.com

Denys Eduardo Biaggi

Professor do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS
e-mail: denys.biaggi@gmail.com

Alessandra Zamana Silva

Graduanda no Centro Universitário Padre Anchieta -Unianchieta
e-mail: alessandra_zamana@hotmail.com

RESUMO

O artigo traça o cenário atual da tecnologia de produção de etanol de segunda geração de cana-de-açúcar, pela rota tecnológica hidrolítica enzimática, a partir da análise de bases de dados de documentos de patentes sobre esse tema depositado nos principais escritórios de proteção industrial. Para isso utilizou-se a ferramenta *Patent Strategie*, do fabricante LexisNexis, de busca e análise de documentos de patentes a partir de palavras-chaves: *(ethan* OR energ*) AND (sugar* OR cane* OR bagas*) AND (lign* OR cellul*) AND (hydroly* OR enzym*)*. Foram encontrados 12.181 documentos de interesse no período de 1974 a 2016, com crescimento expressivo nos últimos 10 anos. Observou-se que, segundo a classificação internacional de patentes, as áreas dos documentos pesquisados para a produção de etanol de segunda geração de cana-de-açúcar via hidrólise enzimática concentram-se em bioquímica, química orgânica e fabricação de medicamentos.

Palavras chave: cana-de-açúcar, etanol de segunda geração, enzimas, patentes, prospecção tecnológica.

1. INTRODUÇÃO

O setor sucroalcooleiro, mais recentemente denominado de sucroenergético, compreende as atividades agrícolas e industriais relacionadas à produção de açúcar, etanol e cogeração de eletricidade, o que no Brasil é realizado, predominantemente a partir do processamento da cana-de-açúcar. Esse setor é importante economicamente para o Brasil, sendo que o PIB (Produto Interno Bruto) do setor sucroenergético na safra 2013/14 foi de US\$ 43,36 bilhões, o que equivale aproximadamente 2% do PIB nacional de 2013.

O interesse em investir no setor sucroenergético revigorou-se em meados de 2004 quando os carros - *flex fuel* -, também chamados de bicombustíveis, foram introduzidos no mercado nacional, aumentando a demanda por etanol combustível. A internacionalização do etanol combustível fabricado a partir da cana-de-açúcar pode ocorrer com a possibilidade desse produto se tornar uma *commodity* mundial. Percebe-se que um dos desafios para o Brasil nos próximos anos será consolidar-se como um grande produtor e fornecedor internacional de etanol, o que requer investimentos em melhorias tecnológicas, que se adequem às exigências internacionais de produção sustentáveis, tanto em termos ambientais como sociais.

A produção de etanol a partir do processamento da cana-de-açúcar pode ocorrer a partir de duas rotas tecnológicas. A primeira é conhecida e empregada historicamente no Brasil e em outras regiões produtoras do mundo e consiste basicamente na fermentação alcoólica da sacarose obtida da cana-de-açúcar pelo esmagamento mecânico do seu colmo. Trata-se da primeira geração de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar.

Ainda que a produção de etanol de primeira geração (processo convencional) no Brasil tenha obtido avanços crescentes na produtividade agrícola e industrial, a atual tecnologia industrial de produção do etanol é datada dos anos 1980 e está próxima de seus limites teóricos. Há reconhecido esgotamento da eficiência da rota tecnológica industrial atualmente empregada no setor sucroenergético processador de cana-de-açúcar no Brasil, o aumento de produtividade teórico desse processo de primeira geração está limitado ao máximo de 4% (NOGUEIRA, 2008). Uma alternativa para suprir a demanda de etanol é a produção de etanol por meio de novas rotas de conversão, que apresentam estimativas de ganho de produtividade de, no mínimo, 50% (NOGUEIRA, 2008).

Segundo Hamelinck *et al.* (2011), o etanol celulósico de cana-de-açúcar é produzido a partir dos polissacarídeos da parede celular vegetal e é denominado etanol de segunda geração. Assim, apesar das mais diversificadas rotas para a produção de etanol de cana-de-açúcar de segunda geração, esse trabalho tratará exclusivamente da rota lignocelulósica.

A hidrólise da celulose é a principal rota tecnológica para a produção de etanol de segunda geração, ou bioetanol a partir da cana-de-açúcar. Nela a celulose do bagaço e da palha da cana é hidrolisada em reatores bioquímicos, onde ocorre a quebra da estrutura molecular dessa celulose em açúcares simples e solúveis, passíveis de se transformarem em etanol pela ação de microrganismos na etapa de fermentação (HAMELINCK *et al.*, 2011).

Entre os benefícios do etanol de segunda geração relacionam-se: o aproveitamento da cana-de-açúcar e seus subprodutos; aumento da fabricação de etanol em até 50% sem ampliar a área de cultivo; produção do biocombustível mesmo durante a entressafra da cana; e a redução da emissão de carbono durante a produção, gerando um combustível mais limpo.

Os métodos de prospecção tecnológica são usados há várias décadas em diversos países, como uma ferramenta para orientar os esforços empreendidos para a pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Os primeiros registros de utilização sistematizada das informações como ferramenta estratégica são datados da década de 50, cujo objetivo principal era a redução do tempo entre a invenção e a disposição dos produtos novos no mercado e, a essa atividade, deu-se o nome de prospecção tecnológica.

O presente estudo tem por objetivo traçar o cenário atual da tecnologia de produção de etanol de segunda geração de cana-de-açúcar a partir da análise de bases de dados de documentos de patentes sobre esse tema depositado nos principais escritórios de proteção industrial. Este levantamento permitirá identificar o desenvolvimento tecnológico na área de estudo ao longo dos anos; os depositantes de patentes mais expressivos sobre o assunto; a nacionalidade e a natureza desses depositantes; e as principais áreas científicas e tecnológicas estudadas por esses depositantes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Etanol de segunda geração

Apesar de tratar-se de um setor produtivo que utiliza tecnologias conhecidas historicamente e largamente difundidas, a agroindústria canavieira é uma atividade complexa, pois envolve um conjunto que se compõe de um setor agrícola e de um setor estritamente industrial, muitas vezes dividido em duas partes: fábrica de açúcar e destilaria de álcool. A parte agrícola apresenta aspectos e características ligadas diretamente a essa vertente da economia, ao processo de ocupação territorial e a utilização de recursos naturais como água e solo. A divisão industrial apresenta seus aspectos mais ligados intimamente com os processos de transformações da matéria prima para a fabricação de inúmeros produtos, dentre estes se destacam o açúcar e mais recentemente o etanol, como os principais (PIACENTE, 2005).

De maneira geral o complexo produtivo sucroalcooleiro do Brasil sempre foi objeto de regulamentações do Estado, na década de 1930, com o advento do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), o produtor açucareiro passou a se submeter a uma série de arranjos institucionais, vinculando os interesses do setor às esferas de decisão do Estado. Essa intervenção foi instaurada sob forte apelo dos próprios produtores do setor, em razão da ameaça de ruína dessa economia devido à superprodução, a queda do preço interno e do volume das exportações (RAMOS, 1999).

A corrida tecnológica mundial pelos biocombustíveis de segunda geração vem sendo direta ou indiretamente analisada em diversos trabalhos e em diferentes perspectivas. Segundo Nyko *et al.* (2010), apesar do etanol celulósico não apresentar, até o momento, viabilidade econômica, existem vantagens que estimulam o desenvolvimento tecnológico dessa alternativa. Destaca-se que as alterações climáticas decorrentes da queima dos combustíveis fósseis e a questão da insegurança energética refletida na dificuldade crescente da produção do petróleo e nos conflitos geopolíticos nas principais áreas produtoras, têm motivado uma corrida sem precedentes pela produção de energia a partir de fontes renováveis.

Para Bastos (2012) a rota tecnológica de segunda geração ainda requer melhoramento das características da matéria-prima, redução de custos por meio de adequados processos de pré-tratamento, melhoramentos da eficácia das enzimas, redução dos custos de produção, melhoria completa e integração de processo. Além disso, os preços do petróleo dão o ponto de equilíbrio para a viabilidade desse tipo de biorrefinarias.

Atualmente o processamento agroindustrial da cana-de-açúcar no Brasil encontra-se, em função das suas especificações técnico produtivas, praticamente autossuficiente energeticamente. O bagaço, um dos principais subprodutos desse processo é consumido integralmente para produção de energia por meio da co-geração. Segundo Santana & Teixeira (1993), o bagaço *in natura* é composto, aproximadamente por: 44,5% de fibras lignocelulósicas; 50% de umidade; 2,5% de sólidos solúveis em água e 3% de teor de cinza. Neste trabalho verificou-se ainda que, morfológicamente, o bagaço possui 50% de fibra, 30% de tecidos parenquimatosos e 20% de vasos e epiderme.

No Brasil, o setor sucroalcooleiro tem como principal desafio a implementação de processos que atualmente encontram-se em desenvolvimento tecnológico, o processamento das biomassas lignocelulósicas, do bagaço e da palha da cana-de-açúcar em escala comercial para a produção de etanol de segunda geração é a grande fronteira tecnológica em questão.

No processo de obtenção de etanol celulósico, o objetivo é “desmontar” a parede celular para utilizar os polissacarídeos como fonte de açúcares fermentáveis. Atualmente, esse processo bioquímico utiliza-se de duas etapas bem definidas: i) pré-tratamento; ii) e a hidrólise. Especificamente a segunda etapa, pode ocorrer de duas maneira distintas: i) hidrólise ácida; ii) e a hidrólise enzimática.

Na etapa denominada de pré-tratamento, fazem parte um conjunto de procedimentos químicos e biológicos que tem a finalidade de expor a fibra de celulose do bagaço e da palha da cana-de-açúcar para que o processo de sacarificação ocorra de maneira mais eficiente.

O processo básico de hidrólise ácida, uma das duas opções para a segunda etapa da produção de etanol de segunda geração, consiste em utilizar um ácido sulfúrico ou ácido clorídrico para atacar as ligações glicosídicas do material celulósico. A hidrólise química (ácida) ocorre em altas temperaturas e em reatores pressurizados, e os ácidos mais comumente utilizados são o sulfúrico e o clorídrico. Esse processo apresenta-se em estágio técnico de desenvolvimento. Até o momento, os resultados obtidos em plantas produtivas de larga escala apontaram dificuldades

técnicas e operacionais que resultam em um custo elevado do produto final (KAYLEN *et al.*, 2000).

A hidrólise enzimática desses materiais, foco do presente trabalho, é conduzida por meio do complexo de enzimas da celulase. Este processo ocorre a baixas temperaturas e à pressão atmosférica, além de ser menos poluente quando comparado à hidrólise ácida. Um dos grandes desafios desta tecnologia está relacionado à redução dos custos de produção destes complexos enzimáticos. Esse processo pode ocorrer de duas maneiras distintas: i) SHF - separate hydrolysis fermentation; ii) e pela SSF-simultaneous saccharification and fermentation.

Segundo Ogeda & Petri (2010), quando a hidrólise ocorre sequencialmente à fermentação a operação é designada de SHF, o gargalo dessa operação está no fato de que a glicose e a celobiose permanecem no mesmo meio que a celulose, inibindo a ação da celulase, reduzindo o rendimento da operação e elevando o custo do processo. Como alternativa adiciona-se micro-organismo fermentativo ao mesmo vasilhame onde estão sendo produzidos os açúcares, acelerando assim a transformação da glicose e da celobiose em etanol. Porém, isso gera resíduos e eleva significativamente o custo do equipamento e da operação.

O segundo tipo de processo de hidrólise enzimática é denominado de sacarificação simultânea e fermentação (SSF) e apresenta-se como uma alternativa melhor que a SHF, além de ser mais aplicada a hidrólise de celulose. A questão central desse processo é tornar o processo enzimático economicamente viável, ou seja, imobilizar enzimas sobre substratos sólidos de tal forma que as propriedades catalíticas sejam mantidas, além possibilitar a sua reutilização várias vezes. O grande desafio é determinar a enzima correta para cada mosto celulósico a ser tratado, em seguida imobilizar essa enzima no reator de maneira que ela mantenha sua estrutura nativa, uma vez que a enzima apresenta um elevado custo de aquisição (SILVA ORTIZ, 2016).

2.2 Prospecção Tecnológica

Os métodos de Prospecção Tecnológica são usados há várias décadas em diversos países, como uma ferramenta para orientar os esforços empreendidos para a pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Os primeiros registros de utilização sistematizada das informações como ferramenta estratégica são datados da década de 50, cujo objetivo principal foi a redução do tempo entre a invenção e a disposição dos produtos novos no mercado e, a essa atividade, deu-se o nome de Prospecção Tecnológica.

Eles estão sendo utilizados por diversas empresas no mundo como uma ferramenta para analisar a velocidade no desenvolvimento dos projetos, principalmente aqueles relacionados à tecnologia e na sua aceitação por parte do mercado. Esse desenvolvimento tecnológico, aliado com as pesquisas científicas são os instrumentos utilizados pelos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia para contribuir com o desenvolvimento nacional. O conhecimento precisa ser criado e transferido para a sociedade na forma de inovação, melhorando a vida das pessoas e desenvolvendo as regiões.

Conforme definição da Organização Mundial de Proteção Intelectual (OMPI), uma patente protege uma invenção e garante ao titular os direitos exclusivos para usar sua invenção por um período limitado de tempo em um determinado país. Pode ser concedida através de solicitação por meio de uma repartição governamental e qualquer pessoa física ou jurídica, sendo denominado depositante ou requerente.

Na atual legislação brasileira, a Lei da Propriedade Industrial n 9.279/96, em vigor desde 14 de maio de 1996, possibilita a proteção de duas maneiras: i) patente de invenção (PI); ii) ou modelo de utilidade (UM). A patente de invenção é concedida quando a invenção atende os requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial. O modelo de utilidade é concedido a patentes que visem melhorar o uso ou utilidade dos produtos, proporcionando maior eficiência ou facilidade na utilização, através somente de uma nova configuração, não sendo necessária a obtenção de um novo conceito (SILVEIRA, 1998).

Um fator importante e que mostra a relevância no estudo das patentes é a sua utilização como fonte de informação tecnológica para a geração de mapas de conhecimento. As bases de dados de patentes são padronizadas internacionalmente, e com qualidade da informação contida nesse documentos permite-se estatisticamente volumes de dados com baixo risco de erros, que agrega valor ao conhecimento disponível.

Segundo o Instituto Nacional de Proteção Industrial (INPI), a maioria das informações tecnológicas das patentes, em torno de 70%, não estão disponíveis em nenhuma outra fonte de informação. Trata-se de uma fonte atualizada do estado da arte da tecnologia, uma vez que o número de pedidos de patentes cresce anualmente na ordem de 2,5 milhões de processos em todo o mundo.

A prospecção tecnológica identifica as tecnologias existentes e o seu grau de desenvolvimento, concorrentes, utilização no mercado e possíveis variações que podem tornar-se competitivas. Com o estudo, podem-se identificar os maiores inventores e empresas depositantes, país de origem e de depósito da patente, e outras informações importante para a identificação, evolução e mapeamento da tecnologia pesquisada.

Neste contexto, para Kupfer & Tigre (2004), os métodos de prospecção tecnológica podem ser classificados em três grupos: i) monitoramento (*assessment*), que consiste no acompanhamento sistemático e contínuo da evolução dos fatos e na identificação de fatores portadores de mudança; ii) previsão (*forecasting*), que consiste na realização de projeções baseadas em informações históricas e modelagem de tendências; e iii) visão (*foresight*), que consiste na antecipação de possibilidades futuras, com base em interação não estruturada entre especialistas.

A busca de patentes pode ser realizada em bases de dados gratuitas (ex: WIPO, INPI, Espacenet, USPTO), assim como bases comerciais que tem um alto custo e exigem um nível de capacitação maior para serem utilizadas (ex: *Derwent Innovation Index, Questel Orbit, Patent Strategies*). Em geral, não existe uma regra ou fórmula exata para metodologias de prospecção tecnológica. Cada pesquisador pode desenvolver e definir aquela mais adequada a sua necessidade. Essa escolha depende de alguns fatores: área de conhecimento envolvida; aplicação da tecnologia no contexto, abrangência do estudo, tempo e custo disponível.

Além da utilização de palavras-chave é possível utilizar as classificações de patentes (CIP) para obter um melhor resultado na busca. A utilização das classificações também se justifica pelo fato de não existir um padrão nas palavras que os inventores utilizam, e também devido a possibilidade de um invento possuir mais de uma classificação.

A Classificação Internacional de Patentes (CIP) pode funcionar como um filtro importante na recuperação de documentos de patente da sua área técnica. Conforme material disponível pelo INPI, a CIP divide o conhecimento tecnológico em oito áreas (Seções), sendo: i) Seção A - Necessidades Humanas; ii) Seção B - Operações de Processamento; Transporte; iii) Seção C - Química e Metalurgia; iv) Seção D - Têxteis e Papel; v) Seção E - Construções Fixas; vi) Seção F - Eng. Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão; vii) Seção G – Física; viii) e a Seção H – Eletricidade.

Segundo o guia da CIP, cada Seção é subdividida em classes, que é simbolizada por um número de dois dígitos após o símbolo da seção. Cada classe abrange uma ou mais subclasses, que são o terceiro nível hierárquico da Classificação. Cada símbolo da subclasse consiste no símbolo da classe seguido por uma letra maiúscula. Por fim, cada subclasse é desdobrada em subdivisões, denominadas "grupos", que são tanto grupos principais (i.e., o quarto nível hierárquico da Classificação) quanto subgrupos (i.e., níveis hierárquicos mais baixos dependentes do nível do grupo principal da classificação).

Dentre as críticas apontadas por essa metodologia, destacam-se a intervalo de tempo entre o depósito e a concessão da patente, com isso as análises costumam ter uma certa defasagem. Outra dificuldade está na análise limitada em muitas bases de dados, os softwares de Análise de Redes Sociais (ARS) não suportam uma grande quantidade de dados, além de ser difícil realizar uma análise em uma rede com grande quantidade de ligações ou nós.

3. METODOLOGIA

O objeto do estudo foi os documentos de patentes de produtos e tecnologias relacionados a produção de etanol de segunda geração a partir da cana-de-açúcar pela rota tecnológica hidrolítica enzimática. O objetivo inicial teve a finalidade de identificar autores, inventores, instituições de pesquisa, empresas relacionadas, setores da economia envolvidos e o estado da técnica (em termos de verificar as patentes antecessoras).

Inicialmente foi feita a seleção da tecnologia existente do etanol de segunda geração de cana-de-açúcar a partir de rota hidrolítica enzimática. Trata-se de uma tecnologia em desenvolvimento, que se relaciona com o padrão tecnológico e produtivo do setor sucroenergético nacional e que já apresenta, mesmo que de maneira inicial, pelo menos duas plantas com escala comercial em funcionamento.

Para a etapa de seleção de banco de dados de patentes, dentre as opções elencadas, optou-se por utilizar o *software Patent Strategie* do fabricante LexisNexis, que apresenta foco em informações

estratégicas, integra conteúdos de patentes, informações financeiras de empresa, documentos não patentários como literatura científica e normas técnicas com ferramentas analíticas. Maior cobertura disponível, mais de 100 escritórios de patentes com dados de mais de 8,6 milhões de empresas, inclusive dados financeiros de seis diferentes fontes de dados financeiros – bolsa de valores.

A pesquisa realizada contemplo a seguinte sintaxe: (ethan* OR energ*) AND (sugar* OR cane* OR bagas*) AND (lign* OR cellul*) AND (hydroly* OR enzym*). O símbolo * foi empregado como *wildcard* com o objetivo de recuperar variantes de radicais da palavra que o precede, como operador foi usado OR para recuperar documentos que apresentassem qualquer uma das palavras entre este operador e o AND que necessariamente associe em um mesmo documento todos os termos determinados. O intervalo de tempo dos documentos recuperados foi de 1974 até 2016.

O objetivo foi fazer uma varredura nos documentos de patentes encontrados e identificar através da Classificação Internacional de Patentes (CIPs) os que efetivamente estão relacionados com áreas de conhecimentos ligadas a produção de etanol de segunda geração (celulósico) a partir da cana-de-açúcar.

A triagem inicial dos dados consiste na seleção dos documentos recuperados, agrupando-os nas respectivas classificação em que cada um se enquadra, nota-se que essa seleção por classe respeita a Classificação Internacional de Patentes (CIPs)¹.

Assim, pode-se obter, entre outras informações: i) número de patentes separando-as por subdomínio tecnológico; ii) número de patentes por país de origem do titular; iii) número de outros depósitos das patentes separando-as pelo país do outro depósito; iv) número de patentes por titular.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

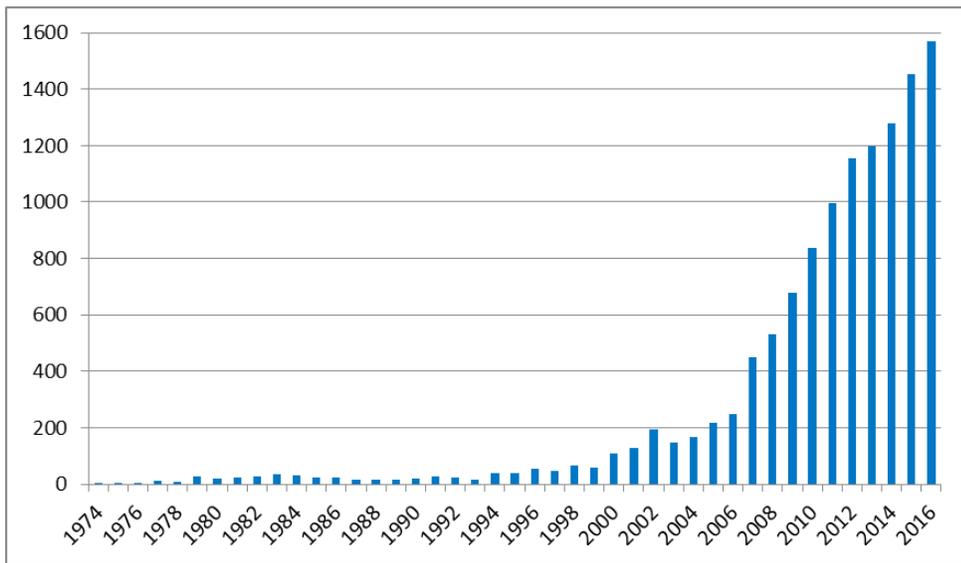
O estudo de patentometria levantou, a partir da sintaxe do termo de busca explicitado 12.181 documentos de patentes e pedidos de patentes, dos quais 788 eram concessões vencidas; 2.635 foram concessões ativas; 3.110 eram aplicações ativas; e 5.648 foram aplicações vencidas. Este portfólio é composto principalmente por documentos relacionados às tecnologias ligadas a produtos químicos orgânicos industriais, drogas, alimentos e dispositivos de medição e controle.

A FIGURA 1 traz a distribuição dos resultados encontrados com os termos de busca por ano de depósito. Nota-se, de maneira geral, que apesar dos primeiros documentos de patentes terem sido depositados em meados de 1974, o volume desses depósitos tornaram-se mais expressivos a partir de 2008, ou seja, trata-se de uma tecnologia recente. Os anos com maior concentração de depósitos para o termo de busca em questão estão entre 2006 e 2016, que corresponde ao período

¹ A Classificação Internacional de Patentes, também chamada de IPC (International Patent Classification), estabelece um sistema hierárquico de símbolos para a classificação de Patentes de Invenção e de Modelo de Utilidade de acordo com as diferentes áreas tecnológicas. Ela é adotada por mais de 100 países e coordenada pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (INPI, 2013)

de expansão recente da produção sucroenergética canavieira no país. A pesquisa científica que trata da tecnologia de extração de etanol a partir da celulose da cana-de-açúcar (segunda geração) para fins de produção de combustível iniciou-se em meados da década de 1990. Assim, os documentos de patentes representados na FIGURA 1, tratam especificamente de etanol de cana-de-açúcar a partir da rota de hidrólise enzimática, que teve seu ápice durante os anos de 2006 a 2010.

FIGURA 1: Distribuição dos resultados obtidos com os termos de busca por ano (1974-2016)

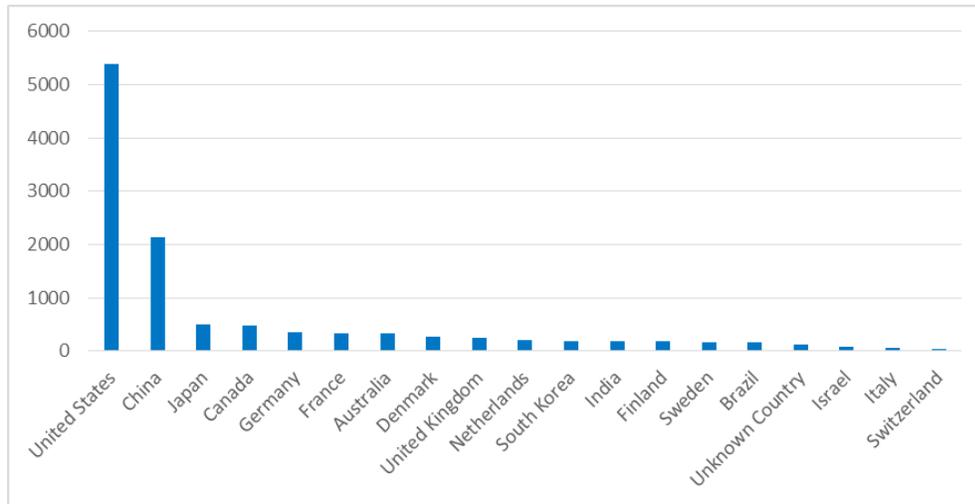


Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategiest*

A FIGURA 2 apresenta a distribuição dos documentos de patentes observados durante a pesquisa de acordo com seu país de origem. Nota-se que, aproximadamente 65% dos documentos foram depositados nos Estados Unidos (US) e na China (CN), com 5.385 e 2.131 documentos respectivamente. No Brasil (BR) foram depositados 162 documentos de patentes, o equivalente a 1,4% do total.

A informação tecnológica presente em um documento de patente permite observar, com maior exatidão, os países com desenvolvimento tecnológico mais expressivo em um determinado setor, que é o “país de prioridade” desse documento, o qual representa o local onde foi efetuado o primeiro depósito de patente para a referida tecnologia no mundo.

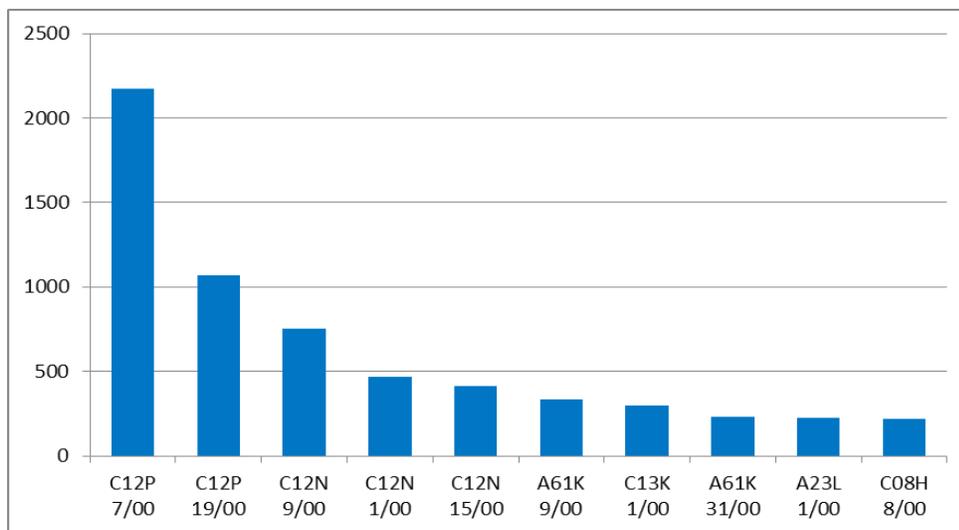
FIGURA 2: Distribuição dos resultados obtidos com o termo de busca para todo o processo por país em que a invenção foi depositada (1974-2016)



Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategiest*

A FIGURA 3 refere-se às principais classes de pedidos de patentes selecionadas na etapa de busca segundo a Classificação Internacional de Patentes (CIPs), as principais classes enquadradas na pesquisa foram as associadas às seções A e C, necessidades humanas e química/metalurgia, respectivamente.

FIGURA 3: Distribuição dos documentos de patentes buscados em relação as principais classificações de patentes (CIP)



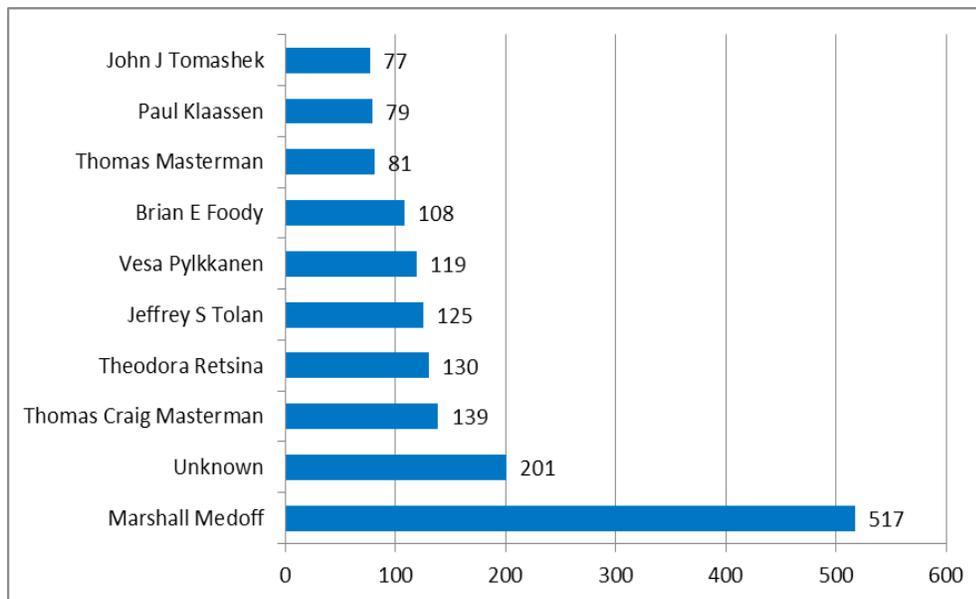
Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategiest*

Na seção C, que apresentou mais de 67,1% dos documentos buscados, a classificação de maior frequência foi a C12 (com 57,7% dos documentos levantados) que trata de bioquímica, cerveja, álcool, vinho, vinagre, microbiologia, enzimologia, engenharia genética ou de mutação. Ainda dentro da classe C12, nota-se que a maioria dos documentos levantados estão subclassificados basicamente em 2 categorias: C12N (16% dos documentos buscados) microorganismos ou enzimas; suas composições; propagação, preservação ou manutenção de microorganismos ou tecido; engenharia genética ou de mutações; meios de cultura; C12P (39% dos documentos levantados) processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar uma composição ou composto químico desejado ou para separar isômeros óticos de uma mistura racêmica.

Cabe ressaltar que a distribuição das nacionalidades dos depositantes não é capaz de identificar em quais países há maior desenvolvimento de pesquisas com etanol de segunda geração de cana-de-açúcar pela rota hidrolítica enzimática (assunto principal dos termos de busca pesquisados), pois muitas firmas que atuam neste mercado têm centros de pesquisa em diversos países.

A respeito dos principais inventores depositantes dos documentos de pedidos de patentes selecionados para este estudo (FIGURA 4), Marshall Medoff apresenta-se com um total de 517 documentos; 201 documentos apresentam titulares desconhecidos; e o terceiro no *ranking* Thomas Craig Masterman com 139 documento, equivalente a 6,2% do total.

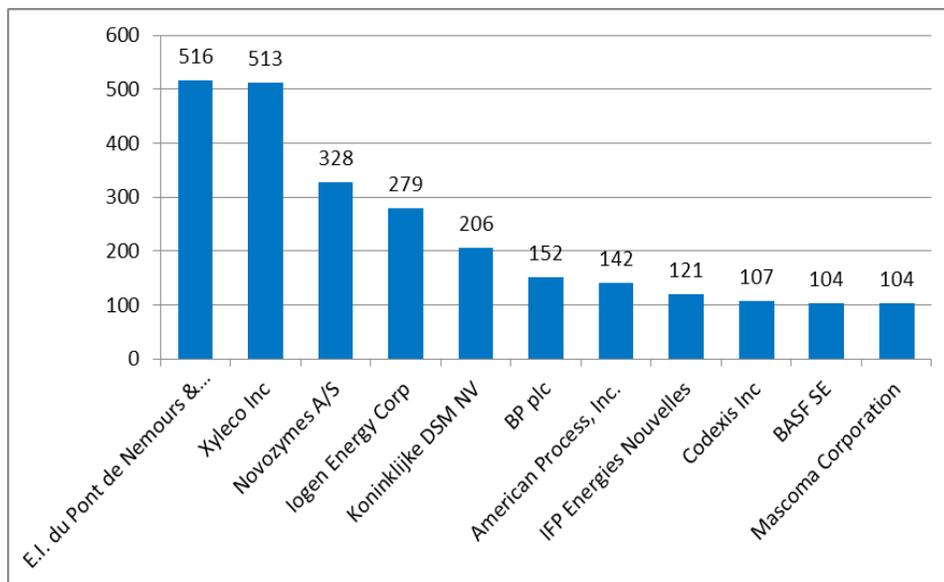
FIGURA 4: Principais inventores depositantes dos documentos de patentes levantados na busca



Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategiest*

Quanto as firmas inscritas nos escritórios de proteção industrial como detentoras de pedido de documentos de patentes e que foram levantados nessa pesquisa, destacam-se E. I. du Pont de Nemours & Company com 516 documentos, a Xyleco Inc. com 513 e a Novozymes A/S com 328.

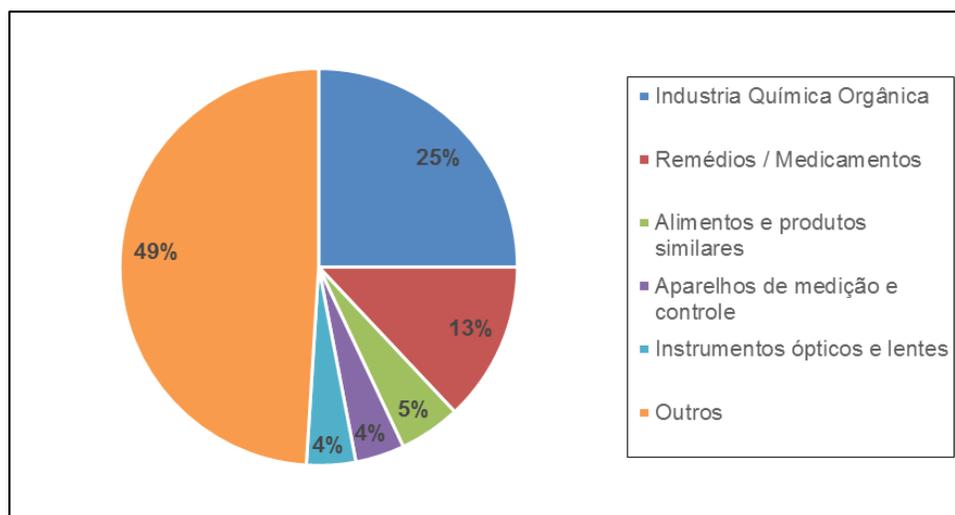
FIGURA 6: Principais empresas depositantes de pedidos de patentes levantados na pesquisa



Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategist*

A FIGURA 7 mostra a evolução dos pedidos de depósito de documentos de patentes em enquadrados conforme os diferentes setores produtivos, com especial relevância a Indústria Química Orgânica, com mais de 25% dos documentos citados na busca, seguido pela indústria Produtora de Remédios e Medicamentos com 13%.

FIGURA 7: Extratificação dos documentos de patentes levantados na busca pelos principais setores industriais desenvolvedores de tecnologia



Fonte: Dados obtidos pelo autor a partir de pesquisa com termos de busca no *Patent Strategist*

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida nesse trabalho permitiu verificar, a partir da busca dos termos selecionados com o *software Patent Strategie*, a relevância da pesquisa envolvendo etanol de segunda geração de cana-de-açúcar via hidrólise enzimática nas principais bases de proteção industrial do mundo. Estudos desse tipo configuram uma importante ferramenta para o diagnóstico do estado da arte de determinadas tecnologias, para visualização dos principais detentores das técnicas e inovações vanguardistas e configuram um importante meio para ajudar na determinação de políticas de ciência e tecnologia em várias esferas de governo.

O levantamento dos documentos de patente estudados permitiu apontar, mesmo que de maneira incipiente, aspectos importantes sobre as iniciativas de pesquisa e desenvolvimento na área em questão. Que a tecnologia inerente à produção de etanol celulósico a partir de cana-de-açúcar é recente em todo o mundo, tendo seu desenvolvimento se tornado mais expressivo somente nos últimos 10 anos, em especial entre os anos de 2006 e 2016. Esta tecnologia permeia diversos campos científicos e tecnológicos, e neles interfere, tais como a química e bioquímica, em função da alta complexidade tecnológica envolvida.

Os documentos de patentes ligados ao processo produtivo para fabricação de etanol de primeira geração são voltados, dentro da classificação internacional de patentes (CIP), às áreas de conhecimento da metalurgia e da química. Por outro lado, os de segunda geração concentram-se na bioquímica, química orgânica e fabricação de medicamentos, com uma atenção especial ao desenvolvimento de microrganismos enzimáticos. As especificidades técnicas do processo enzimático (segunda geração) para produção de etanol de cana-de-açúcar, quando comparado com o processo tradicional (primeira geração) pode indicar uma mudança na rota tecnológica da produção desse combustível, porém para que isso possa ser efetivamente comprovado, mais estudos devem ser realizados na área de prospecção tecnológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, V. D. Biorrefinarias, biocombustíveis e química renovável: revolução tecnológica e financiamento. *Revista do BNDES*, n. 38, p. 85-138. BNDES, Rio de Janeiro, dez. 2012.

HAMELINCK, C. N.; HOOIJDONK, G. V.; FAAIJ, A. P. C. Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short-, middle- and long-term. *Biomass and Bioenergy*, n. 28 p. 384-410, 2011.

INPI - INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL. (2009). *O que é patente?* Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/menuesquerdo/patente/pasta_oquee>. Acesso em: 04 maio. 2013.

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial (2009). *Código da Propriedade Industrial*. Rio de Janeiro: Editora do INPI, 2ª ed., Abril de 2009, 246 p.

KAYLEN, M. VAN DYNE, D.L., CHOI, M., BLASÉ, M. (2000). Economic feasibility of producing ethanol from lignocellulosic feedstocks. *Bioresource Technology* 14: 19-32.

KUPFER, D.; TIGRE, P.B. Modelo SENAI de Prospecção: Documento Metodológico. Capítulo 2: Prospecção Tecnológica. In: *Organizacion Internacional Del Trabajo CINTERFOR* Papeles de La Oficina Técnica no.14, Montevideo, 2004.

NOGUEIRA, L. A. H. Bioetanol de cana-de-açúcar. *Energia para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: BNDES e CGEE (orgs.), 2008.

NYKO, D.; GARCIA, J. L. F.; MILANEZ, A. Y.; DUNHAM, F. B. A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. *Biocombustíveis*, jun 2010, Departamento de Biocombustíveis da Área Industrial do BNDES, 5-48.

NYKO, D. *et al.* A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. *BNDES Setorial*, n. 32, p. 5-48. BNDES, Rio de Janeiro, set. 2010.

OGEDA, T. L.; PETRI, D. F. S. Hidrólise enzimática de biomassa. *Química Nova*, Vol. 33, No. 7, 1549-1558, 2010.

PEREIRA, F. S. *Comparação internacional de programas de subvenção a atividades de PD&I em Biocombustíveis*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Química, UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

PIACENTE, F. J. *Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental; O caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí*. Campinas: IE/Unicamp. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico Espaço e Meio Ambiente da Universidade Estadual de Campinas, 2005.

RAMOS, P. *Agroindústria canavieira e propriedade fundiária no Brasil*. São Paulo: Editora. Hucitec, 1999.

SANTANA, M. A. E.; TEIXEIRA, D. E. *Uso do bagaço de cana-de-açúcar na confecção de chapas de aglomerados*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1993, Curitiba. Anais...São Paulo: SBS/SBEF, 1993. p. 667-672.

SILVA ORTIZ, P. A. *Hierarquização exergética e ambiental de rotas de produção de bioetanol*. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo: USP, 2016.

SILVEIRA, N. *A propriedade Intelectual e as novas leis autorais*. São Paulo: Saraiva, 1998.