

## PATENTES E O ETANOL LIGNOCELULÓSICO

Antonio Claudio Lot  
Mestre em Agroenergia – EESP/ FGV  
[antonio.lot@uol.com.br](mailto:antonio.lot@uol.com.br)

Angelo Costa Gurgel\*  
Professor – EESP/FGV  
[angelo.gurgel@fgv.br](mailto:angelo.gurgel@fgv.br)

### Grupo de Pesquisa 4: Sistemas Agroalimentares e Cadeias Agroindustriais

#### Resumo

O presente estudo analisa os esforços de P&D que resultaram em Depósitos e Publicações de patentes em órgãos oficiais como o United States Patent and Trademark Office – USPTO, o European Patent Office – EPO, e o Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI, no tema etanol de segunda geração. Ainda, verifica-se esses esforços impactam no poder concorrencial de países e firmas depositantes de patentes. Para tal, foram calculados os índices de Herfindahl Hirschman - HHI e a razão de concentração (*Concentration Ratio*) - CR4 para os dados de depósitos e publicações de patentes no tema bioetanol lignocelulósico. Os resultados indicam uma concentração elevada dos esforços de pesquisa de etanol de segunda geração em um número muito reduzido de empresas norte-americanas quando analisada a base de dados dos EUA. O sucesso desses esforços, mensurados pela publicação de patentes, contudo, se mostra apenas moderadamente concentrado nos EUA e na União Europeia. No caso do Brasil, não foram encontrados depósitos de patentes no tema bioetanol lignocelulósico, bem como apenas uma empresa brasileira possui uma patente publicada nos EUA. Isso sugere a perda de oportunidade de recompensa do esforço de pesquisa brasileiro através de *royalties*, como compensação pela criatividade, dedicação intelectual e de recursos econômicos, bem como risco de dependência de tecnologia estrangeira para desenvolvimento futuro do setor.

**Palavras-chave:** Etanol Lignocelulósico, Propriedade Intelectual, Patentes, HHI, CR4.

#### Abstract

The goal of this study is to analyze the R&D efforts that resulted in Application and Publishing of patents by official organizations, such as: The United States Patent and Trademark Office - USPTO; The European Patent Office - EPO, and the Brazilian Institute of Industrial Property - INPI, on “Second Generation Ethanol”. In addition, we verify whether these efforts are impacting the competitive power among countries and patent applicant firms. To do so, we calculate the Herfindahl Hirschman Index - HHI and the Concentration Ratio - CR4 using the data about application and publishing of patents about lignocellulosic bioethanol. We found there is a high concentration of the research efforts on second generation ethanol on few North-American firms, based on the US database. However, the success of such efforts, measured by the publishing of patents, is only moderately concentrated in the US and European Union. In the case of Brazil, we didn't find published patents on lignocellulosic bioethanol. Only one Brazilian company has published a patent in the US. We conclude Brazil is missing an opportunity to reward the Brazilian research effort by royalties payments as a compensation to the creativity, intellectual dedication and economic resources allocated. Also, there is the risk that the sector will become dependent of the foreign technology to keep its future development.

**Key words:** lignocellulosic ethanol, Intellectual Property, Patent, HHI, CR4.

---

\* Bolsista do CNPq.

## 1. Introdução

Historicamente, o mundo explora fontes de energia de diferentes características e origens para atender às necessidades de crescimento e desenvolvimento socioeconômico de uma população. A constante criação de soluções energéticas visa principalmente saúde e conforto das pessoas, o suprimento quantitativo dos setores da economia e o desenvolvimento (qualitativo) para atingir objetivos específicos e de maneira contínua.

Dentre as principais fontes para produção segura e constante de energia, independente de serem limpas ou não, tem-se as renováveis e as não renováveis. As renováveis - aquelas que se renovam de forma natural ou antrópica - são: a biomassa, de origem agrossilvipastoril; a geotérmica; a eólica; a hidráulica; e a solar, como mais viáveis para exploração em todos os continentes e nos diferentes estágios de desenvolvimentos de um país. As não renováveis sofrem redução e esgotamento com o tempo, tais como as de origens fósseis, salinas e nuclear, mesmo que exploradas o mais racionalmente possível e com a última tecnologia disponível. As sociedades têm discutido a necessidade de progressiva substituição das fontes de energias tradicionais não renováveis por fontes de energias renováveis, geralmente mais favoráveis ao meio ambiente.

No presente trabalho, preocupa-se com o biocombustível etanol, até o momento a mais importante fonte renovável líquida obtida partir de biomassa agrícola. O etanol é obtido, no Brasil, principalmente da sacarose (carboidratos dissacarídeos), como a contida no caldo de cana-de-açúcar, após sua fermentação alcoólica pela ação da *Sacharomices cervisae*, uma levedura de eficiência comercial. A mesma molécula de etanol também pode ser obtida em condições semelhantes, a partir da celulose e hemicelulose da biomassa. No caso do Brasil, existe abundante fonte da biomassa residual sólida deixada após a extração do caldo (bagaço da cana-de-açúcar). Esses carboidratos aderidos a camadas de lignina ficam encapsulados e só poderiam ser liberados para fermentação quando do afrouxamento do polímero por tratamentos físico-químicos ou biológicos, dentre eles a hidrólise com ação térmica, e/ou na presença de microrganismos produtores enzimáticos para eficiência catalítica.

Mas para que essa tecnologia de quebra da celulose para produção de biocombustível, denominada popularmente de biocombustível de segunda geração, se torne um processo massificado e atinja escala comercial, faz-se necessário um grande esforço de pesquisa. Hoje se sabe que é possível o desenvolvimento desses processos. Contudo, para que se obtenha a quebra da celulose e da hemicelulose a custos competitivos são necessários investimentos contínuos em pesquisa aplicada ao etanol por vários anos. Nesse sentido, torna-se importante a questão da geração de novas ideias e tecnologias sob o ponto de vista da propriedade intelectual e a proteção do seu valor no mercado industrial e de negócios.

Mundialmente, observa-se um esforço de pesquisa enorme para alcançar o que pode ser uma tendência no futuro breve: a produção de etanol a partir de resíduos sólidos da biomassa. O esforço em buscar estas alternativas ocasionará o aumento da produção e elevará a quantidade disponível do biocombustível a preços competitivos no mercado doméstico brasileiro e possivelmente no mercado externo.

A destinação de recursos de pesquisa para etanol avançado possui um forte atrativo ambiental, já que pode contribuir para os interesses globais de redução de emissões de gases de efeito estufa, preservam de ecossistemas pelo aumento da produtividade por área e menor pressão para abertura de novas áreas agrícolas, e para a menor competição entre bioenergia e produção de alimentos.

Nesse contexto, a descoberta de processos tecnológicos capazes de tornar comercial a produção do etanol de segunda geração a partir da quebra da celulose deve trazer avanços

consideráveis para as sociedades e, portanto, devem ser perseguidos. Contudo, os investimentos em P&D necessários para atingir esse avanço são vultosos e necessitam de recompensas para que os agentes e empresas envolvidos queiram realiza-los. Dessa forma, patentes, pagamento e proteção, quando do licenciamento de Propriedade Intelectual (PI), aos pesquisadores e empresas empenhados nos avanços tecnológicos do setor tornam-se necessários.

No caso do Brasil, elevados esforços de pesquisa têm sido direcionados ao longo do tempo para o desenvolvimento do etanol veicular, e mais recentemente, para o de segunda geração a partir do maior aproveitamento da cana-de-açúcar. Segundo reportagem da Bloomberg New Energy Finance (2012), o Brasil poderá repor 83% do seu consumo de gasolina em 2030 com biocombustíveis, criando 1,25 milhões de empregos entre 2010 e 2030 principalmente na zona rural país, incluindo 94 bilhões em infraestrutura doméstica, construção e renovação de canaviais. Conclui que isso poderá reduzir as emissões de GEE em 67% com mudança na matriz de transporte rodoviário que hoje é baseada principalmente em combustíveis fósseis.

De acordo com Barros (2012), a competitividade do etanol como biocombustível está relacionado à perseguição contínua de avanços tanto técnicos quanto regulatórios, que exigem organização dos esforços dos agentes públicos e privados em torno do assunto. Diante disso, uma questão importante é saber se tais esforços estão sendo protegidos por mecanismos de propriedade intelectual. Os investimentos em pesquisa sobre o tema no Brasil estão gerando patentes? Os pesquisadores brasileiros e empresas envolvidas no assunto estariam patentando seus avanços e descobertas? Quais os principais países e empresas empenhados no desenvolvimento do etanol de segunda geração? Qual seria o grau de concentração dos esforços e do sucesso em P&D entre empresas e países neste tema? Respostas a essas perguntas podem contribuir para a discussão e orientação de ações privadas e políticas públicas em direção à uma capacidade do país em gerar inovação e desenvolvimento em uma área em que possui grande aptidão e reconhecimento internacional, como no caso historicamente constatado do etanol de cana-de-açúcar.

Dessa forma, o objetivo geral da presente pesquisa é investigar o esforço e o sucesso da pesquisa em bioetanol lignocelulósico no Brasil e nos principais países desenvolvidos. Mais especificamente, pretende-se: coletar dados sobre o depósito e a concessão de patentes relacionadas ao etanol lignocelulósico nas bases de patentes do EPO (European Patent Office Espacenet), do USPTO (United States Patent and Trademark Office), e do INPI (Instituto Brasileiro de Propriedade Industrial); analisar as características das patentes depositadas e registradas de etanol lignocelulósico; e avaliar o grau de concentração dos esforços e sucessos de pesquisa no tema de bioetanol celulósico.

O alcance desses objetivos permitirá uma reflexão sobre a pertinência da busca por *royalties* a partir de propriedade intelectual, visando a expansão de negócios e relações de cooperação técnica, comerciais e industriais, de forma a justificar a necessidade ou não de uma revisão nas políticas públicas de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e no enfoque acadêmico para o etanol brasileiro como fator de desenvolvimento econômico. Pretende-se com este estudo orientar as organizações financiadoras de inovação, públicas e privadas para decisões mais eficientes na alocação de recursos em P&D em etanol, visando ao aumento na produção de etanol por tonelada de biomassa.

## 2. Revisão de Literatura

A literatura de desenvolvimento econômico atribui um importante papel à inovação tecnológica pela criação de novas ideias no crescimento dos países. Jones (2001) enfatizou que ideias trazem benefícios imprevisíveis quando de sua criação. Nesse sentido, são um tipo diferente de bem, pois uma vez inventada ela pode ser usada por inúmeras pessoas ao mesmo tempo, sem custo adicional. Esse autor observa que os modelos neoclássicos de teoria do crescimento econômico baseado no capital focam no acúmulo de recursos físicos e humanos. E mesmo que a tecnologia entre diferentes economias tenha exercido importante papel na teoria neoclássica, ficou faltando a definição por um modelo econômico de tecnologia e melhorias tecnológicas.

Barro e Sala-Martin (1995) afirmam que o progresso tecnológico é conduzido pelo esforço deliberado de P&D, gerando a possibilidade de crescimento sustentado do conhecimento e da produtividade dos fatores, o que por sua vez leva ao crescimento econômico. Romer (1992) por sua vez reforça que a geração de conhecimento pode gerar externalidades positivas sobre os esforços de pesquisas subsequentes, pelo uso do estoque de ideias já acumuladas pelos pesquisadores.

Semelhante à manufatura, onde o custo médio fixo depende da quantidade produzida e reduz conforme cresce o número de unidades produzidas, o produto intelectual no tempo inicial também tem sua primeira unidade produzida (a nova ideia ou tecnologia) ao custo médio máximo. Esse custo médio, contudo, reduz-se com a multiplicação do uso da ideia, geralmente de custo marginal muito reduzido. Dessa forma, a economia das ideias envolve retornos crescentes à escala, na medida em que a primeira unidade produzida exige um grande esforço econômico, mas a multiplicação do uso da ideia exige poucos recursos econômicos (Jones, 2001). Diante das economias de escala associadas à criação e multiplicação de uso da ideia, faz-se necessário um ambiente de competição imperfeita, em que o agente não pode seguir a regra de preço igual ao custo marginal, pois sob tal regra, não conseguiria cobrir o custo fixo inicial necessário para gerar a primeira unidade do bem, ou seja, descobrir a nova ideia.

Já Hall e Jones (1999) discutem que alguns países produzem mais produto *per capita* que outros devido não apenas às diferenças em capital e anos de estudos escolares. Mas também, que essas diferenças são resultados da falta de políticas governamentais e de infraestrutura social institucionalizada, incluindo aquelas associadas à garantia do direito de propriedade sobre o produto da inovação tecnológica.

Ainda, North (1981), apud Jones (2001) afirma que o desenvolvimento do direito à propriedade intelectual - um processo cumulativo que ocorreu através dos séculos - é responsável pelo crescimento econômico moderno. No passado, inovações podiam ser copiadas por terceiros sem custo e sem compensação alguma ao inventor, não permitindo que este recuperasse o investimento inicial realizado para produzir a nova ideia, gerando desestímulo à invenção e atrasando a mudança da cultura tecnológica. A partir do surgimento das patentes, a criação de novas ideias passou a ter o incentivo dos ganhos patrimoniais, que o inventor espera com a venda ou exploração da patente. Note-se que, apesar do interesse pelo ganho individual que a patente gera, existe a geração de retorno social pelo aumento da produtividade que a nova tecnologia deve trazer.

Nessas condições, pode-se entender a patente, em sua concepção, como um documento legal que descreve um invento e dá ao autor o direito ao monopólio daquela propriedade intelectual por duas décadas aproximadamente. Dessa forma, permite ao inventor



da ideia assegurar o retorno do investimento inicial realizado para gerar a ideia, tido como um custo fixo inicial.

O *Intellectual Property Office* (IPO), do governo britânico define tal propriedade como “qualquer forma de criação original que possa ser comprada ou vendida, de música a maquinário, que passe pelas fases de depósito inicial até seu registro final (seja de patentes, logomarcas, projetos ou direitos autorais)” (IPO, 2013). Patentes protegem características desenvolvidas em um material e/ou processos que fazem as coisas funcionarem. Se registrada e comprovada uma propriedade intelectual, esta patente permite que inventores e cientistas possam obter ganhos patrimoniais pelo monopólio de exploração do produto ou processo desenvolvido ou pela cobrança de direitos de propriedade sobre os que quiserem usar o bem ou processo. Dessa forma, além de titulação acadêmica ou publicação de artigos em revistas especializadas, científicas ou não, o trabalho de pesquisa pode render retornos financeiros quando bem sucedido.

Há benefícios de se proteger uma propriedade intelectual através da patente. A patente pode impedir terceiros de copiar, industrializar, vender e de adotar uma invenção sem a permissão do autor. A patente deverá por si só ser suficiente para impedir que terceiros tentem explorá-la reputacional e comercialmente. Se não o for, pelo menos a patente dará ao proprietário intelectual o direito de acionar o infrator judicialmente para impedir a exploração e reivindicar o ressarcimento dos possíveis danos. Ainda, conforme o IPO (2013), a patente é um instrumento importante porque: a) permite vender a invenção e obter todos os direitos de determinada PI; b) licenciar a invenção para terceiros, mas retendo todos os direitos da PI; e c) discutir a invenção com terceiros inclusive permitindo estabelecimento de uma base de negócio relacionado ao invento.

A esse respeito, Lederman e Saenz (2003) aplicaram métodos econométricos para medir patentes per capita, apontando países e regiões que estavam com sua curva de inovação abaixo das médias, e conseqüentemente, com adiamento de autonomia tecnológica e de desenvolvimento. Quando os autores comparam o Brasil com EUA e Suécia entre 1960 e 1999, os EUA apresentam investimentos em P&D de no mínimo 2,1% do PIB, no período (com média de 49% pelo setor privado). Já a Suécia, que nos anos 1960 aplicavam 1,2 % de seu PIB em P&D, com participação do setor privado em 55 %, em 1999 atinge 3,7% do PIB, investido em P&D, com aproximadamente 65% pelo setor privado. Já o Brasil, em 1960, investia 0% do PIB em P&D. Em 1999 já com 0,8% do PIB dedicado a P&D, o Brasil evoluía para 0,3% do PIB pelo setor privado.

Embora o crescimento do esforço brasileiro em P&D tenha sido expressivo no período, o país fica bem abaixo dos esforços de EUA e da Suécia, demonstrando fragilidade histórica e longo caminho a percorrer.

O Brasil não detém grande tradição de pesquisa comparada a outros países. Apenas para exemplificar a modesta participação do Brasil na comunidade científica internacional, através de busca nos órgãos patentares internacionais, se consideradas todas as áreas do conhecimento, o Brasil em média detém aproximados 4 mil depósitos de patentes contra os mais de 8 milhões de patentes depositadas nos EUA, aproximados 900 mil no Japão e mais de 800 mil na Alemanha.

Como discutido, a proteção intelectual através de patentes é um importante instrumento de defesa dos direitos de propriedade e de recuperação dos custos com esforços de pesquisa realizados por uma empresa. No caso do etanol lignocelulósico, é provável que o foco de desenvolvimento de novos métodos e processos para produção permaneça principalmente no campo da redução dos custos para escala comercial.

Rajagopal (2009) acrescenta que investimentos em P&D para biocombustíveis estão concentrados numa corrida contra o tempo para o conhecimento de genômica, biotecnologia, processos de química industrial e engenharia para converter diferentes (e alguns novos) tipos de biomassa em bio-materiais. Há uma verdadeira competição para ver quem determina primeiro a forma mais economicamente viável, com a maior quantidade de produtos úteis. Esta concorrência não ocorre isoladamente, e a segurança energética e o uso de alimentos na produção de combustível veicular devem ser considerados. A busca por melhores biocombustíveis está liderando o desenvolvimento de novos paradigmas de inovação não apenas no campo dos combustíveis.

A produção de etanol de baixo custo a partir da abundância da celulose pode proporcionar poderosa e talvez única rota sustentável para a produção de combustíveis líquidos para transporte no longo prazo. De acordo com Wyman (2005), a sociedade teria enormes benefícios econômicos e ambientais com tal rota. Os desafios ainda estão em administrar o alto custo do capital em projetos considerados pioneiros. Sendo assim, seria prudente considerar, no caso de países que já produzem etanol em larga escala, como o Brasil e os EUA, o redesenho de *layouts* de destilarias existentes para introduzir na fábrica, o módulo do pré-tratamento enzimático, unidade central do processo para este tipo de matéria prima (lignocelulósica).

Deve-se ainda refletir sobre futuros desenvolvimentos da ciência no que diz respeito ao uso de energia renovável de base agrícola. A construção de biorrefinarias pode ir além do etanol como biocombustível de primeira ou segunda geração. Essa transformação incorpora o etanol *grau químico*, fonte de matérias primas para fabricação de produtos químicos e leva a redescoberta da alcoolquímica com metas claras e ambiciosas para a destinação da já considerada matéria de altíssimo valor adicionado para o emergente setor alcoolquímico (Bastos, 2007).

A Alcoolquímica representa hoje uma potencial revolução na indústria de transformação, assim como foi a petroquímica cinquenta anos atrás, usando toda a criatividade industrial, científica e patenteária para aplicações e usabilidade como premissa. Segundo Knauf (2004), com estes métodos de quebra da celulose, as biorrefinarias ganham crédito para potencialmente substituir as refinarias de petróleo e a sociedade pode se beneficiar com este esforço pelo aumento da produtividade e a menor emissão baixo carbono comparada ao combustível fóssil. Seja na descoberta de métodos e processos aplicados na P&D básica ou no patenteamento de inventos de aplicação industrial, as pesquisas do uso de enzimas utilizadas comercialmente para pré-tratamento para promover a celulase e a fermentação robusta de biomassa por microrganismos, com fins de bioetanol e devida estabilidade, são o principal componente desse esforço.

Por outro lado, num processo dinâmico de evolução do setor, preconiza Lynd (2005), que a motivação para que o mercado continue consolidando processos de biomassa celulósica aumenta com a sucessiva chegada de novas tecnologias que reduzem em 10 ou mais vezes o custo da componente biológica na produção por galão, alcançando 10 a 20 centavos de dólar por galão (aproximadamente 3,8 litros). Ainda existem importantes ganhos potenciais em inovação associados a: a avaliação da sinergia de enzimas microbianas para aumentar a taxa de hidrólise; a adoção de sistemas complexos de celulase e/ou através de organismos termofílicos; e uma estratégia para o recombinante celulolítico.

Schultz (2012), por sua vez, buscando informações patenteadas sobre etanol lignocelulósico realizada na base do EPO-Espacenet, para períodos recentes de 2009 a 2011, obteve que os três maiores depositantes foram a Mascona, Xyleco e Greenfield, constatando que houve um crescimento no número de depósitos entre 2009 e 2010 e que os principais

temas tecnológicos da documentação estão relacionados à fermentação. Já em busca realizada em base paga, como na Derwent em 2010, os principais depositantes foram Mascona, Novozymes e Du Pont de Nemours, onde os principais focos tecnológicos de patentes estão no campo da Biotecnologia e Química Orgânica.

Tradicionalmente, um levantamento típico sobre inovação deve fazer algumas perguntas básicas, como informações gerais do depositário; se este tem o perfil inovador; a qualificação dos dados que serão pesquisados quanto a ter ou não finalidade inovadora; compreensão das diferenças significativas entre os tipos de inovações propostas; se este segue com um conceito de inovação dinâmica e continuada, como a própria característica de quem desenvolve algo; e por fim, questões básicas como - por exemplo - o que a firma inovadora terá como resultado patrimonial com esse esforço, sua proteção do invento, entre outros.

Na verdade, estudos empíricos de dados sobre inovação e patentes não contam com muito mais que a própria experiência do pesquisador, que em geral partem das publicações do CIS e das informações dos escritórios de Patentes, principalmente o European Patent Office (EPO), hoje com busca digitalizada eficiente e confiável. Ou ainda, buscam as métricas dos *dashboards* do United States Patent and Trademark Office (USPTO), onde é possível explorar com profundidade não só aspectos da inovação em questão, mas de acompanhamento de prazos e retorno do órgão quanto a seu próprio desempenho em produzir registro de propriedade intelectual e procedimento de patentear um invento. A utilização desses dados sobre patentes possibilita desenvolver estudos sobre o esforço em P&D e o seu sucesso.

Uma crescente literatura experimental tem estimado a produção do conhecimento usando patentes como *Proxy* de resultados de esforços de pesquisa. Bosch (2005) discute que, em dados de *cross session*, patentes tenham uma proporcionalidade com P&D, implicando numa relação mensurável entre essas variáveis. Independente do método utilizado, são muitos na literatura da modelagem da inovação aqueles com importância crucial para gerar parâmetros consistentes de estimação, principalmente no nível empresarial.

No presente estudo, o número de depósitos de patentes será usado como uma *proxy* para o esforço de pesquisa realizado por uma dada empresa ou país, enquanto a publicação (ou aceite) da patente será utilizada como medida do sucesso obtido com o esforço de P&D.

### 3. Metodologia

No presente estudo, o número de depósitos de patentes será usado como uma *proxy* para o esforço de pesquisa realizado por uma dada empresa ou país, enquanto a publicação (ou aceite) da patente será utilizada como medida do sucesso obtido com o esforço de P&D. Essas informações permitem diagnosticar quem faz e onde se localizam os esforços de pesquisa e inovação de bioetanol celulósico. A metodologia utilizada para obter informações sobre depósito e publicação de patentes será descrita, bem como os indicadores de concentração de mercado utilizados para verificar o grau de concentração dos esforços em P&D. Esses indicadores permitem inferir sobre a exposição a riscos de dependência tecnológica para incrementar a produção de etanol no país a partir dessa tecnologia inovadora.

As análises foram realizadas para os dados de patentes do USPTO (EUA) e do EPO (União Europeia) relacionadas ao etanol celulósico, utilizando como argumento de busca nessas bases as palavras *bioethanol* e *lignocelulosic*. Ainda, buscou-se em diversas fontes brasileiras por patentes relacionadas ao tema, incluindo INPI, estruturas biblioteconômicas da ESALQ-USP, INOVA-UNICAMP, CTC S/A. Os dados de patentes dos bancos de dados disponíveis sobre o tema contém, em geral, informações de depósitos e publicações por país, por firma, por nacionalidade do inventor, bem como o tempo médio de concessão de patentes.

A escolha das palavras de busca seguem a recomendação de Schults (2012), uma vez que as buscas por informações de patentes podem oferecer resultados tanto precisos, como interpretações de difícil análise.

Foram analisadas as patentes concedidas, o tempo médio que leva entre depósito e publicação, assim como a concentração e controle mercadológico potencial entre as empresas detentoras do poder da patente. Ainda, quando disponível, foram também consideradas as patentes depositadas.<sup>1</sup>

Os índices de concentração de mercado que serão calculados a partir dos dados e patentes extraídos dos bancos acima mencionados serão o Índice de Hirschman Herfindahl (HHI) e a Razão de Concentração (CR). O HHI é uma métrica para compreensão do nível de concorrência existente num determinado mercado ou indústria, assim como para avaliar a participação de mercado (*market share*) entre as firmas que compõem um setor. Ao compreender o nível de concorrência entre empresas, tanto estratégias de preços, produtos como serviços podem ser traçadas. O HHI é obtido pela soma dos quadrados de cada incidência unitária da participação de mercado (*market share*),  $MS$ , realçando as empresas líderes que tiverem maior participação. A Equação (1) apresenta o cálculo do índice HHI.

$$HHI = MS_1^2 + MS_2^2 + \dots + MS_n^2 \quad (1)$$

Em que:  $MS_n$  é a Participação da  $n$ ésima Firma num determinado Mercado.

A análise do índice HHI considera as seguintes classificações quanto ao nível de competição em um mercado: mercado “altamente competitivo” quando o HHI é menor que 100; “não concentrado” quando o HHI está entre 100 e 1000; “concentrado” para HHI entre 1000 e 1800; e concentrado para valores acima de 1800. Vale ressaltar que o HHI é um índice normalmente utilizado com fins de se considerar adequadas ou não operações de fusão e aquisição por órgãos reguladores e de defesa do consumidor.

O cálculo da Razão de Concentração (*Concentration Ratio* - CR) considera a soma da participação de mercado de um determinado número de empresas ou firmas. O  $CR_4$ , por exemplo, foca na representatividade das quatro empresas com maior participação no mercado. No caso do  $CR_4$ , a fórmula é expressa pela equação (2).

$$CR_4 = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \quad (2)$$

Em que:  $S_n$  é participação da firma ou empresa  $n$  num determinado Mercado. São várias as possíveis interpretações do índice CR. Quanto maior o valor do  $CR_4$ , maior a concentração deste. Quando o valor é próximo de zero, o mercado é considerado extremamente competitivo, se uma das quatro firmas não tiver liderança considerável. Em geral se as quatro firmas somam menos que 40%, a indústria é considerada muito competitiva, desde que exista um número razoável de outras firmas participando do mercado. No outro extremo, se o  $CR_1$  tem valor próximo de 90, a firma em questão configura um monopólio.

O uso e análise dos indicadores HHI e CR aplicados às patentes de etanol lignocelulósico permitem avaliar se há concentração nos pedidos e registros, bem como o grau de competitividade na inovação tecnológica no setor. Dessa forma, pretende-se inferir

---

<sup>1</sup> É importante distinguir a diferença entre patente depositada e patente publicada. A patente depositada significa um pedido de patente que foi protocolado, mas que não necessariamente foi ou será aceito. A patente publicada é aquela em que o pedido de patente já foi julgado e concedido. Dessa forma, o depósito não garante a posterior publicação ou aceite pelo órgão patenteador.



sobre o esforço em P&D utilizando os pedidos de patentes como *proxy* para tal, e o sucesso desse esforço na forma das patentes registradas.

Foram calculados os índices descritos para os dados de patentes do USPTO (EUA) e do EPO (União Europeia) relacionadas ao etanol celulósico, utilizado como argumento de busca nessas bases as palavras *bioethanol* e *lignocelulosic*. Os índices HHI e CR4 foram considerados para avaliar a concentração de mercado das empresas depositantes de patentes em etanol lignocelulósico nas seguintes situações: a) pedidos de patentes depositados no banco de patentes USPTO que contenham a palavra-chave “Lignocelulosic”; b) pedidos de patentes depositados no USPTO que contenham a palavra-chave “Bioethanol”; c) patentes publicadas no USPTO com as palavras-chave “Lignocelulosic” e “Bioethanol”; d) patentes publicadas no EPO com as palavras-chave “Lignocelulosic” e “Bioethanol”; e) patentes publicadas no INPI com as palavras-chave “Lignocelulosic” e/ou “Bioethanol” e suas possíveis variações em língua portuguesa.

O cálculo dos índices HHI e CR4 permite verificar se há indícios de alguma concentração de produção intelectual no tema “patentes em bioetanol lignocelulósico”.

## 4. Resultados

### 4.1 Patentes de etanol lignocelulósico no USPTO e EPO

Apresenta-se nesta seção os resultados obtidos a partir da busca de patentes de bioetanol lignocelulósico junto às duas principais bases internacionais de dados de patentes, o USPTO dos EUA e a EPO da EU, bem como na base brasileira de dados do INPI. Primeiramente são analisadas algumas características das patentes e pedidos de patentes encontrados e posteriormente apresenta-se e discute-se os resultados dos índices de concentração calculados.

O Gráfico 1 mostra os tipos de produtos ou processos relacionados ao etanol celulósico que receberam patentes até o mês de junho de 2013. A frequência de patentes publicadas em etanol lignocelulósico quanto aos processos de obtenção incremental de etanol avançado é maior para processos de pré-tratamento / hidrólise de biomassa para as buscas na base de patentes europeia do EPO, tendo na fermentação a segunda maior frequência. No USPTO, instituição norte-americana, o pré-tratamento / hidrólise de biomassa e o processo de manufatura e o de fermentação apresentam frequências menores de patentes que do EPO, porém equilibradas. Patentes a partir de biocombustíveis não-vegetais no EPO e farmacêuticos no USPTO apresentam frequência bem reduzida, menor que 20%. Desses resultados pode-se concluir que há um perfil bastante diferenciado entre as patentes nessas duas regiões. Enquanto nos EUA há uma diversificação equilibrada entre diferentes processos patenteados, na UE observa-se uma maior concentração em pré-tratamento e hidrólise da biomassa. Essa diferenciação sugere que as rotas tecnológicas patenteadas não são similares nessas regiões nem devem estar sendo patenteadas pelas mesmas empresas, o que pode gerar diferentes competências e tipos de processos, bem como grau de especialização diferenciado. Ainda, sugere que os resultados dos esforços em P&D não devem possuir muita sobreposição ou duplicidade de uma região para a outra, o que é desejável por evitar o efeito conhecido na literatura de crescimento econômico, conforme Jones (2001), de “pisar nos pés”, comum quando diferentes grupos se esforçam para desenvolver a mesma tecnologia, levando à duplicação da pesquisa.

Um segundo resultado interessante evidenciado no Gráfico 1, representado pela categoria INPI, é a total ausência nas bases de informações brasileiras de qualquer patente que tenha na sua descrição as palavras buscadas. Salienta-se que as palavras foram buscadas tanto

em idioma português quanto em inglês, além de se considerar variações simples dessas palavras, como “celulósico”, por exemplo. Esse resultado sugere a ausência de sucesso, até o momento, de pesquisas que gerem produtos patenteáveis desenvolvidas no país no tema em questão. Ainda, pode indicar tanto a falta de interesse de empresas que tenham patentes publicadas no USPTO e no EPO de pedir a patente também no Brasil, quanto a demora do processo de patenteamento, reconhecidamente longo no Brasil.

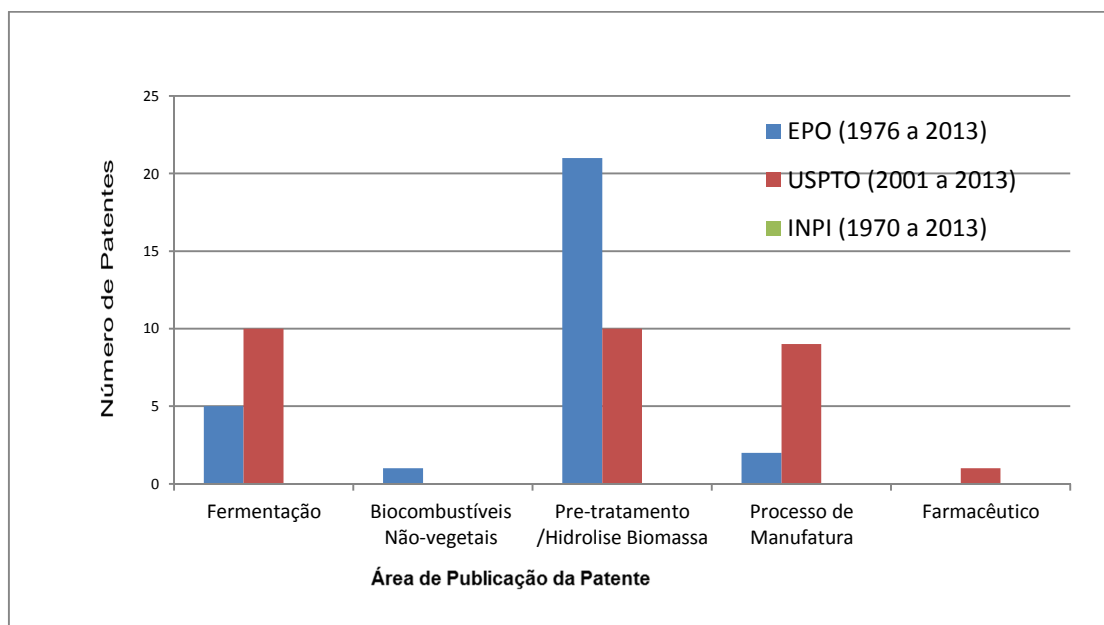


Gráfico 1 - Total de patentes publicadas em bioetanol lignocelulósico nas instituições USPTO, EPO e INPI.

Fonte: USPTO (2013), EPO (2013) e INPI (2013), elaboração própria.

A Tabela 1 apresenta a lista de países com a respectiva frequência de depósito de invenções e publicação de patentes, entre 2001 e 2013 (USPTO) e entre 1976 e 2013 (EPO). No banco de dados do USPTO há destaque para os depositantes de invenções em processos de produção de etanol avançado de empresas dos Estados Unidos da América (com 131 depósitos, representando 74,4% do total), da Dinamarca (com 18 depósitos, perfaz 10,2 %), e do Canadá (com 9 depósitos, 5,1%). Embora os Estados Unidos tenham expressiva participação como país depositante, quando analisados quanto de seus depósitos tonaram-se patentes publicadas / concedidas, essa participação é reduzida para 8,4% em relação aos seus próprios depósitos e para 6,4% em relação ao total depositado. Por outro lado, o índice de aproveitamento da Dinamarca é de 44,4% e em relação aos seus próprios depósitos e 4,5 % do total de depósitos. Isso sugere uma eficiência relativa, considerada em termos de patentes concedidas em relação às depositadas, muito maior das empresas dinamarquesas em comparação às norte-americanas.

No banco de dados do EPO, onde não está acessível o número total de depósitos por país para consulta pública, mas apenas o número de patentes publicadas (concedidas), a participação dos países que tiveram suas invenções publicadas encontra-se menos concentrada. A Dinamarca, com 17,2% de participação, é o país de maior expressão neste caso. Nota-se uma participação também razoável dos EUA e Finlândia com 4 patentes depositadas e/ ou publicadas (13,7 % de participação do total de patentes em relação ao total

de países listados) cada. Outros países como Coréia e França tiveram êxito em 3 patentes publicadas cada qual com, 10,3 % de participação cada.

Considerando os dois órgãos patenteadores (USPTO e EPO), percebe-se uma maior participação das empresas norte-americanas e nórdicas, principalmente dinamarquesas, nos esforços de P&D em etanol celulósico e no sucesso desses esforços. Isso indica uma busca pronunciada pelo desenvolvimento tecnológico e tendência a maiores vantagens futuras na detenção de direitos de propriedade dessa tecnologia por parte desses países.

Tabela 1 - Patentes Depositadas e Publicadas por País na Busca: “Bioethanol” e “Lignocellulosic” no USPTO e no EPO

País da Empresa Aplicante	USPTO 2001 – 2013 Depositadas	USPTO 2001 – 2013 Publicadas	EPO 1976 – 2013 Publicadas
Brasil	1	1	0
Canadá	9	1	0
Coréia	1	1	3
Alemanha	2	2	1
Dinamarca	18	8	5
Espanha	1	1	0
Finlândia	1	1	4
Grã-Bretanha	2	1	2
Índia	1	0	2
Japão	1	1	0
Nova Zelândia	0	2	0
Portugal	1	0	1
Suécia	3	2	0
Taiwan	2	0	2
Eua	131	11	4
Noruega	0	0	1
Romênia	0	0	1
França	0	0	3

Fonte: USPTO (2013), EPO (2013) e INPI (2013), elaboração própria.

Dentro de um universo de 18 países listados, com relação à origem dos inventores, considerando apenas a nacionalidade do primeiro autor dentre os responsáveis pela invenção, o Gráfico 2 traz destaque para os de nacionalidade americana, dinamarquesa, alemã e sueca quando extraídos do banco de dados do USPTO. E de origens dinamarquesa, sueca, norte-americana, coreana, finlandesa e francesa quando extraídos do banco de dados do EPO.

Embora haja necessidade de aprofundar-se em estudos sobre a importância dos cientistas europeus da região nórdica, mais uma vez além das firmas e países depositantes que tiveram suas invenções publicadas, os cientistas daquela região aparecem com frequência bastante pronunciada não apenas para o desenvolvimento, mas também para a produção aplicada à indústria de etanol avançado, a partir de dados extraídos do universo de patentes publicadas, seja do banco de dados do USPTO ou do EPO.

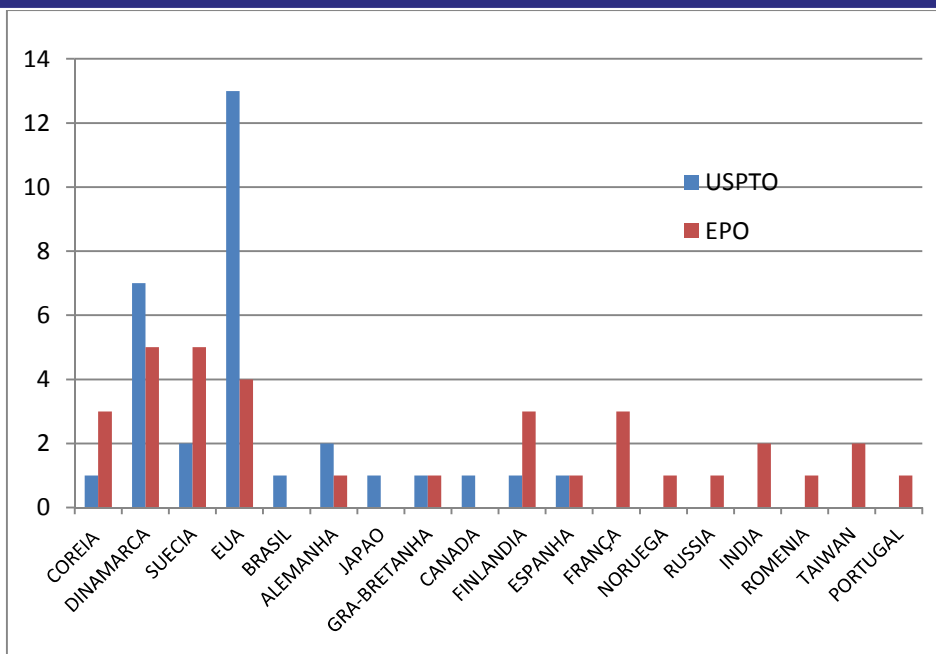


Gráfico 2 - Número de patentes publicadas por país de origem do primeiro inventor  
Fonte: USPTO (2013), EPO (2013) e INPI (2013), elaboração própria.

Quanto ao tempo entre o depósito da invenção e a publicação da patente, o Gráfico 3 mostra que o menor tempo na publicação de uma patente em etanol lignocelulósico foi de um mês no EPO e o maior foi de 27 meses, também no EPO. As médias de tempo foram de 6,6 meses para USPTO e de 10,3 para EPO. Estes resultados sugerem períodos médios relativamente curtos desde o depósito até a publicação, sendo mais rápido, em média, o aceite no USPTO. Contudo, a reflexão sobre eficiência de um órgão em relação ao outro deve ser feita com ressalvas, já que não está acessível no EPO, assim como no USPTO, quanto das patentes depositadas tornam-se publicadas e nem é possível saber se são muitas ou poucas patentes depositadas no EPO. É possível que se o acesso às invenções depositadas do EPO, que ainda não foram publicadas / concedidas fosse permitido para consultas públicas, o número e portanto a demanda burocrática de processamento das formalidades poderia ser avaliada ou questionada, mas não é este o caso. E qualquer inferência sobre estes dados para fins de escolha do melhor órgão para realizar um depósito de invento em tecnologia de etanol avançado poderia ser imprecisa. Fica apenas a informação de que ambas as patentes publicadas com o menor intervalo de tempo desde seu depósito (1 mês) e com o maior tempo (27 meses), ocorreram no EPO.

O Gráfico 4 permite observar que houve uma alta concentração de depósitos de invenções requerendo patentes em processos para incremento de produção de etanol lignocelulósico de julho de 2006 a Outubro de 2010 no USPTO. Esta frequência poderia explicar a campanha do Senado norte-americano quanto ao RFS (Renewable Fuel Standard), que tanto estimulou a indústria de produção de etanol de amido de milho, quanto de etanol lignocelulósico, a partir de diferentes fontes de biomassa vegetal. Esse fato gerou uma corrida para incrementar a produção de etanol a partir de biomassa, sem colocar em risco o abastecimento de alimentos típicos da dieta humana global, assim como componentes da cadeia agroindustrial de produção de aves, suínos e pescados principalmente. Ainda, considerando o declínio no número de patentes após outubro de 2010, a expressão do tema patenteário veio numa fase onde o crescimento do mundo estava acelerado, mas com a crise de 2008 perdeu força, ficando a temática ambiental menos prioritária.



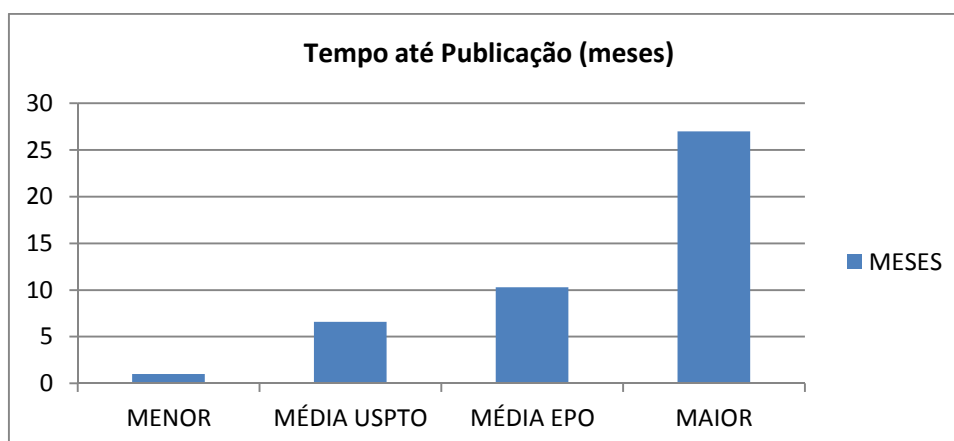


Gráfico 3 - Tempo entre a data do depósito e da publicação da patente  
Fonte: USPTO (2013), EPO (2013) e INPI (2013), elaboração própria.

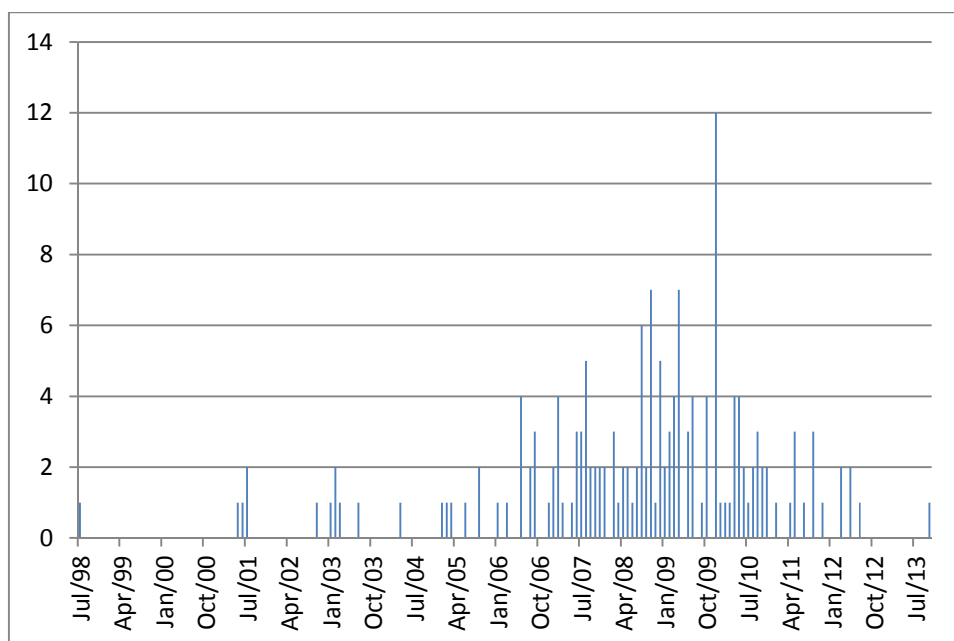


Gráfico 4 – Frequência de pedidos de patentes sobre bioetanol lignicelulósico no USPTO por período

Fonte: USPTO (2013), elaboração própria.

#### 4.2 Resultados das Bases de Patentes Brasileiras

Buscou-se realizar a mesma busca de patentes nas bases de dados brasileiras. Contudo, no caso do INPI, encontrou-se dificuldades relacionadas com a falta de padronização na forma de apresentação dos dados, descontinuidade cronológica e de dados, assim como uma limitações nos instrumentos de busca e inconsistência de informações, com divulgação publicitária de concursos, propagandas particulares de consultorias na página da internet de busca. Há também estímulo à realização de buscas de informações no INPI através de firmas de assessoria em vez de acesso gratuito e objetivo, o que se espera de um *website* de busca de interesse público da comunidade não apenas empresarial, mas acadêmica e científica.

Nas páginas do Portal do INPI, o resultado de buscas por patentes, usando como palavras-chaves os termos “ethanol”, “bioethanol” e “lignocellulosic”, é nulo. Para o termo “etanol” o resultado é de um artigo informativo sobre evento ocorrido no USPTO, em 2011. E o resultado é nulo para “álcool” e para “alcohol”.

As estruturas biblioteconômicas da ESALQ-USP, INOVA-UNICAMP, CTC – S/A e UFRJ e CTBE produzem e cedem acesso a informações consistentes sobre produção em bioetanol lignocelulósico. A maioria das mencionadas quanto ao bioetanol lignocelulósico são voltadas para publicações de produção científica e temas que sejam o foco da instituição que representam. Não foram encontrados status de patentes numa construção integrada e única de banco de dados para consulta e acompanhamento de um depósito patentear. Um exemplo disso é a consulta no *website* de busca do SBU – Biblioteca Eletrônica da Unicamp, utilizando as palavras-chave “bioethanol” e “lignocellulosic”, que resultou em 9 títulos, de diferentes institutos da Unicamp, porém nenhuma patente depositada ou publicada como resultado, mas sim artigos científicos, dissertações, e artigos em anais de eventos, o que é natural pela própria característica das instituições

No caso do CTBE, há muita qualidade nos projetos de pesquisa voltados para bioetanol avançado, e geração de negócios. Segundo publicação no Jornal da Ciência (CTBE, 2012), em dois anos de existência a instituição depositou no INPI quatro patentes na área agrícola e biológica, sendo duas depositadas em nome de instituições privadas. O DWPI (Índice Mundial Derwent de Patentes), cujos serviços de acesso e consulta às depositadas e publicadas podem ser comprados mediante contratos avulsos ou por assinatura anual, confirma crescimento dos depósitos de patentes brasileiras no últimos dez anos (CTBE, 2012). Duas dessas patentes depositadas são licenciadas à brasileira Jacto Máquinas Agrícolas S.A, focadas em módulos de colheita de cana, para controle de tráfego, e outras duas à disposição de possíveis parceiros industriais são patentes onde uma é voltada para processo de pré-tratamento da palha e colmo da cana-de açúcar ainda no campo, para reduzir tempo e custo quando do aproveitamento deste material na produção de etanol avançado. Ainda, uma última patente adiciona ao tratamento da lignina compostos fenólicos que podem ter aplicações na indústria cosmética, farmacêutica e alimentícia, não pertinente a este estudo.

É possível haver mais produção intelectual sobre etanol avançado visando a ampliação da quantidade do biocombustível disponível nas bombas de postos de serviços pelo país. As buscas neste estudo foram limitadas às palavras-chave “bioethanol” e “lignocellulosic” para manter a consistência com os dados buscados nas bases de patentes do USPTO e do EPO.

#### *4.3 Resultados dos Índices de Concentração para as patentes das Bases USPTO e EPO*

Um primeiro cálculo dos índices CR4 e HHI considerou como critério de busca o nome das firmas que tiveram pelos menos o depósito de um pedido de patente versus a palavra-chave “Lignocellulosic” a partir do Banco de Patentes Depositadas do USPTO. A Tabela 2 apresenta os resultados deste cálculo utilizando o CR4. Os resultados mostram um índice próximo de 90%, o que significa que as 4 maiores empresas já formariam um oligopólio no depósito de patentes (na busca “Lignocellulosic”), sendo, portanto, considerado um mercado concentrado. A Novozymes é a empresa dominante, com aproximados 40%, sendo mais que o dobro de cada uma das outras três.

Já o índice HHI alcançou o valor de 2.393 pontos, bem superior a 1.800, que é considerado o limite inferior de um mercado Concentrado. Portanto, o “mercado” de patentes depositadas na busca “Lignocellulosic” poderia ser classificado como Altamente Concentrado.

Quando utiliza-se o critério de busca por nomes das firmas que tiveram pelos menos o depósito de um pedido de patente versus a palavra-chave “Bioethanol” encontradas no Banco de Patentes Depositadas do USPTO, o CR4 é de 76% (Tabela 3), configurando um setor concentrado, porém, ainda não característico de um oligopólio, pois é inferior à 90%. Contudo, a empresa de maior participação, a Novozymes, possui 52% das patentes publicadas, o que significa domínio de 6 a 8 vezes superior ao de cada uma das outras três mais bem posicionadas. Tal concentração ainda não configura um monopólio no mercado de patentes depositadas.

Tabela 2 – Participação e índices de concentração CR<sub>4</sub> e HHI das empresas depositantes de patentes de material lignocelulósico no USPTO

Posição no Mercado	Nome da Empresa	Participação de Mercado (%)	MS <sup>2</sup>
<i>CR4</i>		87	
<i>HHI</i>			2393
1	Novozymes	40	1600
2	Iogen	19	361
3	Xyleco	17	289
4	Verenium	11	121
5	Inbicon	3	9
6	Valtion	2	4
7	Acad. Sinica	2	4
8	C. Investigaciones	1	1
9	C5 Ligno	1	1
10	BASF	1	1
11	BP Corp	0,5	0,25
12	JW Goethe	0,5	0,25
13	Braskem	0,5	0,25
14	Michigan State.Un.	0,5	0,25
15	National JP Institut	0,5	0,25
16	Forsknings Riso	0,5	0,25
17	Univ.Durham	0,5	0,25
18	Ceres Inc.	0,5	0,25

Fonte: Resultados da pesquisa.

Já o HHI apresenta um valor de 2746 pontos, superior à 1.800, o que caracteriza o mercado de patentes depositadas com o termo "Bioethanol" como Altamente Concentrado.

Os resultados sobre as patentes depositadas no USPTO revelam que existe um esforço de pesquisa, medido na forma de depósitos de patentes, bastante concentrado em um pequeno número de empresas no que diz respeito ao bioetanol celulósico. Esse resultado indica um risco de que o desenvolvimento dessa tecnologia fique concentrado em um número pequeno de empresas internacionais, que podem acabar constituindo um oligopólio quando da cobrança de *royalties*, que por sua vez poderiam exercer um poder de mercado e aumento do custo para as biorefinarias que pretendem fazer uso da tecnologia.

Tabela 3 – Participação e índices de concentração CR<sub>4</sub> e HHI das empresas depositantes de patentes de bioetanol no USPTO

Posição no Mercado	Nome da Empresa	Participação de Mercado (%)	MS <sup>2</sup>
<i>CR<sub>4</sub></i>		76	
<i>HHI</i>			2746
1	Novozymes	52	2704
2	Xyleco	11	121
3	BASF	6,5	42,25
4	BP Corp	6,5	42,25
5	Iogen	4	16
6	Michigan State	4	16
7	C5 Ligno	3	9
8	Inbicon	3	9
9	Verenium	1,5	2,25
10	C. Investigaciones	1,5	2,25
11	Ceres Inc.	1,5	2,25
12	National JP Institute	1,5	2,25
13	Braskem	1	1
14	JW Goethe	1	1
15	Valtion	1	1
16	Acad. Sinica	1	1
17	Univ. Durham	0	0
18	Forsknings Riso	0	0

Fonte: Resultados da pesquisa.

Quando o critério adotado foi a busca por firmas com Patentes Publicadas a partir das palavras-chave "Lignocellulosic" e "Bioethanol" no banco de dados do USPTO, o CR<sub>4</sub> é de 55%, índice superior a 40%, caracterizando um mercado Concentrado, porém sem destaque para nenhuma firma individualmente, como mostrado na Tabela 4. Já como resultado do índice HHI, o mercado de Patentes Publicadas, com 1100 pontos, pode ser considerado como Moderadamente Concentrado.

No caso do banco de dados do EPO, quando o critério adotado foi a busca por firmas com Patentes Publicadas a partir das palavras-chave "Lignocellulosic" e "Bioethanol", o índice CR<sub>4</sub> é superior a 40, sendo portanto considerado como Concentrado, como evidenciado na Tabela 5. Já o HHI para o mercado de Patentes Publicadas possui o valor de 1050, sendo portanto considerado Moderadamente Concentrado. Esses resultados são equivalentes aos obtidos no caso do USPTO para patentes publicadas, mostrando que, seja nos EUA ou na EU, o sucesso em esforços de P&D em bioetanol lignocelulósico, mensurado pelo depósito de patentes no tema, está moderadamente concentrado em um pequeno número de empresas. Apesar do sucesso mostrar-se menos concentrado que o esforço de pesquisa (Tabelas 2 e 3 para o caso do USPTO), ainda encontra-se algum risco de exercício de poder de mercado na cobrança pelo uso dos métodos e processos patenteados sobre bioetanol lignocelulósico.



Tabela 4 – Participação e índices de concentração CR<sub>4</sub> e HHI das empresas com patentes publicadas de bioetanol celulósico no USPTO

Posição no Mercado	Nome da Empresa	Participação de Mercado (%)	MS2
CR4		55	
HHI			1100
1	Novozymes	20	400
2	Inbicon	15	225
3	Verenium	10	100
4	BP Corp	10	100
5	C% Ligno	10	100
6	Valtion	5	25
7	Acad. Sinica	5	25
8	C. Investigaciones	5	25
9	C5 Ligno	5	25
10	BASF	5	25
11	BP Corp	5	25
12	JW Goethe	5	25

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 5 – Participação e índices de concentração CR<sub>4</sub> e HHI das empresas com patentes publicadas de bioetanol celulósico no EPO

Posição no Mercado	Nome da Empresa	Participação de Mercado (%)	MS2
CR4		55	
HHI			1050
1	Inbicon	15	225
2	C. de La Mattiere	15	225
3	Royal OU	15	225
4	Um. Chonan	10	100
5	Atomic Energy	10	100
6	Biof. Wales	5	25
7	Verenium	5	25
8	Mascona	5	25
9	Um. Korea	5	25
10	Atlas Stord	5	25
11	Arter Tech	5	25
12	Cambi Bioeth	5	25

Fonte: Resultados da pesquisa.

## 5. Conclusões

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver uma análise exploratória para examinar as características e o nível de concentração dos esforços e sucesso em P&D para o

desenvolvimento do bioetanol lignocelulósico. Para atingir esse objetivo, buscou-se informações de patentes em bancos de dados internacionais e nacionais e calculou-se índices de concentração das empresas que depositam e possuem patentes publicadas nesses temas. Dessa forma, foi possível realizar um diagnóstico das empresas e países que desenvolvem esforços e obtêm sucessos em P&D relacionada à etanol de segunda geração.

Os resultados indicam que, se, por um lado, mais esforços em P&D podem reduzir o custo de produção de etanol por hectare, também deve ser observado se o investidor em produção intelectual passível de patente em processos avançados não deterá o controle do mercado e venda de tecnologias, causando, de forma inversa à intenção inicial, aumento de custos, não mais pela falta de processos inovadores, mas com o pagamento de direitos aos detentores do processo ou conhecimento de aplicação em condições de elevado poder de monopólio, comprometendo a viabilidade econômica do setor.

Como principais conclusões do presente estudo, constatou-se que o Brasil possui esforços de P&D no tema de etanol celulósico, mas não apresenta evidências de que procura patentear tais esforços, correndo o risco de no futuro próximo de ter que pagar *royalties* por processos de aplicação industrial para incremento de etanol por hectare e aumento da disponibilidade do biocombustível nas bombas para consumo. Vale ressaltar que a Política industrial, Tecnológica e de Comercio Exterior (PITCE), lançada pelo governo em 2003 permitiu ao Brasil a possibilidade de trabalhar numa plataforma integrada e mais coerente para estimular a inovação tecnológica nas empresas brasileiras, a Lei da Inovação (Lei no. 10.973/2004) e a Lei do Bem (Lei no. 11.196/2005). Porém, tais aparatos parecem ainda não terem promovido resultados expressivos para bioetanol lignocelulósico de conhecimento em forma de propriedade intelectual e depósito generalizado de patentes quando consultados em bancos nacionais especializados.

Pelas características identificadas no presente estudo quanto aos depósitos e publicações de patentes nos países desenvolvidos, são as firmas nórdicas da Europa que mais atuam nos esforços de pesquisa e patenteamento em etanol lignocelulósico, mesmo que o EUA seja o país que mais deposita. Além disso, muitas das empresas americanas que depositam invenções no setor têm matriz nos países nórdicos e filiais, principalmente na Califórnia.

O sucesso / resultado do esforço de P&D em forma de depósito da invenção (que é a publicação da mesma em forma de patente), afortunadamente não está tão concentrado como o esforço de depósitos, que se apresenta bastante concentrado nos EUA e países nórdicos da União Europeia. Tanto o nível razoável de concentração no esforço quanto o elevado nível de concentração no sucesso de P&D no tema de bioetanol celulósico suscitam um perigo de, no futuro próximo, essa tecnologia ficar concentrada em um oligopólio, que poderá exercer seu poder de mercado cobrando elevados royalties pelo uso da tecnologia.

Com base nessas considerações, pode-se recomendar algumas ações para que o esforço de P&D contemple o etanol lignocelulósico no país, visando a evolução do setor. O etanol avançado deve ser considerado em programas de bioenergia do país, através de editais de fomento de pesquisas direcionados especificamente para tal. Ainda, há que se estimular os depósitos de patentes sobre energia limpa e renovável a partir de biomassa no país. A baixa cultura de proteção intelectual no país também deveria ser foco de atenção da política pública e do setor privado, uma vez que limita os esforços de pesquisa pela menor chance de recompensa pelo esforço e risco dos gastos em P&D. Nesse sentido, uma revisão nas políticas públicas e de inovação poderia contribuir de forma a se desenhar mecanismos capazes de estimular a proteção intelectual, além da coordenação e governança institucional para evitar a duplicação de esforços e pulverização de recursos.

## Referências Bibliográficas

- BARRO, R. J.; SALA-I-MARTIN, X. *Economic Growth*. McGraw-Hill, 1995. 539 p.
- BARROS, J.R. *Etanol e carro flex: uma inovação que define*. Disponível em <http://www.estadao.com.br/noticias/impresso, etanol-e-carro-flex-uma-inovacao-que-definha>. Acesso em: 4 fev. 2013.
- BASTOS, V. D. Etanol, alcoolquímica e biorrefinarias. *BNDES Setorial*. v. 25, 5-38p, 2007.
- BOSCH, M.; LEDERMAN, D.; MALONEY, W. F. *Patenting and Efficiency: A Global View*. Mimeografado. Escritório do Economista Principal do LCR, Banco Mundial, Washington, 2003.
- EUROPEAN PATENT OFFICE (EPO), 2013. Disponível em: <http://www.epo.org/>. Acesso em 29/09/2013.
- HALL, R.; JONES, C. I. Why do Some Countries Produce So Much More Output per Worker than Others? *Quarterly Journal of Economics*. 83-116p., 1999.
- INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE (IPO), 2013. Disponível em <http://www.ipso.gov.uk/whyuse.html>. Acesso em 15/08/2013.
- INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL (INPI), 2013. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/portal/>. Acesso em 27/09/2013.
- JONES, C. *Introduction to Economic Growth*. Second Edition, New York: W. W. Norton. 2002.
- KNAUF, M.; MONIRUZZAMAN, M. Lignocellulosic Biomass Processing: A perspective. *International Sugar Journal*, v.106, n. 1263, 147–150p. 2004.
- LEDERMAN, D.; SAENS, L. Innovation around the World: A Cross-Country Data Base of Innovation Indicators. Mimeografado. Escritório do Economista Principal do LCR. Banco Mundial, Washington. 2003.
- LYND, L. Overview and evaluation of fuel ethanol from cellulosic biomass: technology, economics, the environment, and policy. *Annual Review of Energy and the Environment*, v. 21. 403–465p. 1996.
- NEW ENERGY FINANCE (2012). Disponível em <http://www.bloomberg.com/newenergyfinance>. Acesso em: 2 fev. 2013.
- RAJAGOPAL, D.; SEXTO, S.; HOCHMAN, G.; ZILBERMAN, D. Recent Developments in Renewable Technologies: R&D Investment in Advanced Biofuels. *Annual Review Research Economics*. v. 1, 621–644p., 2009.



ROMER, P. M. Increasing returns and new developments in the theory of growth. NBER Working Paper no. 3098, 40 p., 1992.

SCHULTZ, E. L. Informações patentárias sobre Etanol Lignocelulósico. *Embrapa*. 2012.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE (USPTO), 2013. Disponível em: <http://www.uspto.gov/>. Acesso em 28/09/2013.

WYMAN, C. Cellulosic ethanol: a unique sustainable liquid transportation fuel. *Material Research Society Bull. Harnessing Material Energy* 33. 2008.