

# AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOETANOL A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS UTILIZANDO PROCESSOS DE FERMENTAÇÃO: UM ESTUDO DE PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Joana Paula Menezes Biazus<sup>1</sup>, Edna dos Santos Almeida<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SENAI/CIMATEC, Salvador/BA – Brasil, E-mail: [biazzusjp@gmail.com](mailto:biazzusjp@gmail.com)

<sup>2</sup>SENAI/CIMATEC, Salvador/BA – Brasil, E-mail: [ednasa@fieb.org.br](mailto:ednasa@fieb.org.br)

## Resumo:

O aproveitamento dos resíduos agroindustriais como fonte de energia renovável surge como solução de duas grandes questões de impacto ambiental da atualidade: quantidade de resíduos gerados na agroindústria e substituição da energia derivada do petróleo. Este cenário desencadeou diversas pesquisas nos últimos anos com o intuito de desenvolver processos sustentáveis de conversão da biomassa em produtos de valor agregado, como o bioetanol. Tendo em vista o anterior exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo de prospecção tecnológica utilizando a plataforma *Thomsom Innovation* para coletar informações de patentes à respeito da produção de etanol utilizando processo de fermentação a partir de resíduos agroindustriais. As informações extraídas permitem afirmar que a Coreia do Sul (32) foi o país com maior número de documentos de patentes. A partir de 2003 verifica-se um maior pedido de números de patentes, (1 a 16). Foram encontradas mais de (50) tipos de biomassas residuais que vêm sendo empregadas na obtenção do etanol de segunda geração. A hidrólise enzimática, foi evidenciada em (32%) dos trabalhos analisados. O CIP mais empregado nos documentos analisados foi da C12P, referente a processos de fermentação ou processos que utilizam enzimas para sintetizar compostos. O setor industrial destaca-se como maior solicitante de patentes depositadas. Este estudo mostrou que existe uma grande variedade de biomassas residuais que podem ser aplicadas para obtenção de bioetanol por meio de processos de fermentação sendo, portanto, uma alternativa viável para a substituição de energia fóssil e uma opção que agrega valor ao setor do agronegócio além de minimizar o impacto ambiental.

**Palavras-Chave:** bioetanol, biomassa, resíduos agroindustriais, fermentação.

## 1. INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados ao aquecimento global aliados ao esgotamento das reservas dos combustíveis fósseis, são hoje um dos principais motivos que estimulam o desenvolvimento de alternativas ao tratamento de resíduos e à produção de energia limpa. Paralelamente, há o crescimento da agroindústria e, como consequência, o aumento da geração de resíduos agroindustriais, que apresentam, muitas vezes, potencial orgânico e energético suficientes para produzir alternativas de energias (BERNI, 2012).

Apesar dos combustíveis fósseis ainda representarem a fonte de energia principal no mundo, hoje o potencial energético da biomassa é visto como a melhor saída para mitigar a emissão dos gases de efeito estufa (VERGARA, 2014). Isto pode ser explicado pelo fato de que em comparação com outras fontes de energia renováveis, a biomassa tem poucos problemas para armazenar energia, pois, a biomassa é energia armazenada (SAIDUR *et al.*, 2011).

O aproveitamento da biomassa para a produção de biocombustível e produtos nobres com elevado valor agregado é uma alternativa válida, inclusive, para minimizar a dependência econômica e energética do petróleo (SANTANA, 2016). De acordo com SANTO (2015), o aproveitamento dos resíduos agroindustriais como fontes de biomassa, resultam em ganhos econômicos e diminuem o impacto do descarte no ambiente.

Ademais, resíduos provenientes da exploração agrícola e atividade agroindustrial constituem uma fonte de biomassa abundante na Terra, e sua utilização, como fonte alternativa de energia, vem adquirindo uma importância estratégica devido a sua abundância e pelo fato de existirem muitas reservas renováveis (CANDIDO, 2011). Sem falar que, podem servir, em muitos dos casos, como ricas fontes de compostos bioativos (MELO, 2010).

Dentre as possíveis aplicações destes resíduos, pode-se destacar seu uso na produção de biocombustíveis como o biodiesel, o bioetanol e o biogás. Tem-se desenvolvido processos biotecnológicos que permitam a utilização de biomassas residuais, abundantemente geradas nos setores agroindustriais na síntese destes bioprodutos (FERREIRA, 2015). Neste sentido, a produção de biocombustíveis provenientes de resíduos integra a geração de agroenergia e a eliminação ou mitigação de impactos ambientais negativos (ROSA, *et al.*, 2011).

Diante deste contexto, a produção de biocombustíveis como o etanol, a partir de biomassa, pode desempenhar um caminho virtuoso no desenvolvimento sustentável, já que além de fornecer energia em curto prazo, pode contribuir com a redução de emissões de gases poluentes e das modificações climáticas (CARMO, 2013).

O etanol sintetizado por vias bioquímicas é denominado bioetanol. De maneira geral, sua produção ocorre em três etapas: formação de uma solução de açúcares fermentescíveis, fermentação dos açúcares a bioetanol e posterior separação e, por último, purificação do bioetanol. Este processo é bastante difundido e já está consolidado (CINELLI, 2012). Os tipos de fermentação da biomassa podem ser: Hidrólise Separada da Fermentação – SHF, Fermentação e Sacarificação Simultâneas –

SSF, Sacarificação e Cofermentação Simultâneas – SSCF e Bioprocesso Consolidado – CPB. (MARTINS *et al.*, 2013 *apud* SILVA, 2010).

O processo de fermentação consiste na transformação dos açúcares em etanol, gás carbônico e outros subprodutos por meio de microrganismos (MARTINS *et al.*, 2013). A conversão sustentável e eficiente da biomassa em etanol implica a utilização de linhagens microbianas capazes de fermentar não somente glicose, mas todos os açúcares presentes com alto rendimento e produtividade do etanol. De forma que, a escolha de microrganismo é de suma importância para o rendimento da fermentação (SILVA, 2012).

Apesar de bastante difundido e consolidado os métodos de obtenção de etanol, a crescente busca por inovação e caminhos alternativos representa um dos maiores desafios para o alcance da sustentabilidade. Neste cenário, os estudos de prospecção tecnológica podem sistematizar as informações referentes às inovações tecnológicas focadas em bioetanol que podem identificar as oportunidades e necessidades relevantes para a pesquisa no futuro (ASSUNÇÃO *et al.*, 2014, *apud* OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Destarte, diante do grande interesse nacional e internacional, no ramo de biotecnologia, sobre os benefícios dos biocombustíveis nessa área, o presente estudo prospectivo teve como objetivo avaliar o panorama mundial, a partir dos documentos de patentes depositados com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de inovação que minimizem o impacto ambiental agregando valor ao setor do agronegócio.

## 2. METODOLOGIA

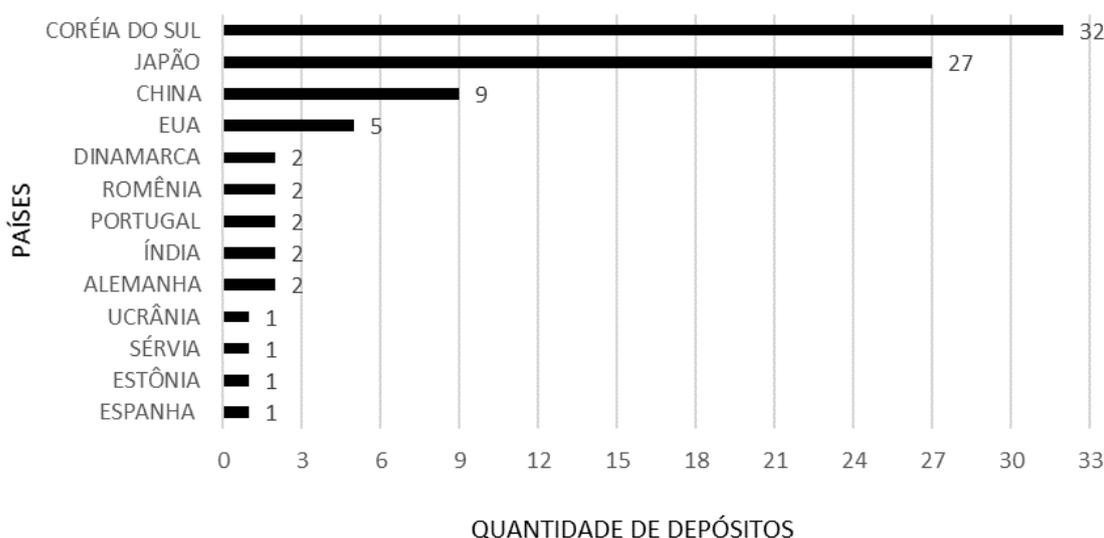
Os estudos de prospecção, objeto deste trabalho, foram realizados no mês de junho de 2017 tendo como base os pedidos de patentes depositados na plataforma *Thomson Innovation*) desde a década de 80 até os dias atuais. A estratégia utilizada foi a combinação de palavras-chaves como “*biomass*”, “*ethanol*” e “*fermentation*”, cujo foco da pesquisa foi levantar dados à respeito da obtenção do etanol proveniente de biomassa utilizando processo de fermentação.

Foi obtido um universo de 146 documentos de patentes relacionados ao assunto de interesse. No entanto, é importante observar que isso não representa o valor total de invenções protegidas, e isto se deve ao fato de que um mesmo documento de patente pode ter seu depósito efetivado em mais de um país. Para este estudo, o país selecionado foi o país de prioridade, ou seja, onde o primeiro depósito foi efetuado. Assim, após o tratamento dos dados, 87 patentes foram incluídas no universo da pesquisa.

A etapa posterior consistiu no tratamento dos dados e análise das informações. Foi elaborada uma planilha no *Microsoft Excel* e todas as informações coletadas foram ordenadas e agrupadas. Posteriormente, estas informações foram cruzadas para compor os resultados que seguem.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Gráfico 1 mostra os principais países detentores de pedidos de patentes, utilizando biomassa para obtenção do bioetanol. Observa-se que a Coréia do Sul apresenta liderança expressiva nos pedidos (32), seguido do Japão, com 27, e em seguida pela China, com 9.



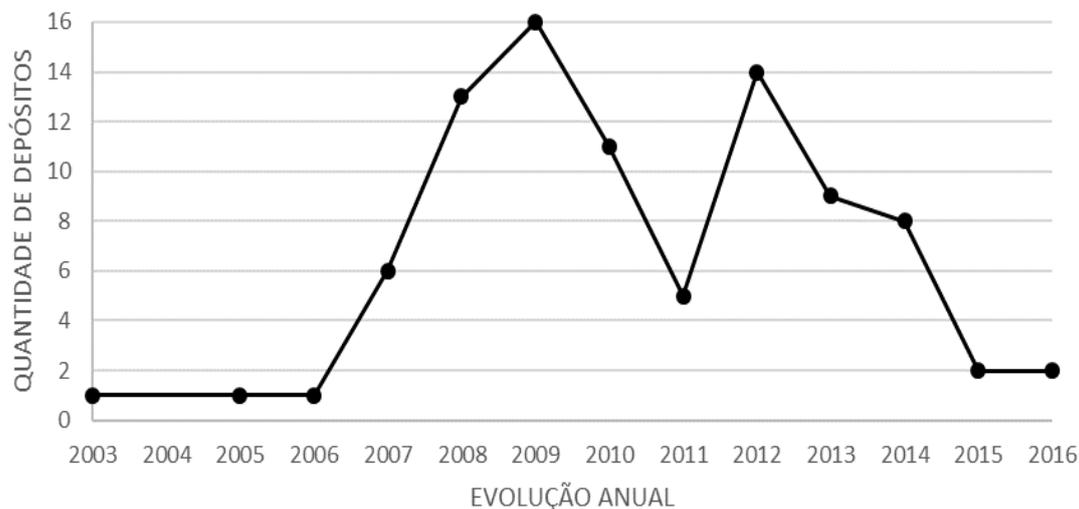
**Gráfico 1** - Patente depositada por país na plataforma Thomson Innovation

Interessante observar que a Coréia do Sul não é dotada de uma grande biodiversidade e apresentou uma liderança significativa nos trabalhos depositados. De acordo com FIRMO *et al.* (2014), isto pode ser explicado pela notória preocupação em investir em tecnologia que favoreceu o crescimento e desenvolvimento tecnológico deste país.

Em função da demanda crescente de energia, a China também é outro destaque no que tange o desenvolvimento de novas tecnologias no campo de energias renováveis (GRANDO *et al.*, 2015). Além disso, o segundo lugar, ocupado pelo Japão, fortalece e evidencia a tradição nipônica no campo de pesquisa, inovação e desenvolvimento (MENONÇA *et al.*, 2013).

ASSUNÇÃO *et. al* (2014), afirmam que o domínio de patentes por países asiáticos pode estar associado ao investimento maciço destes países tanto na educação básica quanto na educação superior.

O Gráfico 2 indica a evolução anual de depósitos de patentes relacionados à produção de bioetanol entre os anos de 2003 a 2016.



**Gráfico 2.** Evolução anual de depósitos de patentes entre os anos de 2003 e 2016.

Nota-se que a evolução dos depósitos de patentes deu-se a partir de 2003. Esta análise também foi evidenciada por GRANDO *et. al* (2015). Estes autores afirmam que tais resultados dizem respeito à uma segunda fase de estudos para obtenção do etanol: denominada etanol de segunda geração. Sendo, portanto, uma tecnologia recente e pouco explorada.

Ainda segundo GRANDO *et. al* (2015), a partir de 2006, há um crescimento no número de depósitos de patentes, o que pode ser atribuído a um maior investimento financeiro na área de pesquisa & desenvolvimento proveniente da real necessidade de estudos na área de energia renovável, já admitida pelos países, acompanhado do interesse em proteger tais tecnologias.

Não se pode deixar de mencionar o cenário apresentado pelo Gráfico nos últimos quatro anos, onde existe um declínio no número de patentes depositadas, o que pode ser atribuída à uma grande crise econômica mundial que possivelmente afetou os investimentos em pesquisa e novas tecnologias.

A Tabela 01 mostra as biomassas residuais utilizadas para a produção de etanol de segunda geração. A coluna “quantidade” indica quantas vezes foi encontrada determinada biomassa nas patentes estudadas.



Federação das Indústrias do Estado da Bahia

Tabela 01: Biomassas residuais utilizadas na obtenção de bioetanol.

BIOMASSA	QUANTIDADE	BIOMASSA	QUANTIDADE	BIOMASSA	QUANTIDADE	BIOMASSA	QUANTIDADE
Res. Proc. Cana	1	Capim de bambu	1	Madeiras de rotação	1	Fibra de milho	2
Gramma de pampas	1	Azevém	1	<i>Ppuerariae radi</i>	1	Palha de cevada	2
Pradaria	1	Resíduos de moagem	1	Águas Res. Ind. Papel	1	Palha de milho	2
Palha de eucalipto	1	Res. Ind. Gramíneos	1	Talos de milho	1	Palha de cereais	2
Sorgo	1	Palha de Linho	1	Cascas de milho	1	Bambu	2
<i>Miscanthus</i>	1	Cevada	1	Casca de arroz	1	Amido	2
Precusores Org.	1	Farinha de soja	1	Capim bermuda	1	Palha de canola	2
Podas de pomar	1	Xarope	1	Resíduos de bambu	1	Resíduos de frutas	2
Resíduos de batata	1	Casca de sementes	1	Rami	1	Palha de aveia	2
Granito de madeira	1	Amido de marmelo	1	Triticale	1	Legumes	2
Biomassa herbácea	1	chaparral	1	Casca de nozes	1	Espigas de milho	3
Resíduos de algodão	1	Haste de araruta	1	Fibra de coco	1	Arroz	3
Silagem de capim	1	Estrume vegetal	1	Serradura	1	Gramíneas	3
Talos e folhas	1	Silagem de milho	1	Fibra celulose madeira	1	Bagaço de citros	3
Palha de Centeio	1	Aparas de gramado	1	Polpa de papel	1	Milho	4
Centeio	1	Broca	1	Silagem de Cereais	1	Farinha de milho	4
Cascas de Aveia	1	Alfafa	1	Fibra de porca de areca	1	Ervas daninhas	4
polpa de beterraba	1	Melaço	1	Cavado de madeira	1	Palha de trigo	5
Amido de mandioca	1	Polpa de Citrinos	1	Trigo	2	Palha de arroz	5
Mata madeira macia	1	Caule de milho	1	Bagaço Cana	2	Cana-de-açúcar	6
Caule de araruta	1	Relva	1	Cereais	2	Algas marinhas	12

Da Tabela acima, é possível notar a diversidade de resíduos já empregados no processo de obtenção do etanol de segunda geração. Isto demonstra a expressiva ampliação pretendida da produção do álcool a partir de biomassa residual que gera, dentre outros benefícios, menor impacto ambiental, sem competir com áreas destinadas à produção de alimentos (ROSA, 2016; FERREIRA, 2015; NUNES, 2013).

NUNES *et. al* (2013), estudaram o potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil a partir de resíduos agroindustriais e concluíram que, para a palha e bagaço da cana-de-açúcar, estima-se um potencial de produção de etanol em torno de 88 a 101 bilhões de litros. Já resíduos da cultura de trigo e arroz apresentam um potencial de 1,15 e 2,37 bilhões de litros, respectivamente. Estes autores afirmam que os valores inferiores alcançados pelos resíduos de arroz/trigo, é atribuído à enorme diferença entre a produção anual destas culturas quando comparada à produção da cana.

Não é demais mencionar a presença de materiais lignocelulósicos. CASTRO & JUNIOR (2010), afirmaram que eles são as fontes renováveis mais abundantes na natureza, sendo compreendidos majoritariamente pelos materiais agroindustriais. Porém, as chances de serem utilizados pela indústria dependem da implementação do melhor e mais viável pré-tratamento da biomassa combinado com um processo eficiente de fermentação de hidrolisado e separação do produto final. (RIÑÑO *et al.*, 2010).

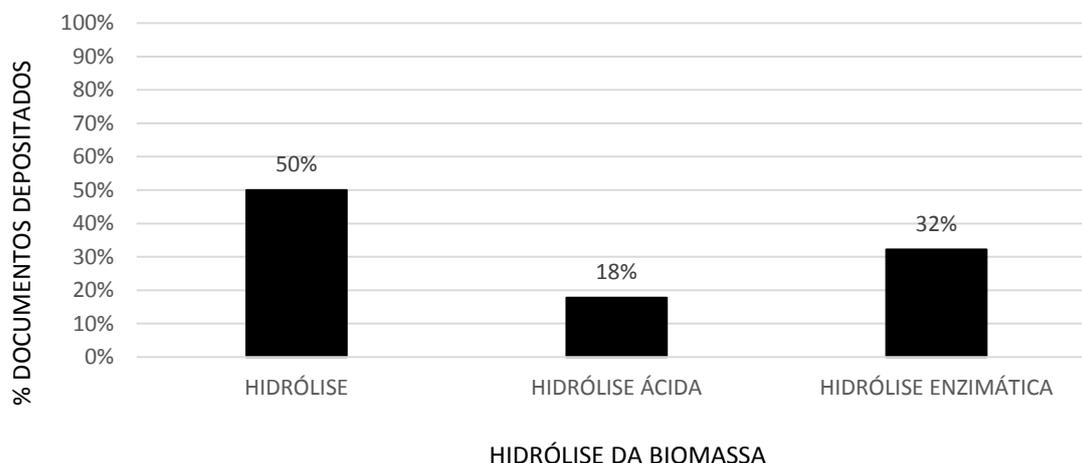
As fontes amiláceas também marcam presença como matéria-prima para produção do bioetanol. Não diferente da lignocelulose, o amido é um dos principais constituintes dos resíduos agroindustriais que podem ser transformados em açúcares e posteriormente convertidos à álcool (ALVIM, 2014).

Observa-se, também, a utilização de resíduos da indústria de papel como fonte de energia nas patentes estudadas. ARAÚJO *et. al* (2014), avaliaram o efluente gerado pelo processo de polpação celulósica utilizando o farelo de arroz como fonte de obtenção de celulose. Dos resultados obtidos, estimou-se um potencial de produção de etanol correspondente à 79 milhões de litros/ano com base na produção anual de farelo de arroz no Brasil, o que demonstra o grande potencial de aproveitamento deste resíduo.

Foi possível observar ainda, dentre as patentes pesquisadas, a utilização de microalgas. ORTENZIO *et. al* (2015), afirmam que, apesar de apresentar vantagens, como a não competição com alimentos, o uso de microalgas apresenta-se como uma tecnologia pouco competitiva. Por outro lado, MENDONÇA *et. al* (2013), *apud* DENER *et. al* (2006), relatam que o interesse por este cultivo transcende a escala acadêmico-científica, uma vez que, os princípios ativos resultantes de sua exploração são de grande interesse na atividade industrial.

Por fim, de acordo com NISSILÄ, LAY e PUHAKKA (2014), entre as vantagens da energia baseada em biomassa pode-se incluir a viabilidade de material a ser utilizado, o fato de ser renovável, redução de gases do efeito estufa, além da possibilidade de criação de novos empregos no setor energético. Resíduos de setores industriais como: papel e celulose, sucroalcooleiro e madeireiro são fontes abundantes de uma matéria prima promissora e economicamente favorável para geração de bioenergia (Lo *et al.*, 2009).

O Gráfico 4, apresenta a quantidade de patentes depositadas que incluem, no processo produtivo, a hidrólise da biomassa utilizada.



**Gráfico 4.** Tipos de hidrólise de biomassa encontrados nos documentos depositados.

O Gráfico acima informa que 50% dos trabalhos analisados utilizaram a etapa de hidrólise no seu processo. Isto pode ser explicado pelo fato de que a obtenção do bioetanol, a partir de materiais lignocelulósicos, envolvem este passo para disponibilizar os açúcares fermentecíveis (NUNES *et al.*, 2013). De acordo com CANABARRO (2015), na ausência deste passo preliminar, dificilmente haverá conversão à bioetanol, tendo a necessidade da liberação do açúcar contido no material lignocelulósico, que se encontra protegido pela lignina.

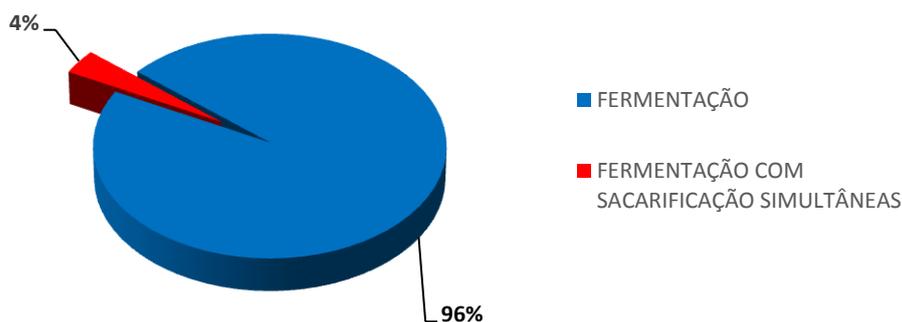
Foram encontrados 18% dos documentos depositados utilizando hidrólise ácida. CANDIDO, (2011) afirma que a hidrólise ácida apresenta algumas desvantagens como a corrosão de equipamentos, formação de subprodutos tóxicos, dificuldade em separar o ácido hidrolisado, custos operacionais altos e baixo rendimento. Já SILVA, (2012) assegura que, apesar das desvantagens, esta rota, facilita o uso de processos contínuos, por ser uma via de conversão rápida.

Por fim, há também a utilização da hidrólise enzimática em 32% dos documentos analisados. Este tipo de hidrólise representa uma alternativa importante para a produção do etanol a partir de resíduos agroindustriais, por se tratar de um processo limpo e específico (MONTE, 2009). Esta etapa é considerada de grande potencialidade, uma vez que proporciona maiores rendimentos e não forma produtos indesejáveis. Além disso, tem a possibilidade de ser executada com a fermentação em etapas simultâneas, SSF, e em etapas separadas, HSF (FERREIRA, 2015; CANDIDO, 2011; SILVA 2012).

Não se pode afirmar que, dentro de 50% dos trabalhos, onde foi mencionada apenas a hidrólise, não foi utilizado, também, o processo de hidrólise ácida e/ou hidrólise enzimática. Isto por que, os documentos depositados mencionam de forma

pouco específica a respeito dos processos empregados. É uma forma de proteção da propriedade pelo detentor da tecnologia.

No Gráfico 5, estão representados os processos produtivos para a obtenção do bioetanol.



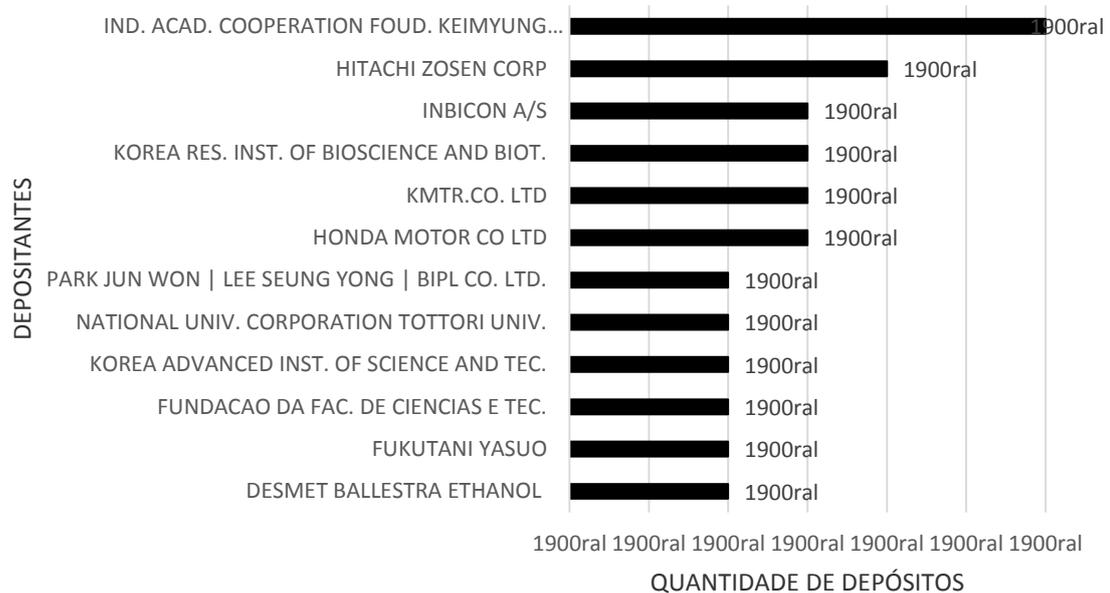
**Gráfico 5.** Processos produtivos utilizados na obtenção do etanol.

Dos documentos de patentes analisados, 96% utilizaram a fermentação como processo produtivo para obtenção do bioetanol. Isto é explicado pelo fato de que este processo produtivo já está consolidado e amplamente difundido (CINELLI, 2012). Ademais, os rendimentos encontrados só ratificam que a fermentação é um processo eficiente. NUNES *et. al* (2013), por exemplo, conseguiram 80% de conversão à bioetanol, utilizando fermentação e a palha de arroz como biomassa.

Em seguida, foi identificada a fermentação com sacarificação simultâneas, SSF, representando 4% dos documentos analisados. Esta estratégia de processo, é escolhida, provavelmente, pois apresenta como vantagens menor custo de processo, maior rendimento do bioetanol, redução de tempo de operação, menores riscos de contaminação e redução na inibição de produto final, quando comparada à hidrólise separada da fermentação, HSF (NUNES *et al.*, 2013; CANABARRO, 2015).

Não se pode afirmar que, dentro de 96% dos trabalhos onde foi utilizado o processo de fermentação, não foi utilizado, também, o processo de sacarificação simultâneas, SSF. Nem tampouco que esta percentagem se refere, apenas, à processos onde a etapa de fermentação ocorre separada da etapa de hidrólise, HSF. Isto por que os documentos depositados mencionam de forma pouco específica a respeito dos processos empregados. É uma forma de proteção da propriedade pelo detentor da tecnologia.

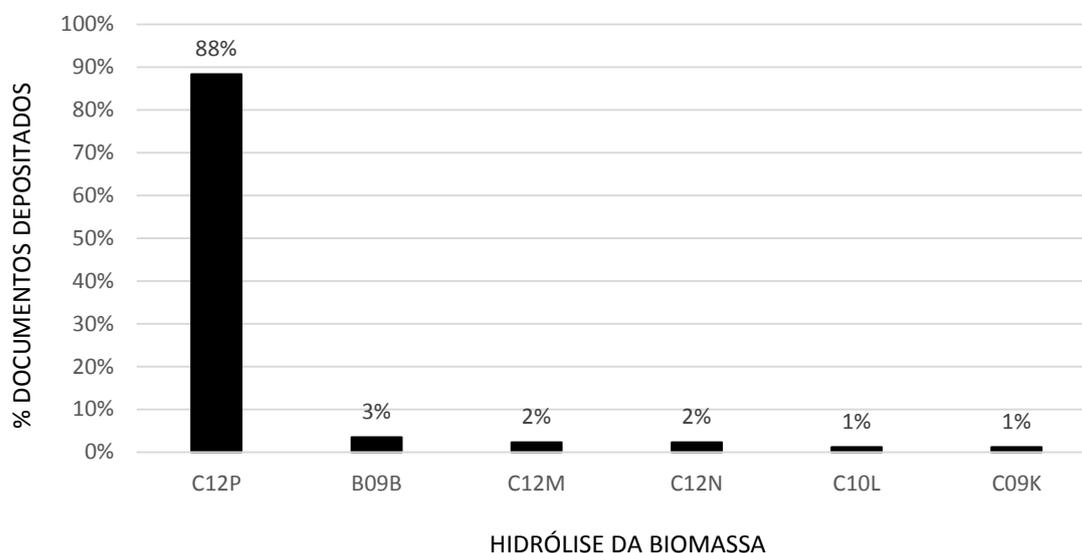
O Gráfico 6, relaciona o número de patentes por inventores, disponíveis na plataforma *Thomsom Innovation*.



**Gráfico 6.** Detentores de depósito de patentes de produção de bioetanol.

O Gráfico 6 demonstra que os documentos de patentes depositados foram provenientes da indústria. Isto afirma o interesse deste setor pela inovação e desenvolvimento de tecnologia (ASSUNÇÃO *et al.*, 2014). Por outro lado, há pouca participação das universidades. Por isso, os processos de aproximação entre a universidade e a indústria têm sido estudados, buscando incentivar a comercialização do conhecimento gerado nas universidades para benefício da sociedade (MOREIRA *et al.*, 2013).

O Gráfico 7 mostra a classificação internacionais das patentes (CIP) encontradas.



**Gráfico 7.** Distribuição de patentes de acordo com o CIP.

Verifica-se que a subclasse de destaque é a C12P. GRANDO *et. al* (2015), também obtiveram os mesmos resultados quando estudou, por meio de prospecção tecnológica, o panorama do etanol usado como fonte de energia ao petróleo. O código C12P trata de processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar compostos, em especial o etanol. Ainda de acordo com os autores, a forte ocorrência destes códigos mostra a integração da engenharia com a biologia, fazendo-se presente as inovações para a produção do etanol de segunda geração.

#### 4. CONCLUSÃO

O estudo prospectivo realizado neste trabalho possibilitou mapear as patentes relacionadas à obtenção do bioetanol, por meio da fermentação, proveniente de resíduos agroindustriais. A Coréia do Sul foi o país com maior número de patentes depositadas.

Foram encontrados mais de 50 (cinquenta) tipos de biomassas residuais que vêm sendo empregadas para obtenção de etanol de segunda geração. Esta evidencia só ratifica que a utilização de resíduos agroindustriais, acrescenta valor agregado e pode representar uma alternativa viável para reduzir os impactos ambientais dos combustíveis fósseis.

Foi observado que os processos de fermentação e sacarificação simultâneos consta em parte dos documentos analisados, assim como a etapa de hidrólise, que antecede à fermentação. Isto é devido, principalmente, aos rendimentos encontrados na

produção do bioetanol que são maiores no processo de SSF e, além disso, sem a etapa da hidrólise, dificilmente os açúcares fermentescíveis serão convertidos à bioetanol.

Por fim, a produção de bioetanol de resíduos agroindustriais é uma alternativa viável para a substituição de energia fóssil, o que já é prospectado nos países desenvolvidos. No Brasil isso pode ocorrer sem a necessidade de expansão das terras agricultáveis.

## 5. REFERÊNCIAS

ALVIM, J. C. *et al.* Biorrefinarias: Conceitos, classificação, matérias primas e produtos. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 1, n. 3, p. 61-77, 2014.

ARAÚJO R. F. *et al.* Avaliação do potencial de produção do etanol a partir do efluente gerado da produção de papel. **Revista de Ciências Ambientais**. Canoas, vol 8. n. 01. p. 29-35, 2014

ASSUNÇÃO, L. S. *et al.*, Estudo prospectivo sobre encapsulamento de compostos bioativos. **Revista GEINTEC**. São Cristovão/SE, v. 4, n. 4, p. 1382-1391, 2014.

BERNI, D. M & BAJAY, V. S Eficiência Energética e Oportunidades para as Biorefinarias na Industria Brasileira de Celulose e Papel The **45th ABTCP International Pulp and Paper Congress and VII IberoAmerican Congress on Pulp and Paper Research**. São Paulo, 2012.

BIAGGI *et al.*, Produção de etanol de segunda geração a partir da cana-de-açúcar: estudo de prospecção de patentes. **Espacios**, v. 36, n. 23, p. 16, 2016.

CANABARRO, N. I. **Produção de Bioetanol a partir de Biomassa Lignocelulósica por Fermentação em Estado Sólido**. 2015. 233 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Santa Maria-RS, 2015. Disponível em <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 19 mai. de 2016.

CANDIDO, R. G. **Utilização da Celulose de Resíduos Lignocelulósicos para Obtenção de Produtos de Alto Valor Agregado**. 2011. 20 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 17 mai. de 2016.

CARMO, V. B. do, **Avaliação da Eficiência Energética Renovável de Biomassas Alternativas para Geração de Eletricidade**. 2013. 33 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2013. Disponível em<[www.unicamp.br](http://www.unicamp.br)>. Acesso em 18 mai. de 2016.

CASTRO & JUNJIOR Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química Nova**. vol. 33 n. 01, p. 181-188. 2010.

CINELLI, B. A. **Produção de Etanol a partir da Fermentação Simultânea à Hidrólise do Amido Granular de Resíduo Agroindustrial**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro-RJ, 2012. Disponível em <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 19 mai. de 2016.

DERNER, R. B.; OHSE, S.; VILLELA, M.; CARVALHO, S. M. de; FETT, R. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p.1959-1967, 2006.

FERREIRA, Juliana. Etanol de Segunda Geração: definição e perspectivas. **Revista Conexão Eletrônica**, v. 12, n. 1, 2015.

FIRMO, W. C. A. *et al.* Atividade antibacteriana de plantas medicinais: uma prospecção tecnológica. **Revista GEINTEC**. São Cristóvão/SE, vol. 4, n. 5, p.1564-1573, 2014.

FLORÊNCIO, I. M. *et al.* Produção de etanol a partir de lactate industrial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1088–1092, 2013.

GRANDO, R. L. *et al.* Panorama do etanol utilizando prospecção tecnológica. **GEINTEC – Gestão Inovação e Tecnologias**, v. 15, n. 4, p. 2604–2618, 2015.

GRANDO, R. L. *et al.* Panorama do etanol utilizando prospecção tecnológica. **Revista GEINTEC**. São Cristóvão/SE, vol. 5, n. 4, p.2604-2618, 2015.

MARTINS, A. A. *et al.* Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil. **Revista Liberato**. Novo Hamburgo, v. 14, n.22, p. 113-238, jul-dez. 2013.

MELO, P. S. **Composição Química e Atividade Biológica de Resíduos Agroindustriais**. 2012. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 18 maio de 2016.

MENDONÇA T. A. *et al.* Prospecção tecnológica da utilização de microalgas em processo de extração de carotenoides voltados para os insumos na nutrição humana e animal. **Revista GEINTEC**, v. 3, n. 5, p.193-204, 2013.

MONTE, J. R. M. **Sacarificação da polpa celulósica do bagaço de cana-de-açúcar com celulases e xilanases de *Thermoascus aurantiacus***. 2009 p. 45 Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial). Lorena - SP: Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 19 mar. de 2017.

MOREIRA M. R. C. *et al.* Prospecção tecnológica do mirtenol: um monoterpene com atividade farmacológica sobre o sistema nervoso central. **Anais SIMTEC**. Vol. 1, n.1, p. 636-644, 2013.

NISSILÄ, M. E., LAY, C.-H. and PUHAKKA J. A.. Dark fermentative hydrogen production from lignocellulosic hydrolyzates – A review. **Biomass and Bioenergy** 67(0): 145-159, 2014.

NUNES, R. M. *et al.* Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil. **Revista Liberato**, v. 14, n. 22, p. 113-238, 2013.

OLIVEIRA, G. R. *et al.* Prospecção tecnológica: processo de liofilização na indústria de alimentos. **Revista GEINTEC**. São Cristóvão/SE, vol. 3, n. 1, p.92-102, 2012.

ORTENZIO Y. T. *et al.* Cultivo de microalgas utilizando resíduos agroindustriais para a produção de biocombustíveis: perspectivas e desafios. **Bioenergia em revista: diálogos**. Ano-5, n.1, p. 58-65, 2015.

RIAÑO A. M. S. *et al* Producción de bioethanol a partir de subproductos agroindustriales lignocelulósicos. **Revista Tumbaga** n 05 p. 61-91. 2010.

ROSA, M. F. *et al.* Valorização de resíduos da agroindústria. **II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA**. Volume I – Palestras. 2011.

SAIDUR, R. *et al.* A review on biomass as a fuel for boilers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 2262–2289, 2011.

SANTANA, J. P. do NASCIMENTO, **Extração e Caracterização do Material Proteico e Lipídico da Microalga *Monoraphidium* sp. visando uma perspectiva biorrefinaria**. 2016. 18 p. Monografia (Bacharel em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em <https://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/2662> Acessado em 18 mai. de 2016.

SANTO, M. C. E, **Otimização de Estratégias de Pré-tratamento de Bagaço de Cana-de-açúcar para Produção de Etanol de Segunda Geração via Hidrólise Enzimática**. 2015 p. 91 Dissertação (Mestrado em Ciências). São Paulo-SP: Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 19 mai. de 2016.

SILVA, F. V. Panorama e perspectivas do etanol lignocelulósico. **Revista Liberato**. São Cristóvão/SE. v. 13 n. 20, p. 01-XX, jul/dez. 2012.

SILVA, N. L. C. **Produção de bioetanol de segunda geração a partir de biomassa residual da indústria de celulose**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro,

Escola de Química, Rio de Janeiro-RJ, 2010. Disponível em <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 19 mai. de 2016.

VERGARA, G. P. **Caracterização e Avaliação do Potencial Energético dos Resíduos Florestais da Indústria de Papel e Celulose** 2014. 01 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica, na Área de Térmica e Fluidos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas-SP, 2014. Disponível em <<http://www.teses.usp.br>>. Acesso em: 19 mai. de 2016.