

PERSPECTIVAS PARA PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO UTILIZANDO DA FIBRA DE COCO VERDE

José Julio Araújo Ramalho¹, Érika Durão Vieira², Lillian Lefol Nani Guarieiro³

¹Senai Departamento Regional de Alagoas, 57030-580, Maceió, AL, Brasil.

²Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, 41650-010, Salvador, BA, Brasil.

³INCT de Energia e Ambiente, UFBA, 40170-290, Salvador, BA, Brasil.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre o panorama mundial da produção de bioetanol com ênfase na utilização de biomassa como matéria prima, ou seja, sobre o etanol de segunda geração e sobre a possibilidade de uso da fibra da casca do coco verde para sua produção. Embora orgânica, a casca do coco verde apresenta lenta degradação, levando em média 8 a 12 anos para se decompor. Tratada como lixo urbano, a casca de coco verde é descartada nas praias em grande quantidade e levada aos aterros sanitários, reduzindo o espaço do aterro e sua utilização. Esse fator se agrava na medida em que o consumo da água de coco cresce. Frente a este problema, surge a oportunidade do reaproveitamento desse resíduo para a produção do etanol de segunda geração. O processo de transformação da biomassa lignocelulósica em etanol tem as seguintes etapas: pré-tratamento, hidrólise e fermentação. Existem diversos tipos de biomassas para a produção do etanol de segunda geração, entre elas tem-se palha da cana de açúcar, mandioca, milho, o capim, troncos de bananeiras e a casca de coco verde, que apresentam grande potencial na produção de bioetanol. Portanto, a produção de etanol de segunda geração através da fibra da casca do coco verde é de grande utilidade para o desenvolvimento tecnológico e sustentável da sociedade.

Palavras-chaves: *Fibra de Coco; Hidrólise; Fermentação.*

ABSTRACT

This work presents a bibliographical revision about the world bioethanol production with emphasis in the utilization of biomass as raw material, that is, about second generation ethanol and about the possibility of the use of fiber green coconut for her production. Although organic, the peel of the green coconut presents slow degradation, taking on average 8 to 12 years to decompose. Treated as urban garbage, the green coconut husks are discarded at the beaches in great amount and taken to the sanitary embankments, reducing the space of the embankment and its utilization. That factor becomes worse as long as coconut water consumption grows. In face of this problem, there is the opportunity of this residue utilization of second generation ethanol production. The process of the transformation of lignocellulosic biomass in ethanol has the following stages: pretreatment, hydrolysis and fermentation. Several types of biomasses exist for the production of the second generation ethanol, among them sugar cane straw, cassava, maize, grass, banana

tree trunks and green coconut husks, that present great potential to bioethanol production. Therefore, the production of second generation ethanol from the green coconut husks is of great utility for the technological and sustainable development of society.

Keywords: Coconut fiber; Hydrolysis; Fermentation.

1. INTRODUÇÃO

O significativo aumento do consumo de energia nos últimos anos tem relação direta não somente com aumento populacional, mas também com o aumento da renda da população em determinadas regiões que estão passando a consumir cada vez mais. A busca por fontes energéticas renováveis e de menores impactos ambientais é objeto de estudo de vários pesquisadores.

A biomassa é uma alternativa para a geração de energia de fontes renováveis e constitui do principal resíduo de atividade agroindustrial, que mais influencia a economia brasileira. Neste panorama esta fonte pode substituir algumas fontes não renováveis, como os derivados de petróleo.

O Brasil tem no etanol uma alternativa técnica e economicamente viável de biocombustível que pode ser utilizado em motores de automóveis desde a implantação do programa PROÁLCOOL no ano de 1975. Por meio deste programa, o Governo Federal ofereceu incentivos para a produção de etanol em larga escala com o objetivo de reduzir o consumo de combustíveis derivados do petróleo, como a gasolina.

Sabe-se que o Brasil é o segundo maior produtor mundial de etanol e sua produção utiliza diretamente o caldo da cana de açúcar ou o melaço, que é subproduto da produção do açúcar. O bioetanol pode ser fabricado por outras fontes de carboidratos em suas diferentes formas.

Dependendo da complexidade do açúcar, as matérias primas para a produção de bioetanol são classificadas em: a primeira são consideradas açucaradas, como a cana de açúcar e seus derivados; a segunda são as matérias primas amiláceas, ou seja, ricas em amido como a mandioca, batata doce, milho, arroz, dentre outras; e

por fim têm-se as matérias primas lignocelulósicas, ou seja, a biomassa dos materiais vegetais rica em celulose.

A cana de açúcar, difundida no Brasil na época colonial, é uma fonte renovável, porém apresenta o inconveniente de ocupar uma vasta área de terras agricultáveis que poderiam ser destinadas a produção de alimentos.

Hoje a produção de etanol de segunda geração (2G) está ainda em fase de inovação pré-competitiva, a tecnologia está sendo testada em diversos países, e a maioria em escala piloto e semi-industrial.

A sua aplicação está sendo negligenciada em muitos países, uma vez que, por se tratar de um recurso distribuído, o principal desafio consiste na sua captação em um único ponto de processamento [1].

Para produção de etanol 2G, podem ser aproveitados resíduos vegetais das atividades agrícolas, tais como a palha da cana, o capim, troncos de bananeiras, a casca de coco verde, entre outras. Visando acompanhar a tendência mundial de se produzir biocombustíveis utilizando matérias primas de fontes renováveis e de menor impacto ambiental. Assim, a produção de etanol 2G pelo aproveitamento de resíduos celulósicos aparece como uma alternativa sustentável. A utilização da casca do coco verde na produção de etanol 2G é uma solução racional para acompanhar o ritmo de crescimento populacional do país e do mundo que acarreta na maior demanda de energia. O aumento da oferta de biocombustíveis, sem aumentar a área cultivada, permite o aproveitamento de um material que está sendo jogado no lixo, contribuindo assim com o desenvolvimento econômico, social e sustentável.

Assim, este trabalho tem por objetivo apresentar uma revisão bibliográfica sobre o panorama mundial da produção de bioetanol com ênfase na utilização de biomassa como matéria prima, ou seja, sobre o etanol 2G, e sobre a possibilidade de uso da fibra da casca do coco verde para sua produção. Para tanto, o trabalho foi elaborado com base na geração do etanol a partir da fibra do bagaço da cana de açúcar, que apresenta características de composição similares à fibra do coco verde.

2. MATÉRIAS PRIMAS NA PRODUÇÃO DE ETANOL 2G

Atualmente, o etanol consumido no mundo é produzido principalmente a partir da cana de açúcar, da beterraba e do milho. Este etanol derivado de sacarose e amido é conhecido como etanol de primeira geração (1G). O consumo crescente de etanol 1G derivado da cana de açúcar tem causado a modernização do setor sucroalcooleiro do Brasil, pois as usinas em um processo constante de melhoria contínua estão investindo cada vez mais em P&D para desenvolver variedades de cana de açúcar que apresentem maior produtividade. Ainda assim, a necessidade de expansão de terras agriculturáveis leva esta tecnologia a concorrer com a produção de alimentos.

A utilização do etanol 1G derivado do milho apresenta as mesmas limitações: sua plantação exige áreas de cultivo ainda mais extensas que as da cana-de-açúcar, causando assim um problema de desmatamento e gera conflitos sobre o uso da terra para bicomcombustível e alimentos.

Outra fonte de etanol 1G que está sendo analisada recentemente é a mandioca, que apresenta menor dispêndio de energia no processo de produção do bioetanol quando comparado em relação ao milho e a cana de açúcar [3].

Estão sendo analisadas técnicas e tecnologias viáveis para aproveitar biomassas para a produção de etanol 2G tais como palha e bagaço da cana de açúcar; palha de trigo e resíduos do milho, pó e restos de madeira [2]. O aproveitamento dessas matérias além de promover o desenvolvimento sustentável, permite a geração de renda, emprego e o crescimento sustentável da sociedade.

A palha da cana de açúcar apresenta um grande potencial para a geração de calor, eletricidade e produção de etanol celulósico. Assim, não utilizar esse tipo de biomassa é desperdício, pois, a palha da cana é uma alternativa promissora para

atender o consumo crescente de combustíveis fósseis que está acontecendo no mundo [2].

Ainda encontra-se em estágio de validação o fluxograma genérico para o processo de obtenção do etanol 2G a partir do bagaço da cana.

Assim, após analisar os principais tipos de biomassa utilizadas na produção de bioetanol, a próxima seção destaca a tecnologia de produção de bioetanol 2G utilizando fibra de coco.

3. BIOMASSA E A PRODUÇÃO DE ETANOL 2G

A biomassa é constituída de materiais lignocelulósicos que inclui os polissacarídeos celulose e hemicelulose, e lignina. A celulose é um homopolímero de unidades de glicose β -(1,4) e constitui de 40 a 60% do peso seco do material. As cadeias lineares de celulose apresentam microfibrilas de alta cristalinidade.

A celulose é um carboidrato complexo polissacarídeo que formam fibras alongadas que compõem as paredes das células vegetais, dando-lhes a resistência e rigidez peculiares. A hemicelulose é um polissacarídeo de cadeia principal constituída de monômeros de xilose α -(1,4) com cadeias laterais de glicose, galactose e arabinose e compõe de 20 a 35% da biomassa lignocelulósica. As moléculas de hemicelulose são ligadas às microfibrilas de celulose por ligações hidrogênio.

A lignina é um composto fenólico formado pela polimerização de três monômeros (álcool p-coumaril, coniferil e sinapil), que representa uma massa amorfa rodeando as fibras de celulose e hemicelulose [4].

Para hidrolisar a celulose em açúcares solúveis que podem ser metabolizados por microrganismos, etapa comumente chamada de sacarificação, é necessário romper este emaranhado de lignina e hemicelulose que recobre as fibras de celulose, etapa conhecida como pré-tratamento da biomassa.

As ligações que unem as moléculas de glicose são dotadas de energia livre, as quais podem ser quebradas promovendo a liberação de açúcares fermentáveis, os

monossacarídeos, e produzir bioetanol. Entretanto, essa molécula é muito bem protegida na parede celular, sendo necessário promover a hidrólise de forma eficiente para que se tenha acessibilidade aos açúcares fermentáveis é um desafio a superar.

O pré-tratamento visa quebrar a matriz da fibra, reduzir a cristalinidade da celulose e hidrolisar a hemicelulose. Esta etapa é atualmente uma das mais caras na tecnologia de produção de etanol de segunda geração e crucial para a viabilização de bons rendimentos em açúcares fermentescíveis. Rendimentos de hidrólises enzimáticas de biomassa sem o pré-tratamento são usualmente da ordem de 20% enquanto que com o pré-tratamento podem ser maiores que 90% [5].

Os pré-requisitos para um pré-tratamento ideal seriam: (1) produção de fibra celulósica reativa ao ataque enzimático, (2) minimizada degradação da hemicelulose e celulose, (3) minimizada formação de compostos inibidores de enzimas e microrganismos, (4) reduzida da demanda energética, (5) reduzido custo para construção dos equipamentos, (6) minimização da produção de resíduos e (7) baixo consumo de produtos químicos e uso de produtos químicos de baixo custo [6].

Processos físicos (moagem e trituração), físico-químicos (explosão a vapor, autohidrólise, hidrotermólise, oxidação), químicos (álcali, ácido diluído, agentes oxidantes e solventes orgânicos) e biológicos têm sido utilizados para o pré-tratamento da biomassa. Entretanto, nem todos estes métodos foram desenvolvidos o suficiente, tanto tecnicamente quanto economicamente, para serem aplicáveis em escala industrial [6].

A hidrólise ou sacarificação das fibras de celulose e hemicelulose em açúcares fermentescíveis pode ser efetuada por via química ou biológica. A via química não é muito adequada, pois requer condições mais agressivas de processamento gerando compostos inibidores e baixo rendimento. A hidrólise biológica, por outro lado, é conduzida em condições brandas de temperatura e apresenta alta seletividade e rendimento.

A hidrólise é efetuada por múltiplas de enzimas com diferentes especificidades tais como as das famílias das endoglucanases, exoglucanases e glucosidases. As

endoglucanases atacam as regiões de baixa cristalinidade da fibra da celulose, as exoglucanases ou celobiohidrolases degradam mais a molécula removendo unidades de celobiose dos terminais das cadeias livres de celulose, as beta-glucosidases hidrolisam a celobiose produzindo duas moléculas de glicose [7].

Existem diversas formas ou estratégias para se conduzir o processo biotecnológico constituído da hidrólise enzimática (sacarificação) e fermentação. A biomassa pré-tratada pode ser sacarificada e, em seguida, fermentada ou pode ser sacarificada e fermentada simultaneamente. As configurações de processo conhecidas são denominadas em inglês como: separate hydrolysis and fermentation (SHF), simultaneous saccharification and fermentation (SSF), simultaneous saccharification and co-fermentation (SSCF) and consolidated biomass processing (CBP). Esta integração dos processos reduz custo de operação e de capital.

SHF é a configuração tradicional em que a biomassa é hidrolisada para formar os açúcares fermentescíveis numa primeira etapa e, em seguida, estes açúcares são fermentados gerando etanol utilizando vários microrganismos *Saccharomyces*, *Kluveryomyces*, *Debaryomyces*, *Pichia*, *Zymomonas*. A vantagem deste processo é que as etapas podem ser conduzidas em condições ótimas para cada um dos catalisadores biológicos: enzimas e microrganismos [8].

A compatibilidade da sacarificação com a fermentação, portanto, é dependente das condições de pH, temperatura concentração de substrato, etc. Conseguindo-se compatibilizar estas condições para os dois processos biológicos, a configuração SSF torna-se vantajosa pois a eficiência da hidrólise enzimática aumenta na medida em que o produto final (açúcares fermentescíveis) é consumidos pelo microrganismo reduzindo a inibição da enzima pelo produto. Além disso, há economia de tempo e no uso de equipamentos [8].

4. CASCA DE COCO VERDE

O beneficiamento (transformação e classificação em um produto industrializado de maior valor) da fibra de coco é uma boa alternativa para dar destino a mais de 800

toneladas de casca de coco verde descartadas por ano no Brasil. A tecnologia de processamento das cascas de coco verde transforma esse resíduo em uma nova opção de renda para o produtor de água de coco. O processamento das cascas gera fibras e substrato.

As fibras são utilizadas para a confecção de diversos produtos para uso agrícola, pela indústria e construção civil, em substituição a outras fibras naturais e sintéticas. O pó do coco verde é rico em potássio e nitrogênio, e muito utilizado como adubo orgânico. A casca de seis cocos produz um quilo de fibra.

A qualidade da fibra do coco depende da variedade cultivada, do processo de extração, do grau de maturação do fruto e das condições climáticas do local onde se faz o cultivo. Esta qualidade é determinada principalmente pelas propriedades físicas como diâmetro, comprimento, elasticidade e rigidez. Existem três tipos de fibras: fibra branca longa, fibra marrom longa e fibra marrom curta.

5. ETANOL DA CASCA DE COCO

Existem muitos trabalhos publicados sobre a produção de etanol 2G a partir de materiais lignocelulósicos, em especial, resíduos agroindustriais e bagaço de cana de açúcar. Poucos existem, no entanto, sobre o uso da fibra da casca de coco verde para produção de etanol.

A potencialidade das fibras da casca de coco verde tem sido avaliada para a obtenção do etanol lignocelulósico. Para a preparação do etanol lignocelulósico, as fibras da casca do coco verde são submetidas às seguintes etapas de tratamento: lavagem, trituração, hidrólise química, hidrólise enzimática. A hidrólise química é efetuada em concentração moderada de ácido e um processo de aquecimento contínuo [10].

Têm-se avaliado também diferentes estratégias de obtenção de etanol da casca de coco verde, dentre elas a SSF e SSSF. A casca de coco é pré-tratada com hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio e os rendimentos chegam a 76% de conversão de glicose etanol com o SSF e a 89% com SSSF [9].

Em trabalho recente, foram testados dois tipos de pré-tratamento químico, ácido e alcalino, na fibra da casca do coco verde a fim de avaliar a quantidade de açúcares liberados na fração líquida da solução para a obtenção de etanol de segunda geração. No teste de capacidade fermentativa utilizaram dois tipos de leveduras, *Saccharomyces cerevisiae* e *Pichia Stipitis* [11].

Diante do cenário exposto, verifica-se que os processos não atingiram padronização mínima e características de tecnologias plenamente desenvolvidas, ainda estão sendo submetidas pesquisas visando esta padronização. Dessa forma, pretende-se iniciar pesquisa experimental utilizando como embasamento científico a produção de etanol derivado da cana-de-açúcar [11].

A partir deste referencial teórico avaliado, entende-se que o processo de produção de etanol 2G a partir da casca de coco compreenderá as seguintes etapas:

Beneficiamento da casca do coco verde: nesta etapa, quanto melhor for o condicionamento da casca, ou seja, quanto menor for o tamanho da fibra, melhor será o rendimento líquido da conversão celulose em glicose livre para a conversão em etanol.

Pré-tratamento: nesta etapa, deve-se minimizar formação de compostos inibidores e maximizar a extração da lignina;

Sacarificação: nesta etapa deve-se maximizar a produção de açúcares fermentescíveis.

Fermentação: nesta última, os açúcares fermentescíveis são processados para a produção do bioetanol.

A Figura 10 apresenta um fluxograma básico do processo.

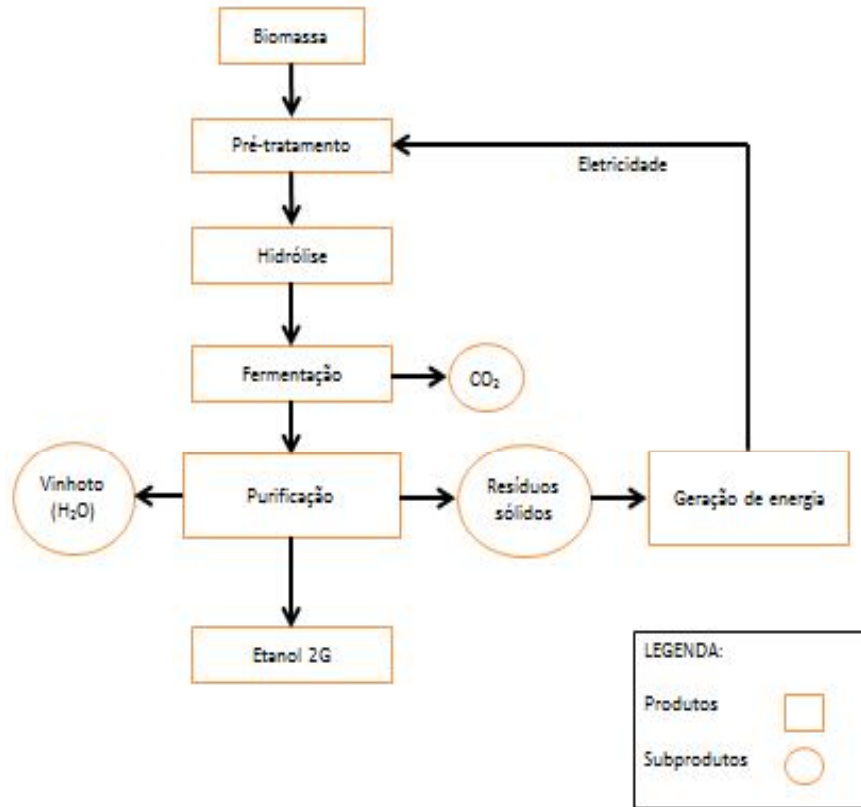


Figura 10 - Fluxograma do Processo de Obtenção do Etanol 2G (Elaboração Própria).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente tem aumentado a demanda por fontes de energia renovável e a casca do coco verde é um resíduo celulósico que está sendo jogado em elevadas quantidades nos lixões das cidades.

Assim, essa situação tem despertado o interesse dos pesquisadores, que estão desenvolvendo estudos para padronizar o método de produção do etanol a partir da fibra do coco.

Este trabalho, portanto, apresentou uma revisão bibliográfica sobre o panorama mundial da produção do etanol 2G, e sobre a possibilidade de uso da fibra da casca do coco verde para sua produção.

5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¹Chohfi, F. M.; Valença, G. P. **Novos produtos e energia a partir de biomassa, uma matéria prima abundante e renovável para o Brasil.** Revista Agrogeoambiental, v. 1, Abril/2009, p. 80-90.

²Santos, F.A.; Queiróz, J.H; Colodette, J.L; Fernandes, S.A.; Guimarães, V.M.; Rezende, S.T. Potencial da Palha de Cana de Açúcar para Produção de Etanol. Química Nova, **2012**, v.35, p.1004-1010.

³Salla, D.A.; Cabello, C. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana de açúcar e milho. Revista Energia na Agricultura, Botucatu, 25, **2010**, v. 25, p. 32-53.

⁴Hasunuma, T.; Kondo, A. Development of yeast cell factories for consolidated bioprocessing of lignocellulose to bioethanol through cell surface engineering. Biotechnology Advances (**2012**), v. 30 p.1207–1218.

⁵Hayes, D.J. An examination of biorefining processes, catalysts and challenges. Catalysis Today (**2009**), v. 145, p.138–151.

⁶Balat, M. Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A Review“Energy Conversion and Management” (**2011**), v.52, p. 858–875.

⁷Vohra, M.; Manwar, J.; Manmode R. Bioethanol production: Feedstock and current technologies. Journal of Environmental Chemical Engineering (**2014**), v.2, p. 573–584.

⁸Menon, V.; Rao, M.Trends in bioconversion of lignocellulose: Biofuels, platform chemicals &biorefinery concept. Progress in Energy and Combustion Science (**2012**), v. 38, p. 522-550.

⁹Gonçalves, F.A.; Ruiz, H.A.; Nogueira, C.C; Santos, E.S.; Teixeira, J.A.; Macedo, G,R.. Comparison of delignified coconuts waste and cactus for fuel-ethanol production by the simultaneous and semi-simultaneous saccharification and fermentation strategies.Fuel (**2014**), v. 131, p. 66–76.

¹⁰Sátiro, J. R.; Barros, P.H.S.; Brandão, M.C.R; Figueiroa, J.A. Estudo do potencial da casca do coco verde para obtenção de etanol lignocelulósico. VII CONNEP, Palmas, Tocantins, junho de 2012.

¹¹Cabral, M. M. S.; Almeida, R. M. R. G.; Abud, A. K. S. **Estudo do pré-tratamento químico em fibra da casca de coco verde para a produção de etanol 2G.** XX COBEQ (Congresso Brasileiro de Engenharia Química), Florianópolis, v. 1, outubro de 2014.