

Redação selecionada e publicada pela Olimpíada de Química SP-2018

Autora: Gabriele de Andrade Barbi

Série: segunda (2017) do Ensino Médio

Profs.: Alexandre A. Vicente, Daniela C. Barsotti

Colégio: Puríssimo Coração de Maria

Cidade: Rio Claro

Biomassas e o futuro das indústrias químicas

O surgimento da indústria química se dá pela necessidade de complementação das atividades básicas ligadas à preservação e melhoria da vida humana e, por isso, de todas as indústrias a mais importante é, sem dúvida, a indústria química. Além de participar diretamente na fabricação de produtos de alta demanda por meio de seus mais diferencia dos segmentos ou modalidades, tais como os produtos farmacêuticos, fertilizantes, plásticos etc., a indústria química produz ainda uma infinidade de substâncias que são utilizadas por outras indústrias, tais como: os conservantes, utilizados pelas indústrias de alimentos e de bebidas; os corantes, utilizados pela indústria têxtil; tintas e vernizes, utilizados pela indústria automobilística, da construção civil etc.¹

Consoante a isso podemos afirmar que a indústria química com seus produtos e seus processos de produção desempenha papel fundamental para o bem-estar da sociedade atual. No entanto, a maioria de seus processos de produção está longe do ideal, isto é, utilizam-se ainda de fontes não renováveis de matéria-prima, elevado consumo de energia e de água, além de oferecem graves riscos ao meio ambiente e aos seres humanos em caso de acidentes, ou do descarte inadequado de seus resíduos.^{2,3}

Nessa perspectiva, desde 1991, iniciou-se nos Estados Unidos, um movimento denominado de **“Química Sustentável ou Química Verde”**, que tem por objetivo **“a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente”**. Dentre alguns dos objetivos propostos por esse destaca-se o desenvolvimento de processos de produção com elevados rendimentos, condições brandas de reação (temperatura, pH, pressão ambiente) e a utilização de fontes de matérias-primas renováveis, limpas e sustentáveis, em substituição as atuais- petróleo, gás natural e seus derivados.³

Sustentabilidade pode ser definida como uma característica ou condição de um processo ou de um sistema que permite a sua permanência por um determinado prazo.⁴ Ultimamente, este conceito ganhou papel de desta que em nossa sociedade—inclusive no setor industrial – para o uso com maior eficiência de nossos recursos naturais como objetivo de garantir as necessidades da atual geração como das futuras. Por exemplo, os combustíveis fósseis não podem ser considerados sustentáveis, uma vez que são oriundos de fontes não renováveis, e por ser em poluentes, isto é, de provocar em efeitos nocivo são meio ambiente como a chuva ácida e a intensificação do efeito estufa (aquecimento global) devido ao seu uso na geração de energia por meio de usinas termelétricas e pelos meios de transportes em geral.⁴ Em síntese, faz-se urgente a necessidade de trocar tais fontes insustentáveis por fontes sustentáveis.

Das atuais fontes de matéria-prima para substituir o petróleo, o gás natural e seus derivados destaca-se a biomassa, isto é, a matéria orgânica obtida a partir de seres vivos (animais ou vegetais). Como biomassa poderíamos classificar as plantas em geral, a madeira, a cana-de-açúcar e seu bagaço, os óleos vegetais, os resíduos agrícolas, os excrementos etc. A grande vantagem da utilização dessas fontes encontra-se no seu baixo custo, pois muitas vezes trata-se de resíduos descartados pelas próprias indústrias, como o bagaço da cana, o bagaço da

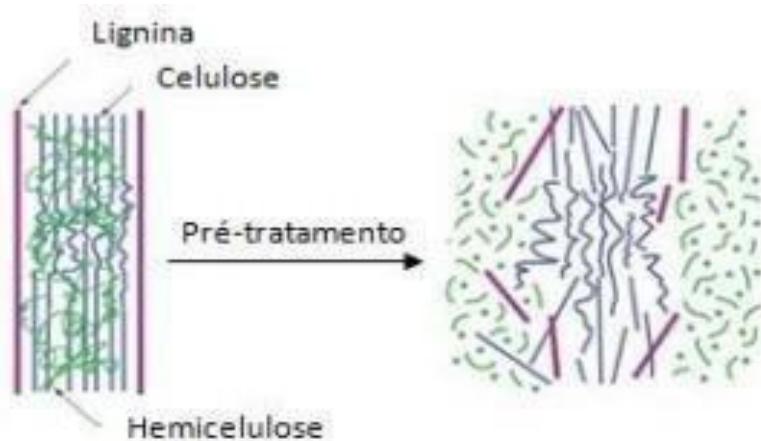
laranja, o sabugo de milho, a casca do arroz etc.; na sua natureza renovável, pois o ciclo completo de vida de uma cultura é geralmente de alguns meses ou de anos; e por não serem para isso acontecer nossas biorrefinarias deverão passar por uma completa ou parcial reestruturação.⁶ Por biorrefinarias podemos entender como instalações que convertem a biomassa em combustíveis, em energia elétrica e/ou em produtos químicos básicos, de forma a atender às necessidades de consumo com sustentabilidade e com o mínimo de impacto ambiental.^{6,7,8}

Como exemplo de uma biorrefinaria podemos citar nossas usinas de açúcar e de álcool. Tais instalações utilizam-se da cana-de-açúcar(biomassa) para a produção do açúcar e do etanol, os quais são considerados importantes fontes de alimento e de combustível. Além disso, o resíduo sólido gerado por esse processo denominado de bagaço da cana é, atualmente, muito utilizado na geração de energia por meio de sua queima em fornos apropriados. Dessa maneira, como objetivo de se potencializar ao máximo o uso de nossas biorrefinarias de açúcar e de álcool, novas propostas para o aproveitamento do bagaço de cana como fonte de matérias-primas e de combustível vêm sendo estudadas.^{6,7,8}

O bagaço da cana é uma biomassa formada por três componentes primários: celulose, hemicelulose e lignina, por isso denominado de biomassa lignocelulósica (LFC).⁸ Além dele, outros materiais como árvores ou resíduos delas, gramíneas e grande parte dos resíduos de origem vegetal em geral, também são formados por esses mesmos componentes.⁸ A composição química de cada um deles é a seguinte:

- **celulose**($C_6H_{10}O_5$)_n- polímero formado por moléculas de glicose($C_6H_{12}O_6$).⁷
- **hemicelulose** ($C_5H_8O_4$)_n e ($C_6H_{10}O_5$) - polímero formado por moléculas de galactose ($C_6H_{12}O_6$), de manose ($C_6H_{12}O_6$), dexilose ($C_5H_{10}O_5$) e de arabinose($C_5H_{10}O_5$).⁷
- **lignina**-polímero extremamente complexo cuja fórmula mínima é $C_9H_{10}O_2(OCH_3)_n$. É a lignina o “cimento” que propicia a rigidez estrutural das plantas e árvores, constituída por uma rede polimérica tridimensional, isto é, de ligações cruzadas entre as suas diversas cadeias.⁷

Devido à alta complexidade química envolvida(figura1), o aproveitamento dos materiais lignocelulósicos para a obtenção de produtos químicos e/ou combustíveis tornou-se um grande desafio para o sucesso das biorrefinarias. Como podemos observar na figura, as fibras de celulose(azul) estão recobertas e ligadas às fibras de hemicelulose (verde) e estas, por sua vez, recobertas e ligadas às de lignina(vermelho), dificultando assim a ação de microrganismos ou enzimas.



Logo, um tratamento prévio da Biomassa se faz necessário, para a separação de cada uma dessas fibras. Tal etapa denominada de pré-tratamento, é o ponto mais difícil e fundamental do processo, para em seguida, finalmente, submetê-las a fermentação por meio da ação de microrganismos (conversão bioquímica) ou a conversão química tradicional. Para tanto, podemos utilizar para a separação dessas fibras processos físicos, químicos, biológicos ou físico-químicos.⁹

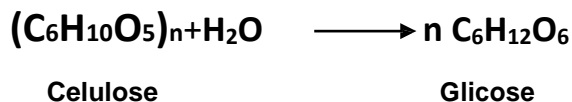
Figura1. Esquema da separação da fibra de lignina da de celulose e da hemicelulose, por meio do pré-tratamento do bagaço de cana.⁹

Após a separação, o destino mais provável de cada uma delas é o seguinte:

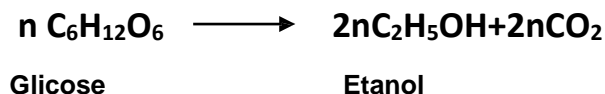
1) Lignina: por não ser fermentável, pode ser queimada para a produção de energia elétrica e de calor, ou passar por tratamentos termoquímicos para a produção de biocombustíveis como o diesel-FT ou produtos químicos por meio da pirólise (aquecimento na ausência de gás oxigênio).⁷

2) Celulose e Hemicelulose: dependendo do tratamento escolhido, conversão bioquímica ou conversão química tradicional, teremos a formação de diferentes produtos. Por meio da conversão bioquímica - a ação de microrganismos ou de enzimas livres ou imobilizadas - os resíduos de glicose obtidos da quebras das cadeias de celulose bem como os demais açúcares provenientes do rompimento das cadeias de hemicelulose, poderão ser convertidos em **etanol** (fermentação alcoólica).⁷ As reações envolvidas, de formas simplificadas, estão apresentadas a seguir:

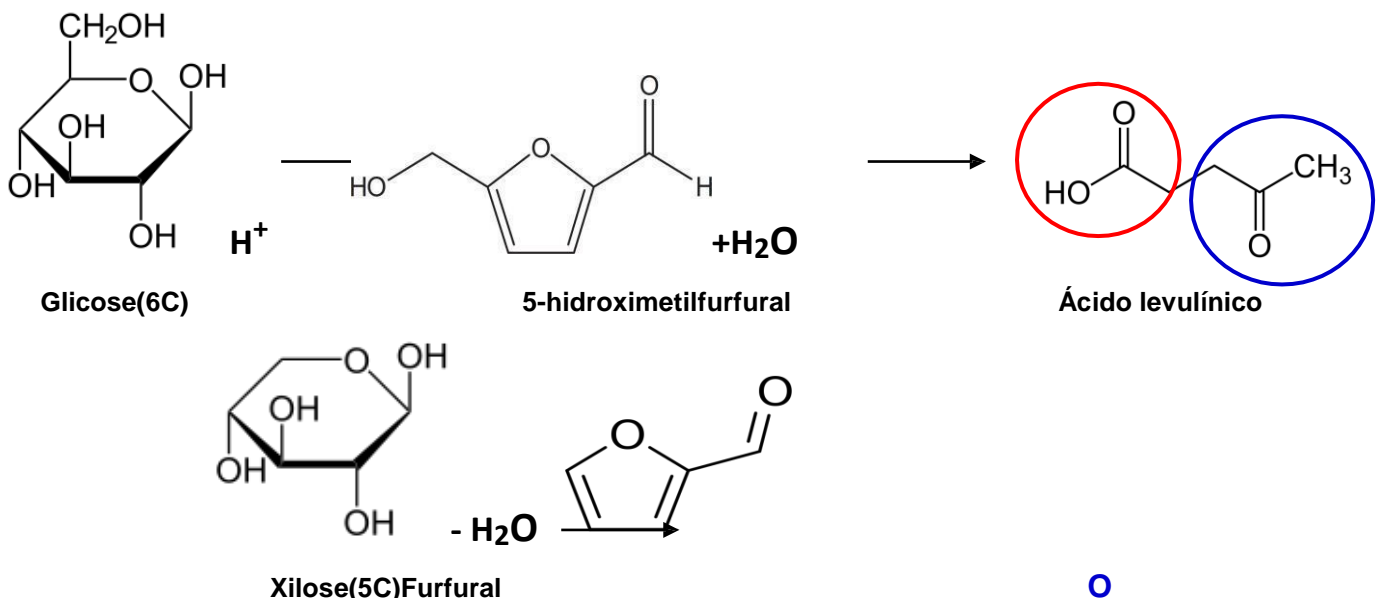
• **1ª Etapa:** conversão da celulose em glicose.



• **2ª Etapa:** conversão da glicose em etanol. O etanol obtido por esse processo é também conhecido como etanol de segunda geração (2G), já que sua matéria-prima – o bagaço de cana – não é considerada como uma fonte de alimentos para seres humanos.



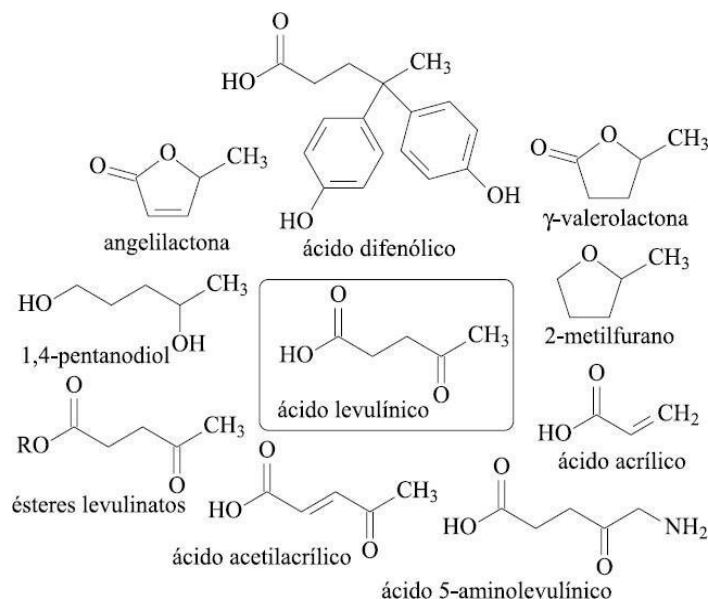
Já por meio da conversão química tradicional, isto é, através da hidrólise ácida podemos obter o **ácido levulínico** (a partir dos açúcares com 6 átomos de carbono) e o **furfural** (a partir dos açúcares com 5 átomos de carbono). Ambas as reações^{7,11} estão equacionadas abaixo:



Devido ao fato de o ácido levulínico apresentar um grupo cetona (**C-C-C**) e um grupo ácido carboxílico (**COOH**) que possuem átomos com grande diferença de eletronegatividade ligados, cargas parciais negativas são geradas no átomo de oxigênio e cargas parciais positivas

são geradas no átomo de carbono da carbonila. A presença dessas cargas torna o mesmo muito reativo e propício para a síntese de muitas substâncias orgânicas.¹⁰

Algumas das substâncias que poderão ser obtidas e que demonstram o grande potencial do ácido levulínico como matéria-prima essencial para as futuras indústrias químicas de base bio, isto é, de origem vegetal, são: o metiltetraidrofurano(MTHF), biocombustível que pode ser misturado com a gasolina; o δ -aminolevulínico, que pode ser utilizado como pesticida e com a vantagem de ser biodegradável; o ácido difenólico, monômero para a fabricação de polímeros; o levulinato de etila, um éster que pode ser utilizado como aditivo para o diesel, entre tantos outros, conforme o esquema abaixo.⁷



Por isso tudo, o ácido levulínico assim como o furfural e seus derivados, entraram, em 2004, para a lista do Departamento de Energia dos Estados Unidos, como duas das 14 substâncias químicas mais promissoras para o desenvolvimento de uma “nova plataforma” para as indústrias químicas.⁷ Tais substâncias fazem parte daquilo que chamamos de bloco construtor da futura indústria química (“chemical building blocks”), a qual estará alicerçada no uso de fontes renováveis, em processos químicos mais limpos, na geração de poucos resíduos e na biodegradabilidade de seus produtos; enfim, na almejada sustentabilidade.^{7,12}

BIBLIOGRAFIA

1. A importância dos produtos químicos para uma vida melhor. <http://www.sinproquim.org.br/exposicao/>.
2. BORELLI, E. Sustentabilidade e riscos ambientais nas indústrias químicas. http://www.pucsp.br/sites/default/files/download/eitt/ix_ciclo_2011_artigo_elizabeth_borelli.pdf.
3. Química Verde: fundamentos e aplicações. Edufscar. São Carlos. 2009. Arlene G. Côrrea e Vânia G. Zuin (organizadoras).
4. Sustentabilidade. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sustentabilidade>.
5. Biomassa. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Biomassa>.

6. Alvim, J.C.; Alvim, F.A.L.S.; Sales, V.H.G.; Sales, P.V.G.; Oliveira, E.M.; Costa, A.C.R.; Biorrefinarias: Conceitos, classificação, matérias primas e produtos. *J. Bioen. Food Sci*, 01 (3): 61-77, 2014. https://www.researchgate.net/publication/270571972_Biorrefinarias_Conceitos_classificacao_materias_primas_e_produtos
7. Rodrigues, J.A.R.; Do engenho à biorrefinaria. a usina de açúcar como empreendimento industrial para a geração de produtos bioquímicos e biocombustíveis. *Quim.Nova*, Vol.34, No.7, 1242-1254, 2011. http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=4370
8. Dos Santos, M.F.R.F.; Borschiver, S.; Couto, M.A.P.G.; Iniciativas para o uso da biomassa lignocelulósica em biorrefinarias: a plataforma sucroquímica no mundo e no Brasil. *Economia & Energia*. Ano XV, Nº82, Julho/Setembro. 2011. <http://ecen.com/eee82/eee82p/biorefinarias.htm>.
9. PELÁ, A.L.B. Etanol de segunda geração a partir do bagaço de cana de açúcar: análise do ciclo de vida com relação às emissões de CO₂. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de Lorena. Maio de 2014. <http://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2014/MBI14001.pdf>
10. Gaudereto, H.S.; Cabral, L.G.; Rodrigues, F.A.; Produção de ácido levulínico a partir do bagaço de cana: estudo cinético, simulação e viabilidade econômica. *ENGEVISTA*, V.19, n.1, p. 236-255, Janeiro 2017. Revista da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense. <http://www.uff.br/engevista/seer/index.php/engevista/article/view/811>
11. Menezes, R.B. Estudo de catalisadores sólidos ácidos contendo nióbio na reação de desidratação de xilose a furfural. Dissertação de mestrado. 2014. Universidade Federal do Rio de Janeiro. <http://objdig.ufrj.br/61/dissert/815863.pdf>
12. Sobre o furfural enquanto molécula base para a indústria química, obtida a partir de biomassa vegetal. <http://engenharia-quimica.blogspot.com.br/2014/03/sobre-o-furfural-enquanto-molecula-base.html>