

Processo produtivo do etanol hidratado a partir da cana de açúcar

Karoline Yoshiko Gonçalves, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

karol_yoshiko@hotmail.com

Nayara Caroline da Silva Block, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

naay_block@hotmail.com

Emerson Gonçalves Corrêa, ELET, UNICESUMAR/Campus de Maringá

emergongcorrea@hotmail.com

Pedro Henrique Barros Negrão, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

peter_b_negrao@hotmail.com

Gabriel Souza Alves da Costa, EPA, UNESPAR/Campus de Campo Mourão

gabriel_souzacosta@hotmail.com

Resumo: O etanol hidratado possui cerca de 95,1 a 96% de etanol e de 4 a 4,9% de água. É muito consumido no Brasil como combustível em automóveis, principalmente em decorrência do menor custo, se comparado com a gasolina. As indústrias sucroalcooleiras vêm crescendo muito nos últimos anos, buscando a otimização dos processos produtivos para a obtenção de um produto de melhor qualidade. O processo de produção do etanol hidratado é constituído por diversas etapas, desde a recepção da matéria prima até o controle de qualidade do produto final. Logo, este trabalho teve como objetivo descrever as etapas do processo produtivo do etanol hidratado, bem como apresentar os principais resíduos gerados ao longo deste processo. A pesquisa feita para a realização do artigo classifica-se, quanto aos fins, como descritiva e explicativa, e quanto aos meios, como bibliográfica e virtual. A partir das pesquisas, entende-se que a qualidade do produto está diretamente relacionada à qualidade da matéria prima e ao modo como as etapas do processo são conduzidas. Entende-se também que os resíduos gerados no processo, como o bagaço da cana, a torta de filtro, dentre outros, podem ser reutilizados, gerando então lucro para a usina e consequentemente, minimizado os impactos ambientais.

Palavras chave: Sacarose; Matéria Prima; Qualidade.

1. Introdução

De acordo com o Portal Nova Cana (SD), a cana-de-açúcar é uma das principais culturas do mundo, cultivada em mais de 100 países, representando uma importante fonte de mão-de-obra no meio rural. Apesar desta difusão mundial, cerca de 80% da produção do planeta estão concentradas em somente dez desses países: Brasil, Índia, China, México, Tailândia, Paquistão, Colômbia, Austrália, Indonésia e Estados Unidos.

O Brasil é considerado o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e líder mundial em tecnologia de produção de etanol. Para o período de 2015/16, estima-se para o país uma produção média de 654,6 milhões de toneladas de cana de açúcar, em pouco mais de 9

milhões de hectares (CONAB, 2015). Ainda conforme essa entidade, na safra de 2014/15 a produção brasileira de etanol consolidou-se em 28,66 bilhões de litros, e está estimada em 29,2 bilhões de litros para safra 2015/16, havendo um aumento de 1,9%. A expectativa é de que 16,5 bilhões de litros da produção total sejam destinadas à produção de etanol hidratado.

Para Marques (2009), o etanol, pode ser obtido por meio da destilação de produtos orgânicos fermentados, como a sacarose do caldo (o açúcar) e pode ser classificado em etanol anidro ou etanol hidratado.

De acordo com o Regulamento Técnico nº3/2011, anexo da Resolução Nº7 de 9 de fevereiro de 2011 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (2011), o álcool hidratado é o álcool misturado com água, comercializado nos postos como etanol combustível.

Na produção do etanol são gerados subprodutos e resíduos, que podem ser utilizados para co-geração de energia elétrica, fabricação de ração animal e fertilizante para as lavouras (LOPES, 2008). Sendo assim, presente artigo teve como objetivo descrever o processo produtivo do etanol hidratado, bem como o reaproveitamento dos resíduos gerados em tal processo.

2. Metodologia

O presente estudo foi realizado na Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR/FECILCAM- Campus Campo Mourão), entre o período de Julho a Setembro de 2015.

O método de abordagem utilizado foi o qualitativo. A pesquisa classifica-se, quanto aos fins, como descritiva e explicativa, já que foi detalhado o processo produtivo do etanol hidratado, a partir da cana-de-açúcar, e seus resíduos gerados (bagaço da cana-de-açúcar, torta de filtro e levedura seca). Quanto aos meios classifica-se, como bibliográfica e virtual, pois foram consultados materiais publicados em livros, periódicos e mídias eletrônicas.

3. Descrição do Processo Produtivo do Etanol Hidratado

É possível obter-se o etanol, segundo Lima (1975) por três maneiras: por via destilatória, por via sintética e por via fermentativa. Atualmente, a via fermentativa é a mais importante para a obtenção do etanol.

O processo produtivo do etanol consiste em uma série de etapas que envolve desde a recepção da matéria prima até o armazenamento do produto final, conforme apresenta a Figura 1.

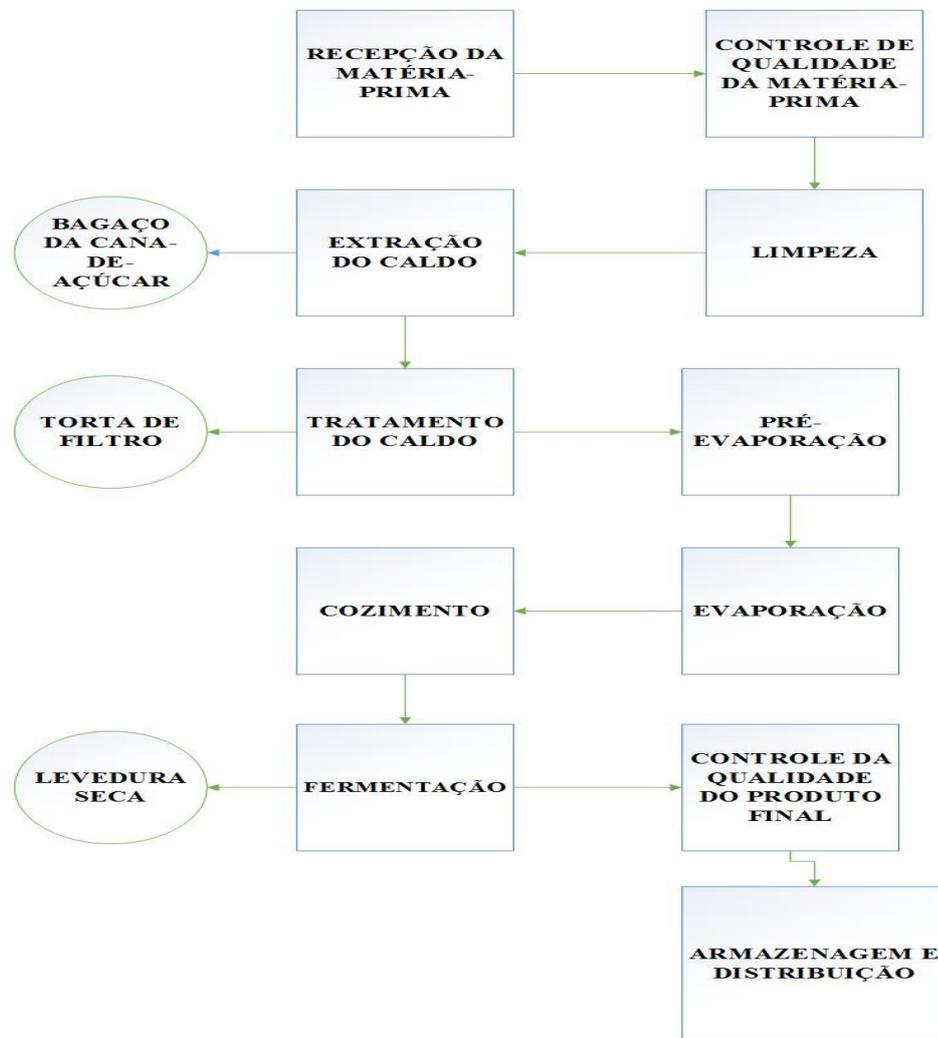


FIGURA 1 – Fluxograma do processo produtivo do etanol hidratado e seus resíduos. Fonte: Lima (1975)

3.1 Recepção da matéria prima

Segundo Payne (1990), o caminhão de cana que chega à Usina, é pesado para o controle agrícola e industrial, em uma balança rodoviária com tolerância de $\pm 0,25\%$. Neste caso, torna-se necessário que a balança seja calibrada anualmente. O peso total dos colmos é o resultado da diferença entre o peso do caminhão antes e após o descarregamento na usina. Sucendendo a pesagem, com o auxílio de uma sonda horizontal (25 cm de diâmetro e rotação de 100 rpm), a sonda é introduzida na cana, através de uma abertura no veículo, localizada aproximadamente na metade da altura da carga. A quantidade de amostras é determinada pela análise igual a raiz quadrada do número de cargas por área/semana.

3.2 Controle de qualidade da matéria prima

De acordo com a CONSECANA-SP (2006), entende-se por qualidade da cana-de-açúcar a concentração total de açúcares (sacarose, glicose e frutose) recuperáveis no

processo industrial, expressa em kg por tonelada de cana. A amostra a ser analisada deverá ser preparada em aparelhos desintegradores com as suas características originais. No laboratório serão analisados o *brix* (teor de sólidos solúveis por cento, em peso, de caldo), o pol (PC), a leitura sacarimétrica do caldo, a pureza aparente do caldo (Q), os açúcares redutores da cana (ARC). Conhecendo-se a pol da cana e os açúcares redutores da cana (ARC), é possível determinar o ATR (açúcar total recuperável).

3.3 Limpeza

Segundo Tsunoda *et al.* (2003), a cana de açúcar chega na usina, em sua forma natural e é colocada em uma esteira rolante, onde realiza-se a lavagem, visando à retirada das impurezas advindas da colheita. O efluente líquido gerado na operação de lavagem da cana é devidamente tratado, a partir da retirada de todas as impurezas e materiais estranhos (insetos).

Com o passar dos anos, muitas usinas vêm utilizando o método de lavagem a seco, que acaba reduzindo a utilização de água, ou mesmo retirando o caldo da cana sem efetuar uma limpeza (RODRIGUES; GARCEZ, 2015).

3.4 Extração do Caldo

Existem duas formas de se extrair o caldo da cana de açúcar, por meio da moagem ou da difusão. Os processos de moagem e de difusão geram como resíduo o bagaço da cana, que de acordo com Chieppe Júnior (2012) o bagaço é utilizado para cogeração de energia e quando utilizado como matéria-prima, pode ser utilizado na produção de celulose, chapas de aglomerado e ração animal. A quantidade de bagaço obtida varia de 240 kg a 280 kg por tonelada de cana processada.

3.4.1 Moagem

Segundo Chieppe Júnior (2012), após a lavagem, a cana ao ser preparada para moagem passa por picadores que trituram os colmos. Nesse processo as células da cana são abertas sem perda do caldo. Após o preparo, a cana é enviada à moenda para extrair o caldo. Na moenda, a cana desfibrada é exposta entre rolos submetidos a uma pressão de aproximadamente 250 kg/cm², expulsando o caldo do interior das células. Este processo é repetido por seis vezes. Adiciona-se água numa proporção de 30%, processo chamado de embebição composta, cuja função é embeber o interior das células da cana, diluindo o açúcar existente e, com isso, aumentando a eficiência da extração, conseguindo-se extrair cerca de 96% do açúcar contido na cana. O caldo extraído vai para o processo de tratamento, e o bagaço para as caldeiras.

Alcarde (SD), diz que a eficiência da moenda pode ser medida por dois parâmetros, a capacidade (quantidade de cana moída por unidade de tempo) e a eficiência de extração (quantidade de sacarose extraída da cana pelas moendas). Determinados fatores podem afetar a capacidade de moagem, sendo eles: preparo da cana; eficiência de alimentação da moenda; tamanho e tipo dos cilindros da moenda; e regulagem da bagaceira.

3.4.2 Difusão

A difusão, de acordo com Alcarde (SD) consiste na condução da cana em aparelhos conhecidos como difusores, a fim de que a sacarose adsorvida ao material fibroso seja diluída e removida por lixiviação ou lavagem num processo de contra-corrente. Visando reduzir a quantidade de água necessária, é feita uma operação de retorno do caldo diluído extraído. Assim, ao final da operação, quando o bagaço se apresenta exaurido ao máximo, faz-se a lavagem com água fresca. O líquido obtido dessa lavagem, contendo alguma sacarose que se conseguiu extrair do bagaço, é usado na lavagem anterior por ser um pouco mais rico e, assim sucessivamente. Esse retorno pode ser efetuado de cinco a 20 vezes, dependendo do grau de esgotamento desejado.

O difusor apresenta uma eficiência de extração de 98%, contra os 96% conseguidos com a extração por moendas. O uso de difusores apresentam algumas vantagens como: baixo custo de manutenção, baixo consumo de energia, obtenção de caldos mais puros, alta extração de sacarose, menor desgaste. Já a desvantagem do uso de difusores é que estes carregam mais impurezas com o bagaço para as caldeiras, exigindo maior limpeza das mesmas devido à pior qualidade do bagaço (Alcarde, SD).

3.5 Tratamento do caldo

Segundo Alcarde (SD); Castro e Andrada (2006), o tratamento do caldo tem como objetivo: eliminar as impurezas grosseiras e as partículas coloidais; preservar os nutrientes, vitaminas, açúcares, fosfatos, sais minerais e aminoácidos livres; e minimizar os contaminantes microbianos. A etapa de purificação do caldo é uma das mais importantes para se obter resultados satisfatórios na fabricação do etanol, sendo assim, a cal representa o papel de principal agente clarificante, razão por que sua qualidade é importante e deve ser controlada com todo o rigor.

O tratamento do caldo para produção do etanol envolve o peneiramento, a calagem, o aquecimento, a decantação, a concentração e o resfriamento (ALCARDE, SD):

- Peneiramento: Visa a redução das partículas leves (bagacilho) e pesadas (areia, terra). Os equipamentos utilizados são peneiras e hidrociclones, os quais conseguem eficiência de 70 a 85%, dependendo do teor de sólidos na alimentação, condições de operação, abertura de telas.
- Caleação: O tratamento de caldo com leite de cal não somente provoca a floculação e favorece a decantação das impurezas. O pH do caldo decantado é ideal quando atinge a faixa entre 5,6 e 5,8, pois não provoca remoção significativa de nutrientes, além de favorecer a redução do número de microrganismos contaminantes.
- Aquecimento: consiste em elevar a temperatura do caldo entre 103 e 105° C. O aquecimento em si pouco reduz a contaminação microbiana devido ao baixo tempo de residência à elevada temperatura. Para aquecer o caldo, utiliza-se normalmente aquecedores verticais, horizontais, tubulares.
- Decantação: Visando a separação (por meio da gravidade) de impurezas com mínima remoção de nutrientes.

Na decantação é utilizado um filtro, com a finalidade de realizar a separação do caldo e das impurezas contidas nele, o caldo segue para o evaporador e as impurezas ficam retidas no filtro, que a partir desse momento recebe o nome de torta de filtro. Segundo Marques (2009) a concentração da torta de filtro é constituída de cerca de 1,2 a 1,8% de fósforo e cerca de 70% de umidade, e é produzida na proporção de 20 a 40 kg/ tonelada de colmos. Esse resíduo rico em minerais (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e matéria orgânica, principalmente proteínas e lipídeo pode ser utilizado para alimentação animal ou ainda como adubo.

De acordo Mezaroba, Meneguetti e Groff (2010) existem cinco métodos utilizados no processo de clarificação do caldo de cana: caleação, sulfitação, fosfatação, carbonatação e uso de óxido de magnésio.

1. Caleação ou calagem (uso de cal virgem (CaO)): Utilizada para limpar e clarificar o caldo.
2. Sulfitação (uso de anidrido sulfuroso (SO₂)): Auxilia na redução do pH, diminuição da viscosidade do caldo, formação de complexos com açúcares redutores, preservação do caldo contra alguns microrganismos e prevenção do amarelamento do açúcar.
3. Fosfatação (uso de ácido fosfórico (P₂O₅)): A fosfatação auxilia na remoção de materiais corantes e parte dos colóides do caldo;
4. Carbonatação (uso de anidrido carbônico (CO₂)): complementa a clarificação;
5. Uso de óxido de magnésio: Remove impurezas sem afetar o teor de sacarose.

3.6 Pré Evaporação

De acordo com Paulino (sd) a pré evaporação tem a finalidade de elevar o *brix* do caldo clarificado a ± 25 *brix* e gerar vapor vegetal a partir da água existente no caldo. A concentração final do caldo é realizada na evaporação.

3.7 Evaporação do caldo

O processo de evaporação tem a finalidade de eliminar o excesso de água do caldo, transformando-o em xarope, e sua concentração deve estar entre 60 e 70° *brix*, sendo recomendado 65° *brix*, no qual ainda não existem cristais de açúcar. A quantidade de água removida na evaporação é cerca de 80% em peso do caldo ou aproximadamente 70 – 80% do peso da cana. Durante a evaporação é comum um decréscimo no pH de valores próximos a 0,3. Este decréscimo é proporcional ao tempo de retenção na evaporação. (Paulino, SD)

3.8 Cozimento

De acordo com Alcarde (SD), o xarope resultante do processo de evaporação, passa por cozedores. Nestes, o caldo entra na forma de xarope e sai na forma de massa cozida, na qual a sacarose apresenta-se parcialmente cristalizada.

3.9 Centrifugação

Segundo Milanez *et al.* (2012), logo após sair do cozimento, a massa cozida segue para a etapa da centrifugação. A centrifuga faz com que o melaço se separe dos cristais de sacarose.

3.9 Fermentação

Após o melaço sair do processo de centrifugação, inicia-se o processo de fermentação alcoólica dos açúcares. Nesta etapa do processo, a fermentação é dividida em três fases, a preliminar, tumultuosa e final (LIMA; AQUARONE; BORZANI, 1975). Os autores descrevem cada uma dessas fases da seguinte forma:

A fase preliminar inicia-se quando existe o contato entre o melaço e as leveduras, onde caracteriza-se pela grande multiplicação celular. Tal fase consiste em uma produção elevada de células de poder-fermento máximo, que possui uma duração de 4 a 6 horas, e varia de acordo com o sistema de fermentação.

Já a fase tumultuosa tem como característica o desprendimento do dióxido de carbono, como consequência de um número elevado de açúcares fermentáveis no melaço. A temperatura eleva-se rapidamente, a densidade do melaço é reduzida e o teor alcoólico e a acidez se elevam-se. Este processo tem uma duração de 12 a 16 horas.

A fase final apresenta duração de 4 a 6 horas e tem como princípio a diminuição da intensidade de desprendimento do dióxido de carbono, oriundo da fase anterior, acabando que a concentração de açúcares.

Segundo Lima, Aquarone e Borzani (1975), a etapa de fermentação gera a levedura seca, que podem ser usada para ração animal.

3.10 Controle de qualidade do produto final

Para poder ser comercializado, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2011) estabelece vários critérios de qualidade ao produto. Em relação a seu aspecto, o etanol precisa ser límpido e isento de pureza. Isso significa que o líquido deve ser uniforme, da mesma cor, e sem nenhum resíduo sólido em sua mistura. O método para definir a qualidade é apenas visual, sem precisar submeter o etanol a outros testes. Esse mesmo método é utilizado para certificar a qualidade de sua cor. Sendo o etanol hidratado uma mistura feita basicamente de álcool e água, ele não possui coloração, precisando ser transparente. O mínimo de etanol que a mistura precisa ter é entre 94,5% de volume, enquanto a água pode ser de no máximo 4,9%.

Em relação à massa específica (densidade) do etanol hidratado, ele precisa ter entre 807,6 a 811,0 Kg/m³, levando-se em conta a temperatura de 20° C. Já o teor alcoólico do etanol hidratado estipulado pelo ANP precisa ser entre 95,1 e 96 ° INPM, (unidade de medida equivalente à porcentagem de álcool na mistura). Em relação à massa alcoólica, ela precisa ter entre 92,5 e 93,8% da massa total do etanol hidratado. O pH do etanol hidratado, precisa estar entre 6 ou 8. (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2011)

3.11 Armazenagem e distribuição

Segundo Milanez *et al.* (2012), o etanol hidratado produzido passa por medidores de vazão e é enviado a grandes tanques de armazenagem, apenas esperando sua venda, quando vendido, sua retirada dos tanques é realizada por caminhões tanque.

No Brasil, o transporte do etanol hidratado, em sua maioria é realizado por vias rodoviárias, correspondendo a aproximadamente 60%, seguido pelo transporte ferroviário. Já para exportação, o transporte marítimo predomina, cujos principais destinos são Estados Unidos, Japão, China, Índia, Tailândia e União Europeia (NOVA CANA, 2012).

5. Considerações finais

O estudo visou descrever o processo produtivo do etanol hidratado, que envolve desde a etapa de recepção da matéria-prima até o armazenamento do produto final. Deste modo, observou-se que a qualidade da matéria-prima e a otimização dos processos realizados em cada etapa interferem diretamente na qualidade do produto final, o que demonstra a necessidade de seleção da matéria-prima, realização adequada das etapas do processo e utilização de equipamentos apropriados para cada operação.

Ressalta-se que ao longo das etapas do processo produtivo do etanol geram-se resíduos, como o bagaço da cana-de-açúcar, torta do filtro e levedura seca, que por sua vez devem ser reaproveitados, evitando-se o acúmulo de materiais no ambiente e garantindo retorno financeiro para as usinas com o reaproveitamento desses resíduos.

Com relação as bibliografia abordadas, teve-se conhecimento do processo produtivo do etanol à partir da cana-de-açúcar, seu complexo agroindustrial e os cuidados tomados dentro de cada etapa realizada.

O processo produtivo do etanol hidratado é um complexo agroindustrial que gera lucro para agroindústria não apenas à partir da cana-de-açúcar, mas, também através de outras matérias-primas como beterraba e o milho.

Conclui-se, que seu principal objetivo é o reaproveitamento dos resíduos e sua destinação que resulta no final de cada etapa. Três das formas de reutilização: o bagaço da cana-de-açúcar é utilizado para cogeração de energia, que ocorre dentro das empresas, sendo uma parte para uso próprio; torta de filtro é um resíduo rico em minerais e matéria orgânica, seu fim é para alimentação animal e adubo; e por fim a levedura seca também utilizada como ração animal.

Referências

ALCARDE, A. R. *Extração*. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_103_22122006154841.html> Acesso em: 11 de agosto de 2015.

_____. *Processamento da cana de açúcar*. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_102_22122006154841.html> Acesso em: 11 de agosto de 2015.

ALCARDE, A. R. *Tratamento do caldo*. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_104_22122006154841.html> Acesso em: 12 de agosto de 2015.

IX EEPA

IX ENCONTRO DE ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL
19 A 20 DE NOVEMBRO DE 2015

BARROS, Talita Delgrossi. *Etanol..* Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fj1fm1eu02wyiv802hvm3jw2v4wj9.html>>. Acesso em: 14 ago. 2015.

CHIEPPE JÚNIOR, João Baptista. *Tecnologia e Fabricação do Alcool*. Inhumas: E-tec Brasil, 2012. 74 p. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifgo/tecnico_acucar_alcool/tecnologia_fabricacao_alcool.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2015.

CONAB. *Acompanhamento da Safra Brasileira da Cana-de-açúcar*. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_13_15_58_44_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_15-16.pdf> Acesso em: 12 de agosto de 2015.

CONSECANA-SP. *Manual de Instruções*. Disponível em: <http://www.orplana.com.br/manual_2006.pdf> Acesso em: 18 de agosto de 2015.

Etanol. Disponível em: <<http://www.novacana.com/etanol>> Acesso em: 29 de Julho de 2014.

LIMA, Urgel de Almeida; AQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter. *Biotecnologia: Tecnologia das Fermentações*. São Paulo: Edgard Blucher, 1975. 285 p.

MARQUES, D. *Conselho de Informações sobre Biotecnologia*, Guia da cana-de-açúcar. 2009.

MEZAROBA, S.; MENEGUETTI, C. C.; GROFF, A. M. Processos de produção do açúcar de cana e os possíveis reaproveitamentos dos subprodutos e resíduos resultantes do sistema. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, 4., 2010. Campo Mourão/PR. *Anais...* Campo Mourão: 2010.

MILANEZ, Artur Yabe et al. *Logística para o etanol: situação atual e desafios futuros*. *Sucroenergético*, São Paulo, v. 31, n. 1, p.49-98, set. 2012. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set3102.pdf>. Acesso em: 20 ago. 15.

NOVA CANA. *Historia da Legislação sobre o etanol*. Disponível em: <<http://www.novacana.com/etanol/historia-legislacao/>> Acesso em: 6 de agosto de 2015.

_____. *Logística: Infraestrutura e transporte para exportação de etanol*. 2012. Disponível em: <<http://www.novacana.com/etanol/logistica-infraestrutura-transporte/>>. Acesso em: 07 set. 2015.

PAULINO, O. F. T. *Produção de açúcar*. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840855/LOQ4023/Producao-de-Acucar-materialdeapoio.pdf>> Acesso em: 8 de agosto de 2015.

PAYNE, J.H. *Operações unitárias na produção de açúcar de cana*; tradução Florenal Zarpelon. São Paulo: Nobel S.A., 1989.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. *Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente*. Piracicaba: Barros & Marques Ed. Eletrônica, 2004..

RODRIGUES, Nadir; GARCEZ, Bruno (Ed.). Estudo mostra como usinas de cana podem reduzir consumo de água. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2482285/estudo-mostra-como-usinas-de-cana-podem-reduzir-consumo-de-agua>>. Acesso em: 18 de agosto de 15.

TSUNODA, Edgar S *et al*. Sistema de Limpeza de Cana. 2003. Disponível em: <<http://www.isasertaozinho.com.br/congresso/pdf/at03-edgar-t-sistema-de-limpeza-de-cana.pdf>>. Acesso em: 19 de agosto 2010.