

Processamento

Cana e milho: métodos distintos convergem ao etanol

André Eduardo de Souza Belluco e André Ricardo Alcarde*

ACERVO UNICA



Produção de álcool na Usina da Barra; Barra Bonita, SP; novembro 2001

Produzir etanol a partir de matérias-primas sacarinas (cana-de-açúcar) e amiláceas (milho) exige processos, metodologias e equipamentos distintos. Para a produção a partir da cana-de-açúcar, após as operações preliminares ou de pré-colheita – tais como determinação da maturação, queima, corte, carregamento e transporte – a cana que chega à usina é pesada e são retiradas amostras para a realização das análises tecnológicas da matéria-prima para fins de pagamento de cana pela qualidade. Em seguida, a cana é descarregada em mesas laterais de recebimento de matéria-prima. No caso da cana queimada, a planta passa por lavagem com água, a fim de eliminar as impurezas grosseiras, principalmente terra e resíduos de solo. Se a cana estiver crua em toletes, normalmente não se realiza a lavagem da matéria-prima, evitando assim a perda excessiva de açúcares, arrastados pela água de lavagem. Em seguida, as plantas

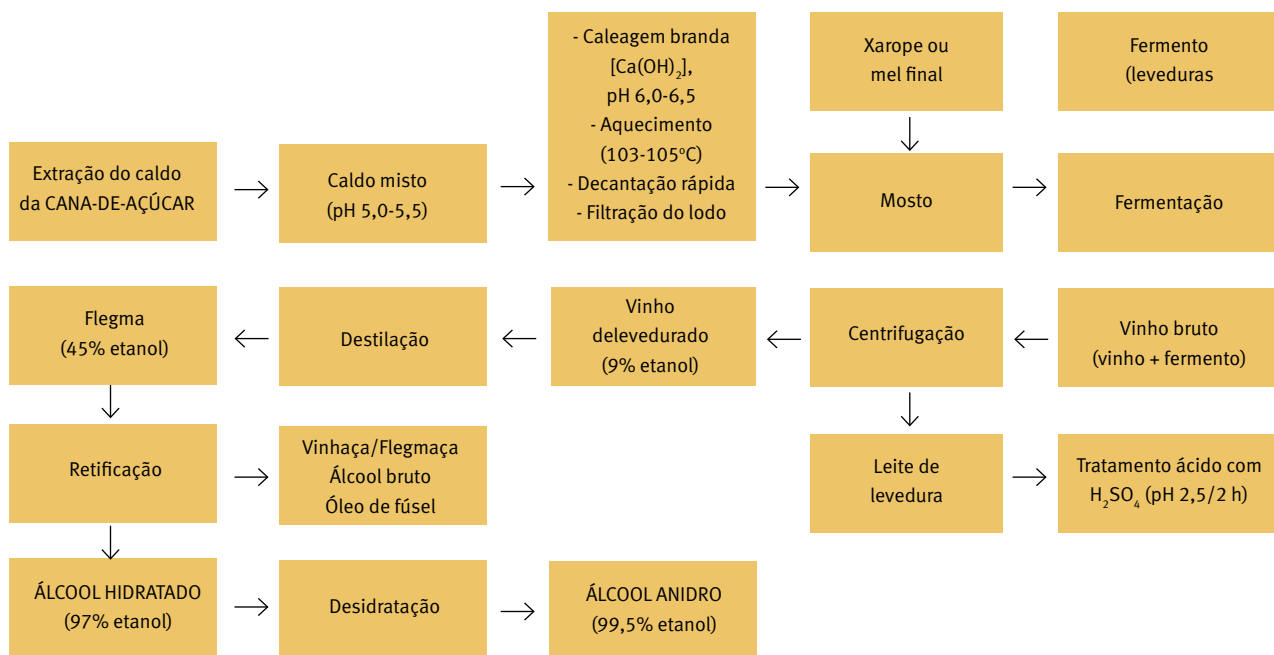
são encaminhadas à seção de preparo, sendo picadas por dois conjuntos de facas rotativas (niveladoras e picadoras) e desintegradas por desfibradores horizontais ou verticais. Tais equipamentos transformam os colmos ou toletes de cana em uma massa densa e homogênea, aumentando assim a capacidade de extração (t/h) e a eficiência de extração (açúcar extraído/açúcar cana).

A cana desintegrada é conduzida à extração, que pode ser realizada em moendas ou em difusores. As moendas utilizam pressão para o esmagamento da matéria-prima, enquanto que os difusores extraem o açúcar por arraste (lixiviação) com água e caldo diluído. Da extração, resultam o caldo misto e o bagaço. O bagaço é enviado às caldeiras como combustível para a geração de vapor e energia para a usina. O caldo oriundo da extração é denominado caldo misto, pois, durante o processo de extração, seja por moagem ou difusão,

ocorre a adição de água sobre o bagaço para permitir uma maior extração dos açúcares da cana. O caldo misto é encaminhado, então, à etapa de clarificação e purificação, realizada inicialmente mediante dupla peneiragem (peneira *cush-cush*, ou rotativa, e peneira vibratória, ou estática DSM) para a remoção de impurezas grosseiras, tais como palha e resíduos de bagaço. Em seguida, o caldo é enviado à caleagem, etapa que consiste na adição de leite de cal $[Ca(OH)_2]$ para elevação do pH do caldo até 6,0-6,5. O aquecimento, posterior à caleagem, a temperaturas de 103-105°C, promove coagulação e floculação dos colóides do caldo. Tais colóides se constituem de moléculas orgânicas não açúcares agregadas a sais inorgânicos, devido às atrações das cargas elétricas opostas desses componentes.

Após o aquecimento, procede-se, por 2 a 3 horas, a decantação do caldo para que os colóides floculados precipitem

FIGURA 1 | FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL DE CANA-DE-AÇÚCAR



Fonte: elaborada pelos autores

e sejam removidos do meio. Essas impurezas decantadas constituem o lodo do decantador, que passa por filtração a vácuo ou em filtros-prensas para a recuperação de parte do caldo que acompanha o lodo. O resíduo final dessa filtração se denomina “torta de filtro”, que é encaminhada para adubação da lavoura (contém matéria-orgânica e concentração significativa de fósforo). Parte do caldo clarificado pode ser concentrada a xarope (55-65°Brix) em evaporadores de múltiplo-efeito, armazenado como reserva de matéria-prima para ser utilizado em períodos de parada do setor de moagem da indústria. O caldo clarificado, que pode ser misturado ao melaço (resíduo final da produção de açúcar) ou xarope, passa a se denominar mosto e é encaminhado às dornas de fermentação.


Nas dornas, a fermentação se processa mediante a mistura do mosto com o fermento (leveduras *Saccharomyces cerevisiae*), em processo em batelada alimentada ou em processo contínuo de fermentação, ambos com reciclo do fermento. Ao final da fermentação, o mosto fermentado – denominado vinho – é centrifugado para separação do fermento (leite de levedura) e do vinho para destilação. O leite de levedura, antes de ser recirculado para desencadear nova fermentação, passa por um tratamento ácido, composto de lavagem com água e abaixamento do pH do meio para 2,5, com o emprego de ácido sulfúrico, sendo mantido nessas condições por 2 a 3 horas. O tratamento ácido visa principalmente a eliminação de bactérias contaminantes, que não suportam o efeito do pH baixo.

A destilação do vinho pode ser realizada por processos extrativos (monoeutilinoglicol), físicos (peneira molecular) ou, mais comumente, destilatórios, em duas ou três colunas de destilação. O vinho é destilado inicialmente na coluna de destilação (coluna A), de onde se obtém uma mistura hidroalcoólica

impura (flegma), com 45-50% de etanol, um resíduo aquoso (vinhaça) e álcool bruto ou “de segunda”. O flegma é enviado à coluna de retificação (coluna B), onde é concentrado e purificado, resultando no álcool hidratado (97% de etanol). Da purificação realizada nessa coluna, são separados também álcool bruto, óleo fúsel e outro resíduo aquoso, a flegmaça. Para a produção de álcool anidro (99,5% de etanol), utiliza-se uma terceira coluna de destilação, a de desidratação (coluna C), onde o álcool hidratado é misturado com um composto desidratante (ciclohexano), o qual adsorve a água do álcool hidratado, permitindo a obtenção do álcool anidro.

Já na produção de etanol a partir do milho, os grãos limpos passam inicialmente por um processo de desintegração mecânica e térmica. Os grãos são triturados em moendas e cozidos em água fervente ou vapor. A hidrólise do amido (sacarificação) é feita principalmente através de um método enzimático (malteação), após uma prévia gelatinização (hidratação) do amido em temperaturas entre 65°C e 80°C. A gelatinização do amido normalmente ocorre juntamente com o processo de desintegração mecânica e térmica. O mosto de milho sacarificado, após ser diluído a aproximadamente 15% de açúcar, é colocado numa dorna juntamente com nutrientes para as leveduras. O chamado “pé-de-cuba” consiste de fermento previamente cultivado e multiplicado em uma dorna separada, objetivando aumentar o volume de inóculo, já que nesse processo não há reciclo de fermento. Com a adição do fermento na dorna, as células de levedura continuam a se multiplicar e, simultaneamente, produzem etanol.

A fermentação leva aproximadamente de 28 a 30 h, permitindo a degradação de 94% dos açúcares do mosto. Em condições práticas, 1 quilograma de amido produz 520 g ou 670 ml de etanol. Diferentemente da produção de álcool

a partir da cana-de-açúcar, o fermento não pode ser separado do vinho, devido à natureza física do mosto de milho, que é mais denso e com material sólido em suspensão. Assim, após o término da fermentação, todo o conteúdo da dorna é destilado, passando pelas etapas de destilação, retificação e desidratação. O álcool anidro obtido é armazenado e a vinhaça, que contém os resíduos do milho e as células mortas de levedura, é processada e destinada à alimentação animal. A vinhaça obtida nesse processo contém alta concentração de proteína. 

* **André Eduardo de Souza Belluco** é doutorando do CENA USP (aesbellu@cena.usp.br) e **André Ricardo Alcarde** é professor do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da USP ESALQ (aralcard@esalq.usp.br).