



*Produção de Cachaça  
de Qualidade*

Leandro Marelli de Souza  
André Ricardo Alcarde  
Fábio Vaz de Lima  
Aline Marques Bortoletto

*Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
Casa do Produtor Rural*



# *Produção de Cachaça de Qualidade*

Leandro Marelli de Souza  
André Ricardo Alcarde  
Fabio Vaz de Lima  
Aline Marques Bortoletto

## **Casa do Produtor Rural**

Av. Pádua Dias, 11 - Cx. Postal 9 • Bairro Agronomia • Piracicaba, SP  
CEP 13418-900 • Fone (19) 3429-4178/3429-4200 • cprural@usp.br

### **Comissão de Cultura e Extensão Universitária**

**Presidente** Prof. Dr. Wilson Roberto Soares Mattos

**Vice-presidente** Prof. Dr. Pedro Valentim Marques

### **Serviço de Cultura e Extensão Universitária**

**Chefe Administrativo** Maria de Fátima Durrer

**Coordenação editorial** Marcela Matavelli

**Revisão técnica** Fabiana Marchi de Abreu

**Foto capa** Gerhard Waller

**Layout de capa** José Adilson Milanêz

**Editoração eletrônica** Maria Clarete Sarkis Hyppolito

**Impressão** ESALQ/USP - Serviço de Produções Gráficas

**Tiragem** 3000 exemplares • 1ª Impressão (2013)

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Casa do Produtor Rural**

Av. Pádua Dias, 11 • Cx. Postal 9 • Bairro Agronomia • Piracicaba, SP  
CEP 13418-900 • Fone: (19) 3429-4178/3429-4200 • cprural@usp.br

Distribuição Gratuita • Proibida a comercialização

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Produção de cachaça de qualidade / Leandro Marelli de Souza ... [et al.] . -- Piracicaba :  
ESALQ, 2013  
72 p. : il.

**Bibliografia.**  
ISBN: 978-85-86481-24-6

1. Cachaça - Produção - Qualidade I. Souza, L. M. de II. Alcarde, A. R. III. Lima, F. V.  
de IV. Bortoletto, A. M. I. Título

CDD 663.53  
P964

Leandro Marelli de Souza<sup>1</sup>  
André Ricardo Alcarde<sup>2</sup>  
Fabio Vaz de Lima<sup>3</sup>  
Aline Marques Bortoletto<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doutor - Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição - ESALQ/USP

<sup>2</sup> Professor Doutor - Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição - ESALQ/USP

<sup>3</sup> Aluno de Graduação em Engenharia Agrônômica - ESALQ/USP

<sup>2</sup> Aluna de Doutorado - Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição - ESALQ/USP

# *Produção de Cachaça de Qualidade*

Piracicaba  
2013

## ***Agradecimentos***

- *Pró-Reitoria de Cultura e Extensão Universitária*
- *Programa Aprender com Cultura e Extensão*
- *Diretoria da ESALQ/USP*
- *Comissão de Cultura e Extensão Universitária*
- *Serviço de Cultura e Extensão Universitária*
- *Casa do Produtor Rural*
- *Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição*
- *Aos funcionários do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição: Benedito Araújo; Fabio Luis Bortoleto; Eduardo Giovani Arthuso; Edimundo Ferreira Costa e Wilson Januário.*
- *À FAPESP, pelos auxílios e bolsas de estudo que subsidiaram a estrutura de pesquisa.*

## ***Apoio***

- *Fundo de Fomento às Iniciativas de Cultura e Extensão da Pró-reitoria de Cultura e Extensão Universitária*
- *Comissão de Cultura e Extensão Universitária - CCEx*
- *Serviço de Cultura e Extensão Universitária - SVCEx*



# Índice

<i>A cachaça, aspectos históricos e econômicos</i>	09
<i>Caracterização da aguardente de cana e cachaça e seus padrões de identidade e qualidade</i>	13
■ <i>Destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar</i>	13
■ <i>Aguardente de Cana</i>	14
■ <i>Cachaça</i>	14
<i>Produção de cachaça</i>	20
<i>Qualidade e produtividade da matéria-prima</i>	22
■ <i>A cana</i>	22
■ <i>Escolha da variedade e dimensionamento do canavial</i>	23
■ <i>Plantio</i>	25
■ <i>Tratos Culturais</i>	27
<i>Preparo do caldo</i>	29
■ <i>Corte e transporte</i>	29
■ <i>Recebimento e armazenamento</i>	32
■ <i>Preparação da cana para moagem</i>	32
■ <i>Seção de Moagem</i>	32
■ <i>Moagem</i>	33
■ <i>Limpeza do caldo</i>	35
■ <i>Diluição do caldo</i>	36
<i>Fermento</i>	38
■ <i>Tipos de fermento ou pé-de-cuba</i>	39
■ <i>Fermento natural ou selvagem</i>	39
■ <i>Fermento prensado</i>	39

■ <i>Fermento misto</i>	40
■ <i>Fermento seco (granulado)</i>	40
<b><i>Fermentação</i></b>	<b>42</b>
■ <i>Ciclo de operações na sala de fermentação</i>	43
■ <i>Sala e dornas de fermentação</i>	46
<b><i>Destilação</i></b>	<b>49</b>
■ <i>Alambiques</i>	50
■ <i>Tempo de destilação</i>	51
■ <i>Frações do destilado</i>	52
■ <i>Sala e destilação</i>	54
■ <i>Limpeza do alambique</i>	54
■ <i>Dupla destilação</i>	55
<b><i>Envelhecimento e engarrafamento</i></b>	<b>57</b>
■ <i>Padronização</i>	59
■ <i>Engarrafamento</i>	59
■ <i>Rotulagem</i>	59
<b><i>Bibliografia consultada</i></b>	<b>60</b>
<b><i>Anexos</i></b>	<b>64</b>
■ <i>Planilha de controle de Índice de Maturação (IM)</i>	65
■ <i>Volume de água a ser adicionada ao caldo para ajuste de Brix</i>	66
■ <i>Planilha de controle mensal da fermentação e da destilação</i>	67
■ <i>Correção de concentração alcoólica a diferentes temperaturas</i>	68

*Meu verso é minha consolação.  
Meu verso é minha cachaça. Todo mundo tem sua cachaça.*  
(Carlos Drummond de Andrade)

*Felizes de nós que temos na própria cachaça o nosso consolo.*

## A Cachaça, aspectos históricos e econômicos

Para entender a origem da cachaça, devemos ter conhecimento que não se trata apenas da história de uma bebida, ou da cana-de-açúcar, mas sim, da história do próprio Brasil e do povo brasileiro. Nossa cultura e costumes estão entrelaçados com as origens desta bebida, que se faz sempre presente em toda a caminhada de crescimento e desenvolvimento de nosso país.

Em meados do século XV a cana-de-açúcar foi introduzida pelos portugueses na Ilha da Madeira e pelos espanhóis nas Canárias. A experiência do cultivo na Ilha da Madeira, localizada no sudoeste da costa portuguesa, e a

crescente demanda pelo açúcar na Europa, fizeram com que os portugueses iniciassem um processo de expansão da produção do açúcar, levando ao início do cultivo em terras brasileiras. A tarefa de introdução da cultura na, até então, colônia portuguesa, foi dada a Martin Afonso de Souza, que trouxe em suas expedições para o Brasil as primeiras mudas de cana, introduzidas na Capitania de São Vicente, atual cidade de São Vicente. O solo fértil e o clima quente e úmido permitiram o rápido desenvolvimento da cultura, marcando o início de uma atividade que iria se transformar em grande fonte de riqueza para Portugal.

Nesta época o Brasil era dividido em capitanias. Da capitania de São Vicente, onde se estabeleceram os primeiros engenhos, a cana-de-açúcar se irradiou sem demora por todo o litoral brasileiro. Três anos após a fixação dos primeiros engenhos já havia alguns outros funcionando em Pernambuco, onde iriam assumir extraordinária importância. Também deu início a produção de açúcar na Bahia, cujos primeiros engenhos foram destruídos pelos índios. Na ilha de Itamaracá (PE), em 1565, a produção já era crescente, e na década seguinte foram instalados os primeiros engenhos em Alagoas. Neste ambiente de grande expansão dos engenhos e da cultura da cana-de-açúcar é que surge a cachaça.

Todos os historiadores são unânimes quanto ao fato da cachaça ter sido destilada, pela primeira vez, em algum engenho do litoral brasileiro, mas há controvérsias quanto à data de sua criação e onde ela foi produzida. Alguns defendem que a cachaça tenha sido destilada, intencionalmente, pela primeira vez, na Capitania de Itamaracá, no atual litoral pernambucano.

No entanto, a fundação da Vila de São Vicente em 1532 e o estabelecimento dos primeiros engenhos de açúcar, indicam este local como o berço da cachaça em terras brasileiras.

Após as instalações de engenhos de forma sólida, os mesmos passam a

produzir incessantemente o açúcar, com a força dos escravos (primeiramente os índios e depois os africanos), bois e cavalos. O provável foi que estes povos, por acaso ou não, perceberam que os subprodutos da produção de açúcar, chamados pelos escravos de “cachaza” ou “cagaça” e pelos Portugueses de vinho da terra ou vinho da cana, não servia para a produção de açúcar. No início, este caldo era utilizado como alimento deixado nos cochos para o consumo dos animais e após algum tempo fermentava produzindo um líquido com cheiro diferente (aroma frutado).

Os escravos logo perceberam que o aroma agradável se associava a um sabor etílico e um efeito embriagador e passaram a consumi-lo em substituição ao cauim. O cauim era um vinho produzido pelos índios, no qual as índias mastigavam o milho ou a mandioca após cozidos e depois cuspiam em um pote de barro, onde ocorria a fermentação.

A destilação do vinho da cana ou vinho da terra, em alambiques trazidos da Europa, resultou em um líquido transparente, brilhante e ardente se ingerido. Considerando que se parecia com água, recebeu a denominação de aguardente. Outro nome que lhe foi atribuído é cachaça. Não se sabe se os alambiques foram trazidos inicialmente para produzir a bagaceira, destilado

de bagaço de uva, que era plantada em várias regiões do Brasil e usada na produção do tradicional vinho de uva, ou para destilar o vinho da terra.

Assim como não sabemos exatamente onde e quando a cachaça surgiu, existem controvérsias quanto ao surgimento de seu nome. Há várias versões para a origem da palavra *cachaça*. Uma delas aponta em direção ao termo espanhol *cachaza*, que designava um tipo de vinho barato muito consumido em Portugal e Espanha ou *cagaça*, como era conhecida a borra do açúcar ou os resíduos dos engenhos aqui instalados. Outra hipótese considera que possa ter vindo do termo que designava a fêmea do cachaço, um porco selvagem cujas carnes duras eram amaciadas com a aguardente.

No início a cachaça era considerada produto secundário da indústria açucareira. Porém, mais barata e abundante que as bebidas portuguesas, a cachaça passou a atrair muitos consumidores e os engenhos passaram a valorizar mais sua produção do que a do açúcar.

A crescente importância econômica da cachaça para o Brasil levou a corte a buscar meios de impor seus interesses pela força, proibindo a produção e o comércio da bebida em seus territórios coloniais. A partir daí, a aguardente passou a ser uma mercadoria de grande

importância para o comércio externo.

No tempo da transmigração da Corte Portuguesa para o Rio de Janeiro, em 1808, a cachaça já era considerada um dos principais produtos da economia e moeda corrente para a compra de escravos na África. Em 1819, já se podia dizer que a cachaça era a bebida do país. Tornou-se a bebida dos brasileiros e foi empregada como instrumento de resistência nacional contra a colonização e o imperialismo português. “Ela foi, por exemplo, a bebida da Revolução Pernambucana e da Inconfidência Mineira, contra o vinho importado da Europa”.

Ao longo dos anos, as técnicas de produção de cachaça se beneficiaram com os avanços tecnológicos. Cada vez mais a cachaça ganha espaço em bares e restaurantes do país, deixando para trás o mau costume de que essa bebida é pouco nobre. Segundo dados da Associação Brasileira de Bebidas (ABRABE), no ano de 1970 a média anual de consumo de cachaça por habitante, no Brasil, era de 4,4 litros. Em 1995, já eram consumidos, em média 8,7 litros e, atualmente o consumo é próximo de 11 litros por habitante.

Hoje o Brasil produz oficialmente 1,7 bilhão de litros por ano. Algo próximo de 1,0 bilhão de litros são provenientes da fabricação industrial e o restante produzidos em alambiques.

Estima-se existir no país mais de 40 mil produtores, entre eles microempresas e pequenos produtores. Juntos, eles totalizam mais de 5 mil marcas e faturam aproximadamente US\$ 600 milhões ao ano, empregando 450 mil pessoas diretamente e, aproximadamente, 1,3 milhões de pessoas indiretamente. Praticamente toda a produção de cachaça é consumida internamente no Brasil, sendo exportado menos de 1,0% do total produzido. Em 2011, foram exportados 10,9 milhões de litros, gerando uma arrecadação de, aproximadamente 17,2 milhões de dólares. Os principais países comprados

são: Alemanha, Estados Unidos, Paraguai, Bolívia, Uruguai e Portugal.

A cachaça é produzida em todos os Estados brasileiros e os maiores produtores são: São Paulo, Pernambuco, Ceará, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraíba e Paraná, sendo os três primeiros responsáveis por quase toda produção de cachaça industrial. Já a produção de cachaça artesanal ou de alambique está concentrada nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Bahia e São Paulo, sendo que o Estado Mineiro e o Fluminense contribuem com, aproximadamente, 50% de toda a produção feita em alambique.

# Caracterização da aguardente de cana e cachaça e seus padrões de identidade e qualidade

O Decreto Federal 6.871 de 4 de junho de 2009 regulamenta a Lei 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. A Instrução Normativa N° 13, de 29 de junho de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) para aguardente de cana-de-açúcar e para cachaça (Tabelas 1, 2 e 3).

A Instrução Normativa N° 13 foi parcialmente alterada pela Instrução Normativa N° 58 de 19 de dezembro

de 2007 e pela Instrução Normativa N° 27 de 15 de maio de 2008. As definições presentes nestas instruções normativas estão descritas a seguir:

## Destilado Alcoólico Simples de Cana-de-Açúcar

Destinado à produção da aguardente de cana, é o produto obtido pelo processo de destilação simples ou por destilo-retificação parcial seletiva do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, com graduação alcoólica superior a 54% vol. (cinquenta e quatro por cento em

volume) e inferior a 70% vol. (setenta por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius).

### Aguardente de Cana

É a bebida com graduação alcoólica de 38% vol. (trinta e oito por cento em volume) a 54% vol. (cinquenta e quatro por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius), obtida do destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar ou pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar, podendo ser adicionada de açúcares até 6,0 g L<sup>-1</sup> (seis gramas por litro), expressos em sacarose. A aguardente de cana poderá ter as seguintes denominações:

- *Aguardente de Cana Adoçada* pode conter açúcares em quantidade superior a 6,0 g L<sup>-1</sup> e inferior a 30 g L<sup>-1</sup>, expressos em sacarose. A sacarose (açúcar refinado ou cristal) pode ser substituída total ou parcialmente por açúcar invertido, glicose ou seus derivados reduzidos ou oxidados.

- *Aguardente de Cana Envelhecida* deve conter, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) da aguardente de cana ou do destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar envelhecidos em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecen-

tos) litros, por um período não inferior a um ano.

- *Aguardente de Cana Premium* deve conter 100% (cem por cento) de aguardente de cana ou destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar envelhecidos em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a um ano.

- *Aguardente de Cana Extra Premium* deve conter 100% (cem por cento) de aguardente de cana ou destilado alcoólico simples de cana-de-açúcar envelhecidos em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a três anos.

### Cachaça

A denominação típica e exclusiva da Aguardente de Cana produzida no Brasil, com graduação alcoólica de 38% vol. (trinta e oito por cento em volume) a 48% vol. (quarenta e oito por cento em volume) a 20°C (vinte graus Celsius), obtida pela destilação do mosto fermentado do caldo de cana-de-açúcar com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até 6,0 g L<sup>-1</sup> (seis gramas por litro), expressos em sacarose. A cachaça poderá ter as seguintes denominações:

- *Cachaça Adoçada* pode conter açúcares em quantidade superior a 6,0 g L<sup>-1</sup> e inferior a 30 g L<sup>-1</sup>, expressos em sacarose. A sacarose (açúcar refinado ou cristal) pode ser substituída total ou parcialmente por açúcar invertido, glicose ou seus derivados reduzidos ou oxidados.
- *Cachaça Envelhecida* deve conter, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) de cachaça ou aguardente de cana envelhecida em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a um ano.
- *Cachaça Premium* deve conter 100% (cem por cento) de cachaça ou aguardente de cana envelhecida em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a um ano.
- *Cachaça Extra Premium* deve conter 100% (cem por cento) de cachaça ou aguardente de cana envelhecida em recipiente de madeira apropriado, com capacidade máxima de 700 (setecentos) litros, por um período não inferior a três anos.

Recentemente esteve em consulta pública (até 21/03/2013) a portaria 30, de 15/02/2013, sobre projeto de Instrução Normativa que aprova os procedimentos de controle do envelhecimento da bebida alcoólica e demais produtos, com previsão de envelhecimento. Desta portaria destaca-se:

**CAPÍTULO I - DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES.** Art. 3º Será considerada bebida alcoólica envelhecida ou produto envelhecido aqueles cem por cento envelhecidos, não sendo permitida a mistura de produto envelhecido com produto não envelhecido, independentemente da proporção, salvo padrão de identidade e qualidade ou sua complementação.

**Seção I - Das definições Art. 10.** Para fins de execução desta Instrução Normativa, considera-se:

**1. Envelhecimento:** é o processo no qual se desenvolvem, naturalmente, em recipientes de madeira e de capacidade volumétrica apropriadas, reações físico-químicas que conferem à bebida alcoólica ou outro produto características sensoriais que não possuíam anteriormente;

**2. tempo de envelhecimento ou idade de envelhecimento:** o período não inferior a um ano no qual a bebida alcoólica ou outro produto, ressalvado o brandy ou conhaque fino, é submetido ao processo de envelhecimento sob controle da fiscalização federal agropecuária do MAPA.

As bebidas denominadas de *Premium* e *Extra Premium* poderão ter padronizadas a sua graduação alcoólica mediante a adição de Destilado Alcoólico Simples de Cana-de-açúcar ou de Aguardente de Cana ou de Cachaça envelhecidas pelo mesmo período da categoria ou de água potável.

A água deverá ter as seguintes características na sua composição, expresso em miligramas por litro:

Teor máximo de ferro	0,3
Teor máximo de manganês	0,1
Dureza total (teor máximo de carbonato de cálcio)	100,0
Oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica	2,0

A cachaça ou aguardente de cana que forem classificadas como *Premium* ou *Extra Premium* só poderão constar no rótulo, se as mesmas tiveram seu processo de envelhecimento acompanhado e certificado pela fiscalização do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA.

O uso das expressões “Prata”, “Clássica” ou “Tradicional” refere-se aos produtos sem alteração visível na sua coloração após a destilação, que tenham sido armazenados em recipientes de madeira ou não. Já a expressão “Ouro” é dada para a cachaça que tenha sido armazenada em recipiente de madeira e com alteração da sua coloração.

Fica vedado o uso da expressão “Artesanal” como designação, tipificação ou qualificação da aguardente de cana ou cachaça, até que se estabeleça, por ato administrativo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o Regulamento Técnico que fixe os critérios e procedimentos para produção e comercialização de Aguardente de Cana e Cachaça artesanais.

Poderá ser declarada no rótulo a expressão “Reserva Especial” para a Cachaça e a Aguardente de Cana que possuam características sensoriais, dentre outras, diferenciadas do padrão usual e normal dos produtos elaborados pelo estabelecimento, desde que devidamente comprovada pela requerente. Os laudos técnicos deverão ser emitidos por laboratórios públicos ou privados reconhecidos pelo MAPA.

A Instrução Normativa N° 58 de 19 de dezembro de 2007, altera os itens 4 e 9, da Instrução Normativa n° 13, conforme instruções reunidas abaixo.

Fica vedado o uso de corantes de qualquer tipo, extrato, lascas de madeira ou maravalhas ou outras substâncias para correção ou modificação da coloração original do produto armazenado ou envelhecido. Veta, ainda, a adição de qualquer substância ou ingrediente que altere as características sensoriais naturais do produto final, com exceção do uso do caramelo, para

correção e/ou padronização da cor conforme previsto nos seguintes itens: Aguardente de Cana *Envelhecida*, *Premium* e *Extra Premium*; Cachaça *Envelhecida*, *Premium* e *Extra Premium*.

Poderá ser utilizado recipiente que tenha sido anteriormente destinado ao armazenamento ou envelhecimento de outras bebidas, sendo vedado o uso de recipientes que tenham sido utilizados para outros fins. É permitido o uso de água potável, para conservação do recipiente que foi utilizado para o armazenamento ou envelhecimento de cachaça ou aguardente de cana, no período em que o mesmo permanecer vazio.

Fica obrigatório declarar no rótulo a expressão: Armazenada em ....(**seguida do nome do recipiente**) de..... (**seguida do nome da madeira em que o produto foi armazenado**), para cachaça ou aguardente de cana, armazenados em recipiente de madeira e que não se enquadrarem nos critérios definidos para a denominação de *Envelhecida*, *Premium* ou *Extra Premium*. Exemplo, “armazenada em tonéis de carvalho”; “armazenada em tonéis de umburana”; “armazenada em tonéis de balsamo”; etc.

A Instrução Normativa N° 27 de 15 de maio de 2008, altera o item 9.4 da Instrução Normativa n° 13, que

passa a vigorar com a seguinte instrução. Poderá ser mencionado o nome da **Unidade da Federação ou da região em que a bebida foi elaborada**, quando consistir em indicação geográfica registrada no Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI. Esta inserção deverá constar em posição inferior à denominação da bebida e em caracteres gráficos com dimensão correspondente à metade da dimensão utilizada para a denominação da bebida.

O padrão de identidade e qualidade (PIQ), estabelecido pela legislação, com seus respectivos limites têm a finalidade de padronizar a cachaça e proteger a saúde do consumidor. Essa padronização norteia para que a bebida atenda aos padrões nacionais de qualidade e possa também ser aceita pelo mercado externo, proporcionando condições de abertura e manutenção do mercado de exportação, além de proporcionar aceitação, no mercado interno, pelas classes de maior poder aquisitivo, as quais exigem bebidas com maior controle de qualidade. Os padrões de identidade e qualidade da aguardente de cana e da cachaça estão reunidas nas Tabelas 1, 2 e 3.

No processo de produção da cachaça são formados componentes voláteis “não álcool”, que podem ser chamadas de substâncias voláteis

“não álcool”, ou componentes secundários “não álcool” ou impurezas voláteis “não álcool” conhecidas como coeficientes de congêneres. Os limites destas substâncias na constituição da cachaça es-

tão caracterizados na Tabela 2.

Alguns compostos considerados como contaminantes podem eventualmente estarem presentes na cachaça e devem ser monitorados.

Tabela 1. Padrões de identidade da aguardente de cana-de-açúcar e da cachaça

COMPONENTES	UNIDADE	UNIDADE	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Graduação alcoólica de aguardente	% em volume de álcool etílico a 20 °C	38	54
Graduação alcoólica de cachaça	% em volume de álcool etílico a 20 °C	38	48
Sacarose, em açúcar refinado, cristal, invertido ou glicose*	g L <sup>-1</sup>	—	30
Partículas em suspensão (resíduo sólido)	—	ausentes	ausentes

\*Acima de 6 g L<sup>-1</sup> (seis gramas por litro) deve aplicar a palavra “adoçada” no rótulo  
 Fonte: BRASIL, 2005

Tabela 2. Limites da concentração de congêneres estabelecidos pela legislação brasileira

COMPONENTES	LIMITE (mg 100 <sup>-1</sup> mL de álcool anidro)	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Acidez volátil em ácido acético	—	150
Ésteres, em acetato de etila	—	200
Aldeídos, em acetaldeído	—	30
Furfural + Hidroximetilfurfural	—	5
Alcoóis superiores *	—	360
Congêneres**	200	650

\*Alcoóis superiores = soma dos alcoóis isobutílico (2-metil-propanol), isoamílicos (2-metil-1-butanol e 3-metil-1-butanol) e n-propílico (1-propanol). \*\*Congêneres = (Acidez Volátil + Ésteres + Aldeídos + (Furfural + Hidroximetilfurfural) + Alcoóis Superiores). Fonte: BRASIL, 2005

Tabela 3. Limites máximos permitidos de contaminantes na cachaça estabelecidos pela legislação brasileira

COMPONENTES	LIMITE (mg 100 <sup>-1</sup> mL de álcool anidro)	
	MÍNIMO	MÁXIMO
Álcool metílico (metanol)	mg 100 mL <sup>-1</sup> de álcool anidro	20
Álcool sec-butílico (2-butanol)	mg 100 mL <sup>-1</sup> de álcool anidro	10
Álcool n-butílico (1-butanol)	mg 100 mL <sup>-1</sup> de álcool anidro	3
Acroleína (2-propenal)	mg 100 mL <sup>-1</sup> de álcool anidro	5
Carbamato de etila	µg L <sup>-1</sup> da bebida	150
Cobre	mg L <sup>-1</sup> da bebida	5
Arsênio	µg L <sup>-1</sup> da bebida	200
Chumbo	µg L <sup>-1</sup> da bebida	100

Fonte: BRASIL, 2005

## Produção de Cachaça

A produção de cachaça envolve várias etapas, iniciando com a cana e finalizando com a comercialização do produto. Deve-se examinar todo o processo, apontando os principais aspectos a serem observados, a fim de obter em cada uma de suas etapas, os melhores resultados, objetivando inserir no mercado um produto final de qualidade comprovada.

A Figura 1 ilustra o fluxograma da produção da cachaça. A cana-de-açúcar, depois de colhida e transportada para a indústria, é moída e o bagaço é separado. O caldo é peneirado, decan-

tado para separação do bagacilho e diluído para ajuste do Brix. O caldo de cana-de-açúcar pronto para fermentar é denominado mosto. O mosto é colocado para fermentar na presença do fermento, denominado “pé-de-cuba”. Depois de terminada a fermentação, o mosto fermentado é chamado de vinho. O vinho, depois de decantado, é destilado. Durante a destilação, são separadas as frações “cabeça”, “coração” e “cauda”. A fração “coração”, denominada de cachaça, pode ser armazenada ou envelhecida e, posteriormente, engarrafada e comercializada.

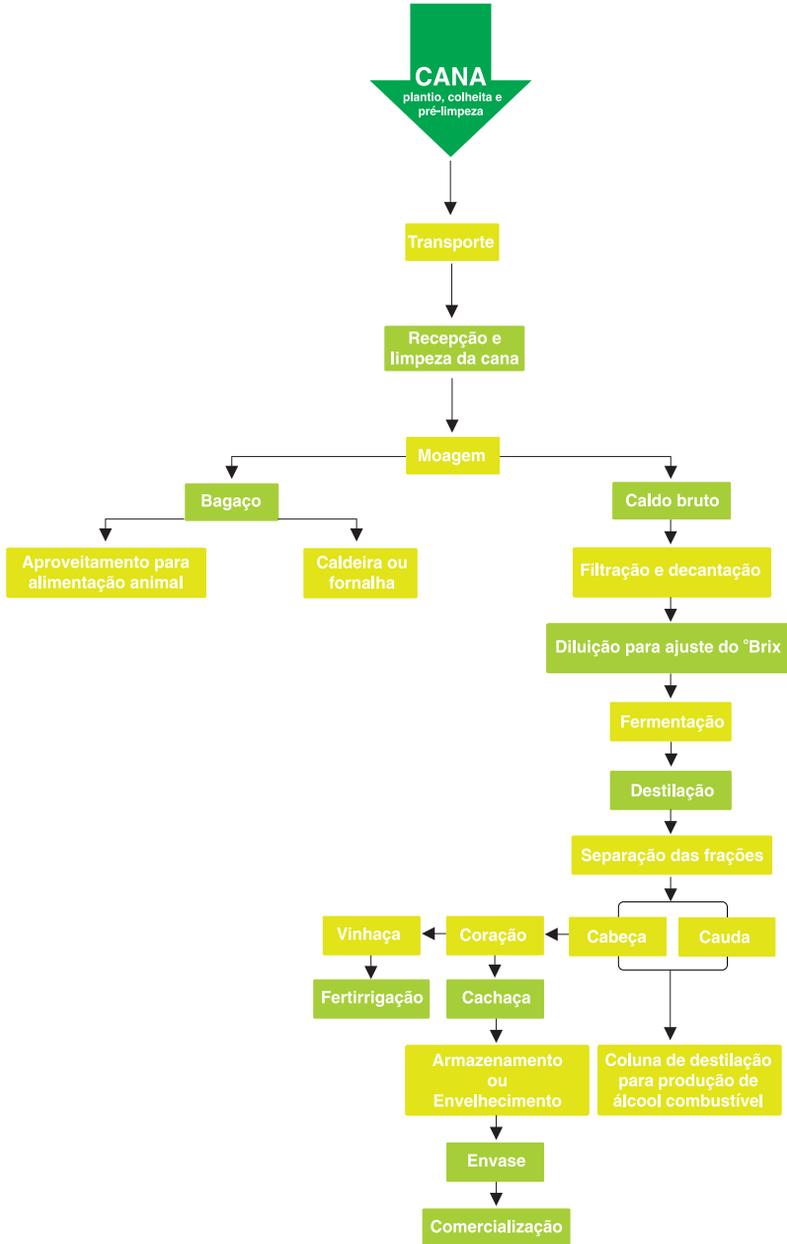


Figura 1. Fluxograma do processo de produção de cachaça artesanal

# Qualidade e produtividade da matéria-prima

## A cana

Desde o início da colonização do Brasil, a cana-de-açúcar constitui, sob os aspectos econômico e social, uma das principais culturas do país. Desde então, a cana tem sido utilizada para produção de açúcar, de cachaça, na alimentação animal e, a partir de 1970, com a criação do PROALCOOL, passou a ser usada também, e em larga escala, para produção de álcool combustível. Tal fato promoveu a expansão da área cultivada com cana no Brasil e acelerou o avanço tecnológico no sistema de produção e processamento da matéria-prima para a indústria do açúcar e do álcool.

Dentro desse enfoque, observa-se que nem todo o setor, principalmente o da produção de cachaça, apresenta o mesmo desenvolvimento tecnológico no seu todo, pois uma série de aspectos técnicos, econômicos, sociais e até culturais interferem de forma significativa no processo, indicando realidades diferentes, quando comparados com outros setores de produção.

Antes de implantar um canavial destinado à produção de matéria-prima usada na agroindústria de cachaça, o produtor deve estar atento a diversos fatores inter-relacionados, dos quais podem-se destacar:

- 1) o potencial genético da planta (variedade) e sua adaptabilidade ao ambiente;
- 2) as condições físicas, químicas e biológicas do solo;
- 3) as condições climáticas do local;
- 4) os tratos culturais empregados (preparo do solo, aquisição de mudas, forma de plantio, controle de ervas daninhas, pragas e doenças); e
- 5) a qualidade da matéria-prima.



Paulo Soares

Figura 2. Canavial destinado à produção de matéria-prima

### Escolha da variedade e dimensionamento do canavial

A rentabilidade do negócio depende, fundamentalmente, da escolha correta das variedades de cana-de-açúcar, que melhor se adaptem à região produtora. A escolha correta das variedades a serem cultivadas é, talvez, o único fator que pode proporcionar maiores lucros sem nenhuma despesa adicional. Isso ocorre por que o custo das mudas geralmente é o mes-

mo, qualquer que seja a variedade escolhida, e esse é o principal fator de produtividade e qualidade. Para evitar problemas, o produtor deve escolher variedades que ofereça: alto teor de sacarose, fácil despalha, resistência ao tombamento, baixo teor de fibras, resistência às principais pragas e doenças, e boa produção por hectare. Em geral as variedades que são boas para produção açúcar e álcool, são boas, também, para a produção da cachaça.

No planejamento do canavial para produção de cachaça, além da produção de colmos esperada, deve-se também levar em consideração a maturação das variedades. Tal como a produtividade de colmos, a maturação é também influenciada pelas condições edafoclimáticas (clima, relevo, temperatura, umidade do ar, radiação solar, tipo de solo, quantidade de vento e precipitação pluvial). De maneira geral, a cana-de-açúcar requer de 6 a 8 meses, com temperaturas elevadas, radiação solar intensa e precipitações regulares, para que haja pleno crescimento vegetativo, seguidos de 4 a 6 meses, com estação seca e/ou baixas temperaturas, condições essas desfavoráveis ao crescimento e benéficas ao acúmulo de sacarose.

A maturação é o processo fisiológico de transporte e armazenamento da sacarose nas células parenquimatosas

dos colmos. A concentração de açúcares é maior no sentido da base dos colmos para o ápice e da parte externa para a parte interna. As variedades podem ser classificadas quanto à maturação (Figura 3) da seguinte forma:

- a) variedades precoces: apresentam teor de sacarose superior a outras variedades no início da safra. O teor máximo de açúcar é alcançado de agosto a setembro. Normalmente possuem longo período útil de industrialização (PUI), aproximadamente 180 dias, isto é, o período de colheita dura, aproximadamente, 180 dias;
- b) variedades médias: apresentam teor de sacarose elevados no meio da safra. O teor máximo de açúcar é alcançado em setembro e possuem PUI médio. O período de colheita dura, aproximadamente, 180 dias;
- c) variedades tardias: apresentam elevado teor de sacarose de meados para o final da safra e possuem PUI curto (70 a 120 dias).

Um detalhe que não deve ser esquecido pelo produtor de cachaça é o período de safra. Se um produtor de cachaça pretende produzir no período de maio a novembro/dezembro, ele deve plantar variedades que apresentem ciclos de maturação diferentes, que cubram todo o período de safra,

ou seja, precoce (colhidas em maio/junho), média (colhidas em julho/agosto/setembro) e tardia (colhidas em outubro/novembro/dezembro), para obter sempre uma matéria-prima de boa condição de moagem, isto é, madura. O uso de pelo menos três variedades de ciclos de maturação diferentes é essencial para a produção de cachaça com rendimentos satisfatórios e maior lucratividade. Indica-se uma distribuição das variedades em 20% para as precoces, 60% para as médias e 20% para as tardias.

O dimensionamento da área de canavial a ser implantado é importante para garantir o fornecimento ininterrupto de matéria-prima, evitando desperdícios ou quebra de produção. Para o entendimento dos cálculos do dimensionamento de um canavial, vamos exemplificar uma produção com os seguintes aspectos:

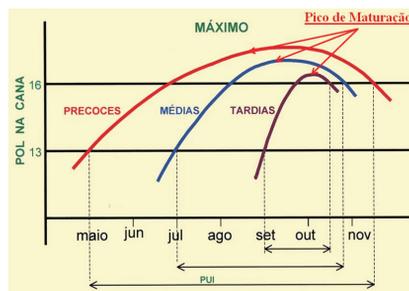


Figura 3. Curvas de maturação de variedades precoce, média e tardia. Fonte: Adaptado de Novaes et al., 1974

- **Produção diária:** 240 litros de cachaça;
- **Jornada de trabalho:** 8 horas;
- **Período de safra:** 180 dias;
- **Rendimento agrícola médio:** 75 toneladas de cana por hectare;
- **Área de renovação:** 20% da área total de corte;
- **Rendimento industrial médio:** 100 litros de cachaça por tonelada de cana.

Nesta situação teremos uma produção anual de 43.200 litros de cachaça (240 litros diários x 180 dias de produção). Para essa produção, serão necessárias 432 toneladas de cana. Para chegar a esse valor, basta dividir a produção anual de cachaça esperada (43.200) pelo rendimento industrial médio (100 litros de cachaça por tonelada). Como a produtividade média por hectare foi estimada em 75 toneladas, serão necessários 5,76 hectares plantados com cana. Este valor é calculado dividindo o valor total de toneladas de cana necessária para suprir a demanda anual do alambique (432 toneladas), pela produção média estimada de cana por hectare (75 toneladas). Sabendo que se faz necessário deixar uma área de renovação de canavial de 20%, o que daria 1,15 hectare (20% de 5,76 hectare), concluímos que se faz necessário uma área total de apro-

ximadamente 7,0 hectares de cana para suprir a demanda de toda a fábrica durante um ano de produção.

Conforme já mencionado anteriormente, recomenda-se distribuir a área total do canavial em variedades precoces (20%), médias (60%) e tardias (20%). Desta forma, o correto seria ocupar 1,4 hectares com variedade precoce, 4,2 hectares com variedade média e 1,4 hectares com variedade tardia.

## Plantio

As épocas de plantio da cana-de-açúcar tradicionalmente empregadas nas regiões sudeste, sul e centro-oeste são:

- a) *Cana de ano e meio ou de 18 meses:* plantio realizado de janeiro a março/abril, sendo que a colheita ocorre a partir de maio do ano seguinte, compreendendo um ciclo de desenvolvimento de 14 a 18 meses.
- b) *Cana de ano ou de 12 meses:* plantio realizado de setembro a outubro e a colheita ocorre geralmente de setembro a novembro, compreendendo 10 a 14 meses de desenvolvimento.
- c) *Plantios extemporâneos ou fora da época normal:* Quando se tem disponibilidade de água e/ou vinhaça para realizar a irrigação na implantação e manutenção da cultura,

pode-se executar o plantio em outros períodos. Nas regiões onde não há limitação à temperatura, principalmente nos estágios de brotação e desenvolvimento inicial, esse período pode abranger o ano todo.

A cana se adapta bem em diversos tipos de solos, desde que preencham as quatro funções básicas: suprimento de ar, água, nutrientes e suporte. Embora a cana-de-açúcar se desenvolva bem em solos arenosos, prefere solos profundos, argilosos, com a boa fertilidade e capacidade de retenção de água. Apesar da exigência em água, a cultura não se dá bem em terreno com excesso de umidade. Solos nessas condições requerem perfeita drenagem. A verificação da necessidade de correção da acidez e da suplementação com adubação no momento do plantio deve ser verificada em análise laboratorial (análise de solo). Essa análise permite calcular a quantidade ideal de calcário e adubo que deverá ser usado no preparo do solo e plantio da cana.

O bom preparo do solo, que consiste em aração e gradagem, assegura um melhor desenvolvimento das plantas e facilita os trabalhos seguintes de sulcamento, plantio, adubação e tratamentos culturais.

As arações devem ser profundas, principalmente nos solos argilosos,

para facilitar o desenvolvimento do sistema radicular. As arações rasas promovem o desenvolvimento de um sistema radicular superficial, predispondo a cana ao tombamento. Recomenda-se incorporar os restos da cultura anterior para diminuir a compactação do solo.

A gradagem é realizada para eliminar os torrões do solo, tornando a superfície mais uniforme.

Antes da abertura dos sulcos, deve-se considerar o espaçamento e a profundidade. Quando se utiliza espaçamentos menores, a produção é ligeiramente maior. A cana fecha mais depressa, havendo economia nos tratamentos culturais (menor número de capinas). As desvantagens em usar menores espaçamentos estão na maior dificuldade de sulcar e tratar a cultura com equipamentos mecânicos. A adubação da soca e o enleiramento do palhão também ficam mais difíceis. Recomenda-se, portanto, um espaçamento entre 1,30 a 1,50 m. O sulcamento deve ser realizado em curva de nível, com declive suave e uniforme, cortando as águas.

As mudas devem ser adquiridas, preferencialmente de viveiros idôneos, geralmente de usinas e destilarias, instituições de pesquisa ou de ensino na área de ciências agrárias, a fim de se implantar um material sadio, de alto vigor e alta pureza varietal. Na impossibilidade, devem-se retirar mudas dos

canaviais de 1º corte, bem desenvolvidos e aparentemente saudáveis, com idade de 12 meses. Não é indicado utilizar mudas de cana madura com 18 meses ou mais, devido às gemas do terço inferior já se encontrarem maduras, brotando com dificuldade, tendo, como consequência, a formação não uniforme do canavial.

O custo para obtenção de mudas de variedades selecionadas em viveiros devidamente credenciados pode ser um pouco mais elevado, porém esse valor pode ser reduzido. Se o plantio do canavial puder ser feito com pelo menos um ano de antecedência, o produtor reduzirá, em pelo menos dez vezes, o custo de implantação do canavial. Por exemplo, se o produtor precisar de 20 hectares de cana para abastecer a capacidade de seu alambique, ele poderá plantar 2 hectares com as mudas compradas e no próximo ano, retirar desta área mudas para plantar os 20 hectares necessário para sua produção de cachaça.

As mudas podem ser colocadas inteiras no sulco, cruzando-se ligeiramente o palmito da anterior com o pé da seguinte. Depois, são picadas em toletes de três gemas, com um total de pelo menos 12 gemas viáveis por metro de sulco. Recomenda-se retirar um pouco a palha da cana para facilitar a germinação e as ferramentas usadas no corte dos toletes devem ser

desinfetadas para evitar contaminação. Muitas doenças causadas por vírus são transmitidas por esses equipamentos de corte.

O corte da cana em toletes dentro do sulco se faz necessário, porque as gemas da ponta brotam mais rapidamente que as do pé. Os hormônios de crescimento que se formam nas gemas brotadas inibem a brotação das gemas do pé. Para o plantio de 1,0 hectare de cana, são necessários 8 a 12 toneladas de mudas, dependendo do diâmetro da cana. Quando as mudas são de boa qualidade, não se faz necessário a utilização de cana dupla, isto é, duas canas lado a lado dentro do sulco.

A cobertura dos toletes com terra pode ser feita com implementos apropriados ou manualmente com enxadas. Nesta operação, colocam-se 5 a 10 cm de terra sobre os toletes e realiza-se a compactação, para promover melhor brotação, enraizamento e favorecer a emergência.

### Tratos culturais

A cana-de-açúcar é muito sensível à ocorrência de ervas daninhas, principalmente no começo de seu desenvolvimento. Quanto mais tempo durar essa concorrência, maiores serão os prejuízos. As ervas daninhas podem ser portadoras de pragas e doenças, como por exemplo, o Mosaico (carac-

terizado por manchas esbranquiçadas com o centro amarelado ou amarronzado nas folhas).

Nos plantios de cana de ano e meio, efetuados de janeiro a março, geralmente são suficientes de três a quatro capinas, pois com a entrada do inverno há menor proliferação do mato. Com o início das chuvas, a cana logo cobre o solo, havendo necessidade de apenas mais uma capina ou repasse.

A capina se faz de diversas maneiras: manual (enxada), mista (mecânica e manual), unicamente mecânica ou utilizando herbicidas, que podem ser seletivos ou não, aplicados em pré ou pós-emergência da cultura e/ou das plantas infestantes. Qualquer que seja o sistema usado procura-se evitar o lançamento de muita terra dentro do sulco, pois seu aterramento pode prejudicar o brotamento das soqueiras.

Após o corte da cana, as soqueiras brotam novamente, constituindo novas touceiras. Essas soqueiras devem ser submetidas aos mesmos tratamentos culturais da cana-planta (controle de ervas daninhas, adubação e escarificação), além do enleiramento do palhicho. A cana cortada crua deixa grande volume de palhicho remanescente, que deve ser enleirado em ruas alternadas.

As escarificações superficiais bastam para a absorção da umidade. Assim, pode se esparramar o adubo para a soca ao lado das linhas da cana e depois incorporá-lo ao solo com uma escarificação. O número de capinas para manter a soca limpa é menor (duas a três), pois o lançamento de sementes de mato no solo é menor e a cana se forma mais rapidamente.

## Preparo do Caldo

As etapas do preparo do caldo estão ilustradas na Figura 4. O preparo do caldo começa logo após o corte da cana.

### Corte e transporte

A colheita da cana-de-açúcar reflete todo o trabalho desenvolvido e conduzido no campo ao longo do ciclo da cultura, culminando na entrega da matéria-prima para que a mesma seja processada e contribua na obtenção de um produto final de qualidade. A cana-de-açúcar destinada à produção de cachaça deve ser cortada bem rente ao solo para evitar infestações de pragas e doenças nas soqueiras remanescentes e emissões de brotações aéreas. Tanto no corte manual como no

mecânico, a limpeza deve ser uma preocupação constante, visando à obtenção de um caldo rico em açúcar e livre de impurezas.

A prática de queimar os canaviais é um fator prejudicial à qualidade da cachaça, embora facilite a colheita da cana-de-açúcar. Tal conduta acelera a deterioração da cana, ainda no campo, pela inversão da sacarose. Além disso, acarreta o acúmulo de cinzas nas domas de fermentação, interferindo negativamente no processo fermentativo. No que se refere ao paladar da cachaça, identifica-se com certa facilidade o gosto de queimado (associado ao aumento do teor de furfural, hidroximetilfurfural e compostos correlatos), o que deprecia a qualidade do produto.



Figura 4. Etapas do preparo do caldo. Fonte: Maia e Campelo, 2005

Também é importante saber o momento da colheita de cana de açúcar. Existem técnicas que auxiliam no estabelecimento da época certa da colheita. O procedimento a ser realizado é o seguinte: a) deve-se percorrer a área a ser colhida, cortando as canas ao acaso em vários pontos da área (10 a 12); b) extrair com ferramentas próprias (Figura 5) algumas gotas de caldo do 4º internódio (gomo da cana) contando a partir da base da cana (chão) e do último internódio do qual a bainha se des-

garra facilmente. Medir no refratômetro de campo (Figura 6) e anotar o °Brix; usando uma planilha (Anexo 1); c) calcular o Índice de Maturação (IM), dividindo os valores encontrados na ponta pelos encontrados na base, tirando-se a média das amostras ( $IM = \frac{°Brix\ ponta}{°Brix\ base}$ ). As canas bem maduras apresentam teor de sacarose nos internódios da ponta próximos aos do meio e são ligeiramente menores que os da base. A interpretação dos resultados encontra-se na Tabela 4.

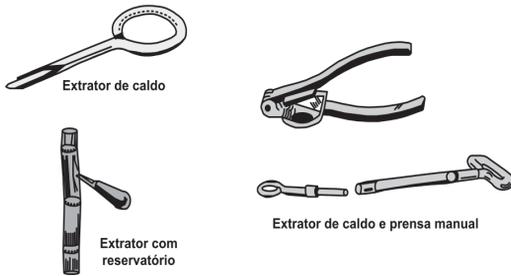


Figura 5. Sistema de extração de caldo. Fonte: Novaes et al., 1974

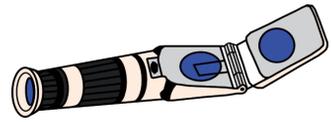


Figura 6. Refratômetro de campo

Tabela 4. Interpretação dos resultados do índice de maturação

RESULTADO DE IM	INTERPRETAÇÃO
< 0,6	Imatura (verde)
0,6 - 0,7	Maturação baixa
0,7 - 0,84	Maturação média
0,85 - 1,0	Maturação ótima
> 1,0	Maturação ultrapassada

Fonte: Mutton e Mutton, 2010

De preferência, a cana-de-açúcar deve ser moída no mesmo dia do corte. O limite máximo é de 24 horas, para se evitar perda da qualidade da cana devido à deterioração do açúcar via contaminação microbiológica. Para evitar que a cana fique estocada por muito tempo, faz necessário calcular a quantidade de cana a ser colhida. Para o entendimento dos cálculos, vamos exemplificar uma quantidade de cana a ser cortada para preparar 1000 litros de caldo com 18°Brix, considerando a relação de 600 litros de caldo por tonelada de cana (Tabela 5).

Após ser cortada, a cana deve ser

disposta paralelamente em pequenos montes sobre o terreno, sendo transportada para uma área coberta, próxima a seção de moagem. O transporte deve ser feito com cuidado e o mais rápido possível, procurando evitar tanto danos mecânicos quanto a ação direta da luz solar. A luz e o calor favorecem a proliferação de bactérias, que aumentam a viscosidade do caldo, prejudicando a decantação do fermento, o rendimento da fermentação e, consequentemente, a qualidade do vinho a ser destilado, produzindo compostos indesejáveis, que serão destilados e possivelmente incorporados à cachaça.

Tabela 5. Quantidade de cana a ser cortada para preparar 1.000 litros de caldo a 18°Brix

°BRIX DO CALDO ORIGINAL	VOLUME DE CALDO (litros)	VOLUME DE ÁGUA (litros)	QUANTIDADE DE CANA A SER CORTADA (kg)
18	1.000	-	1.667
19	947	53	1.579
20	900	100	1.500
21	857	143	1.429
22	818	182	1.364
23	783	218	1.304
24	750	250	1.250
25	720	280	1.200
26	692	308	1.154

## Recebimento e armazenamento

A cana deve ficar armazenada pelo menor tempo possível (lembre-se que o tempo máximo ideal entre o corte e a moagem é de 24 horas). O armazenamento deve ser próximo à moenda, sobre um piso elevado (tablado de madeira ou em alvenaria) que possibilite a ventilação, além de permitir o escoamento da água de lavagem dos colmos, quando necessário. O tablado deve conter alguns tubos verticais, que delimitem o espaço para seu armazenamento. A delimitação desse espaço também facilita o cálculo da quantidade de cana disponível para a moagem.

## Preparação da cana para moagem

A cana deve ser sempre mantida mais limpa possível. Se os colmos es-

tiverem empoeirados, com terra ou em quantidade apreciável de cera, é recomendável que sejam lavados com jato de água potável pouco antes de serem moídos. Só devem ser moídos os colmos saudáveis.

## Seção de moagem

A seção de moagem é destinada às operações de recebimento, limpeza e moagem da cana-de-açúcar. Quando possível, deve ser construída no nível mais elevado do terreno, proporcionando assim, que os processos subsequentes sejam realizados por gravidade. Não é permitida a presença de animais circulando nessa área, por isso, o ideal é que esteja distante de currais, pocilgas e fontes produtoras de mau cheiro. Pode ser construída, com piso resistente e impermeável, que

permita uma boa lavagem. Normalmente, o piso é de cimento, não muito liso, para evitar que fique escorregadio e provoque acidentes. O uso de revestimento com pedra também é recomendado, porém pode dificultar a limpeza do local. Essa área também deve ser coberta, pé-direito mínimo de 3,0 metros, de maneira a proteger a cana dos efeitos negativos da ação do sol e da chuva.

### Moagem

A moagem propicia a extração do caldo existente nos colmos da cana-de-açúcar. Na cana madura, o caldo possui aproximadamente, entre 75% a 82% de água e de 18% a 25% de açú-

cares. O principal objetivo desta etapa é recuperar o açúcar que está dissolvido no caldo, que se encontra armazenado nos colmos de cana-de-açúcar.

A moenda é o equipamento responsável pela extração do caldo da cana. Seus componentes essenciais são: base, castelos, rolos, bagaceira e motor (Figura 7). A base é uma mesa horizontal de seção retangular, geralmente fixada num suporte de concreto por meio de parafusos. Nela se fixam os castelos, um de cada lado e na parte central existe uma canaleta para receber o caldo. Os castelos suportam as extremidades da bagaceira e os três rolos responsáveis pela moagem da cana (Figura 8).

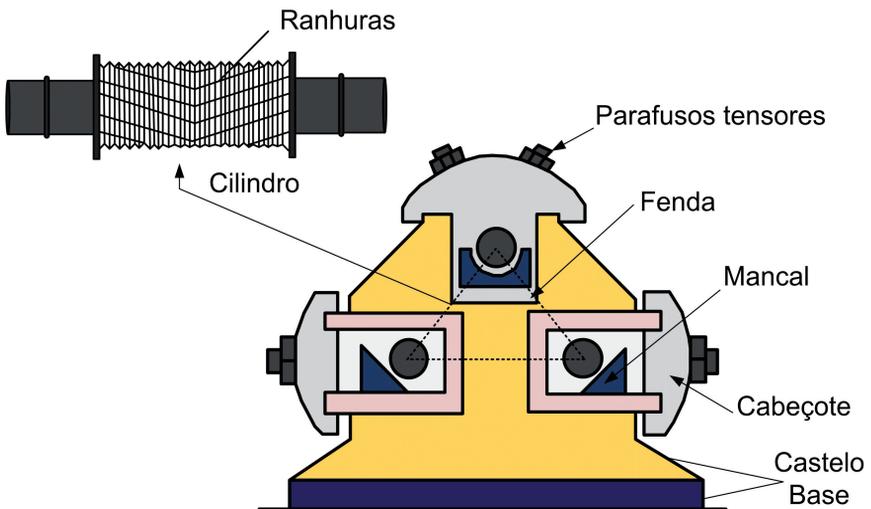


Figura 7. Componentes básicos de uma moenda

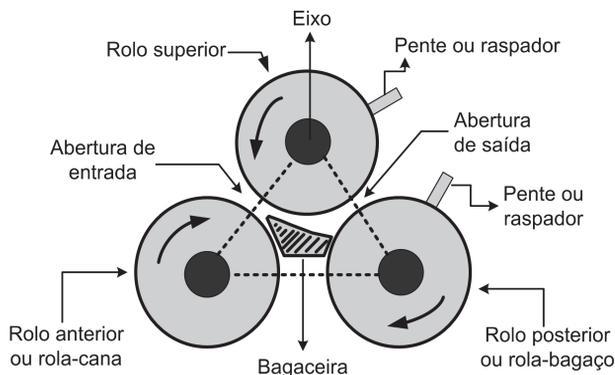


Figura 8. Constituição esquemática de uma moenda. Fonte: Adaptado de Oliveira et al., 1978

A eficiência da extração de uma moenda pode ser medida dividindo a quantidade de caldo extraído pela quantidade total de caldo presente nos colmos. Essa eficiência depende da regularidade e uniformidade na alimentação dos colmos na moenda; da regulagem da moenda; velocidade dos cilindros; tipos de ranhuras; uso de soldas nos cilindros; porcentagem de fibra da cana, preparo da cana e uso da técnica da embebição.

A cana pode ser moída inteira ou após preparo. O preparo da cana consiste em picar e/ou desfibrar a cana, com a finalidade de destruir a resistência das partes duras dos colmos, aumentando a capacidade de trabalho da moenda e a extração. No entanto é indispensável que os colmos sejam preparados imediatamente antes da moagem, para evitar a proliferação de bactérias.

Há vários tipos de moendas que podem ser usadas para a produção de cachaça. A escolha da moenda adequada deve contemplar, além da capacidade de extração, o isolamento de óleos e graxas da área de operação, a facilidade de higiene e limpeza após operação diária e facilidade na aquisição de peças para reposição, assistência e manutenção técnica. É indispensável, também, que a moenda contenha dispositivos de proteção contra quaisquer riscos de ferimento do operador, incluindo: grade de proteção entre o terno da moenda e o local da alimentação da cana (suficiente para a passagem dos colmos, mas não das mãos). Ao instalar a moenda, a chave para desligar o motor deve ficar ao alcance do operador.

O operador deve ser sempre orientado para evitar acidentes, evitando

distrair-se durante a moagem da cana e não usar camisa de manga comprida.

Durante a moagem da cana, o caldo não pode ser contaminado com óleo ou graxa de lubrificação do equipamento. Caso o caldo contendo óleo e/ou graxa for para a dorna de fermentação, o álcool produzido irá dissolver (solubilizar) o óleo ou graxa, produzindo compostos que irão afetar a qualidade final da cachaça.

Geralmente, as fábricas de cachaça utilizam um único terno de rolos, alimentados manualmente, para extrair o caldo. Neste caso a extração rende entre 600 litros (moendas desprovidas de reguladores de pressão) e 700 litros (moendas dotadas de reguladores de pressão) de caldo por tonelada de cana. Após essa primeira passagem da cana, resta o bagaço contendo em torno de 35% a 40% de caldo. A parcela restante é de difícil extração, ficando fortemente retida nas fibras do bagaço. Neste caso, se torna inviável fazer um segundo esmagamento desse bagaço, sem adição de água.

Esse segundo esmagamento torna-se mais eficiente, se for utilizada a técnica da embebição, que através da adição de água no bagaço, promove a diluição do açúcar retido em suas fibras, aumentando a eficiência de extração do processo.

A embebição, associada ao empre-

go de picadores e desfibradores, permite aumentar a eficiência de extração até cerca de 90%. Contudo, esses recursos devem ser utilizados com cautela pelos pequenos produtores, para evitar que se tornem fontes de contaminação por bactérias, prejudicando a qualidade do caldo para a fermentação. Tais efeitos podem advir, por exemplo, do emprego de água contaminada ou da exposição excessiva de pedaços da cana às condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos contaminantes.

É necessário frisar que a moenda precisa de uma rotina de inspeção periódica das condições de desgaste e ajuste dos rolos, pentes e bagaceiras; folga e lubrificação dos mancais. A moenda, também, deve ser lavada diariamente, antes e depois da moagem, e manter o cuidado de não deixar excesso de lubrificantes, para evitar o risco de contaminar o caldo.

## Limpeza do caldo

O caldo que sai da moenda ainda não está adequado para a produção de cachaça. Esse caldo deve ser filtrado e decantado para separação de impurezas, antes de entrar nas dornas de fermentação. A filtração consiste em passar o caldo extraído em uma peneira de malha fina. Essa peneira é destinada a reter impurezas maiores, como resí-

duos de bagaço e folhas, provenientes da matéria-prima. Recomenda-se o uso de tela de aço inoxidável com malha de 1,0 mm de abertura.

Após essa filtração, o caldo atravessa o decantador (Figura 9), onde as partículas sólidas remanescentes no caldo filtrado e mais densas que ele (resíduos de terra), se deslocam para o fundo do recipiente e o bagacilho, menos denso que o caldo, fica retido nas aletas suspensas do decantador.

O sistema de filtração deve permitir que o caldo chegue o mais puro e limpo possível às dornas de fermentação. Bagacilhos, bagaço e folhas, quando secos nas bordas das dornas, podem provocar contaminação bacteriana (mucilagem), produzindo fermentações secundárias (lática, butílica, málica), cujos produtos irão aparecer no seu destilado. Além disso, quando os bagacilhos são arrastados para o alambique podem provocar a formação indesejável de furfural e metanol.

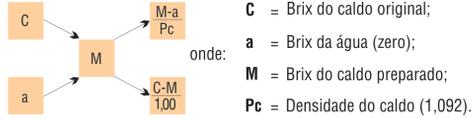
### Diluição do caldo

Quando a cana é colhida no ponto ideal de maturação, o caldo possui um percentual de sólidos solúveis (°Brix) entre 20 e 24, o qual deve ser diluído para 16 a 18 °Brix para a fermentação. A água utilizada para a diluição do caldo deve ser limpa, inodora, incolor, sem microrganismos patogênicos e estar dentro dos critérios de potabilidade. A água

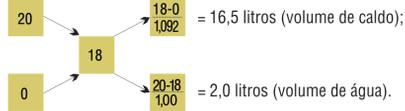
não deve ser adicionada ao caldo diretamente na dorna de fermentação. Essa prática implica em riscos de choque osmótico sobre as células (leveduras que compõem o fermento), com prejuízos para a produtividade e o rendimento da fermentação. Os tanques utilizados no ajuste do °Brix do caldo devem ser instalados entre o decantador e as dornas de fermentação. Há vários inconvenientes quando se usa caldos muito diluídos ou muito concentrados.

Um caldo com elevada concentração de açúcares pode levar a um elevado teor alcoólico, o qual é prejudicial à atividade fermentativa das leveduras, além de acarretar fermentações lentas e incompletas, ocasionando redução do rendimento industrial. Por outro lado, um teor muito abaixo de 15° ou 16° Brix, proporciona uma fermentação muito rápida, podendo o vinho ficar muito tempo parado na dorna, o que provocará uma produção muito maior de alcoóis superiores e facilitará as infecções por bactérias. Com caldos muito diluídos, tem-se também uma maior quantidade de vinhoto, um menor rendimento da destilação e um maior consumo de energia e de água.

O cálculo da quantidade de água a ser adicionada no caldo de cana para ajuste do °Brix pode ser feito utilizando o diagrama conhecido como *Cruz de Cobenze* (ou *regra das Misturas*), conforme mostrado a seguir:



Exemplo: Cálculo para redução do caldo de 20° para 18° Brix:



No exemplo, quando se acrescenta 2,0 litros de água a 16,5 litros de caldo de cana a 20° Brix, obtêm-se 18,5 litros de caldo com

18° Brix. Para outros volumes desejados, basta efetuar uma regra de três. Para evitar esses cálculos, utilize o Anexo 2.

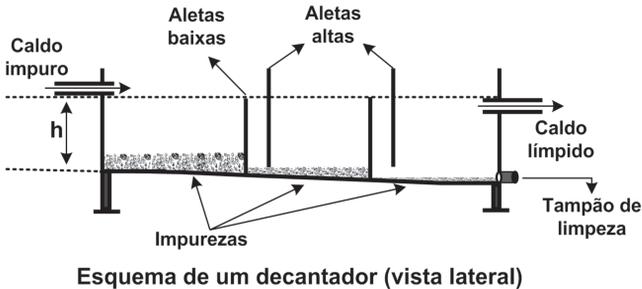


Figura 9. Decantador. Fonte: Adaptado de Maia e Campelo, 2005



Gerhard Waller

Figura 10. Setor de extração e preparo do caldo: Moenda, decantador e diluidor de caldo

## Fermento

O fermento é composto por fungos microscópicos vivos. Esses fungos são pertencentes à classe dos Ascomi-cetos, sendo a espécie mais importante a *Saccharomyces cerevisiae*. Dentre esta espécie, existem inúmeras cepas, que prevalecem naturalmente nas diversas regiões, conforme as peculiaridades de solo, clima e vegetação. Desta forma, estes microrganismos se adaptam ecologicamente e sobrevivem nas superfícies dos colmos da cana, nas folhas, no solo e até no ar. No Brasil, essas cepas têm sido objeto de estudos detalhados, com relação a: (1) caracterização das floras microbianas dominantes de cada região e seu efeito sobre a qualidade da

cachaça; (2) seleção de cepas resistentes e produtoras de compostos secundários desejáveis para a qualidade da cachaça e (3) disponibilização das cepas selecionadas para os produtores de cachaça.

Antes de se iniciar o processo de fermentação há a necessidade da adição nas dornas de fermentação de uma população inicial de leveduras, que devem apresentar determinadas características que garantam o rendimento fermentativo, durante a fermentação alcoólica. Essa massa de células usada para iniciar o processo fermentativo denomina-se *pé-de-cuba*, *pé-de-fermentação*, *lêvedo alcoólico* ou *fermento*. Este deverá estar ativo e

em quantidade adequada para que o processo ocorra de modo satisfatório.

O fermento deverá apresentar alta velocidade de fermentação, tolerância ao álcool produzido, resistência à acidez e à temperatura elevada, estabilidade genética e isento de outros microrganismos competitivos ou antagonistas, que possam diminuir a eficiência de transformação do açúcar do mosto em álcool. Mosto é o termo empregado para definir um líquido açucarado apto a fermentar.

### Tipos de fermento ou pé-de-cuba

Denomina-se fermento a suspensão de células de leveduras suficientemente concentrada de modo a garantir a fermentação de um determinado volume de mosto em condições econômicas. Os fermentos mais empregados na prática são: *fermentos naturais* (selvagens), *prensados*, *mistos* e *secos* (granulados). O preparo do fermento é variável com o tipo de levedura a ser utilizado e com a região produtora.

### Fermento natural ou selvagem

É constituído por células que já estão naturalmente adaptadas ao ambiente. Pelo fato de não terem sofrido alterações genéticas programadas ou melhoramentos, são chamadas leve-

duras naturais, nativas ou selvagens.

O fermento é preparado a partir das leveduras que acompanham a cana, mosto ou o ar, sendo variável entre os produtores, que geralmente utilizam receitas regionais. Normalmente, estas receitas são preparadas a base de uma massa inicial constituída de caldo de cana-de-açúcar não diluído, farelo de arroz, fubá ou farelo de soja, com adição de suco de limão ou laranja azeda para abaixar o pH. São feitas adições diárias de caldo de cana-de-açúcar no período de cinco a sete dias, quando as leveduras estão se reproduzindo e o volume de massa celular está aumentado. Desta forma, o inóculo é obtido a partir da fermentação espontânea dos microrganismos presentes no caldo da cana-de-açúcar, nos equipamentos e nas dornas de fermentação.

Nas fermentações espontâneas, um grande número de espécies de microrganismos pode estar envolvido, com predominância de *Saccharomyces cerevisiae*. Por apresentar essa diversidade de microrganismos, este tipo de fermento pode produzir fermentações inconstantes e de difícil controle, prejudicando a qualidade final da cachaça.

### Fermento prensado

Formado por uma massa sólida, contendo um aglomerado de células no estado sólido da espécie

*Saccharomyces cerevisiae*. Este fermento (conhecido normalmente como fermento de panificação) pode ser conservado em geladeira por no máximo uma semana. O inóculo poderá ser preparado a partir da diluição de 20 a 50 g de fermento por litro de mosto. O ideal é iniciar o processo com um mosto morno, entre 30 a 32°C, e com baixa concentração de açúcar, entre 8° a 10° Brix. Normalmente, quando o °Brix do mosto em fermentação cair pela metade do mosto de alimentação, dobra-se o volume, alimentando-se com mosto a concentrações crescentes (máxima de 16° Brix) até obter o volume final do pé-de-cuba desejado (20% a 30% do volume útil da dorna). Após esta etapa, completa-se a dorna com o mosto contendo 12° Brix, conduzindo a fermentação conforme o sistema de trabalho utilizado na unidade de produção.

Baixas concentrações de açúcares facilitam a multiplicação das células de leveduras, assim como a adaptação ao meio, evitando sua exaustão. Após algumas fermentações, pode-se aumentar as concentrações de açúcares do mosto (limite máximo 15° a 16° Brix). A temperatura do mosto deve ser mantida entre 28 a 30°C, sendo este controle realizado com o auxílio de um termômetro. Um dos inconvenientes do fermento prensado é sua baixa tolerância a altos teores alcoólicos e a temperaturas elevadas.

### Fermento misto

Consiste na associação das metodologias utilizadas para produção do pé de cuba via fermentação espontânea (fermento caipira ou selvagem) com a do fermento prensado. Tal preparo inicia-se acrescentando a pasta de farelo e fubá, 10 a 20 gramas de fermento prensado por litro de mosto. Dessa forma, considera-se a possibilidade da predominância daquele microrganismo que melhor se adaptar às condições do meio de fermentação. Esse sistema é adotado por muitos produtores de cachaça, nas diversas regiões do Brasil.

### Fermento seco (granulado)

Apresenta uma concentração de células três vezes maior que o fermento prensado, requerendo assim, uma menor quantidade de fermento, possibilitando um início de fermentação mais rápido. Esta é a forma em que se apresentam a maioria dos fermentos selecionados, aptos à produção de cachaça, existente no mercado.

O fermento selecionado é obtido a partir do isolamento de cepas de leveduras encontradas na natureza, que são previamente testadas em laboratório. Nestes testes, verifica-se a sua eficiência para fermentação, tolerância à temperatura, a teores elevados de álcool e a qualidade do vinho produzi-

do. Como cada tipo de fermento selecionado apresenta características diferentes, o produtor deverá escolher o tipo que melhor se adapta às condições ambientais de sua região e as instalações de sua fábrica.

O protocolo de preparo deste tipo de fermento encontra-se ilustrados nas embalagens de venda do produto, e geralmente são necessários 500 g do fermento para iniciar o processo de produção de uma dorna de 1000 litros úteis de mosto. Este tipo de fermento é o mais recomendado para a produção de uma cachaça de qualidade, existindo uma boa diversidade de marcas no mercado e com grande facilidade de acesso para os produtores.

Independente do fermento utilizado e da forma de preparo, o pé-de-cuba deve ser preparado com cuidados especiais, de modo que o fermento se desenvolva nas condições mais favoráveis possíveis para que mais tarde, ao ser misturado ao mosto normal e em quantidade suficiente, domine completamente o meio, produzindo sempre fermentações homogêneas e um vinho com características desejáveis. A assepsia dos equipamentos, utensílios, instalações e o uso de água potável, são fatores indispensáveis para o bom andamento do processo com fermento selecionado, e devem estar presentes em todas as etapas de produção.

## Fermentação

Agentes biológicos especializados conhecidos como leveduras, transformam o mosto de cana em vinho de cana, por meio da fermentação alcoólica.

Por definição, a fermentação é um processo de oxidação parcial da glicose na ausência de oxigênio (processo anaeróbico). A palavra “fermentação” deriva do latim *fervere*, que significa ferver, e assim, descreve a aparência da ação das leveduras no mosto. É o ponto crítico do processo de fabricação da cachaça e depende da maturidade certa da cana, da padronização do °Brix do caldo antes de entrar na dorna, da sanidade da cana e da composição química do caldo. A cana deficiente em alguns nutrientes pode afe-

tar as leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, diminuindo sua atividade. Por isso, muitos produtores usam fubá de milho e farelo de arroz na preparação do pé-de-cuba, com a finalidade de sanar eventuais deficiências de nutrientes.

O álcool etílico ou etanol é o principal produto da fermentação. Também, ocorre grande formação de gás carbônico, que é liberado para o ambiente. É comum a formação de espuma, principalmente nos estágios iniciais da fermentação, dada a interação do gás formado com lipídeos (principalmente fosfolipídeos) e macromoléculas (especialmente proteínas) do mosto. Nas fermentações saudáveis, observa-se também o desenvolvimen-

to progressivo de um aroma extremamente agradável, decorrente dos componentes secundários da fermentação, especialmente ésteres.

Além dos ésteres, ocorre à formação de aldeídos, ácidos orgânicos, glicerol, materiais para a constituição da biomassa e produtos para sobrevivência e adaptação da levedura no meio. São mais de 250 compostos já identificados, e dentre estes, estão os chamados congêneres, que em proporções equilibradas, são responsáveis pelo *bouquet* ou aroma que caracteriza a cachaça e a diferencia de uma mistura hidroalcoólica qualquer.

### Ciclo de operações na sala de fermentação

A fermentação tem início quando o fermento contido no fundo da dorna, o “pé-de-cuba”, começa a ser alimentado pelo caldo de cana. Dentro da fábrica o ciclo completo compreende várias etapas (Figura 11), e deve ser ajustado para que se complete no intervalo de 24 horas, facilitando a manutenção de uma rotina operacional preestabelecida. O controle mensal do tempo de fermentação e rendimento de destilação pode ser feito por meio de planilhas, conforme anexo 3.

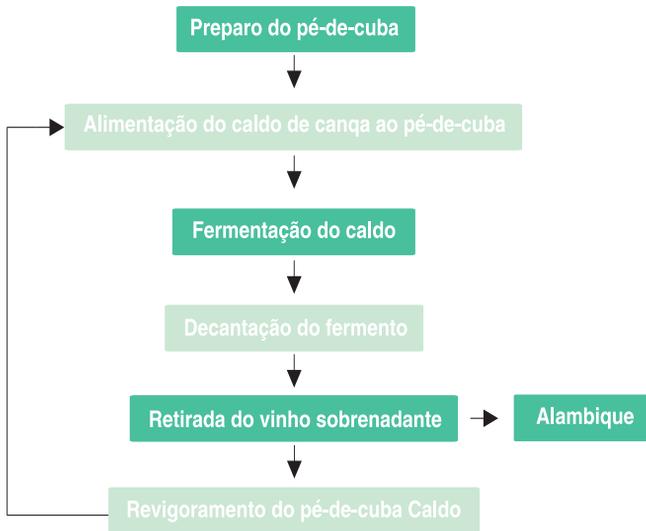


Figura 11. Ciclo de operações na seção (sala) de fermentação

A alimentação das dornas consiste na transferência do caldo de cana para a dorna já contendo o fermento (pé-de-cuba). Para produção de cachaça, o ideal é que essa transferência seja feita lentamente, entre 6 a 8 horas. Trata-se do sistema de fermentação em “batelada-alimentada” (sistema semi-contínuo), muito mais eficiente que a “batelada-simples” (sistema descontínuo), no qual todo o caldo é transferido rapidamente para a dorna, prejudicando o fermento. Existe ainda o sistema de alimentação contínuo, utilizado geralmente em usinas para produção de álcool combustível ou grandes indústrias produtoras de cachaça.

A dorna não deve ser completamente cheia, para evitar transbordamento. Recomenda-se encher no máximo 75% a 80% do volume total da dorna, a fim de evitar o transbordamento do mosto durante o processo de fermentação, que acarreta na perda de leveduras e de açúcares, enfraquecendo o “pé-de-cuba”, e contaminando a sala de fermentação com acúmulo de sujeiras.

O ideal é que o processo de fermentação se encerre no intervalo de 14 a 18 horas. Lembre-se que durante o processo fermentativo ocorrem diversas mudanças no caldo como, liberação de gás carbônico, formação de espuma e liberação de aroma.

O aroma deve ser agradável, lembrando ao de frutas maduras. Aroma

ácido, rançoso, sulfídrico ou outro diferente é indicativo de contaminação. Por exemplo, cheiro de vinagre indica que provavelmente esteja ocorrendo fermentação acética, e o de ovo podre está relacionado à ocorrência de fermentação butírica. Estas fermentações são consideradas indesejáveis por produzirem compostos que prejudicam o rendimento da fermentação e a qualidade físico-química da bebida. Na Tabela 6 estão listadas as principais interferências causadas pela presença de bactérias durante os processos fermentativos.

O ciclo fermentativo se completa, quando o fermento que está suspenso, flutuando no líquido, tende a decantar. Esse processo de decantação do fermento é necessário para evitar a presença de fermento dentro do destilador, o que afeta a qualidade da cachaça. Também, é a forma de separar o vinho do levedo (fermento) para seu reaproveitamento nas próximas fermentações (reciclo do fermento).

O ponto final deve ser verificado usando o densímetro de Brix, que deverá estar marcando zero (°Brix) ou valores inferiores devido à presença de etanol, e pela ausência de bolhas na superfície do líquido (espelhamento). A destilação do vinho deve ser realizada tão logo termine a fermentação e a levedura sedimente. Longas esperas do vinho após a fermentação só trazem perdas, por evaporação do álcool do vinho

e pelas fermentações secundárias (contaminações) que podem ocorrer, além da formação de alcoóis superiores.

Processos fermentativos bem conduzidos podem proporcionar o uso de um único “pé-de-cuba” durante toda a safra. Os principais critérios de uma fermentação adequada encontram-se no Quadro 1 e os cuidados para assegurar uma fermentação saudável incluem: (1) só usar caldo fresco e com o Brix efetivamente ajustado; (2) alimentar o caldo lentamente à dorna; (3) controlar a temperatura (a faixa ótima varia entre as diferentes regiões pro-

ductoras). A mais comum é entre 28 a 32 °C. Cada produtor deve observar o comportamento de seu fermento em diferentes temperaturas para identificar o intervalo ótimo a ser mantido; (4) manter a sala de fermentação bem ventilada para exaustão do gás carbônico, mas eliminar correntes de ar que possam incidir sobre as dornas; (5) minimizar a presença e o acesso de pessoas estranhas e (6) assegurar-se que praticamente todo o fermento decantou efetivamente antes de retirar o vinho para ser encaminhado ao alambique para destilação.

Tabela 6. Interferências de contaminações bacterianas durante os processos fermentativos

BACTÉRIA	EFEITO	DIAGNOSE	COMO EVITAR
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Aumenta viscosidade, diminui produção de etanol, prejudica decantação.	Baixo rendimento fermentativo e dificuldade de decantação.	Não queimar a cana. Não deixar a cana ao sol depois de cortada.
Bactérias acéticas	Aumenta acidez volátil do vinho (ácido acético).	Odor de vinagre e presença de mosca.	Não deixar a cana ao sol depois de cortada. Separar o vinho do fermento logo após decantação. Manter o vinho tampado até a destilação.
Bactérias lácticas	Aumenta acidez volátil do vinho (ácido láctico), compromete o sabor.	Aumento de acidez do mosto e reduz a produção de gás.	Manter/controlar assepsia do processo.
Batérias acetobutílicas	Produz butanol e acetona a partir do açúcar.	Odor penetrante de ovo podre ou ranço e aumento de acidez do mosto.	Não deixar a cana próxima a estábulos ou locais de ordenha.
Bactérias sulfídricas	Produz gás sulfídrico a partir de aminoácidos sulfurados.	Odor penetrante de gás sulfídrico e aumento de acidez do mosto.	

Fonte: Maia e Campelo, 2005

Quadro 1. Parâmetros de uma boa fermentação

PARÂMETROS	RESULTADOS ESPERADOS
Evolução do Brix	<b>Perfil característico:</b> na batelada alimentada, nunca deve ultrapassar a 6 °Brix.
Duração da fermentação	<b>14-18 horas:</b> sendo o tempo ideal de fermentação mais decantação do fermento 24 horas. Isso facilita a rotina operacional do produtor.
Odor	<b>Penetrante, agradável, lembrando frutas maduras:</b> Quaisquer traços desagradáveis no aroma, tais como notas ácidas, lembrando vinagre ou leite azedo, ou pútridas, lembrando ovo podre, são sinais de prevalência de contaminantes nocivos (Tabela 6).
Evolução da acidez	<b>Máxima de 200 mg ácido acético por 100 mL de caldo:</b> Ao final da fermentação, a acidez do mosto nunca deve ultrapassar o dobro da acidez inicial.
Drosófilas	<b>Ausência:</b> O aparecimento de pequenas moscas (típicas de vinagre) é sinal de formação excessiva de ácido acético, com enfraquecimento das leveduras.

Fonte: Maia e Campelo, 2005

## Sala e dornas de fermentação

Sala de fermentação é o local que abriga os recipientes de fermentação, e na maioria das vezes, os de preparo do mosto e de fermento. Deve ser bem iluminada e provida de água de boa qualidade. A área de construção deve ser ampla para possibilitar um adequado espaçamento entre as dornas e a circulação de pessoas (Figura 12).

O piso deve ser de cimento liso ou de cerâmica, com declive e impermeável para facilitar a limpeza e saniti-

zação. As paredes laterais deverão ser revestidas com um acabamento liso, impermeável e resistente, de modo a suportar as lavagens periódicas, além disso, devem apresentar respiros para drenar o gás carbônico formado na fermentação. Deve ser coberta e com o seu pé direito alto. Quanto maior for a distância entre as superfícies das dornas e a cobertura, menor serão as perdas de álcool por evaporação. Frequentemente, os pisos e as paredes deverão ser lavadas com detergente e

em seguida com água em abundância. Após a lavagem, deve-se aplicar uma solução sanitizante de hipoclorito de

sódio (água sanitária) diluída em água a concentrações entre 0,02 e 0,5%.



Gerhard Waller

Figura 12. Setor de fermentação

Dornas, cubas ou cochos são recipientes onde o mosto é submetido ao processo fermentativo, sendo transformado em vinho. Encontram-se nos diversos alambiques espalhados pelo Brasil, dornas com as mais variadas dimensões, formas, tipos, feitas com todo tipo de material possível (madeira, alvenaria, resina, fibras, aço carbônico e aço inoxidável). Mas, para uma produção de cachaça de qualidade, as dornas devem ser em aço inox, material resistente à corrosão e de superfície lisa,

o que impede o acúmulo de impurezas.

As dornas devem ser dispostas separadamente na sala de fermentação (Figura 13), e ter formato adequado para permitir manutenção. Dornas com formatos cônicos (mais altas do que largas) propiciam uma boa fermentação, pois o próprio gás formado no processo fermentativo cria a agitação necessária à fermentação. As dornas podem ser abertas ou fechadas. Na indústria de cachaça geralmente utilizam-se dornas abertas, por apresen-

tarem menor custo, serem de fácil limpeza e por permitirem um controle visual da fermentação, contudo, favorecem as contaminações e as perdas de álcool por evaporação.

A higiene das dornas é fundamental para evitar a contaminação do mosto, preservando assim, a qualidade do vinho. Devem ser seguidos alguns cuidados básicos, como: (1) evitar o deramamento de espuma durante a fermentação. Se ocorrer, enxaguar imediatamente as paredes externas da dorna e o piso; (2) após a fermentação, raspar as paredes internas das dornas com uma espátula limpa para eliminar incrustações de fermento, podendo devolver essas incrustações ao pé de cuba, para que o fer-

mento seja revigorado; (3) efetuar a completa assepsia interna da dorna sempre que o pé de cuba for retirado ou trocado.

Se for necessário interromper a produção da cachaça nos finais de semana, deve-se tomar alguns cuidados extras: (1) não deixar vinho nas dornas (transferi-lo para uma dorna volante ou para a panela do alambique, para não comprometer o pé-de-cuba); (2) se a parada for por mais de um dia, acrescentar água contendo um pouco de caldo de cana; (3) ao reiniciar as atividades, esgotar a água até aparecer à massa de leveduras do fundo da dorna e; (4) ao reiniciar a fermentação, pré-aquecer ligeiramente o caldo a ser introduzido (28 a 30°C) para ativar o fermento.

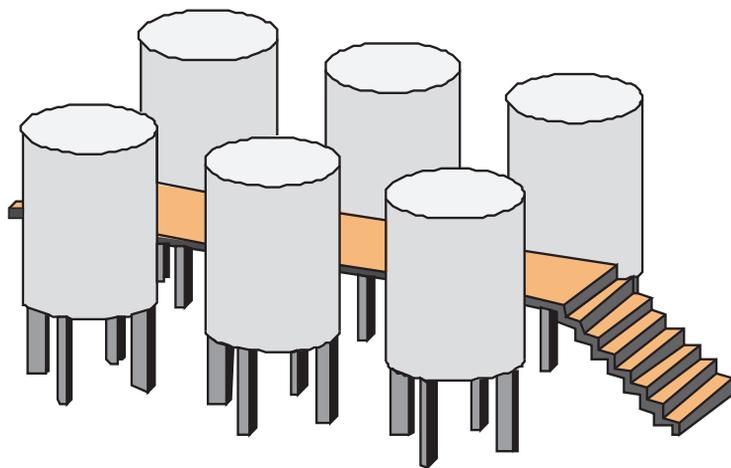


Figura 13. Esquema de disposição das dornas, com escada e passarela

## Destilação

A destilação, processo físico para separações químicas, consiste em aquecer um líquido até sua passagem para o estado gasoso, que em seguida retorna ao estado líquido por meio de resfriamento, objetivando especialmente a purificação ou formação de novos produtos por decomposições de frações. Na produção de cachaça, deve-se considerar ainda a formação de componentes em virtude de reações, que ocorrem dentro do alambique de cobre. É a etapa responsável por separar todas as substâncias de interesse formadas pela fermentação. Por este motivo é considerada de extrema importância para obtenção de uma cachaça de qualidade.

Concluída a fermentação do mosto, obtém-se o vinho que apresenta na sua composição uma mistura de componentes sólidos, líquidos e gasosos, em virtude das transformações que se desenvolveram durante a fermentação. O vinho adequadamente decantado, contendo 89% a 94% de água, 7% a 12% de etanol e 2% a 4% outras substâncias voláteis (principalmente aldeídos, ésteres, ácidos orgânicos e alcoóis superiores) é submetido ao processo de separação dos constituintes, através das diferenças dos pontos de ebulição, denominado destilação. Ao destilar o vinho da cana, obtém-se um novo líquido, com teor alcoólico cinco a seis vezes maiores que o teor do lí-

quido gerador. Os grandes produtores realizam a destilação em colunas contínuas. Na fabricação de cachaça por pequenos produtores, a destilação é feita em alambiques.

### Alambiques

O alambique pode ter diversas configurações, mas os componentes básicos são: (1) a panela onde se coloca o vinho a ser aquecido; (2) a coluna, situada acima da panela, que recebe os vapores do vinho e (3) a alonga. A alonga é conectada à parte mais alta da coluna, a partir da qual os vapores iniciam seu resfriamento, até serem recolhidos na extremidade inferior, na saída do condensador, já no estado líquido. O condensador é um prolongamento da alonga, que em alambiques mais simples, se resume a uma serpentina imersa em um tanque de água corrente.

Os aparelhos intermitentes utilizados pela maioria dos produtores de cachaça são alambiques simples, conhecidos por “cebolão” ou “alegria” e alambiques de dois ou três corpos. O termo alambique de dois corpos é geralmente usado para designar um destilador dotado de um sistema de pré-aquecimento do caldo. Neste sistema, há uma panela em que o vinho ferve e outra em que é pré-aquecido. Na prática, ambas têm a mesma geometria externa, para preservar um vi-

sual atrativo na seção de destilação, com diferença na coluna, que no pré-aquecedor é mais curta, pois ali não há controle de refluxo. A Figura 14 ilustra um conjunto de alambique com pré-aquecedor, alimentado a vapor.

Os alambiques aquecidos por fogo direto utilizam, geralmente, o bagaço da própria cana-de-açúcar na queima. O controle do refluxo (“vômito do vinho”), porém, fica facilitado quando se emprega uma caldeira que efetua o aquecimento do vinho mediante vapor. Este vapor percorre internamente uma serpentina situada no fundo da panela. A panela é dotada de dispositivo para controle de temperatura e vazão e a caldeira permite ajustar a intensidade do aquecimento do vinho, dosando com precisão a quantidade de calor requerida em cada etapa (Figura 14).

Os alambiques são construídos, principalmente, em cobre. Mas, existem vários produtores de cachaça que usam aparelhos de destilação produzidos com panela feita em aço inoxidável contendo algumas peças em cobre, como o deflegmador e a serpentina, que compõem a coluna do destilador.

Aparelho de destilação feito totalmente de aço inoxidável deve ser descartado pelo produtor de cachaça. A substituição do cobre por aço inoxidável na produção de alambiques resul-

ta no aparecimento de um aroma desagradável na bebida capaz de comprometer a qualidade final dos destilados. Estudos sobre esse problema relacionaram o aroma referido com a presença notadamente de compostos sulfurados, o dimetil sulfeto. O cobre tem a propriedade de reagir com com-

postos sulfurados, impedindo que contaminem o destilado. Por isso a aguardente produzida em alambique de cobre apresenta melhor qualidade sensorial quando comparada à produção que utiliza alambiques confeccionados com outros materiais, como o aço inox, o alumínio ou a porcelana.

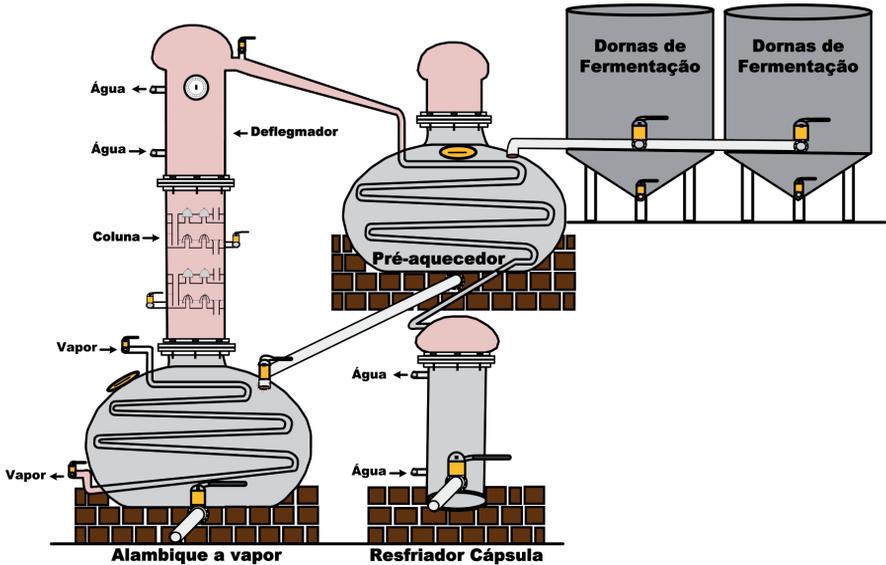


Figura 14. Esquema de um conjunto de alambique com pré-aquecedor e condensador

### Tempo de destilação

O aproveitamento das vantagens da coluna cilíndrica, dotada de prato e deflegmador (Figura 14) requer a padronização do tempo de destilação. Independentemente do tamanho da panela, que define as dimensões das demais partes do alambique, o desti-

lado (cabeça, coração e cauda) deve ser recolhido num intervalo de 150 a 160 minutos. Por exemplo, se a panela tem capacidade para 1000 litros de vinho, as três frações do destilado corresponderão aproximadamente a 200 litros (20%). Nesta situação, a vazão do destilado deverá ser de 1,25 li-

tros por minuto (perfazendo 200 litros em 160 minutos).

O tempo de destilação refere-se ao período transcorrido a partir do início do recolhimento do destilado de cabeça. Quando o vinho é transferido para a panela à temperatura ambiente, gasta-se cerca de uma hora ou mais para atingir a temperatura de ebulição. Boa parte desse tempo pode ser economizado introduzindo uma segunda panela destinada ao pré-aquecimento do vinho (Figura 14).

Quando se tem o pré-aquecedor, usa-se encher a panela de destilação e também, a panela do pré-aquecedor, situada logo após a alonga e antes do condensador final de destilado. Empregando esse recurso, o vinho já chega à panela de destilação a uma temperatura em torno de 65 °C. O resultado é uma diminuição do tempo de aquecimento para recolher as primeiras frações do destilado, reduzindo assim, o tempo total de destilação, aumentando o seu rendimento.

### Frações do destilado

Durante a destilação o vinho é separado em 3 frações: “cabeça”, “coração” e “cauda”. A separação dessas frações durante o processo de destilação é de fundamental importância na produção de cachaça. A fração “cabeça” é recolhida nos primeiros minutos da destilação.

O destilado de “cabeça” corresponde aos primeiros vapores condensados e contém altas concentrações de álcool (geralmente acima de 60% v/v). O volume dessa fração corresponde ao recolhimento de 1,0% a 2,0% do volume total de vinho na caldeira. A fração “cabeça” contém altos teores de metanol, de acetaldeído e acetato de etila, que se tornam indesejáveis, dependendo da concentração. O desejado seria o produtor realizar análises laboratoriais para determinar os teores destes compostos, e assim, determinar o percentual que deve ser desprezado ou qual graduação alcoólica deverá ser utilizada para o corte. Com esse procedimento, o produtor evita perdas desnecessárias ou comprometimento da qualidade do produto.

O “coração” é a cachaça propriamente dita e deve ser recolhido por um tempo aproximado de 2 horas. Inicia-se seu recolhimento, após a separação do destilado de cabeça. Existe no mercado o coletor de destilado (recipiente em aço inoxidável) usado para coletar as frações do destilado (Figura 15). Neste caso, para separar uma fração da outra basta mudar a inclinação do tubo de saída do condensador. A fração “coração” representa um volume correspondente a até 16% do volume total do vinho (dependendo do teor alcoólico que se deseja para o produto e da concentração de álcool do vinho) ou

aproximadamente 80% do total do destilado. O limite de recolhimento desta fração é determinado quando o teor alcoólico do destilado atinge entre 38% a 40% (v/v). Geralmente, quando a graduação alcoólica fica abaixo de 38% (v/v), sua aparência começa a ficar turva e, portanto, indesejável para a bebida.



Figura 15. Caixa coletora de destilado

A fração “cauda”, também chamada de “água fraca”, corresponde aproximadamente a 3,0% do volume total do vinho. O ponto final da destilação ocorre quando o teor alcoólico do destilado atinge o limite de 14% (v/v), correspondente a 15% do volume total do destilado. A partir daí, o recolhimento do álcool torna inviável economicamente, e o restante que sobra na panela é considerado vinhoto. Alguns produtores nem chegam a destilar a “cauda”, incorporam diretamente no vinhoto.

As frações “cabeça” e “cauda” não devem ser usadas no processo de produção de cachaça, por apresentarem compostos indesejáveis, que depreciam a qualidade final do produto, além de

proporcionar ao consumidor à famosa “ressaca”. Por isso, condena-se o enriquecimento do vinho com esses produtos, e a sua mistura para produção de uma bebida de segunda linha. O álcool contido nestas frações pode ser usado para produção de álcool combustível, por meio de uma coluna de destilação (Figura 16). Existe, também, a opção de produzir álcool gel com estes resíduos.



Figura 16. Coluna de destilação para produção de álcool carburante

A medida do teor de álcool é realizada com o alcoômetro, em % (v/v) a 20°C, que é a unidade utilizada pela

André Ricardo Alcarde

Gerhard Waller

legislação brasileira para determinar os limites de álcool da cachaça. Alguns aparelhos de destilação possuem acoplado à saída do resfriador uma proveta (Figura 17), que tem como função receber o destilado e o alcoômetro que medirá o seu teor alcoólico. Deve-se acoplar um termômetro na proveta, para medir a temperatura do destilado, e efetuar as correções necessárias, conforme Anexo 4.

Nesta tabela, estão as correções das leituras da concentração alcoólica a diferentes temperaturas, e seus correspondentes a 20 °C.



Figura 17. Proveta com alcoômetro e termômetro

### Sala e destilação

Sala de destilação é o local que abriga os equipamentos de destilação. Deve ser bem iluminada, provida de água de boa qualidade, com construção ampla para possibilitar um adequado espaçamento entre os equipamentos e a circulação de pessoas (Figura 18).

O piso deve ser de cimento liso ou de cerâmica, com declive e impermeável para facilitar a limpeza. As paredes laterais deverão ser revestidas com um acabamento liso, impermeável e resistente, de modo a suportar as lavagens periódicas. Deve ser coberta e com o seu pé direito mínimo de 3,0 metros.

### Limpeza do alambique

A concentração máxima de cobre permitido por lei é de 5,0 mg por litro de cachaça. A contaminação da bebida, por cobre, ocorre durante o processo de destilação, por dissolução do “azinhavre” formado nas paredes internas do alambique e em peças internas, como o deflegmador e a serpentina, que compõem a coluna do destilador. Esse composto é dissolvido pelos vapores alcoólicos ácidos, contaminando o destilado. Alta concentração de cobre na bebida é indesejável e potencialmente prejudicial à saúde humana.



Gerhard Waller

Figura 18. Setor de destilação: alambique, aquecedor de vinho, resfriador e coletor de destilado

Aguardente com teores elevados de cobre indicam falta de higienização do alambique. Recomenda-se manter o alambique e as serpentinas cheias com água durante as paradas que ocorrem no período de entressafras. A água reduz a oxidação do cobre, evitando a formação do azinhavre e a contaminação da cachaça com o metal.

Após a entressafra, e antes de iniciar a produção de cachaça, deve-se fazer uma limpeza criteriosa do alambique. Essa limpeza consiste em rea-

lizar uma destilação com água misturada a suco de limão (ácido cítrico). Recomenda-se adicionar 5,0 litros do suco para cada 100 litros de água. Os vapores ácidos gerados nessa destilação removerão o azinhavre, principalmente aquele existente no interior da serpentina de condensação dos vapores hidroalcoólicos. Após essa destilação, deve-se realizar outra, usando apenas água, a fim de remover resíduos ácidos do aparelho.

Uma forma empírica de avaliar uma possível ocorrência de contaminação de cobre no destilado é realizar uma filtragem desse destilado com filtro branco de algodão ou gaze. Caso o filtro fique azul, denotaria a ocorrência de excesso de cobre. De modo geral, se o produtor realizar uma correta limpeza do alambique após o término diário do procedimento de destilação e tomar os cuidados básicos durante a entressafra, não terá problemas com a presença de cobre no seu destilado.

### Dupla destilação

A dupla destilação, também conhecida por bidestilação, consiste na realização de duas destilações sucessivas. Na primeira, o vinho é destilado para recuperar praticamente todo álcool nele contido, sem corte

de frações, originando um destilado denominado flegma, com aproximadamente 28% (v/v) de álcool. Na segunda destilação, o flegma é destilado e procede-se a separação das frações: “cabeça” (2% do volume útil da caldeira), “coração” ou aguardente (destilado recuperado até 60% de etanol na fração à saída do condensador) e “cauda” (destilado recuperado de 60% até o esgotamento do etanol na fração à saída do condensador).

Aguardentes bidestiladas apresentam redução significativa das concentrações

de ácidos voláteis, alcoóis superiores e contaminantes (cobre, carbamato de etila e alcoóis sec-butílico e n-butílico). É um destilado apropriado para o envelhecimento em tonéis de madeira.

A redestilação é um processo semelhante à bidestilação, no entanto utiliza para a segunda destilação cachaça ou aguardente industrial, diluída com água potável a aproximadamente 35% (v/v) de álcool. Neste processo não há, portanto, a primeira destilação, sendo o flegma substituído pela aguardente industrial convenientemente diluída.

## Envelhecimento e Engarrafamento

Após o término do processo da destilação da cachaça, não é aconselhável seu consumo direto, pois sua qualidade pode ser melhorada. Para agregar qualidade à bebida deve-se proceder o “descanso” ou o envelhecimento.

O “descanso” refere-se à estadia da cachaça em qualquer recipiente, de qualquer volume (de preferência inerte - tonel de aço inox, recipiente de vidro ou tonel de madeira maior que 700 litros) por no mínimo, 6 meses. Sua finalidade é promover o “amaciamento” da bebida, ou seja, eliminar compostos químicos responsáveis por sabores e aromas desagradáveis na “ca-

chaça branca”.

O processo de envelhecimento visa à estabilização dos compostos químicos da cachaça, principalmente os congêneres voláteis, formados pela ação das leveduras durante a fermentação, e concentrados pela destilação. Outro mecanismo que ocorre é a extração de compostos da madeira, denominados congêneres de maturação. Os congêneres de maturação são responsáveis por caracterizar bebidas envelhecidas e estão presentes em quantidades diferentes de acordo com o tipo de madeira utilizada e o tempo de permanência nos barris. O principal benefício do envelhecimento da cachaça é

o aprimoramento da qualidade química e sensorial da bebida, além de agregar maior valor comercial ao produto.

A escolha do tipo da madeira utilizada na elaboração dos tonéis é fundamental para melhor aprimoramento da cachaça. A principal madeira utilizada na confecção de barris é o carvalho europeu (*Quercus* sp.), devido ao seu uso tradicional em bebidas destiladas, tais como o conhaque e o uísque. O carvalho demanda alto custo inicial e necessidade de importação, o que favorece o uso de madeiras brasileiras como alternativas para os produtores de cachaça. A madeira nacional é de fácil obtenção e possibilita a transferência de compostos característicos de cada espécie, além de permitir a distinção do produto final de acordo com a cor, aromas e sabores adquiridos pela bebida. Algumas das espécies nacionais utilizadas são: Amburana (*Amburana Cearensis*), Amendoim (*Pterogyne nitens*), Bálsamo

(*Myroxylon balsamum* L. Hauris), Jatobá (*Hymenaea courbaril* L), Jequitibá rosa (*Cariniana legalis*), Araruva ou Araribá (*Centrolobium tomentosum* Guillem), Cabreúva (*Myrocarpus frondosus*), Grápia (*Apuleia leiocarpa*), Ipê roxo (*Tabebuia heptaphylla*), entre outras.

A manutenção da bebida em barris de madeira promove uma contribuição progressiva de substâncias cedidas pela madeira e favorece a estabilização da cachaça (Figura 19). Além da obtenção da cor característica, o envelhecimento é influenciado pelo tempo e as condições de armazenamento, tais como, temperatura local, umidade e luminosidade. O controle desses parâmetros durante o envelhecimento é importante para reduzir as perdas por evaporação, recomenda-se que a temperatura de armazenamento seja em torno de 20°C e com umidade entre 70% a 90%. É importante assegurar uma boa ventilação do local e evitar o empilhamento dos tonéis.



Gerhard Waller

Figura 19. Tonéis para envelhecimento de cachaça

## Padronização

Normalmente a cachaça é colocada no barril com teor alcoólico por volta de 48% a 50% v/v. Após o envelhecimento, a cachaça deve ser padronizada para o teor alcoólico desejado, de acordo com a legislação. Deve-se, portanto adicionar um volume de água potável para atingir a graduação ideal.

## Engarrafamento

O engarrafamento consiste no acondicionamento do produto em embalagem adequada, geralmente utilizando recipientes de vidro, em volumes de 50 mL até 1000 mL. A transferência da cachaça para a embalagem deve ser feita de maneira automatizada, com envasadoras e recravadoras (Figuras 20 e 21).

## Rotulagem

O vasilhame deve ser devidamente identificado com rótulo atrativo e que contenha informações esclarecedoras para o consumidor. Os requisitos previstos na legislação devem ser respeitados, tais como: volume de bebida, graduação alcoólica, ingredientes, produtor, número do registro, etc.



André Ricardo Alcarde

Figura 20. Envasadora de cachaça



André Ricardo Alcarde

Figura 21. Recravadora de garrafas de cachaça

## Bibliografia Consultada

ALCARDE, A. R.; SOUZA, P. A.; BELLUCO, A. E. S. **Aspectos da composição química e aceitação sensorial da aguardente de cana-de-açúcar envelhecida em tonéis de diferentes madeiras.** Cienc. Technol. Alim., 30, 226-232, 2010.

ANDRADE, L.A.B. **Cultura da cana-de-açúcar.** In: Cardoso, M.G. (ed.) *Produção de aguardente de cana.* 2<sup>a</sup> ed. Editora UFLA - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, p. 25-67, 2006.

AQUARONE, E. LIMA, U. A.; BORZANI, W., **Aguardentes.** In:

Biotechnologia. Alimentos e Bebidas Produzidos por Fermentação. Ed, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 13, de 29 de junho de 2005.** *Diário Oficial da União. Brasília,* 30 de junho de 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Instrução normativa nº 58, de 19 de dezembro de 2007. Altera os itens 4 e 9, do Anexo, da Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005.** *Diário Oficial da Republica*

*Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 08 jan..Seção 1, p.5, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento.

**Instrução normativa nº 27, de 15 de maio de 2008. Altera o item 9.4 da Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005.** *Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 16 maio. Seção 1, p.1., 2008a.

CARDOSO, M.G. **Análises físico-químicas de aguardente.** In: Cardoso, M.G. (ed.) *Produção de aguardente de cana*. 2ª ed. Editora UFLA - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, p. 203-232.

CARDOSO, M.G., CAMPOS, G.A., SILVA, R.A., SANTOS, C.D., PINTO, A.P.S., SILVA, C.F. **Cachaça: qualidade e produção.** Boletim Extensão, publicado pela PROEX/ UFLA, 2005.

CASCUDO, L.C. **Prelúdio da Cachaça.** Etnologia, história e sociologia da aguardente no Brasil, Belo Horizonte, Itatiaia, 1986.

CRISPIM, J.E. **Manual da produção de aguardente de qualidade.** Guaíba - RS; Editora Agropecuária LTDA, 333 p, 2000.

DIAS, S.; MAIA, A.; NELSON, D. **Efeito de diferentes madeiras sobre a composição da aguardente de cana envelhecida.** *Cienc. Tecnol. Alim.*, 18, 331-336, 1998.

DIAS, S.M.B.C. **O processo da destilação.** In: Cardoso, M.G. (ed.) *Produção de aguardente de cana*. 2ª ed. Editora UFLA - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, p. 137-202, 2006.

FARIA, J. B. **A identificação de compostos responsáveis pelo defeito sensorial das aguardentes de cana destiladas na ausência de cobre.** Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FARIA, J. B. **A influência do cobre na qualidade das aguardentes de cana (*Saccharum officinarum*, L.).** Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

FARIA, J. B. **A redução dos teores de cobre contaminante das aguardentes de cana (*Saccharum officinarum* L.) brasileiras.** Tese (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farma-

cêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

FARIA, J. B.; CARDELLO, H. M. A. B.; BOSCOLO, M.; ISIQUE, W. D.; ODELLO, L.; FRANCO, D. W.

**Evaluation of Brazilian woods as an alternative to oak for cachaça aging.** Eur. Food Res. Techn., 218, 83-87, 2003.

LIMA, U.A. Aguardente. In: Aquarone, E. Lima, U.A., Borzani, W. (Eds.). **Alimentos e bebidas produzidos por fermentação.** São Paulo - SP, Editora Edgard Blücher, p.79-107, (Série Biotecnologia Industrial), 2001.

MAIA A. B. **Componentes secundários da aguardente.** STAB, Piracicaba, v. 12, n. 6, p. 29-34, 1994.

MAIA, A. B. R. A.; CAMPELO, E. A. P.. **Tecnologia da cachaça de Alambique.** SEBRAE/MG; SINBEBIDAS, 2005.

MAIA, A. B. R. A., CAMPELO, E. A.. **Tecnologia da cachaça de alambique.** SEBRAE/MG; SINBEBIDAS - Belo Horizonte - MG, 129 P.:il., 2006.  
MOSEDALE, J. R. **Effects of oak wood on the maturation of alcoholic beverages with particu-**

**lar reference to whisky.** Forestry, 68, 203-230, 1995.

MOSEDALE, J. R.; PUECH, J. L. **Wood maturation of distilled beverages.** Trends Food Sci. Technol. 95-101, 1998.

MUTTON, M.A., MUTTON, M.J. **Aguardente de cana** In: Filho, W.G.V. (Coord.). *Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia.* Ed. Edgard Blucher, São Paulo, vol. 01, p. 237-266, 2010.

NISHIMURA, K., MATSUYAMA, R. **Maturation and maturation chemistry.** In *The science and technology of whiskies*; Piggott, J. R.; Sharp, R.; Duncan, R. E. B., Eds.; Longman: Harlow, U.K.; pp 235-263, 1989.

NOVAES, F.V., OLIVEIRA, E.R., STUPIELO, J.P. **I curso de extensão em tecnologia de aguardente de cana (apontamentos).** Piracicaba: Departamento de tecnologia Rural/ESALQ/USP, 1974. 104 p.

OLIVEIRA, E.R., CARUSO, J.G.B., HORI, J., STUPIELLO, J.P., CANTARELLI, P.R. **Tecnologia dos produtos agropecuários I: tecnologia do açúcar e das fermentações industriais.** Piracicaba:

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 209 P.:il., 1978.

OLIVEIRA, C.R., GARÍGLIO, H.A.A., RIBEIRO, M.M., ALVARENGA, M.S.P., MAIA, F.X. **Cachaça de alambique: manual de boas práticas ambientais e de produção**. Convênio de cooperação técnica SEAPA/SEMAD/AMPAQ/FEAM/IMA, 72 P.:il., 2005.

PATARO, C., GOMES, F.C.O., ARAÚJO, R.A.C., ROSA, C.A., SCHWAN, R.F., CAMPOS, C.R., CLARET, A.S., CASTRO, H.A. Utilização de leveduras selecionadas na fabricação da cachaça de alambique. *Informe Agropecuário*, EPAMIG, Belo Horizonte, 23 (217):37-43, 2002.

RIBEIRO, J.C.G.M. **Fabricação Artesanal de Cachaça Mineira**. 2 ed. Belo Horizonte: O Lutador, 223 p, 2002.

SCHWAN, R.F., CARVALHO, F.P., DIAS, D.R., CASTRO, H.A. FERMENTAÇÃO. In: Cardoso, M.G. (ed.) **Produção de aguardente de cana**.

2 ed . Editora UFLA - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, p. 101-135, 2006.

SEBRAE, **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas**. *Diagnóstico da cachaça de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 241p, 2001.

SILVEIRA, L.C., BARBOSA, M.H.P., OLIVEIRA, M.W.. **Manejo de variedades de cana-de-açúcar predominantes nas principais regiões produtoras de cachaça em Minas Gerais**. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte - MG, 23 (217):25-32, 2002.

VEIGA, J.F. **Equipamentos para produção e controle de operação da fábrica de cachaça**. In: Cardoso, M.G. (ed.) *Produção de aguardente de cana*. 2ª ed. Editora UFLA - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, p. 68-100, 2006.

YOKOYA, F.. **Fabricação de aguardente de cana**. Campinas: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia “André Tosello”, 87 p. 1995, (Série Fermentações Industriais), 1995.



ANEXOS

1 Planilha de controle de Índice de Maturação (IM).

DATA

TALHÃO

RESPONSÁVEL

AMOSTRA	°BRIX - LEITURA		IM = PONTA/PÉ
	PONTA	PÉ	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
MÉDIA			
INÍCIO DE COLHEITA	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	

Adaptado de Oliveira et al., 2005

**2** Volume de água a ser adicionada ao caldo para ajuste de Brix  
(Volume total 100 litros)

BRIX DO CALDO ORIGINAL	° Brix Desejado											
	12		14		15		16		17		18	
	Água	Caldo	Água	Caldo	Água	Caldo	Água	Caldo	Água	Caldo	Água	Caldo
16,0	26,0	74,0	13,0	87,0	6,5	93,5	—	100	—	—	—	—
17,0	31,0	69,0	18,5	81,5	12,5	87,5	6,5	93,5	—	100	—	—
18,0	35,0	65,0	23,5	76,5	18,0	82,0	12,0	88,0	6,0	94,0	—	100
19,0	38,5	61,5	28,0	72,0	22,5	77,5	17,0	83,0	11,5	88,5	6,0	94,0
20,0	42,0	58,0	32,0	68,0	26,5	73,5	21,5	78,5	16,0	84,0	11,0	89,0
21,0	45,0	55,0	35,0	65,0	30,0	70,0	25,5	74,5	20,5	79,5	15,5	84,5
22,0	47,5	52,5	38,5	61,5	34,0	66,0	29,0	71,0	24,5	75,5	19,5	80,5
23,0	50,0	50,0	41,5	58,5	37,0	63,0	32,5	67,5	28,0	72,0	23,5	76,5
24,0	52,5	47,5	44,0	56,0	40,0	60,0	35,5	64,5	31,0	69,0	27,0	73,0
25,0	54,5	45,5	46,5	53,5	42,5	57,5	38,5	61,5	34,0	66,0	30,0	70,0



**4**

Correção de concentração alcoólica a diferentes temperaturas

TEMP. °Celsius NÚMEROS FIXOS	LEITURA NO ALCOÔMETRO (Grau Alcoólico Aparente)				
	GRAU ALCOÓLICO REAL (20 °C)				
	38,0	39,0	40,0	41,0	42,0
21,0	37,6	38,6	39,6	40,6	41,6
22,0	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2
23,0	36,8	37,8	38,8	39,8	40,8
24,0	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4
25,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0
26,0	35,6	36,6	37,6	38,6	39,6
27,0	35,2	36,2	37,2	38,2	39,2
28,0	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8
29,0	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4
30,0	33,9	35,0	36,0	37,0	38,0
31,0	33,5	34,6	35,6	36,6	37,6
32,0	33,1	34,1	35,2	36,2	37,2
33,0	32,7	33,7	34,8	35,8	36,8
34,0	32,3	33,3	34,4	35,4	36,4
35,0	31,9	32,9	33,9	35,0	36,0
36,0	31,5	32,5	33,5	34,6	35,6
37,0	31,1	32,1	33,1	34,2	35,2
38,0	30,7	31,7	32,7	33,8	34,8
39,0	30,3	31,3	32,3	33,3	34,4
40,0	29,9	30,9	31,9	32,9	34,0

Continuação do anexo 4.

TEMP. °Celsius NÚMEROS FIXOS	LEITURA NO ALCÔMETRO (Grau Alcoólico Aparente)			
	GRAU ALCOÓLICO REAL (20 °C)			
	43,0	44,0	45,0	46,0
21,0	42,6	43,6	44,6	45,6
22,0	42,2	43,2	44,2	45,2
23,0	41,8	42,8	43,8	44,8
24,0	41,4	42,4	43,4	44,5
25,0	41,0	42,0	43,1	44,1
26,0	40,6	41,6	42,7	43,7
27,0	40,2	41,3	42,3	43,3
28,0	39,8	40,9	41,9	42,9
29,0	39,4	40,5	41,5	42,5
30,0	39,0	40,1	41,1	42,1
31,0	38,6	39,7	40,7	41,7
32,0	38,2	39,3	40,3	41,3
33,0	37,8	38,9	39,9	40,9
34,0	37,4	38,5	39,5	40,5
35,0	37,0	38,1	39,1	40,1
36,0	36,6	37,7	38,7	39,7
37,0	36,2	37,3	38,3	39,3
38,0	35,8	36,9	37,9	38,9
39,0	35,4	36,5	37,5	38,5
40,0	35,0	36,0	37,1	38,1

Continuação do anexo 4.

TEMP. °Celsius NÚMEROS FIXOS	LEITURA NO ALCOÔMETRO (Grau Alcoólico Aparente)				
	GRAU ALCOÓLICO REAL (20 °C)				
	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0
21,0	46,6	47,6	48,6	49,6	50,6
22,0	46,2	47,2	48,2	49,3	50,3
23,0	45,9	46,9	47,9	48,9	49,9
24,0	45,5	46,5	47,5	48,5	49,5
25,0	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1
26,0	44,7	45,7	46,7	47,7	48,8
27,0	44,3	45,3	46,3	47,4	48,4
28,0	43,9	44,9	46,0	47,0	48,0
29,0	43,5	44,6	45,6	46,6	47,6
30,0	43,1	44,2	45,2	46,2	47,2
31,0	42,7	43,8	44,8	45,8	46,9
32,0	42,4	43,4	44,4	45,5	46,5
33,0	42,0	43,0	44,0	45,1	46,1
34,0	41,6	42,6	43,6	44,7	45,7
35,0	41,2	42,2	43,3	44,3	45,3
36,0	40,8	41,8	42,9	43,9	44,9
37,0	40,4	41,4	42,5	43,5	44,6
38,0	40,0	41,0	42,1	43,1	44,2
39,0	39,6	40,6	41,7	42,7	43,8
40,0	39,2	40,2	41,3	42,3	43,4

Continuação do anexo 4.

TEMP. °Celsius NÚMEROS FIXOS	LEITURA NO ALCOÔMETRO (Grau Alcoólico Aparente)			
	GRAU ALCOÓLICO REAL (20 °C)			
	52,0	53,0	54,0	55,0
21,0	51,6	52,6	53,6	54,6
22,0	51,3	52,3	53,3	54,3
23,0	50,9	51,9	52,9	53,9
24,0	50,5	51,5	52,5	53,5
25,0	50,1	51,2	52,2	53,2
26,0	49,8	50,8	51,8	52,8
27,0	49,4	50,4	51,4	52,4
28,0	49,0	50,0	51,1	52,1
29,0	48,6	49,7	50,7	51,7
30,0	48,3	49,3	50,3	51,3
31,0	47,9	48,9	49,9	51,0
32,0	47,5	48,5	49,6	50,6
33,0	47,1	48,2	49,2	50,2
34,0	46,7	47,8	48,8	49,8
35,0	46,4	47,4	48,4	49,5
36,0	46,0	47,0	48,1	49,1
37,0	45,6	46,6	47,7	48,7
38,0	45,2	46,3	47,3	48,3
39,0	44,8	45,9	46,9	48,0
40,0	44,4	45,5	46,5	47,6

Continuação do anexo 4.

TEMP. °Celsius NÚMEROS FIXOS	LEITURA NO ALCOÔMETRO (Grau Alcoólico Aparente)				
	GRAU ALCOÓLICO REAL (20 °C)				
	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0
21,0	55,6	56,3	57,6	58,6	59,7
22,0	55,3	56,3	57,3	58,3	59,3
23,0	54,9	55,9	56,9	57,9	58,9
24,0	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6
25,0	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2
26,0	53,8	54,8	55,9	56,9	57,9
27,0	53,5	54,5	55,5	56,5	57,5
28,0	53,1	54,1	55,1	56,1	57,2
29,0	52,7	53,7	54,8	55,8	56,8
30,0	52,4	53,4	54,4	55,4	56,4
31,0	52,0	53,0	54,0	55,1	56,1
32,0	51,6	52,6	53,7	54,7	55,7
33,0	51,3	52,3	53,3	54,3	55,4
34,0	50,9	51,9	52,9	54,0	55,0
35,0	50,5	51,5	52,6	53,6	54,6
36,0	50,1	51,2	52,2	53,2	54,3
37,0	49,8	50,8	51,8	52,9	53,9
38,0	49,4	50,4	51,5	52,5	53,5
39,0	49,0	50,1	51,1	52,1	53,2
40,0	48,6	49,7	50,7	51,8	52,8





*A Casa do Produtor Rural é um centro de atendimento ao produtor rural que tem como objetivo prestar gratuitamente orientação técnica nas diferentes áreas da atividade agropecuária, de forma integrada com professores, departamentos e grupos de extensão. É um modelo de orientação técnica e extensão rural, diretamente ligado à pesquisa e ao ensino, que possibilita o desenvolvimento dos produtores rurais de maneira sustentável.*