

Representação matemática da correlação entre acidez total no “vinho” e acidez volátil na cachaça

Luiz Felipe Silveira França – Tecnólogo em Produção de Cachaça – IFNMG

Franklin Meireles de Oliveira – Tecnólogo em Produção de Cachaça – IFNMG, franklin.meireles@bol.com.br

Adalcino França Júnior – Professor de ensino básico, técnico e tecnológico IFNMG – Campus Salinas, dgsalinas@ifnmg.edu.br

Oswaldo Guimarães Filho - Professor de ensino básico, técnico e tecnológico IFNMG – Campus Salinas.

Wesley Antunes Meireles – Professor de ensino básico, técnico e tecnológico IFNMG – Campus Salinas, wesley.meireles@usp.br

RESUMO

Conseguir padrão de qualidade na cachaça, implica em monitorar o processo fermentativo e o produto obtido, incluindo a acidez no “vinho” e na bebida. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo, correlacionar a acidez total no “vinho”, com a acidez volátil na cachaça, buscando uma representação matemática. O experimento foi conduzido em outubro de 2008, no atual, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Salinas, sendo as análises realizadas no Laboratório de Análise Físico-Química da Cachaça. Foram realizadas 15 fermentações em dornas de aço inox com 50 litros, sendo cinco fermentações sucessivas em cada dorna, em três repetições. As destilações foram efetuadas em alambique de cobre, com um corpo, dotado de deflegmador, sem pratos e, com aquecimento por fogo direto por meio do gás GLP. Inicialmente, propagou-se o pé-de-cuba (“Fermento Caipira”), para cada uma das três dornas, acrescido de 2% de fubá de milho e 1% de farelo de arroz. Após propagação, deu início às fermentações com o caldo a 15° Brix vertido progressivamente. Foram analisados acidez e o grau alcoólico, no “vinho” e na cachaça, por meio do destilador eletrônico, densímetro eletrônico portátil e bureta digital. Com os resultados encontrados chegou às seguintes equações: dorna 01 ($y = 0,0007x^2 - 0,1427x - 0,1595$ com $R^2 = 0,9935$); dorna 02 ($y = 0,0007x^2 - 0,1346x - 0,3936$ com $R^2 = 0,9929$); dorna 03 ($y = 0,0006x^2 - 0,0853x - 0,481$ com $R^2 = 0,9924$) e, média das 03 dornas ($y = 0,0006x^2 - 0,1196x - 0,3443$ com $R^2 = 0,9937$). Nesta condição experimental, por meio da equação aplicada nos intervalos médios de acidez total no “vinho” (307,90 a 580,20) e, acidez volátil na cachaça (26,44 a 137,79), ainda, fracionando o destilado em 5% (cabeça), 80% (coração) e 15% (cauda), é possível projetar a acidez volátil aproximada na cachaça, que na projeção pela equação $y = 0,0006x^2 - 0,121x - 0,481$, não poderá ocorrer com valores superiores a $610,06 \text{ mg} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ do “vinho”, em decorrência à não atender a legislação vigente, que limita em $150 \text{ mg} \cdot (100\text{mL a.a.})^{-1}$.

Palavras chave: físico-química, ácido acético, fermentação e destilação.

Mathematical representation of the correlation between total acidity in the “wine” and volatile acidity in Brazilian Spirit.

ABSTRACT

Achieve standard of quality in Brazilian Spirit, implicate monitoring the fermentation process and product, including the acidity in the “wine” and drink. Accordingly, this paper aims,

to correlate the total acidity in the “wine”, the volatile acidity in Brazilian Spirit, seeking a mathematical representation. The experiment was conducted in October of 2008, in actually, Federal Institute of Northern Minas Gerais - Campus Salinas, and the analysis performed at the Laboratory of Physical-Chemical Analysis of Brazilian Spirit. Fermentations were performed in 15 stainless steel vats with 50 liters of volume, five in each successive fermentation vat, in three replications. The distillations were made in copper pot still, with a body, with deflegmador without food and with heating by direct fire by LPG gas. Initially, spread up the yeast (“wild type yeast”) for each of the three vats, plus 2% corn meal and 1% of rice bran. After propagation, initiated the fermentation broth with a 15° Brix translated progressively. We analyzed the acidity and alcohol, the “wine” and the spirit, the distiller through electronic, portable electronic densimeter and digital burette. With the results reached the following equations: vat 01 ($y = 0.0007 x^2 - 0.1427 x - 0.1595$ with $R^2 = 0.9935$); vat 02 ($y = 0.0007 x^2 - 0.1346 x - 0.3936$ with $R^2 = 0.9929$); vat 03 ($y = 0.0006 x^2 - 0.0853 x - 0,481$ with $R^2 = 0.9924$), and average of 03 vats ($y = 0.0006 x^2 - 0.1196 x - 0.3443$ with $R^2 = 0.9937$). In this experimental condition, using the equation applied in the intervals of average total acidity in the “wine” (307.90 to 580.20), and volatile acidity in Brazilian Spirit (26.44 to 137.79), also split the distillate in 5% (head), 80% (heart) and 15% (tail), it is possible to design the volatile acidity in rough Brazilian Spirit, which in projection by the equation $y = 0.0006 x^2 - 0.121x - 0.481$, can not occur with higher values to 610.06 mg * 100mL⁻¹ of the “wine”, due to not meet the current law that limits to 150 mg * (100mL of a.a.)⁻¹.

Key words: physical chemistry, acid, fermentation, and distillation.

INTRODUÇÃO

Em observância ao disposto no Decreto 4.062 de 21/12/2001 (BRASIL, 2001), que define a expressão “Cachaça do Brasil”, editou-se o Decreto 4.851 de 02/10/2003 (BRASIL, 2003), definindo Cachaça como denominação típica e exclusiva da aguardente de cana produzida no Brasil com graduação alcoólica de 38 a 48% em volume, a 20°C, obtida pela destilação do mosto fermentado de cana-de-açúcar, com características sensoriais peculiares, podendo ser adicionada de açúcares até seis g.L⁻¹, expressos em sacarose.

A produção da cachaça implica na obtenção do caldo da cana, com auxílio de moendas, seguido de filtração e decantação para a retirada das impurezas (Lima, 2001). Este é então, levado para fermentar na presença do fermento, o “pé-de-cuba”, cujo final da fermentação do mosto, é denominado de “vinho” (Cardoso, 2006), que após sedimentação do fermento é destilado (Reed & Nagodawithana, 1991). Durante a destilação, são separadas as frações de cabeça e cauda, onde a cachaça é a fração intermediária chamada de coração (Cardoso, 2006).

O processo fermentativo consiste principalmente no desdobramento do açúcar (sacarose) em álcool e CO₂, entretanto, dependendo de como essa transformação é realizada, pode-se obter maior ou menor quantidade de cachaça e produto de melhor ou pior qualidade. O teor alcoólico no vinho é determinante para a qualidade da fermentação alcoólica que lhe deu origem (Masson, 2005).

Durante a fermentação alcoólica, além da formação de álcool etílico e dióxido de carbono como produtos primários, ocorre também formação de pequenas quantidades de outros compostos, os quais recebem a denominação de produtos secundários ou congêneres. Estes contribuem para o sabor e aroma final da cachaça (Masson, 2005).

O bom desempenho do processo fermentativo depende também das condições de pH do meio. O aumento excessivo na acidez sempre indica contaminação bacteriana indesejável (Cleto & Mutton, 1997).

Entre os ácidos, produtos secundários da fermentação alcoólica, o ácido acético tem sido quantitativamente o principal componente da fração ácida das cachaças expresso em acidez volátil (Nykänen & Nykänen, 1983). A acidez de uma cachaça é de grande importância, constituindo um fator de qualidade, uma vez que, durante sua produção, os ácidos reagem com os álcoois presentes, aumentando a formação dos ésteres, que são um dos constituintes responsáveis pelo aroma desta bebida. O excesso de acidez promove sabor indesejado e ligeiramente “agressivo”, depreciando a sua qualidade (Cherubin, 1998).

A demanda por análises químicas de bebidas tem sido crescente nos últimos anos, principalmente pela necessidade de se aprimorar o padrão de qualidade e o controle industrial (Oshita *et al.*, 2003). Objetiva-se com esse trabalho monitorar a evolução da acidez em cinco sucessivas fermentações com pé-de-cuba caipira e estabelecer uma representação matemática da correlação entre acidez total no “vinho” e acidez volátil na cachaça.

MATERIAL E MÉTODOS

Preparação do fermento.

O experimento foi conduzido no princípio de outubro de 2008, sendo o inóculo natural, chamado “pé-de-cuba”, também conhecido como fermento caipira foi preparado da seguinte forma: foram utilizadas três dornas de fermentação identificadas por A, B e C, com capacidade para 10L de pé-de-cuba e 40L de mosto, acrescidas de 400g de farelo de arroz, 800g de fubá de milho e 1L de caldo de cana diluído a 6° Brix com temperatura ajustada para 30°C, correspondendo a

1% p/v, 2% p/v e 2,5% p/v, respectivamente, do volume útil de mosto. Homogeneizou-se a mistura até que toda a massa ficasse uniformemente umedecida, deixando-a em repouso por 24 horas. Decorrido este tempo, sempre a 30°C e com aeração por meio de aerador, foram sendo acrescentados 4 litros de caldo a cada 24 horas, aumentando gradativamente a concentração de açúcar, sendo: 6, 8, 10, 12, 14 e finalmente 15° Brix. Após 24 horas, suspendeu-se a aeração e completou lentamente o volume de 50L com caldo de cana diluído para 15° Brix, aguardando sua redução para 0° Brix. Assim, após a deposição das leveduras no fundo da dorna o vinho obtido foi descartado e o pé-de-cuba, utilizado como inóculo para as sucessivas fermentações de um novo mosto.

Preparação do mosto.

Para o preparo do mosto com caldo de cana, foi utilizada cana-de-açúcar de diferentes variedades, cultivadas no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - Campus Salinas. As canas foram cortadas sem a queima previa do canavial, despalhadas manualmente e submetidas imediatamente à moagem em moenda de um terno e sem embebição. O caldo foi filtrado em peneira de malha fina, para retirada de bagacilhos, e em seguida diluído com água destilada para 15° Brix.

Condução da fermentação.

Cinco fermentações sucessivas foram conduzidas em cada uma das três dorna que representava as repetições (A, B e C), nas quais foram procedidos os monitoramento dos seguintes parâmetros analíticos:

- Teor alcoólico (%v/v), medido através do densímetro eletrônico portátil (DMA 35N da Anton Paar®), após destilação em destilador eletrônico (Super D.E.E. da Gibertine®).

- Acidez total, mg.(100mL de vinho)

⁻¹, determinada por titulometria utilizando-se de bureta digital (Digitrade da Jencons®) com hidróxido de sódio a 0,1 N em presença de fenolftaleína a 1% como indicador.

Condução da destilação.

Foram realizadas quinze destilações em alambique de cobre de um “corpo” dotado de deflegmador, sem pratos, com capacidade de 40L de mosto fermentado provenientes de cada uma das cinco fermentações sucessivas. Procedeu-se a limpeza do mesmo com suco de limão adicionado à água na concentração de 5%v/v. O aquecimento foi efetuado lentamente por meio de fogo direto, pelo uso de GLP. Regulou-se a vazão de água para 0,8 L.minuto⁻¹ no deflegmador e 4,4L.minuto⁻¹ no condensador, proporcionando uma vazão média de 55 mL.minuto⁻¹ de destilado. No final do condensador, colocou-se um Becker de 1000 mL de capacidade para recolher o destilado produzido.

O destilado foi fracionado em: 5% de cabeça; 80% de coração e 15% de cauda, proporcionalmente ao volume máximo de destilado esperado, calculado com base no teor alcoólico e no volume de vinho conforme expressão: Volume máximo de destilado = volume de vinho * teor alcoólico (%v/v) do vinho/teor alcoólico (%v/v) da cachaça.

Métodos analíticos.

As análises físico-químicas referentes a teor alcoólico do vinho, acidez total do vinho, teor alcoólico da cachaça e acidez volátil da cachaça foram realizadas no Laboratório de Análise físico-química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais Campus Salinas, segundo metodologia estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005a).

Calibrou-se o destilador eletrônico

Super D.D.E da marca Gibertini® para determinação do grau alcoólico do vinho. Foi colocado para destilar, 200 mL do “vinho” a 20°C, juntamente com 8 mL da solução de Licor (alumio de potássio a 12% + solução de NaCl a 1% em igual proporção) e 5 gotas de um anti-espumate concentrado. Programou-se no equipamento a recuperação de 160 mL de destilado, completou-se o volume a 20°C para 200 mL, com água destilada. Seguindo, determinou-se o grau alcoólico do vinho, com a utilização do densímetro eletrônico DMA 35N da Anton Paar®.

Para determinação da acidez total do vinho, foi 10mL do vinho em um elermeyer de 200 mL, 90 mL de água destilada e 3 gotas de fenolftaleína a 1%. Em seguida titulou-se com solução de NaOH 0,1N, utilizando-se de uma bureta digital de 50 mL da marca Jeacons®. Os resultados foram expressos em miligramas de ácido acético por 100 mL de vinho segundo a fórmula:

$$\text{ACIDEZ TOTAL} = \text{Vg} \times \text{Fc} \times 60$$

Onde:

Vg = volume gasto na titulação de NaOH

Fc = Fator de correção do NaOH

Na fórmula acima o número 60 corresponde ao produto de N do NaOH x Eq do ácido acético x Fator de conversão de litros para 100mL x Fator de conversão de g para mg/volume da amostra, ou seja, (0,1 x 60 x 0,1 x 1000)/10.

Determinou-se o grau alcoólico da cachaça com a utilização do densímetro eletrônico DMA 35N da Anton Paar®, após redestilação em destilador eletrônico, idem utilizado para o vinho.

Para determinação da acidez volátil da cachaça, imediatamente após a destilação 20 mL da cachaça no destilador eletrônico no modo acidez volátil, recuperando 240 mL do destilado, adicionou-se 3 gotas de fenolftaleína a 1 % e titulou-se com solução de NaOH 0,1N, utilizando-se de uma bureta digital de 50 mL da marca Jeacons. Os resultados foram

expressos em miligramas de ácido acético por 100 mL de álcool anidro segundo a fórmula:
 $ACIDEZ\ VOLATIL = [(Vg \times Fc \times 24) \times 100] / ^\circ GL$
 Onde:

Vg = volume gasto na titulação de NaOH

Fc = Fator de correção do NaOH

$^\circ GL$ = Teor alcoólico da cachaça

Na fórmula acima o número 24 corresponde ao produto de N do NaOH x Eq do ácido acético x Fator de conversão de litros para 100mL x Fator de conversão de g para mg/volume da amostra, ou seja, $(0,1 \times 60 \times 0,1 \times 1000) / 25$.

Análises estatísticas.

Foi utilizada análise de variância ANOVA seguido pelo teste de Tukey para comparação entre os dados obtidos entre a acidez total do vinho e acidez volátil da cachaça das replicatas A, B e C ($P < 0,05$). Os valores de acidez total e volátil foram correlacionados através de equação Polinomial, apresentando dados com Média, Desvio Pa-

drão e Coeficiente de variação.

Os cálculos foram realizados através dos softwares Microsoft Office Excel 2000, Graph Pad InStat 03 para Windows 2005.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fracionamentos na destilação

Os volumes das frações do destilado (cabeça, coração e cauda) e a graduação alcoólica do “vinho” foram realizados em duplicata.

Os valores de graduação alcoólica do “vinho” foram de 8,2% v/v encontrando-se dentro do esperado, significando um rendimento fermentativo de 89,23%, estando estes entre 84,87 a 93,4% conforme também descrito por outros autores (RECHE & FRANCO, 2009; CARDOSO, 2006).

Os volumes de destilados para a fração coração variaram de 5,60 a 6,16L, sendo que esta variação foi correlacionada à variação na graduação do “vinho” para cada destilação (Quadro 1).

Quadro 1: Fracionamento em mL do volume máximo do destilado esperado.

Fermentação	Dorna	% v/v	Volume em mL		
			Cabeça	Coração	Cauda
1	A	8,0	360	5760	1080
2		8,2	370	5920	1110
3		8,5	385	6160	1155
4		8,2	370	5920	1110
5		7,8	350	5600	1050
1	B	8,1	365	5840	1095
2		8,5	385	6160	1155
3		8,4	380	6080	1140
4		8,3	375	6000	1125
5		8,0	360	5760	1080
1	C	8,1	365	5840	1095
2		8,2	370	5920	1110
3		8,4	380	6080	1140
4		8,5	385	6160	1155
5		7,8	350	5600	1050

O teor alcoólico do “vinho” situou-se em torno de 8,5° GL, com teor alcoólico do “vinho” produzido na primeira fermentação, de no máximo, 80% do teor alcoólico previsto para o rendimento máximo, corroborando com outros autores (RECHE & FRANCO, 2009). Assim, na segunda batelada sucessiva, o teor alcoólico do “vinho” poderá atingir 96% do rendimento máximo esperado e, pelo mesmo raciocínio, 99,2% na terceira batelada (CARDOSO, 2006).

Consumo de água na destilação

A destilação de cachaça implica em alto consumo de água, apresentando desvantagens do uso de destiladores de um só corpo (como o empregado no trabalho), devido tempo elevado de produção ligado à espera

para o aquecimento de “vinho”, gasto acentuado de combustível, alto consumo de água de resfriamento, aumento do trabalho para o operador, ciclo de destilação mais longo e antieconômico, podendo ocasionar altos teores de componentes não alcoólicos pela dificuldade na separação das frações e baixo rendimento de produção de aguardente (CANTÃO, 2006). Entretanto, o alambique de um só corpo para produções pequenas pode proporcionar produtos de boa qualidade sensorial se não houver descuido durante a separação das frações e a destilação ser conduzida de maneira lenta e cuidadosa (RECHE & FRANCO, 2009). O consumo médio de água por litro de cachaça produzido no experimento foi de 116,72 litros, implicando em elevado consumo (Quadro 2).

Quadro 2: Volume gasto de água por destilação e consumo médio de água por litro de cachaça.

Destilação	Dorna	Volume de destilado(L)	Volume gasto de água(L)	Volume da fração de coração(L)	Consumo médio de água por litro de cachaça (L)
1	A	7,20	681,12	5,76	116,72
2		7,40	700,04	5,92	
3		7,70	728,42	6,16	
4		7,40	700,04	5,92	
5		7,00	662,20	5,60	
1	B	7,30	690,58	5,84	
2		7,70	728,42	6,16	
3		7,60	718,96	6,08	
4		7,50	709,50	6,00	
5		7,20	681,12	5,76	
1	C	7,30	690,58	6,84	
2		7,20	681,12	5,92	
3		7,60	718,96	6,08	
4		7,70	728,42	6,16	
5		7,00	662,20	5,60	
Total		110,80	10481,68	89,80	

Com vazões de água adotadas neste experimento (0,8 L.minuto⁻¹ no deflegmador e 4,4L.minuto⁻¹ no condensador) o volume médio de água gasto para produzir um litro de destila-

do de coração foi de 116,72 L, valor este extremamente elevado. No entanto, esta água pode ser importante na diluição do “vinho” e/ou utilizada na fertirrigação do canavial.

Correlação entre acidez total no “vinho” e acidez volátil na cachaça

Analisando os resultados de acidez obtidos nas três repetições durante as cinco fermentações sucessivas, percebe-se um aumento gradativo ocorrido nas sucessões, sendo os valores encontrados para acidez total no “vinho” maiores que os encontrados para acidez volátil na cachaça, devido no “vinho” possuir também acidez não voláteis e parte destes ácidos voláteis ficarem retidos no corte de cauda (Cardoso, 2006).

A concentração da acidez volátil média para a fração de coração no presente trabalho corroborou com trabalhos de outros autores, cujos valores médios foram encontrados

na faixa de 16,03mg.(100mL de álcool anidro)⁻¹ a 100,96mg.(100mL de álcool anidro)⁻¹ (Masson, 2005). Entretanto, outros trabalhos que mensuraram a acidez volátil para 10 marcas de aguardentes, apresentou valores entre 20,08mg.100mL⁻¹ a 193,73mg.100mL⁻¹ de álcool anidro, com média em 59,6mg.100mL⁻¹ [cantão]. No entanto, outros autores medindo a concentração da acidez volátil para aguardentes de diferentes regiões de Minas Gerais apresentou valores médios que variaram de 38,87mg.100mL⁻¹ a 111,01mg.100mL⁻¹ de álcool anidro (Barcelos, 2006).

Na tabela 1 encontram-se apresentados os valores de acidez total no “vinho” e acidez volátil na cachaça, durante as cinco fermentações sucessivas nas repetições A, B e C.

Tabela 1: Correlação entre acidez total no “vinho” e acidez volátil na cachaça das repetições A, B e C.

Fermentação	Acidez total no “vinho” mg.100mL ⁻¹			Acidez volátil na cachaça mg.(100mL de a.a.) ⁻¹		
	Repetição A	Repetição B	Repetição C	Repetição A	Repetição B	Repetição C
1	317,73	345,8	307,9	26,41	29,4	23,5
2	361,2	364,6	378,9	32,9	36,81	42,7
3	378,9	377,8	380,6	47,7	46,4	48,4
4	421,9	427,4	432,4	69,1	71,7	73,9
5	559,2	567,5	580,2	137,82	137,76	135,2
Média	339,82	347,18	346,67	52,32	53,68	53,95
DP	185,91	188,02	192,75	47,75	47,33	46,89
CV(%)	54,71	54,16	55,6	91,26	88,18	86,92

Legenda: DP – Desvio Padrão; CV – Coeficiente de Variação.

Equações de correlação entre acidez total no “vinho” e acidez volátil na cachaça para as três repetições foram encontrados co-

eficientes de determinação elevados (superior a 0,99), indicando uma correlação muito forte entre as duas variáveis (Figura 1).

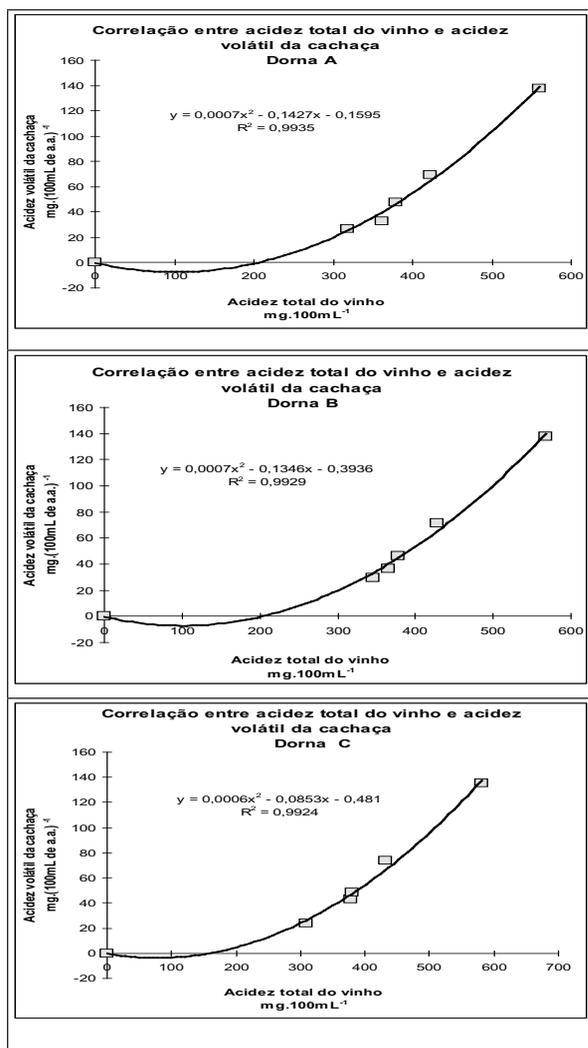


Figura 1: Correlação entre a acidez total no “vinho” e acidez volátil na cachaça nas dornas A, B e C.

Com os resultados encontrados para a acidez total no “vinho” e acidez volátil na cachaça, chegou-se às seguintes equações de correlação entre:

Dorna A ($y = 0,0007 x^2 - 0,1427 x - 0,1595$) com coeficiente de determinação R^2 igual a 0,9935;

Dorna B ($y = 0,0007 x^2 - 0,1346 x - 0,3936$) com coeficiente de determinação R^2 igual a 0,9929;

Dorna C ($y = 0,0006 x^2 - 0,0853 x - 0,481$) com coeficiente de determinação R^2 igual a 0,9924.

Evolução da correlação entre acidez total no “vinho” e acidez volátil na cachaça

Trabalhando agora com os valores médios de acidez total do “vinho” e acidez volátil da cachaça, já descrito anteriormente, chegou-se a seguinte equação para a correlação entre acidez total média no “vinho” e acidez volátil média na cachaça: $y = 0,0006 x^2 - 0,1196 x - 0,3443$ com coeficiente de determinação R^2 igual a 0,9937, indicando uma correlação muito forte entre as duas variáveis (Figura 2).

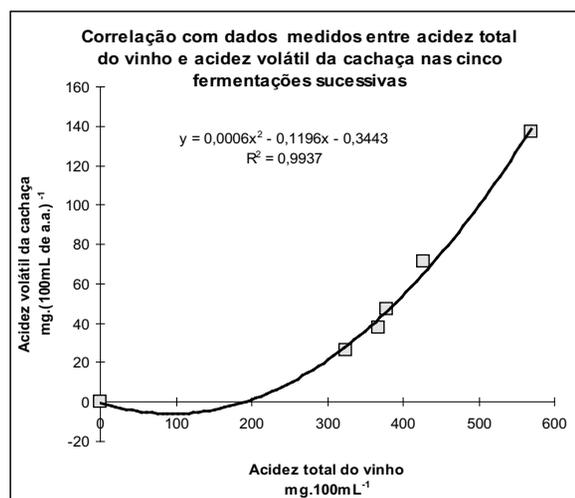


Figura 2: Correlação com dados médios entre acidez total no “vinho” e acidez volátil na cachaça nas cinco fermentações sucessivas.

Deste modo, com verifica-se com esta correlação positiva próxima à perfeição, evolução gráfica da acidez total média no “vinho” e acidez volátil média na cachaça nas cinco sucessivas fermentações das três replicatas, indicando uma reta positiva e também com uma inclinação positiva (Figura 3).

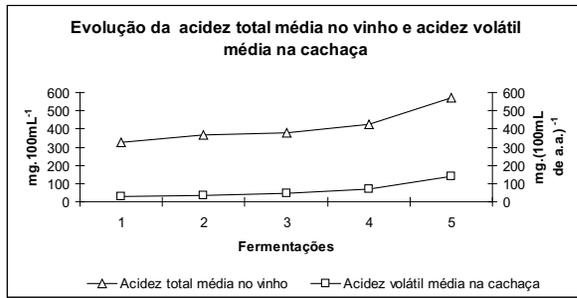


Figura 3: Evolução da acidez total média no “vinho” e acidez volátil média na cachaça.

Os valores apresentados estão dentro dos padrões de identidade e qualidade para cachaça máximo de 150mg*(100mL de álcool anidro)⁻¹ estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005b).

CONCLUSÕES

Os estudos desenvolvidos no presente trabalho mostram que é possível projetar a acidez volátil aproximada na cachaça, que na projeção dos dados por meio da equação $y = 0,0006 x^2 - 0,1196 x - 0,3443$, não poderá ocorrer com valores superiores a 610,06 mg.(100 mL no “vinho”)⁻¹, em decorrência de não atender a legislação vigente que limita em 150 mg.(100 mL de álcool anidro)⁻¹.

Os resultados obtidos nesta condição experimental indicam o volume médio de 116,72L de água para destilar 1L de cachaça, indicando a necessidade de reaproveitamento da água de refrigeração.

O desenvolvimento dessa equação é de extrema importância prática e científica, podendo, contudo, sofrer algumas alterações quando fora dos intervalos analisados, e também, quando ocorrer variação nas concentrações dos ácidos produzidos na fermentação e adoção de cortes em alambiques diferentes.

REFERÊNCIAS

BARCELOS, L. V. F. **Teores de carbamato de etila e outros componentes secundários em diferentes aguardentes produzidas em Minas Gerais.** 2006. Dissertação (Mestrado em ciência dos alimentos). Universidade Federal de Lavras.

BRASIL. Decreto Nº 4.062 de 21 de dezembro de 2001. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, página 4, 2001.

BRASIL. Decreto nº 4.851 de 02 de outubro de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, página 6, 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 13, de 29 de junho de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, página 3, 2005a.

BRASIL. Instrução Normativa nº 24, de 08 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, página 11, 2005b.

CANTÃO, F. de O. **Análises físico-químicas e avaliação da presença do cobre em aguardentes de cana por aluminossilicatos.** 2006. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) Universidade Federal de Lavras.

CARDOSO, M. das G. **Produção de Aguardente de Cana.** 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006.

CHERUBIN, R. A. **Efeitos da adição de benzoato de sódio na fermentação alcoólica para produção de aguardente de cana-de-açúcar (*Sacchaum ssp*).** 1998. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CLETO, F. V. G.; MUTTON, M. J. R. Rendimento e qualidade da aguardente de cana produzida utilizando fermento tratado com ácido e fubá de milho. **STAB**, Piracicaba, v.16, n.2, p. 38-40, 1997.

LIMA, U.A. Aguardentes. IN: AQUARONE, E.; LIMA, U.A.; BORZONI, W. COORD. **Biotecnologia Industrial: Alimentos e Bebidas produzidos por fermentação**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. V. S. p.145 – 182.

MASSON, J. **Parâmetros físico-químicos e cromatográficos em aguardentes de cana queimada e não queimadas**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Lavras.

NYKÄNEN, L.; NYKÄNEN, I. Rum flavour. In: PIGGOTT, J. R. **Flavour of distilled beverages: Origin and Development**. Flórida: Verlag Chemie Internacional, 1983.

OSHITA, D.; OLIVEIRA, A.P.; GOMES NETO, J.A.; MORAES, M. Determinação direta e simultânea de Al, As, Fe, Mn e Ni em cachaça por espectrometria de absorção atômica em forno de grafite. **Eclética Química**, Araçatuba, v.28, n.1, p. 91-96, 2003.

RECHE, R.V.; FRANCO, D.W. Distinção entre cachaças destiladas em alambiques e em colunas usando quimiometria. **Química Nova**, Jaboticabal, v.32, p.332-336, 2009.

REED, G. NAGODAWITHANA, T. W. **Yeast technology**. New York. 2ª ed. Van Nostrand Reinhold Book, 1991.