Ciência Téc. Vitiv. 14 (2), 55-66. 1999

INFLUÊNCIA DOS PRINCIPAIS ÁCIDOS DO VINHO NA ACIDEZ REAL (pH)

INFLUENCE DES PRINCIPAUX ACIDES DU VIN DANS L'ACIDITE REELLE (pH)

M.A. Silva Pato

Engenheiro Agrónomo

(Manuscrito recebido em 28.06.99. Aceite para publicação em 27.09.99)

RESUMO

O autor, partindo de estudos por ele feitos sobre a correcção da acidez dos mostos e dos vinhos, alarga-os à contribuição dada por cada um dos principais ácidos na formação da acidez real (pH).

Palavras-chave: Vinhos, Ácidos, pH

Môts-clés: Vins, Acides, pH

INTRODUÇÃO

O papel que os diferentes ácidos do vinho desempenham no seu equilíbrio fisico-químico tem sido grande preocupação de muitos autores.

Desde Von der Heide e Baragiola (1910) a Dutoix e Duboux (1912), Bremond (1937), Michod (1958), Berg e Keefer (1959), Nagel *et al.* (1975), Munyon e Nagel (1977), Castino (1977), Steele e Kunkee (1978), Pato (1971, 1976, 1982), entre outros, o equacionamento do papel dos principais ácidos do vinho na acidez real, tem sido objecto de continuados estudos.

O presente trabalho visa esclarecer determinadas dúvidas suscitadas por diferentes autores sobre o fundamento do equacionamento utilìzado nas publicações do autor sobre a correcção da acidez dos vinhos, e mostrar mesmo que este equacionamento pode atingir horizontes mais vastos do que os referidos até aqui, pois vai permitir-nos analisar a acção dos principais ácidos, utilizados ou não, nas correcções da acidez dos vinhos.

O fundamento dos trabalhos realizados pelo autor, baseou-se na asserção de que a curva de titutação da acidez total pode ser representada por uma recta no intervalo pH3 - pH4, o que veio a ser confirmado por Ribéreau-Gayon *et al.* (1976). Mais, estes autores mostram mesmo que se poderia ir um pouco mais longe, e considerar como uma recta a curva de titulacção até pH5 (Figura 1).

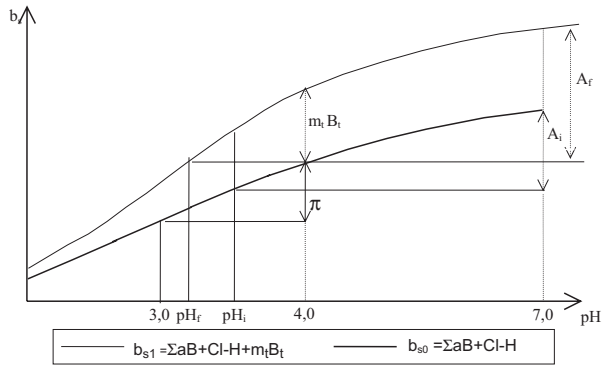


Fig. 1 - A adição de m_t mM/l de ácido tartárico. As duas curvas diferem m_t B_t mE do ácido utilizado.

L'adition de m_t mM/l d'acide tartrique.Les deux courbes ont une différence de m_t B_t mE.

Assente este facto, o qual aliás, se poderia prever da equação de Ricci (1952)

(1) $$b_s + H = \Sigma\, a\beta + a_s$$

onde se vê que *bs*, na zona de pH em referência, decresce linearmente à medida que *H* aumenta (pois é uma resultante da diferença de dois ramos parabólicos cujas curvaturas se compensam, linearizando a curva de *bs*), torna-se legítima a proposição de Pato (1971, 1976, 1982), nessa zona, uma vez que *bs* não é alterada pela adição de qualquer ácido *j*

(2) $$b_s = b_{so} = \pi^*(pH_i\text{-}3) = \pi^*(pH_f\text{ -}3) + m_j\beta_{jf}$$

e, portanto

(3) $$m_j = \pi^*(pH_i\text{-}pH_f) \,/\, \beta_{jf}$$

É esta expressão que fundamenta, não só os trabalhos da correcção da acidez dos vinhos com ácido tartárico ou com gêsso, como vai permitir alargar o estudo do equilíbrio iónico aos principais ácidos do vinho, na zona linear da curva de titulação da acidez total.

De facto, na expressão (3), sendo pH_i o pH inicial do vinho, pH_f o pH desse mesmo vinho após a adição de m_j mM de ácido, resta-nos determinar π e β_{jf}

para podermos calcular a variação pH_i-pH_f que m_j mM do ácido j introduz no vinho.

DETERMINAÇÃO DE π

Ora $\pi = db_s / dpH = tang\ \alpha$ é o poder tampão do vinho na parte linear da curva e pode ser obtido analiticamente (Pato, 1971, 1976, 1982), pois não é mais do que o número de mE de b_s, consumidos no intervalo pH3 - pH4.
As curvas da acidez total, antes e depois da adição de qualquer ácido j, apenas diferem, pontualmente, em $m_j\beta_{jf}$.
Determinado π, resta-nos considerar β_{jf}, que é o coeficiente de carga do ácido j a pH_f.
A interacção dos ácidos com a água é tanto mais completa, quanto o ácido é mais forte. O ácido clorídrico reage com a água de uma forma completa, isto é, liberta tantos mE de iões H^+, quantos mE deste ácido existem na água.

Por outro lado, os ácidos tartárico, málico, láctico e succínico (ácidos "mais fracos") reagem com a água de uma forma incompleta, isto é, o número de mE de H^+ libertados, é menor que o número de mE de ácido presentes.

A concentração de iões H^+, expressa por (H^+), constitui o que se chama "acidez real", a qual é traduzida pela notação logarítmica de Sörensen

(4) $$pH = -\log(H^+)$$

Brönsted deu uma definição mais correcta do equilíbrio ácido-base, embora, neste trabalho continuemos a usar, por comodidade, a notação antiga. Segundo Brönsted, um ácido é toda a partícula, em estado de carga arbitrária, capaz de ceder um protão. Desta forma, a designação de ácido ou base, onde há troca de protões, depende apenas do sentido da reação, a qual é sempre reversível.
Assim consideraremos equivalentes as equações

(5) $$(H_2O + H_2O) \leftrightarrow (H_3O^+) + (OH^-)$$

(6) $$(H_2O) \leftrightarrow (H^+) + (OH^-)$$

embora a (6) não exista. Utilizamos portanto (H^+) em substituição de (H_3O^+).

No equilíbrìo químico, um ácido monoprótico (ácido láctico, por exemplo) pode ser representado por

(7) $$(RH) \leftrightarrow (R^-) + (H^+), \text{ com}$$

(8) $$K_1 = (R^-) \,.\, (H^+) / (RH)$$

De (8), teremos que

(9) $$\log K_1 = \log (R^-) + \log (H^+) - \log (RH)$$

onde K_1 regula o equilíbrio reversível (7) e é tanto mais elevado quanto mais forte for o ácido,

e $-\log (H^+) + \log K_1 = \log (R^-) / \log(RH)$

Pondo, $-\log (H^+) = pH$ e $\log K_1 = -pK_1$, somos conduzidos à expressão

(10) $pH - pK_1 = \log (R^-)/(RH) = \log (R^-) - \log (RH)$

Fazendo $x = (R^-)$, $y = (RH)$, $r_1 = (R^-)/(RH)$ e $x+y = 1$, teremos

(11) $(R^-) = r_1/(1+r_1)$

(12) $(RH) = 1 / (1+r_1)$

Para um ácido ditrópico, teremos:

(13) $(RH_2) \leftrightarrow (RH^-) + (H^+)$
com $K_1 = (RH^-) . (H^+) / (RH_2)$

e ainda

$(RH^-) \leftrightarrow (R^{2-}) + (H^+)$
com $K_2 = (R^{2-}) . (H^+) / (RH^-)$

Fazendo agora $r_1 = (RH^-) / (RH_2)$ e $r_2 = (R^{2-}) / (RH^-)$

teremos, da mesma forma

(14) $(RH_2) = 1 / (1 + r_1 + r_1r_2)$

(15) $(RH^-) = r_1 / (1 + r_1 + r_1r_2)$

(16) $(R^{2-}) = r_1 r_2 / (1 + r_1 + r_1r_2)$

E para os ácidos tripróticos, teremos

(17) $(RH_3) = 1 / (1 + r_1 + r_1r_2 + r_1r_2r_3)$

(18) $(RH_2^-) = r_1 / (1 + r_1 + r_1r_2 + r_1r_2r_3)$

(19) $(RH^{2-}) = r_1r_2 / (1 + r_1 + r_1r_2 + r_1r_2r_3)$

(20) $(RH^{3-}) = r_1r_2r_3 / (1 + r_1 + r_1r_2 + r_1r_2r_3)$

com $r_1 = 10 \wedge (pH-pK_1)$, $r_2 = 10 \wedge (pH-pK_2)$ e $r_3 = 10 \wedge (pH-pK_3)$

CÁLCULO DOS COEFICIENTES DE CARGA

Agora já podemos calcular os coeficientes de carga β_{jf}, isto é, o número de protões com que cada ácido contribui para a acidez real a pH_f.
Assim:

1 - para ácidos monopróticos

(21) $\beta_{jf} = r_1 / (1 + r_1) = 10 \wedge (pH_f-pK_1) / (1+10\wedge(pH_f-pK_1)$

2 - para ácidos dipróticos

(22) $$\beta_{jf} = (r_1+2*r_1r_2) / (1+r_1+r_1r_2) =$$
$$=(10\text{^}(pH_f-pK_1)+2*10\text{^}(2*pH_f-(pK_1+pK_2))/$$
$$/(1+10\text{^}(pH_f-pK_1)+10\text{^}(2*pH_f-(pK_1+pK_2))$$

3 - para os ácidos tripróticos

(23) $$\beta_{jf} = (r_1+2*r_1r_2+3*r_1r_2r_3) / (1+r_1+r_1r_2+r_1r_2r_3)=$$
$$=(10\text{^}(pH_f-pK_1)+2*10\text{^}(2*pH_f-(pK_1+pK_2))+3*10\text{^}(3*pH_f-(pK_1+pK_2+pK_3))/$$
$$/(1+10\text{^}(pH_f-pK_1)+10\text{^}(2*pH_f-(pK_1+pK_2)+10\text{^}(3*pH_f-(pK_1+pK_2+pK_3)))$$

ESTABELECIMENTO DAS RESPECTIVAS EQUAÇÕES MATEMÁTICAS

Com as constantes químicas do Quadro I, com os valores de π e de β_{jf} vamos estabelecer as expressões que nos permitem avaliar a influência dos principais ácidos do vinho, isto é, dos que normalmente são utilizados nos balanços acidimétricos, na sua acidez real.

QUADRO I

Fórmulas e constantes químicas dos ácidos em estudo

Formules et constantes chimiques des acides en étude

Ácido tartárico	M=150	$pK_1 = 3.01$ $pK_2 = 4.25$
$COOH.CHOH.CHOH.COOH$		$pK_1 + pK_2 = 7.26$
Ácido cítrico, com 1 M de H_2O	M=210	$pK_1 = 3.09$ $pK_2 = 4.39$ $pK_3 = 5.74$
$CH_2.COOH$		
$COH.COOH$		$pK_1 + pK_2 + pK_3 = 13.22$
$CH_2.COOH . H_2O$		
Ácido málico	M=134	$pK_1 = 3.46$ $pK_2 = 5.05$
$CH_2.COOH.CHOH.COOH$		$pK_1 + pK_2 = 8.51$
Ácido láctico	M=90	$pK_1 = 3.81$
$CH_3.CHOH.COOH$		
Ácido succínico	M=118	$pK_1 = 4.18$ $pK_2 = 5.23$
$COOH.CH_2.CH_2.COOH$		$pK_1 + pK_2 = 9.41$
Ácido fosfórico	M=98	$pK_1 = 1.96$ $pK_2 = 6.70$ $pK_3 = 12.44$
H_3PO_4		$pK_1 + pK_2 + pK_3 = 21.1$
Ácido sulfiírico	M=98	$pK_1 = 1$ $pK_2 = 1.6$
H_2SO_4		$pK_1 + pK_2 = 2.6$
Ácido clorídrico		
HCl	M=36.5	$pK_1 < 1$

A partir da equações (3), (21), (22) e (23), vamos elaborar as expressões que nos permitirão calcular, com bastante precisão, o número de g/L, de qualquer dos ácidos, em referência, que introduz, no vinho, uma variação pH_i-pH_f (Quadro II).

QUADRO II

Expressões para o cálculo da quantidade (g/L) de cada um dos ácidos para introduzir uma variação de pH_i - pH_f

Expressions pour le calcul de la quantité (g/L) de chaqu'un des acides pour intoduire une variation de pH_i - pH_f

pH_i = I
pH_f = F
Ácido tartárico
g/L = 0.l5*(I-F)*π*(1+10^(F-3.01)+10^(2*F-7.26)/((10^(F-3.01)+2*10^(2*F-7.26))
Ácido citrico
g/L = 0.21*(I-F)*π*(1+10^(F-3.09)+10^(2*F-7.48)+10^(3*F-13.22)) / (10^(F-3.09)+2*10^(2*F-7.48)+3*10^(3*F-13.22))
Ácido málico
g/L = 0.134*(I-F)*π*(1+10^(F-3.46)+10^(2*F-8.51)/(10^(F-3.46)+2*10^(2*F-8.51))
Ácido láctico
g/L = 0.90*(I-F)*π*(1+10^(F-3.81)) / (10^(F-3.81))
Ácido succínico
g/L=0.118*(I-F)*π*(1+10^(F-4.18)+10^(2*F-9.41))/(10^(F-4.18)+2*10^(2*F-9.41))
Ácido fosfórico
g/L = 0.098*(I-F)*π*(1+10^(F-1.96)+10^(2*F-8.66)+10^(3*F-21.1))/(10^(F-1.96) +2*10^(2*F-8.66)+3*10^(3*F-21.1))
Ácido sulfúrico
g/L = 0.098*(I-F)*π *(1+10^(F-1)+10^(2*F-2.6)) / (10^(F-1)+2*10^(2*F-2.6))
Ácido clorídrico
g/L = 0.0365*(I.F)*π

Pato (1982), de acordo com as curvas de neutralização até pH7 (acidez total), determinou uma proporcionalidade entre a acidez total A e pH_i e o poder tampão

(24) $$\pi = f(A,pH_i) = (2.6*pH_i - 2.987)*A$$

onde A é expressa em g/L de ácido tartárico e que tem uma precisão bastante satisfatória.

Os valores π, a partir da equação (24), são dados no Quadro III, e as expressões matemáticas obtidas com (24) são dadas no Quadro IV.

QUADRO III

Valores do poder tampão do vinho (π) em função da acidez total e do pH_i

Valeurs du pouvoir tampon (π) en fonction de l'acidité totale et du pH_i

	Acidité totale A (g/L)							
pH_i	**3.0**	**4.0**	**5.0**	**6.0**	**7.0**	**8.0**	**9.0**	**10.0**
3.0	14.44	19.25	24.07	28.88	33.69	38.5	43.32	48.13
3.1	15.22	20.29	25.37	30.44	35.51	40.58	45.66	50.73
3.2	16.00	21.33	26.67	32.00	37.33	42.66	48.00	53.33
3.3	16.78	22.37	27.97	33.56	39.15	44.74	50.34	55.93
3.4	17.56	23.41	29.27	35.12	40.97	46.82	52.68	58.53
3.5	18.34	24.45	30.57	36.68	42.79	48.90	55.02	61.13
3.6	19.12	25.49	31.87	38.24	44.61	50.98	57.36	63.73
3.7	19.90	26.59	33.17	39.80	46.43	53.06	59.70	66.33
3,8	20.68	27.57	34.47	41.36	48.25	55.14	62.04	68.93
3.9	21.46	28.61	35.77	42.92	50.07	57.22	64.38	71.53
4.0	22.24	29.65	37.07	44.48	51.89	59.30	66.72	74.13
4.1	23.02	30.69	38.37	46.04	53.71	61.38	69.06	76.73
4.2	23.80	31.73	39.67	47.60	55.53	63.46	71.40	79.33

QUADRO IV

Expressões empregues com π estimado em função da acidez total A e de pHi

Formules employées avec π évalué en fonction de l'acidité totale A et de pH_i

π = f (A,Hi) = (2.6*pHi-2.987)*A

pH_i = I

pH_i = F

Ácido tartárico

g/L=0.15*(2.6*I-2.987)*A*(I-F)*(1+10^(F-3.01)+10^(2*F-7.26))/(10^(F-3.01)+ +2*10^(2*F-7.26))

Ácido cítrico

g/L=0.21*(2.6*I-2.987)*A*(I-F)*(1+10^(F-3.09)+10^(2*F-7.48)+10^(3*F- -13.22))/(10^(F-3.09)+29*10^(2*F-7.48)+3*10^(3*F-13.22))

Ácido málico

g/L=0.1341*(2.6*I-2.987)*A*(I-F)*((1+10^(F-3.46)+10^(2*F-8.51))/(10^(F-3.46)+2*10^(2*F-8.51))

Ácido láctico

g/L=0.096*(2.6*I-2.987)*A*(I-F)*((I-10^(F-3.81))/(10^(F-3.81))

Ácido succínico

g/L=0.118*(2.6*I-2.987)*A*(I-F)*((I+10^(F-4.18)+10^(2*F-9.41))/((10^(F-4.18)+2*10^(2*F-9.41))

Ácido fosfórico

g/L=0.098*(2.6*I-2.987)*A*(I-F)*((I+10^(F-1.96)+10^(2*F-8.66)+10^(3*F-21.1))/(10^(F-1.96)+2*10^(2*F-8.66)+3*10^(3*F-21.1))

Ácido sulfúrico

g/L=0.098*(2.6*I-2.987)*A*(I-F)*(I+10^(F-I)+10^(2*F-2.6))/(10^(F-I)+2*10^(2*F-2.6))

Ácido clorídrico

g/L=0.0365(2.6*I-2.987)*A*(I-F)

Foi com estas últimas que foram calculadas as Tabelas 1 (ácido tartárico), 2 (ácido málico), 3 (ácido láctico) e 4 (ácido cítrico) que apresentamos em anexo.

RÉSUMÉ

Influence des principaux acides du vin dans l'acidité réelle (pH)

En partant d'études sur la correction de 1'acidité des moûts et des vins, l'auteur fait une mise au point sur l'influence que les principaux acides ont dans la formation de l'acidité réelle (pH)

SUMMARY

Influence of the wine principal acids in the pH

The author taking out off papers about must and wines acid correction found a acid balance and threw light on certain aspects of hydrogen ion concentration (pH).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berg H.W., Keefer R.M., 1959. Analytical determination of tartrate stability in wine.II-Calcium tartrate. *Am. J.Enol.Vitic.,* **10**:105-109.

Brémond E., 1937. *Contribuition à l'étude analytique et physicochimique de l'acidité des vins.* These Sciences Alger.

Castino M., 1977. Su la disadificazione e l'acidificazione del vini. *Ann.del Instituto Sperimentale per l'Enologia,* **8**: 167-179.

Dutoix P., Duboux M., 1912. *L'Analyse des vins par volumétrie physico-chimique*. Rouge, Lausanne.

Michod. J, 1958. Nouvelles experiences sur la desacidification chimique des moûts et des vins blancs. *Rev.Romande d'Agric.de Vitic. et d'Arbonic,* **7**:55-57.

Munyon J.R., Nagel C.W., 1977. Comparison of methods of desadification of musts and wines. *Am. J. Enol. Vitic.,* **28** (2): 79-87.

Nagel. C.W., Johnson L.T., Carter G.H., 1975. Investigation of methods for adjusting the acidity of wines. *Am. J. Enol.Vitic.,* **26**(1): 12-17.

Pato M.A.S., 1971. O gêsso na correcção ácida dos mostos e dos vinhos. *Vin.Port.Doc.,* Série II, **5**(5):1-13.

Pato M.A.S., 1976. O ácido tartárico na correcção dos mostos e dos vinhos. *Vin.Port.Doc.,* Série II, **3**(4):1-25.

Pato M.A.S., 1982. Novos conceitos sôbre a correcção ácida dos mostos e dos vinhos. *Ciência Téc.Vitc.,* **1**(2): 55-82.

Ribéreau-Gayon J., Peynaud E., Sudraud P., Ribéreau-Gayon P., 1976. *Sciences et Techniques du Vin. Tome 1 - Analyse et Contrôle des Vins.* Dunod, Paris.

Ricci J.E., 1952. *Hydrogen Ion Concentration*. Princeton University Press, Princeton-New Jersey U.S.A.

Steele J.T., Kunkee R.E., 1977. Desacidification of must from Western U.S by the calcium double-salt precipitation process. *Am. J. Enol. Vitic*., **29** (3): 153-160.

TABELA 1 - ÁCIDO TARTÁRICO

	pHi / pHf	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
Acidez Total **4.0** g/l	**3.0**	0.57	1.20	1.88	2.63	3.43	4.29	5.21	6.18	7.22	8.31	9.47	10.6
	3.1		0.53	1.11	1.74	2.42	3.15	3.94	4.78	5.67	6.61	7.60	8.64
	3.2			0.49	1.03	1.62	2.25	2.93	3.65	4.42	5.24	6.10	7.01
	3.3				0.47	0.97	1.52	2.11	2.74	3.42	4.13	4.89	5.69
	3.4					0.44	0.92	1.44	2.08	2.59	3.22	3.89	4.60
	3.5						0.42	0.88	1.37	1.90	2.46	3.06	3.69
	3.6							0.41	0.85	1.32	1.82	2.35	2.92
	3.7								0.39	0.82	1.27	1.75	2.26
	3.8									0.38	0.79	1.23	1.69
Acidez Total **5.0** g/l	**3.0**	0.64	1.50	2.35	3.29	4.29	5.36	6.51	7.73	9.03	10.3	11.8	13.3
	3.1		0.66	1.39	2.18	3.03	3.94	4.93	5.98	7.09	8.27	9.5	10.8
	3.2			0.61	1.29	2.03	2.81	3.66	4.56	5.53	6.55	7.63	8.76
	3.3				0.59	1.21	1.90	2.64	3.43	4.28	5.16	6.11	7.11
	3.4					0.55	1.15	1.80	2.60	3.24	4.03	4.86	5.75
	3.5						0.53	1.10	1.71	2.38	3.08	3.83	4.61
	3.6							0.51	1.06	1.65	2.28	2.94	3.65
	3.7								0.49	1.03	1.59	2.19	2.83
	3.8									0.48	0.99	1.54	2.11
Acidez Total **6.0** g/l	**3.0**	0.85	1.80	2.82	3.95	5.15	6.44	7.82	9.27	10.8	12.4	14.2	16.0
	3.1		0.80	1.67	2.61	3.63	4.73	5.91	7.17	8.51	9.92	11.4	12.9
	3.2			0.74	1.55	2.43	3.38	4.40	5.48	6.63	7.86	9.15	10.5
	3.3				0.71	1.46	2.28	3.17	4.11	5.13	6.20	7.34	8.54
	3.4					0.66	1.38	2.16	3.12	3.89	4.83	5.84	6.90
	3.5						0.63	1.32	2.06	2.85	3.69	4.59	5.54
	3.6							0.62	1.28	2.85	2.73	3.53	4.38
	3.7								0.59	1.23	1.91	2.63	3.39
	3.8									0.57	1.19	1.85	2.54
Acidez Total **7.0** g/l	**3.0**	1.00	2.10	3.29	4.60	6.00	7.51	9.12	10.8	12.6	14.5	16.5	18.6
	3.1		0.93	1.94	3.05	4.24	5.51	6.90	8.37	9.92	11.5	13.3	15.0
	3.2			0.86	1.80	2.84	3.94	5.13	6.39	7.74	9.17	10.6	12.2
	3.3				0.82	1.70	2.66	3.69	4.80	5.99	7.23	8.56	9.96
	3.4					0.77	1.61	2.52	3.64	4.53	5.64	6.81	8.05
	3.5						0.74	1.54	2.40	3.33	4.31	5.36	6.46
	3.6							0.72	1.49	2.31	3.19	4.11	5.11
	3.7								0.68	1.44	2.22	3.06	3.96
	3.8									0.67	1.38	2.15	2.96
Acidez Total **8.0** g/l	**3.0**	1.14	2.39	3.76	5.25	6.68	8.58	10.4	12.3	14.4	16.6	18.9	21.3
	3.1		1.06	2.21	3.48	4.84	6.31	7.88	9.55	11.3	13.2	15.1	17.2
	3.2			0.99	2.07	3.24	4.50	5.86	7.31	8.85	10.4	12.2	14.0
	3.3				0.93	1.95	3.05	4.23	5.49	6.84	8.26	9.78	11.3
	3.4					0.89	1.85	2.28	4.00	5.18	6.45	7.78	9.20
	3.5						0.85	1.76	2.75	3.80	4.93	6.12	7.38
	3.6							0.81	1.69	2.63	3.64	4.71	5.84
	3.7								0.79	1.63	2.54	3.50	4.52
	3.8									0.76	1.58	2.45	3.38
Acidez Total **9.0** g/l	**3.0**	1.28	2.69	4.23	5.91	7.71	9.65	11.7	13.9	16.2	18.7	21.3	24.0
	3.1		1.19	2.49	3.91	5.45	7.10	8.87	10.7	12.7	14.8	17.0	19.4
	3.2			1.11	2.33	3.65	5.07	6.59	8.22	9.95	11.7	13.7	15.7
	3.3				1.05	2.19	3.43	4.75	6.18	7.69	9.30	11.0	12.7
	3.4					1.00	2.08	3.24	4.49	5.83	7.25	8.76	10.3
	3.5						0.95	1.98	3.09	4.28	5.54	6.88	8.30
	3.6							0.92	1.90	2.96	4.09	5.30	6.57
	3.7								0.88	1.84	2.85	3.94	5.09
	3.8									0.86	1.78	2.76	3.80

- *Para passar de pHi a pHf, adicionar x g/l de ácido tartárico.*

TABELA 2 - ÁCIDO MÁLICO

	pHi / pHf	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
Acidez Total **4,0** g/l	**3.0**	1.04	2.19	3.44	4.80	6.27	7.85	9.53	11.3	13.2	15.2	17.3	19.5
	3.1		0.92	1.94	3.04	4.24	5.52	6.89	8.36	9.91	11.5	13.2	15.1
	3.2			0.83	1.73	2.71	3.77	4.90	6.11	7.40	8.77	10.2	11.7
	3.3				0.75	1.56	2.44	3.39	4.40	5.48	6.62	7.83	9.11
	3.4					0.68	1.42	2.22	3.07	3.99	4.96	5.99	7.07
	3.5						0.63	1.31	2.04	2.82	3.65	4.54	5.47
	3.6							0.58	1.22	1.89	2.61	3.38	4.20
	3.7								0.55	1.14	1.77	2.45	3.16
	3.8									0.52	1.08	1.68	2.32
Acidez Total **5,0** g/l	**3.0**	1.30	2.74	4.30	6.00	7.84	9.85	11.9	14.1	16.5	19.9	21.6	24.4
	3.1		1.15	3.42	3.80	5.30	6.90	8.62	10.4	12.3	14.4	16.6	18.9
	3.2			1.03	2.16	3.39	4.71	6.13	7.64	9.25	10.9	12.7	14.6
	3.3				0.93	1.95	3.05	4.23	5.50	6.85	8.28	9.76	11.3
	3.4					0.85	1.78	2.77	3.84	4.98	6.20	7.48	8.84
	3.5						0.78	1.63	2.55	3.52	4.56	5.67	6.84
	3.6							0.73	1.52	2.36	3.27	4.23	5.24
	3.7								0.62	1.43	2.22	3.31	3.96
	3.8									0.65	1.35	2.31	2.89
Acidez Total **6,0** g/l	**3.0**	1.66	3.28	5.16	7.21	9.41	11.7	14.2	16.9	19.8	22.8	25.9	29.3
	3.1		1.39	2.91	4.56	6.35	8.28	10.3	12.5	14.8	17.3	19.9	22.6
	3.2			1.24	2.60	4.07	5.65	7.35	9.17	11.1	13.1	15.3	17.5
	3.3				1.12	2.94	3.66	5.08	6.60	8.21	9.93	11.7	13.6
	3.4					1.02	2.13	3.33	4.61	5.98	7.43	8.98	10.6
	3.5						0.94	1.96	3.06	4.23	5.48	6.80	8.21
	3.6							0.88	1.82	2.84	3.92	5.07	6.29
	3.7								0.82	1.71	2.66	3.67	4.75
	3.8									0.78	1.62	2.52	3.47
Acidez Total **7,0** g/l	**3.0**	1.82	3.83	6.02	8.41	10.9	13.7	16.6	19.8	23.1	26.6	30.3	34.1
	3.1		1.62	3.39	5.32	7.41	9.66	12.0	14.6	17.3	20.2	23.2	26.4
	3.2			1.45	3.03	4.74	6.60	8.58	10.7	12.9	15.3	17.8	20.5
	3.3				1.31	2.73	4.27	5.92	7.70	9.58	11.5	13.7	15.9
	3.4					1.19	2.49	3.88	5.38	6.97	8.67	19.4	12.3
	3.5						1.10	2.29	3.57	4.93	6.39	7.94	9.57
	3.6							1.02	2.13	3.31	4.57	5.92	7.34
	3.7								0.96	2.00	3.10	4.28	5.54
	3.8									0.91	1.89	2.94	4.05
Acidez Total **8,0** g/l	**3.0**	2.08	4.38	6.89	9.61	12.5	15.6	19.0	22.6	26.4	30.4	34.6	39.0
	3.1		1.85	3.88	8.08	8.47	11.0	13.7	16.7	19.8	23.1	26.5	30.2
	3.2			1.65	3.41	5.42	7.54	9.81	12.2	14.8	17.5	20.4	23.4
	3.3				1.49	3.12	4.88	6.77	8.79	10.9	13.2	15.6	18.2
	3.4					1.36	2.84	4.44	6.15	7.97	9.91	11.9	14.1
	3.5						1.26	2.61	4.07	5.64	7.30	9.07	10.9
	3.6							1.17	2.43	3.78	5.23	6.76	8.39
	3.7								1.10	2.28	3.55	4.90	6.33
	3.8									1.04	2.16	3.36	4.63
Acidez Total **9,0** g/l	**3.0**	2.34	4.92	7.75	10.8	14.1	17.6	21.4	25.4	29.7	34.2	38.9	43.9
	3.1		2.08	4.36	6.84	9.53	12.4	15.5	18.8	22.3	26.0	29.9	34.0
	3.2			1.86	3.89	6.10	8.48	11.0	13.7	16.6	19.7	22.9	26.3
	3.3				1.68	3.51	5.49	7.62	9.89	12.3	14.9	17.6	20.5
	3.4					1.53	3.20	4.99	6.91	8.97	11.1	13.4	15.9
	3.5						1.41	2.94	4.58	6.34	8.22	10.2	12.3
	3.6							1.32	2.73	4.26	5.88	7.61	9.44
	3.7								1.24	2.57	3.99	5.51	7.12
	3.8									1.17	2.43	3.78	5.21

- *Para passar de pHi a pHf, adicionar x g/l de ácido Málico.*

TABELA 3 - ÁCIDO LÁCTICO

	pHi / pHf	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
Acidez Total **4.0** g/l	**3.0**	1.36	2.86	4.50	6.28	8.20	10.2	12.4	14.8	17.2	19.9	22.6	25.5
	3.1		1.18	2.47	3.87	5.40	7.03	8.78	10.6	12.6	14.7	16.9	19.2
	3.2			1.02	2.14	3.35	4.66	6.06	7.55	9.15	10.8	12.6	14.4
	3.3				0.89	1.86	2.92	4.05	5.26	6.54	7.91	9.36	10.8
	3.4					0.79	1.64	2.56	3.54	4.60	5.72	6.90	8.16
	3.5						0.70	1.45	2.26	3.13	4.06	5.04	6.08
	3.6							0.63	1.30	2.03	2.80	3.62	4.49
	3.7								0.57	1.18	1.83	2.53	3.27
	3.8									0.52	1.06	1.68	2.91
Acidez Total **5.0** g/l	**3.0**	1.70	3.58	5.63	7.86	10.2	12.8	15.5	18.5	21.6	24.8	28.3	31.9
	3.1		1.47	3.09	4.84	6.74	8.74	10.9	13.3	15.7	18.4	21.1	24.0
	3.2			1.28	2.67	4.19	5.82	7.57	9.44	11.4	13.5	15.7	18.1
	3.3				1.12	2.33	3.64	5.06	6.57	8.18	9.89	11.7	13.6
	3.4					0.98	2.05	3.20	4.43	5.75	7.15	8.63	10.2
	3.5						0.87	1.82	2.83	3.92	5.07	6.30	7.60
	3.6							0.78	1.63	2.53	3.50	4.53	5.62
	3.7								0.71	1.47	2.29	3.16	4.08
	3.8									0.65	1.35	2.10	2.89
Acidez Total **6.0** g/l	**3.0**	2.04	4.29	6.76	9.43	12.3	15.4	18.7	22.2	25.9	29.8	33.9	38.3
	3.1		1.76	3.70	5.81	8.09	10.5	13.1	15.9	18.9	22.0	25.3	28.8
	3.2			1.53	3.21	5.02	6.98	9.09	11.3	13.7	16.2	18.9	21.7
	3.3				1.34	2.80	4.37	6.07	7.88	9.82	11.8	14.0	16.3
	3.4					1.18	2.46	3.84	5.32	6.90	8.58	10.3	12.2
	3.5						1.05	2.18	3.40	4.70	6.09	7.56	9.12
	3.6							0.94	1.95	3.04	4.20	5.43	6.74
	3.7								0.85	1.77	2.75	3.79	4.90
	3.8									0.78	1.62	2.52	3.47
Acidez Total **7.0** g/l	**3.0**	2.38	5.01	7.88	11.0	14.3	17.9	21.8	25.9	30.2	34.8	39.6	44.7
	3.1		2.06	4.32	6.78	9.44	12.3	15.3	18.6	22.0	25.7	29.6	33.6
	3.2			1.79	3.74	5.86	8.15	10.6	13.2	16.0	18.9	22.0	25.3
	3.3				1.56	3.26	5.10	7.08	9.20	11.4	13.8	16.3	19.0
	3.4					1.38	2.87	4.48	6.20	8.04	10.0	12.0	14.2
	3.5						1.22	2.54	3.96	5.48	7.10	8.82	10.6
	3.6							1.10	2.28	3.54	4.90	6.34	7.86
	3.7								0.99	2.06	3.21	4.42	5.72
	3.8									0.91	1.89	2.93	4.04
Acidez Total **8.0** g/l	**3.0**	2.72	5.73	9.01	12.5	16.4	20.5	24.9	29.6	34.5	39.8	45.3	51.1
	3.1		2.35	4.94	7.75	10.7	14.0	17.5	21.2	25.2	29.4	33.8	38.5
	3.2			2.04	4.28	6.70	9.31	12.1	15.1	18.2	21.9	25.2	28.9
	3.3				1.79	3.73	5.83	8.09	10.5	13.0	15.8	18.7	21.7
	3.4					1.57	1.28	5.12	7.09	9.19	11.4	13.8	16.3
	3.5						1.40	2.91	4.53	6.27	8.12	10.0	12.1
	3.6							1.25	2.60	4.05	5.60	7.24	8.99
	3.7								1.14	2.36	3.66	5.06	6.54
	3.8									1.04	2.16	3.35	4.62
Acidez Total **9.0** g/l	**3.0**	3.06	6.44	10.1	14.1	18.4	23.1	28.0	33.3	38.8	44.7	50.9	57.5
	3.1		2.65	5.55	8.72	12.1	15.8	19.7	23.9	28.4	33.1	38.0	43.3
	3.2			2.30	4.81	7.54	10.4	13.6	17.0	20.5	24.3	28.3	32.6
	3.3				2.01	4.19	6.56	9.10	11.8	14.7	17.8	21.0	24.5
	3.4					1.77	3.69	5.75	7.97	10.3	12.8	15,5	18.3
	3.5						1.57	3.27	5.10	7.05	9.13	11.3	13.6
	3.6							1.41	2.93	4.56	6.30	8.15	10.1
	3.7								1.28	2.65	4.12	5.69	7.35
	3.8									1.17	2.43	3.77	5.20

- *Para passar de pHi a pHf, adicionar x g/l de ácido Láctico.*

TABELA 4 - ÁCIDO CÍTRICO

	pHi / pHf	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
Acidez Total **4.0** g/l	**3.0**	0.89	1.88	2.96	4.13	5.39	6.74	8.19	9.43	11.3	13.0	14.8	15.7
	3.1		0.82	1.73	2.71	3.78	4.92	6.15	7.46	8.84	10-	11.8	13.4
	3.2			0.77	1.60	2.51	3.49	4.54	5.66	6.85	8.12	9.45	10.8
	3.3				0.72	1.50	2.34	3.25	4.22	5,26	6.36	7.53	8.75
	3.4					0.68	1.41	2.21	3.06	3.97	4.93	5,96	7.04
	3.5						0.65	1.34	2.09	2.90	3.75	4.66	5.62
	3.6							0.62	1.28	2.00	2.76	3.57	4.44
	3.7								0.59	1.23	1.92	2.65	3.42
	3.8									0.57	1.19	1.85	2.55
Acidez Total **5.0** g/l	**3.0**	1.12	2.35	3.70	5.16	6.74	8.43	10.2	12.1	14.1	16.3	18.6	20.9
	3.1		1.03	2.16	3.39	4,72	6.15	7.69	9.32	11.0	12.8	14.8	16.8
	3.2			0.96	2.00	3.14	4.36	5.68	7.08	8.57	10.1	11.8	13.5
	3.3				0.90	1.87	2.93	4.07	5.28	6.58	7.95	9.41	10.9
	3.4					0.85	1.77	2.76	3.82	4.96	6.17	7.45	8.80
	3.5						0.81	1.68	2.62	3.62	4.69	5.83	7.03
	3.6							0.77	1.61	2.50	3.45	4.47	5.54
	3.7								0.74	1.54	2.40	3.31	4.28
	3.8									0.72	1.49	2.31	3.18
Acidez Total **6.0** g/l	**3.0**	1.34	2.82	4.44	6.19	8.09	10.1	12.2	14.5	17.0	19.6	22.3	25.1
	3.1		1.24	2.59	4.07	5.67	7.39	9.22	11.1	13.2	15.4	17.7	20.2
	3.2			1.15	2.40	3.77	5.23	6.81	8.49	10.2	12.1	14.1	16.2
	3.3				1.08	3.25	3.52	4.88	6.34	7.89	9.54	11.2	12.1
	3.4					1.02	2.12	3.31	4.59	5.95	7.40	8.94	10.5
	3.5						0.97	2.01	3.14	4.35	5.63	6.99	8.43
	3.6							0.93	1.93	3.00	4.14	5.36	6.65
	3.7								0.89	1.85	2.88	3.97	5.13
	3.8									0.86	1.78	2.77	3.82
Acidez Total **7.0** g/l	**3.0**	1.57	3.29	5.18	7.23	9.43	11.8	14.3	17.0	19.8	22.8	26.0	29.3
	3.1		1.44	3.02	4.75	6.61	8.62	10.7	13.0	15-	18.0	20.7	23.5
	3.2			1.34	2.80	4.39	6.11	7.95	9.91	12.0	14.2	16.5	19.0
	3.3				1.26	2.62	4.10	5.69	7.40	9.21	11.1	13.1	15.3
	3.4					1.19	2.47	3.86	5.35	6.94	8.63	10.4	12.3
	3.5						1.13	2.35	3.66	5.07	6.57	8.16	9.84
	3.6							1.08	2.25	3.50	4.83	6.25	7.76
	3.7								1.04	2.16	3.36	4.63	5.99
	3.8									1.00	2.08	3.23	4.46
Acidez Total **8.0** g/l	**3.0**	1.79	3.76	5.92	8.26	10.7	13.4	16.3	19.4	22.7	26.1	29.7	33.5
	3.1		1.65	3.46	5.43	7.54	9.85	12.3	14.9	17.6	20.6	23.7	26.9
	3.2			1.53	3.20	5.02	6.98	9.08	11.3	13.7	16.2	18.9	21.7
	3.3				1.44	3.00	4.69	6.51	8.45	10.5	12.7	15.0	17.5
	3.4					1.36	2.83	4.41	6.12	7.93	9.87	11.9	14.0
	3.5						1.29	2.69	4.19	5.79	7.51	9.32	11.2
	3.6							1.24	2.57	4.00	5.52	7.15	8.87
	3.7								1.19	2.47	3.84	5.29	6.84
	3.8									1.15	2.38	3.69	5.09
Acidez Total **9.0** g/l	**3.0**	2.01	4.23	6.66	9.29	12.1	15.1	18.4	21.8	26.5	29.4	33.4	37.7
	3.1		1.85	3.89	6.10	8.50	11.0	13.8	16.7	19.8	23.1	26.6	30.3
	3.2			1.72	3.61	5.65	7.85	10.2	12.7	15.4	18.2	21.2	24.4
	3.3				1.61	3.37	5,27	7.32	9.51	11.8	14.3	16.9	19.7
	3.4					1.53	3.18	4.97	6.88	8.93	11.1	13.4	15.8
	3.5						1.45	3.08	4.71	6.52	8.44	10.4	12.6
	3.6							1.39	2.89	4.50	6.21	8.04	9.98
	3.7								1.34	2.78	4.31	5.96	7.70
	3.8									1.29	2.68	4.16	4.73

Para passar de pHi a pHf, adicionar x g/l de ácido Cítrico.