

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA NA AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO COM AMOSTRADORES DE CONTÊINERES RÍGIDOS

Álvaro José Back¹; Walszon Terllizzie Araújo Lopes²

ABSTRACT – When collecting suspended sediment samples by vertical integration using sediment samplers with rigid containers (bottles), the compression depth limit must be observed. In the diagrams for determining transit rate for sediment sampling presented in the various related publications by the Federal Interagency Sedimentation Project (FISP), atmospheric pressure at mean sea level is considered. The present study evaluated the effect of the correction of atmospheric pressure based on the altitude of the site in the sampling times. Altitudes of 0, 400, 800 and 1,200 m were considered, containers of 473 mL (1 pint), 946 mL (1 quarter) and 1,000 mL (liter) and nozzles of different diameters (1/8", 3/16", 1/4 "and 5/16"). The results showed that the maximum sampling depth varies with altitude, with values of 4.57 m, 4.33 m, 4.13 m and 3.94 m, respectively. It was also observed that at higher altitudes, the compression limit becomes more limiting than the minimum sample volume at lower depths. However, this change implies a reduction in the minimum sampling time of less than 10% if the value at mean sea level is considered.

Palavras-Chave – sedimentometria, sedimentos em suspensão, tempos de amostragem.

1 - INTRODUÇÃO

Os equipamentos usados na coleta de amostras para determinar a concentração de sedimentos em suspensão por integração na vertical podem ser divididos em duas categorias gerais: aqueles que usam contêineres rígidos (garrafas) e aqueles que usam contêineres flexíveis (sacos).

Os amostradores usando contêiner rígido são limitados à profundidade de 15 pés (4,60 m) ou menos, dependendo do diâmetro bico do amostrador e do volume do contêiner. Os métodos de amostragem e os equipamentos utilizados na amostragem da mistura água e sedimentos devem permitir que a amostra coletada represente a variabilidade espacial do fluxo de sedimentos

1) Epagri, Rodovia SC 108, km 353 nº 1563, Bairro da Estação, CEP 88840-000, Urussanga, SC, e-mail: ajb@epagri.sc.gov.br, fone (48)3043-1382

2) Agência Nacional de Águas (ANA). Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Bloco L, Sala 115. CEP: 70.610-200. Brasília/DF. E-mail: walszon@ana.gov.br. Fone: 61-2109-5476

na seção transversal. Também é importante que o equipamento utilizado seja capaz de coletar uma amostra da mistura água e sedimento sem alterar a direção e o módulo da velocidade de escoamento no momento da coleta (Edwards e Glysson, 1999). Os equipamentos tradicionais têm como princípio que a amostragem ocorre de forma isocinética, isto é, que a velocidade de entrada de água no bico seja igual a velocidade do fluxo. Os amostradores de sedimentos em suspensão desenvolvidos no âmbito do *Federal Interagency Sedimentation Project* (FISP), desde que utilizados corretamente, garantem que as amostragens sejam realizadas de maneira isocinética dentro de uma margem de tolerância em torno de 10%.

Entende-se por velocidade de trânsito (VT) a velocidade de descida ou de subida do equipamento na amostragem por integração vertical. A Razão de Trânsito (RT) é a relação entre a VT e a velocidade média da água na vertical de amostragem (V), ou seja: $RT = VT/V$. A razão de trânsito (RT) a ser adotada deve obedecer a quatro limites. O primeiro limite considera que a RT deve ser rápida o suficiente para que o contêiner não fique cheio demais. O segundo limite considera que a RT deve ser lenta o suficiente para permitir coletar um volume mínimo de sedimentos para permitir as análises laboratoriais necessárias. Esses dois limites dependem da velocidade do escoamento, do diâmetro do bico e, respectivamente, do volume máximo e mínimo da amostra. O terceiro limite considera que a RT deve ser lenta o suficiente para não que o ângulo de inclinação do equipamento não exceda o limite permissível e a amostragem seja isocinética. O limite da RT para o bico com diâmetros 1/8" é 20% da velocidade média ($0,20V$) e para os bicos com diâmetro 3/16" ou 1/4" o limite da RT é 40 % da velocidade média ($0,40 V$).

O quarto limite considera que a RT deve ser lenta para não exceder o limite de compressão de ar no recipiente. Se a velocidade de trânsito for muito alta, a taxa de redução do volume de ar dentro da garrafa do amostrador será menor que a taxa de aumento da pressão hidrostática ao seu redor, dificultando a entrada de água pelo bico do amostrador, ou dificultando a saída de ar pelo exaustor. Velocidade de trânsito excessiva também pode fazer com que a velocidade de passagem de água sedimento através do bico do amostrador seja menor que a velocidade de água ao redor do mesmo, devido a inclinação do amostrador, provocando a amostragem de modo não isocinética. Esse limite varia com o volume do recipiente, diâmetro do bico, perfil de velocidade e com a pressão atmosférica.

Esses limites são representados por gráficos específicos de acordo com o volume do recipiente e diâmetro do bico. No entanto, nos cálculos foram considerados a pressão atmosférica ao nível médio do mar (NMM). Com a utilização de programas para cálculos, como o HidroSedimentos (EPAGRI, 2013), pode-se incluir a correção da pressão atmosférica nos cálculos dos tempos de amostragem. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito dessa correção nos cálculos dos tempos de amostragem.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Para os cálculos dos valores dos limites de compressão foram considerados as equações propostas por Edward e Glysson (1970) dadas por:

$$\frac{RT}{VM} = \frac{A_n r_b h_1}{V_1} \quad (1)$$

$$\frac{RT}{VM} = \frac{A_n r_s h_1}{V_1} \quad (2)$$

$$d_c = \frac{h_1 (r_s - r_b)}{r_b + 1} \quad (3)$$

Sendo A_n a área de entrada do bico; h_1 a pressão atmosférica na superfície da água (34 pés ao nível do mar); r_b a velocidade relativa próximo ao fundo ($r_b = 0,5$); r_s a velocidade relativa na superfície ($r_s = 1,16$); d_c a profundidade na vertical onde o limite de compressão inferior é igual a compressão na superfície, V_1 é a volume do recipiente. Mais detalhes podem ser obtidos em FISP (1952) e em ANA (2019).

A pressão atmosférica foi calculada equação apresentada por Allen et al. (1998), dada por :

$$h_1 = 101,3 \left(\frac{(273+T) - 0,0065Z}{(273+T)} \right)^{5,26} \quad (4)$$

sendo h_1 [kPa] a pressão atmosférica; T [°C] a temperatura do ar; Z [m] a altitude do local. No presente estudo foi considerada a temperatura de 20°C.

Foram usados os dados dos bicos de diversos diâmetros (1/8", 3/16", 1/4" e 5/16"), respectivamente com diâmetros de 3,175; 4,762; 6,350 e 7,9375 mm. Para recipiente foram considerados as garrafas de 473 mL (1 *pint*), nos amostradores DH-48, DH-59, w D-49, geralmente usados no Brasil. Também foram usados os recipientes de 946 mL (1 *quarter*) e 1.000 mL (liter), usado no amostrador US DH-81 (FISP, 2020), dentre outros (Tabela 1). Os valores de volume máximo e mínimo usados foram os indicados pelo FISP.

Tabela 1 - Dados dos recipientes usados no estudo.

Recipiente	Volume do recipiente (mL)	Volume da amostra (mL)	
		máximo	mínimo
<i>Pint</i>	473	420	300
<i>Quarter</i>	946	800	600
<i>Liter</i>	1215*	1000	800

*Incluindo o volume do CAP US D-77 PF

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pressão atmosférica calculada com a Equação (4) para as diferentes altitudes constam na Tabela 2. A pressão atmosférica média ao NMM é de 101,3 kPa, que equivale a 33,89 ft h₂O (pés de coluna d'água). Esse valor foi aproximado para 34 ft h₂O nos cálculos apresentados por Edwards e Glysson (1999) e usados como referências nos manuais de operação dos equipamentos do FISP (Davis, 2005). Com essa pressão atmosférica, a profundidade máxima de amostragem em amostradores rígidos é de 15 ft, que convertendo para o Sistema Internacional corresponde a 4,57 m. No entanto, considerando altitudes maiores, a redução da pressão atmosférica implica em redução na profundidade máxima de amostragem. Para altitudes de 400 m, a redução na profundidade máxima seria de 0,24 m, valor que pode ser considerado não significativo, dado as incertezas nas medições de campo. No entanto, para altitudes de 1200 m, a profundidade máxima de amostragem é de 3,94 m. Assim, pode-se inferir que para as regiões de maior altitude, como Brasília (1.100m), por exemplo, a correção da pressão atmosférica nos cálculos dos tempos de amostragem é um fator que aumenta a qualidade do trabalho.

Tabela 2 - Pressão atmosférica e profundidades máximas de amostragem.

Altitude (m)	Pressão atmosférica		Profundidade máxima de amostragem		
	(kPa)	(ft h ₂ O)	(m)	(ft)	(m)
0	101,3	33,89 (34)*	10,33	14,96 (15)*	4,57
400	96,6	32,34	9,86	14,23	4,33
800	92,2	30,85	9,40	13,57	4,13
1200	87,9	29,41	8,96	12,93	3,94

*Valor considerado nos trabalhos de Edwards e Glysson (1999)

A pressão atmosférica interfere diretamente no limite de compressão (Equações 1 a 3), e para a coleta de amostra de forma isocinética deve-se manter a razão de trânsito dentro dos limites indicados pelas Figuras 1 e 2. Para o bico de diâmetro de 1/8" a razão de trânsito encontra o limite de inclinação dado pelo RT de 0,2 (Figura 1A). Para os demais bicos o limite do ângulo de inclinação é para RT de 0,4 (Figura 2B e 2C). No recipiente de 1 pint com bico de diâmetros de 5/16" o limite de compressão ocorre para valores de razão de trânsito acima de 0,40, e assim prevalece o limite do ângulo de inclinação (RT =0,4). Assim, não foi apresentada a figura para bico 5/16" para o recipiente pint.

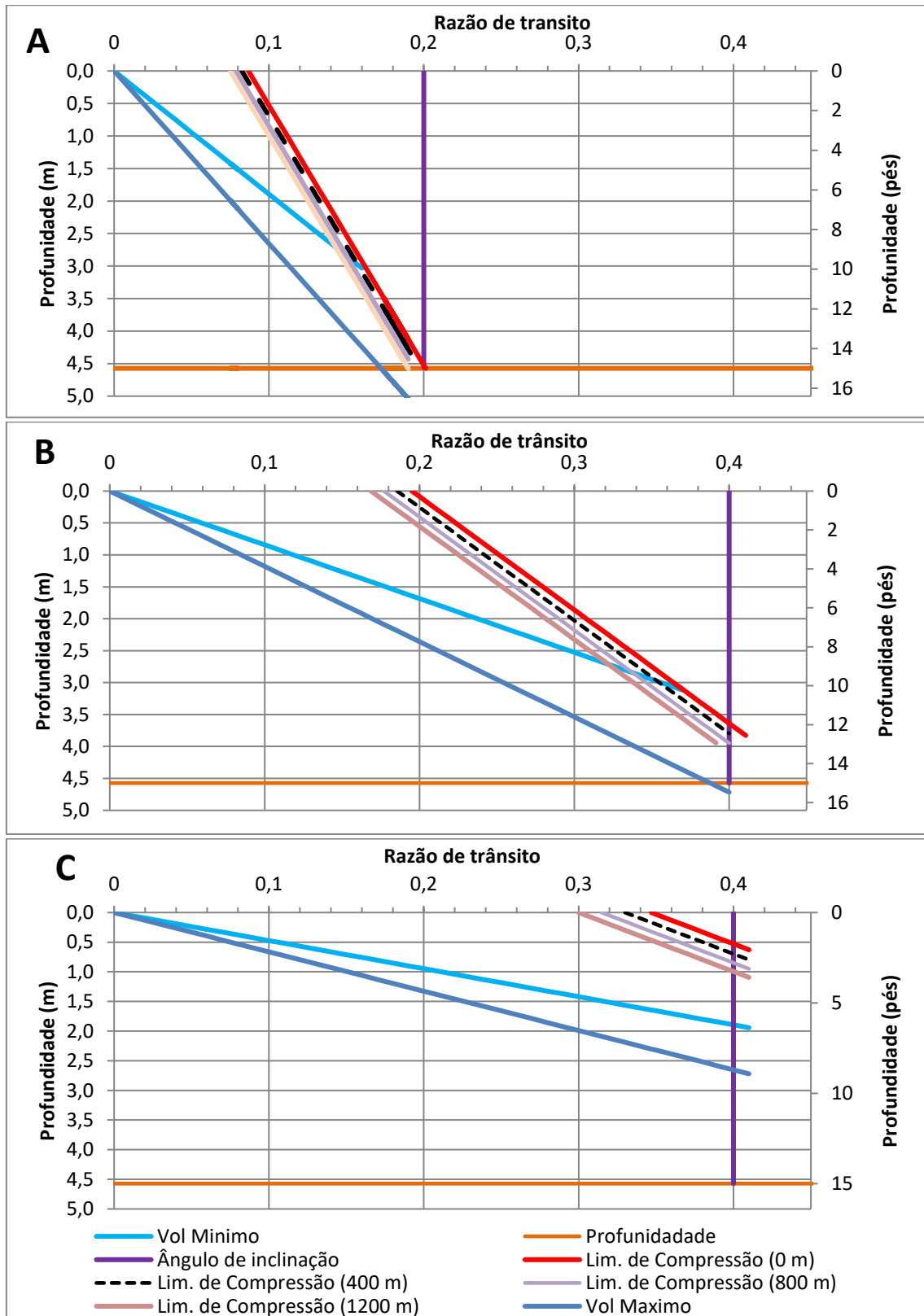


Figura 1 - Razão de trânsito para a recipiente pint e bico de 1/8" (A), 3/16" (B) e 1/4" (C).

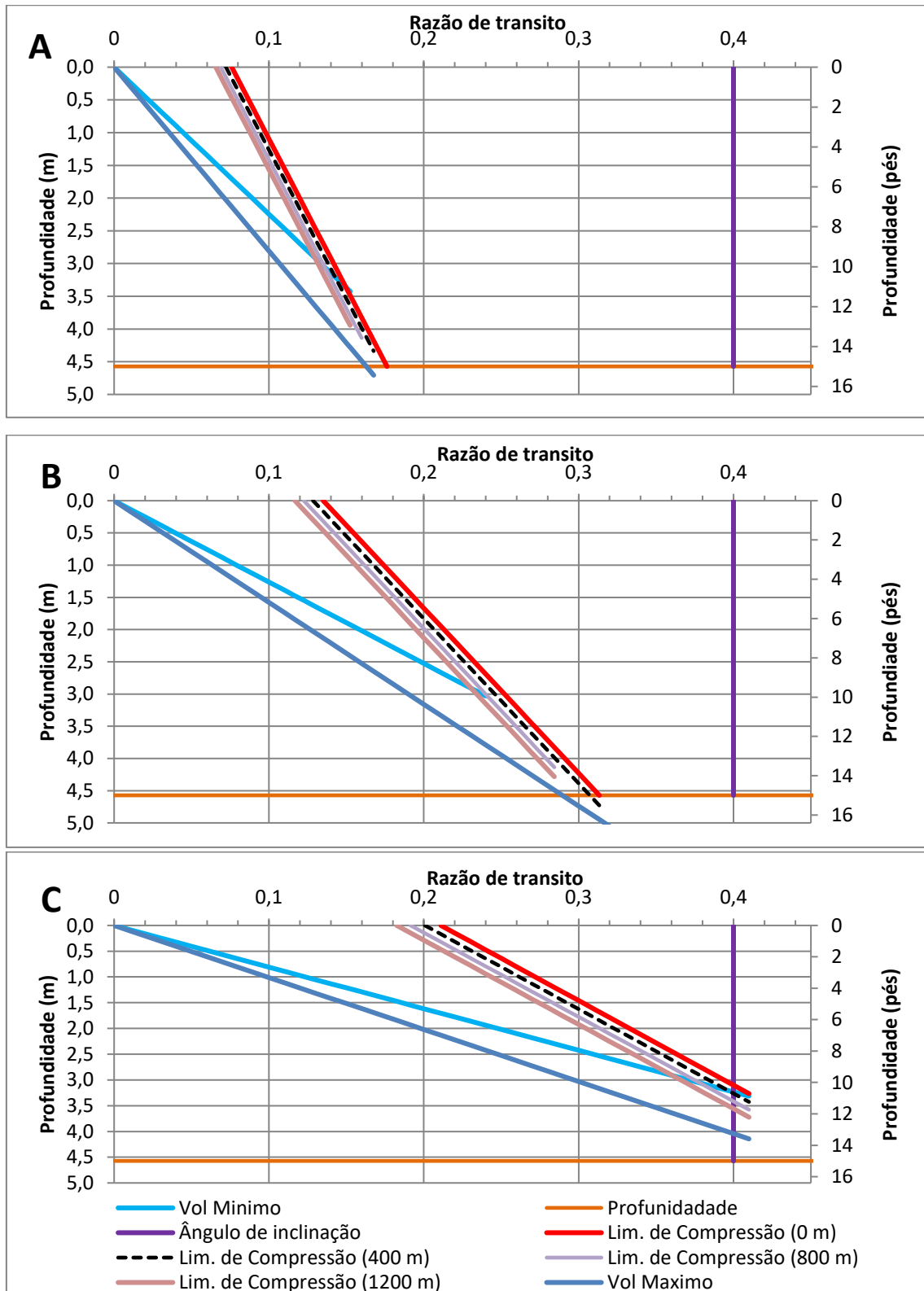


Figura 2 - Razão de trânsito para US DH-81 e bico de 3/16" (A), 1/4" (B) e 5/16" (C).

A recomendação é manter a razão de trânsito dentro dos limites definidos pelos volumes máximos e mínimos, respectivamente destacados em cor azul escuro e azul claro nas Figuras 1 e 2. Observa-se na Figura 1 que, para o recipiente de 473 mL (1 *pint*), o limite de compressão passa a definir o tempo mínimo de amostragem para profundidades maiores que 3,13 m (Tabela 3), quando considerada a pressão ao NMM. Para as altitudes de 400, 800 e 1200 m esse limite ocorre respectivamente nas profundidades de 2,98 m 2,84 m e 2,71 m. Para o bico de 1/4" o limite de compressão não se sobrepõe aos limites dados pelo volume máximo e mínimo (Figura 1C).

Tabela 3 - Profundidade de intercessão das linhas de volume mínimo e limite de compressão.

Recipiente	Altitude (m)			
	0	400	800	1200
<i>Pint</i> (473 mL)	3,13	2,98	2,84	2,71
<i>Quarter</i> (946 mL)	3,66	3,49	3,33	3,18
US-DH81 (1215 mL)	3,36	3,21	3,06	2,91

Para o amostrador US DH-81 na altitude 0 m (NMM), o limite de compressão é mais restritivo que o limite de volume mínimo a partida profundidade de 3,36 m. Para altitudes maiores esse limite ocorre em menores profundidades, sendo de 2,91 m para altitudes e 1200 m. Para o bico 5/16" em altitudes de até 400 m a razão de transito é limitada pelo limite do ângulo de inclinação $RT = 0,4$) antes que pelo volume mínimo (Figura 2C)

Na Tabela 4 encontram-se os valores de tempo mínimo e máximo de amostragem para a profundidade de 3,5 m e velocidade de 1,0 m/s. Observa-se que as diferenças nos tempos mínimos de amostragem entre as altitudes 0 e 1200 m é inferior a 10%. Importante considerar que no trabalho de campo procura-se trazer maior volume da amostra e, dessa forma, a tendência é coletar a amostra com tempo de amostragem próximo a máximo, logo, a correção da pressão atmosférica não afetaria nos tempos de amostragem.

Tabela 4. Tempos mínimos e máximos de amostragem para recipiente de 1 *pint* considerando profundidade de 3,5 m e velocidade de 1,0 m/s.

Altitude (m)	Bico 1/8"		Bico 3/16"	
	Tempo máximo (s)	Tempo mínimo (s)	Tempo máximo (s)	Tempo mínimo (s)
0	53,0	40,1	23,6	17,8
400	53,0	41,1	23,6	18,3
800	53,0	42,0	23,6	18,7
1200	53,0	43,0	23,6	19,1

3 - CONCLUSÕES

A correção da pressão atmosférica de acordo com a altitude reduz a profundidade máxima de amostragem, sendo que para altitudes de 1200 m a profundidade de amostragem reduz de 4,57 m para 3,94 m. Para altitudes de até 400 m essa redução é de apenas 0,24 m, valor considerado não significativo.

Também foi demonstrado a redução no limite de compressão com a altitude. No entanto, esse efeito somente reduz o tempo mínimo de amostragem em valores inferiores a 10% para locais com altitude de 1.200 m em relação a pressão ao nível médio do mar.

- **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS –**

ALLEN R. G.; PERREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998). Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements –FAO irrigation paper 56. Rome, 1998

Davis, B. E. A Guide to the Proper Selection and use of Federally Approved Sediment and Water-Quality Samplers. Vicksburg, M.S., US. Geological Survey, Open Report 2005-1087, 2005. 20p.

EDWARDS, T. K.; GLYSSON, G. D. (1999). Field methods for measurement of fluvial sediment: Techniques of Water-Resources Investigations of the U.S. Geological Survey, Book 3, Applications of Hydraulics, Chapter 2, p. 63. Disponível em <http://pubs.usgs.gov/twri/twri3-c2/>). Acesso: 01 Jul 2020.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANA CATARINA. (2013). HidroSedimentos: Um programa para cálculo de tempo de amostragem de sedimentos em suspensão a partir da medição de vazão com equipamentos acústicos Doppler. Versão 2.0 Brasília: ANA, 61p.

FEDERAL INTERAGENCY SEDIMENTATION PROJECT. Operator's Manual for the US DH-81 Depth-Integrating Suspended-Sediment Sampler. [Water.usgs.gov/fisp/docs/Instructions_US_DH-81_010612.pdf](http://water.usgs.gov/fisp/docs/Instructions_US_DH-81_010612.pdf) Acesso em: 8 de jun. 2020

FEDERAL INTERAGENCY SEDIMENTATION PROJECT. (1952). A study of methods used in measurement and analysis of sediment loads in stream. Report No. 6. The Design of improves types of suspended sediment samplers. 1

Agência Nacional de Águas – ANA (2019). Curso de Hidrossedimentologia. 10 a 14 de junho de 2019. Brasília/DF. Disponível em https://www.youtube.com/playlist?list=PLdDOTUuInCuyQ-UrEOtCaLgw8_19J320e. Acesso em 12 Jul 20.