APÊNDICE I:

CÁLCULO DA VAZÃO DE ALIMENTAÇÃO (ϕ) E DA CONSTANTE DE ADIÇÃO (K) UTILIZADA EM CADA TIPO DE ALIMENTAÇÃO NOS ENSAIOS DESCONTÍNUO ALIMENTADOS

A1.1. ALIMENTAÇÃO COM VAZÃO CONSTANTE

Sendo a alimentação com vazão constante, teremos:

$$\boxed{\phi = \frac{V_f - V_i}{\theta} \quad \text{(Equação A1.1)}}$$

Onde:

θ = tempo de enchimento da Dorna.

V_f = Volume Final da Dorna.

V_i = Volume Inicial da Dorna.

Particularizando para o caso em que:

$$\boxed{\begin{array}{c}\theta = 5h \\ (Vf - Vi) = 1L\end{array}}$$

Logo, pela Equação A1.1, teremos:

$$\boxed{\phi = \frac{1}{5} = \mathbf{0{,}2\ L/h}}$$

Fixando o intervalo de alimentação da dorna (Δt) em 0,5h, tem-se um volume total adicionado à Dorna até um dado instante (Vad).

Logo:

$$V_{ad} = \phi \times \Delta t \text{ (Equação A1.2)}$$

Através da Equação A1.2, temos o seguinte quadro de adição:

Tabela A1.3: Quadro de Adição de nutrientes em ensaios descontínuo alimentados com vazão constante.

Tempo (h)	Volume Adicionado (mL) até o instante t	Volume a Adicionar (mL) no instante t
0	100	100
0,5	200	100
1,0	300	100
1,5	400	100
2,0	500	100
2,5	600	100
3,0	700	100
3,5	800	100
4,0	900	100
4,5	1000	100
5,0	-----	------
6,0	-----	-----
8,0	-----	-----
10,0	-----	-----
12,0	-----	-----

As linhas sombreadas de azul correspondem aos tempos onde se faziam as coletas de amostra.

A1.2. ALIMENTAÇÃO COM VAZÃO LINEAR DECRESCENTE

Sendo a alimentação com vazão linear decrescente, teremos:

$$\phi = \phi_o - k \times t \qquad \text{(Equação A1.4)}$$

Onde:

ϕ =Vazão de Alimentação (L/h).

ϕ_o = Vazão de Alimentação Máxima (L/h).

k = Constante de Adição Linear (L/h^2).

t = tempo de adição (h).

$$\phi = \frac{dV}{dt} \qquad \text{(Equação A1.5)}$$

Substituindo Equação A1.5 na equação A1.4, temos:

$$\frac{dV}{dt} = \phi_o - k \times t \qquad \text{(Equação A1.6)}$$

Integrando:

$$\Delta V = \phi_o \times t - \frac{k \times t^2}{2} \qquad \text{(Equação A1.7)}$$

Temos que, quando t=θ, V = V_f , e a equação A1.8 será:

$$V_f - V_o = \phi_o \times \theta - \frac{k \times \theta^2}{2} \qquad \text{(Equação A1.8)}$$

E que, quando $t=\theta$, $\phi = 0$, a equação A1.9 será:

$$\phi_o = k \times \theta \quad (\text{Equação A1.9})$$

Particularizando para o caso em que:

$$\theta = 5h$$
$$(Vf - Vi) = 1L$$

Teremos para a Equação A1.9:

$$1 = 5 \times \phi_o - \frac{25 \times k}{2} \quad (\text{Equação A1.10})$$

E, para a Equação A1.11:

$$\phi_o = k \times 5 \quad (\text{Equação A1.11})$$

Substituindo Equação A1.11 na Equação A1.10, teremos:

$$K = 0{,}08\ L/h^2$$
$$\phi_o = 0{,}4\ L/h$$

Fixando o intervalo de alimentação da dorna (Δt) em 0,5h, tem-se um volume total adicionado à Dorna até um dado instante ($Vad = V - V_o$).

Logo:

$$Vad = 0{,}4 \times t - 0{,}04 x\ t^2 \quad (\text{Equação A1.12})$$

Através da Equação A1.12, temos o seguinte quadro de adição:

Tabela A1.13: Quadro de Adição de nutrientes em ensaios descontínuo alimentados com vazão linear decrescente.

Tempo (h) t	**Volume Adicionado (mL) até o instante t**	**Volume a Adicionar (mL) no instante t**
0	190	190
0,5	360	170
1,0	510	150
1,5	640	130
2,0	750	110
2,5	840	90
3,0	910	70
3,5	960	50
4,0	990	30
4,5	1000	10
5,0	-----	------
6,0	-----	-----
8,0	-----	-----
10,0	-----	-----
12,0	-----	-----

As linhas sombreadas de azul correspondem aos tempos onde se faziam as coletas de amostra.

A1.3. ALIMENTAÇÃO COM VAZÃO LINEAR CRESCENTE

Sendo a alimentação com vazão linear crescente, teremos:

$$\phi = \phi_o + k \times t \qquad \text{(Equação A1.14)}$$

Onde:

ϕ =Vazão de Alimentação (L/h).

ϕ_o = Vazão de Alimentação Máxima (L/h).

k = Constante de Adição Linear (L/h^2).

t = tempo de adição (h).

$$\phi = \frac{dV}{dt} \quad \text{(Equação A1.15)}$$

Substituindo Equação A1.14 na equação A1.15 temos:

$$\frac{dV}{dt} = \phi_o + k \times t \quad \text{(Equação A1.16)}$$

Integrando:

$$\Delta V = \phi_o \times t + \frac{k \times t^2}{2} \quad \text{(Equação A1.17)}$$

Temos que, quando t=θ, V = V_f , e a equação A1.18 será:

$$V_f - V_o = \phi_o \times \theta + \frac{k \times \theta^2}{2} \quad \text{(Equação A1.18)}$$

E que, quando t=θ, ϕ = 0, a equação A1.19 será:

$$\phi_o = -k \times \theta \quad \text{(Equação A1.19)}$$

Como a adição é linear crescente, por questão de lógica, a vazão inicial sendo mínima, seu menor valor seria zero, ou seja:

$$\phi_o = 0 \quad \text{(Equação A1.20)}$$

Particularizando para o caso em que:

$$\theta = 5h$$
$$(Vf - Vi) = 1L$$

Teremos para a Equação A1.21:

$$1 = 5 \times \phi_o + \frac{25 \times k}{2} \quad \text{(Equação A1.21)}$$

Substituindo Equação A1.21 na Equação A1.20, teremos:

$$K = 0{,}08\ L/h^2$$
$$\phi_o = 0$$

Fixando o intervalo de alimentação da dorna (Δt) em 0,5h, tem-se um volume total adicionado à Dorna até um dado instante ($Vad = V - V_o$).

Logo:

$$Vad = 0{,}04x\ t^2 \quad \text{(Equação A1.22)}$$

Através da Equação A1.22, temos o seguinte quadro de adição:

Tabela A1.23: Quadro de Adição de nutrientes em ensaios descontínuo alimentados com vazão linear crescente.

Tempo (h) t	**Volume Adicionado (mL) até o instante t**	**Volume a Adicionar (mL) no instante t**
0	10	10
0,5	40	30
1,0	90	50
1,5	160	70
2,0	250	90
2,5	360	110
3,0	490	130
3,5	640	150
4,0	810	170
4,5	1000	190
5,0	-----	------
6,0	-----	-----
8,0	-----	-----
10,0	-----	-----
12,0	-----	-----

As linhas sombreadas de azul correspondem aos tempos onde se faziam as coletas de amostra.

A.4. ALIMENTAÇÃO COM VAZÃO EXPONENCIAL DECRESCENTE

Sendo a alimentação com vazão exponencial decrescente, teremos:

$$\phi = \phi_o \times e^{-k \times t} \qquad \text{(Equação A1.24)}$$

Onde:

ϕ =Vazão de Alimentação (L/h).

ϕ_o = Vazão de Alimentação Máxima (L/h).

k = Constante de Adição Exponencial (L/h^2).

t = tempo de adição (h).

$$\phi = \frac{dV}{dt} \qquad \text{(Equação A1.25)}$$

Substituindo Equação A1.25 na Equação A1.24, temos:

$$\frac{dV}{dt} = \phi_o \times e^{-k \times t} \qquad \text{(Equação A1.26)}$$

Integrando:

$$\Delta V = (V - V_o) = \frac{-\phi_o}{k} \times (e^{-k \times t} - 1) \qquad \text{(Equação A1.27)}$$

Temos que, quando $t=\theta$, $V = V_f$, e a equação A1.28 será:

$$(V_f - V_o) = \frac{-\phi_o}{k} \times (e^{-k \times \theta} - 1) \qquad \text{(Equação A1.28)}$$

Pela Equação A1.27:

$$\frac{-\phi_o}{k} = \frac{(V - V_o)}{(e^{-k \times t} - 1)} \qquad \text{(Equação A1.29)}$$

Substituindo Equação A1.29 na Equação A1.28, temos:

$$(V - V_o) = (V_f - V_o) \times \frac{(e^{-k \times t} - 1)}{(e^{-k \times \theta} - 1)} \quad \text{(Equação A1.30)}$$

Particularizando para o caso em que:

$$\theta = 5h$$
$$(Vf - Vi) = 1L$$

Teremos para a Equação A1.31:

$$(V - V_o) = \frac{(e^{-k \times t} - 1)}{(e^{-k \times 5} - 1)} \quad \text{(Equação A1.31)}$$

A constante de adição exponencial escolhida para os ensaios em sistema exponencial crescente foi o $k = 0{,}5\ h^{-1}$.

Fixando o intervalo de alimentação da dorna (Δt) em 0,5h, tem-se um volume total adicionado à Dorna até um dado instante ($Vad = V - V_o$).

Logo:

$$Vad = \frac{(e^{-0{,}5 \times t} - 1)}{(e^{-2{,}5} - 1)} \quad \text{(Equação A1.32)}$$

Através da Equação A1.32 temos o seguinte quadro de adição:

Tabela A1.33: Quadro de Adição de nutrientes em ensaios descontínuo alimentados com vazão exponencial decrescente.

Tempo (h)	Volume Adicionado (mL)	Volume a Adicionar (mL)
	241,1	241,1
0,5	428,8	187,8
1,0	575,0	146,2
1,5	688,8	113,8
2,0	777,5	88,7
2,5	846,5	69,0
3,0	900,2	53,7
3,5	842,1	41,9
4,0	974,7	32,6
4,5	1000	25,3
5,0	-----	------
6,0	-----	-----
8,0	-----	-----
10,0	-----	-----
12,0	-----	-----

As linhas sombreadas de azul correspondem aos tempos onde se faziam as coletas de amostra.

A1.5. ALIMENTAÇÃO COM VAZÃO EXPONENCIAL CRESCENTE

Sendo a alimentação com vazão exponencial decrescente, teremos:

$$\boxed{\phi = \phi_o \times e^{k \times t} \qquad \text{(Equação A1.34)}}$$

Onde:

ϕ =Vazão de Alimentação (L/h).

ϕ_o = Vazão de Alimentação Máxima (L/h).

k = Constante de Adição Exponencial (L/h^2).

t = tempo de adição (h).

$$\phi = \frac{dV}{dt} \qquad \text{(Equação A1.35)}$$

Substituindo Equação A1.35 na Equação A1.36, temos:

$$\frac{dV}{dt} = \phi_o \times e^{k \times t} \qquad \text{(Equação A1.37)}$$

Integrando:

$$\Delta V = (V - V_o) = \frac{\phi_o}{k} \times (e^{k \times t} - 1) \qquad \text{(Equação A1.38)}$$

Temos que, quando $t=\theta$, $V = V_f$, e a equação A1.39 será:

$$(V_f - V_o) = \frac{\phi_o}{k} \times (e^{k \times \theta} - 1) \qquad \text{(Equação A1.39)}$$

Pela Equação A1.40:

$$\frac{\phi_o}{k} = \frac{(V - V_o)}{(e^{k \times t} - 1)} \qquad \text{(Equação A1.40)}$$

Substituindo Equação A1.40 na Equação A1.39, temos:

$$(V - V_o) = (V_f - V_o) \times \frac{(e^{k \times t} - 1)}{(e^{k \times \theta} - 1)} \quad \text{(Equação A1.41)}$$

Particularizando para o caso em que:

$$\theta = 5h$$
$$(Vf - Vi) = 1L$$

Teremos para a Equação A1.42:

$$(V - V_o) = \frac{(e^{k \times t} - 1)}{(e^{k \times 5} - 1)} \quad \text{(Equação A1.42)}$$

A constante de adição exponencial escolhida para os ensaios em sistema exponencial crescente foi o $k = 0,5\ h^{-1}$.

Fixando o intervalo de alimentação da dorna (Δt) em 0,5h, tem-se um volume total adicionado à Dorna até um dado instante ($Vad = V - V_o$).

Logo:

$$Vad = \frac{(e^{0,5 \times t} - 1)}{(e^{2,5} - 1)} \quad \text{(Equação A1.43)}$$

Através da Equação A1.43, temos o seguinte quadro de adição:

Tabela A1.44: Quadro de Adição de nutrientes em ensaios descontínuo alimentados com vazão exponencial crescente.

Tempo (h)	Volume Adicionado (mL)	Volume a Adicionar (mL)
0	25,4	25,4
0,5	58,0	32,6
1,0	99,8	41,8
1,5	153,5	53,7
2,0	222,6	69,1
2,5	311,2	88,6
3,0	425,0	113,8
3,5	571,2	146,2
4,0	759,0	187,8
4,5	1000	241,0
5,0	-----	------
6,0	-----	-----
8,0	-----	-----
10,0	-----	-----
12,0	-----	-----

As linhas sombreadas de azul correspondem aos tempos onde se faziam as coletas de amostra.