

Categoria

**Trabalho Acadêmico / Artigo Completo**

## **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO EM UMA ETA DE CICLO COMPLETO**

**Ana Christina Horner Silveira<sup>1</sup>**

**Rafael Montanhini Soares de Oliveira<sup>2</sup>**

**Sandra Medina Benini<sup>3</sup>**

**Resumo:** Tendo em vista a importância dos estudos hidrodinâmicos em estações de tratamento de água, o presente trabalho buscou estudar o funcionamento da Estação de tratamento de água ETA 006 na cidade de Palmas-TO. A referida ETA é operada pela Companhia de Saneamento do Tocantins – SANEATINS e está em operação desde 1999. A tecnologia de tratamento é de ciclo completo e funciona atualmente com uma vazão de 500 L/s tendo capacidade total para 700 L/s. A estação é responsável pela maior parte do abastecimento de Palmas, atendendo mais de 60% da população. A água tratada na ETA 006 é captada no ribeirão Taquarussu, um pequeno manancial cuja nascente fica dentro do município de Palmas. Porém, a vazão do manancial nos últimos anos vem diminuindo consideravelmente, fazendo com que a Companhia de Saneamento avalie outra de fonte de abastecimento para Palmas. Assim, devido à necessidade de reforma/ampliação da estação, e uma possível mudança de captação da água bruta, foi realizado o estudo hidrodinâmico na ETA 006, avaliando principalmente o funcionamento das unidades de floculação e decantação.

---

<sup>1</sup> Engenheira Civil pela UNISINOS, Especialista em Saneamento Ambiental e Mestranda em Engenharia Ambiental pela UFT, Engenheira da Companhia de Saneamento do Estado do Tocantins (SANEATINS) e-mail: [anachristinasilveira@gmail.com](mailto:anachristinasilveira@gmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Civil pela UNITAU, mestre em Ciências Cartográficas pela FCT/UNESP e doutor em Engenharia Química na área de Poluição, e preservação ambiental pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professor da Universidade Federal do Tocantins no curso de Engenharia Ambiental. e-mail: [rmontanhini@uft.edu.br](mailto:rmontanhini@uft.edu.br)

<sup>3</sup> Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia UNESP – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente e Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: [sandra@sigmaambiente.com](mailto:sandra@sigmaambiente.com)

**Palavras-Chave:** Saneamento. Estação de tratamento de água ETA. Floculação e decantação.

## 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das características do escoamento nas unidades de tratamento é de grande importância para elaboração do projeto de novas estações e na avaliação e proposição de melhorias em estações existentes. Frequentemente é observado que grande parte do mau funcionamento de Estações de Tratamento de Água (ETAs) está ligada a problemas hidráulicos nas unidades, relacionados principalmente à divisão desigual de vazão entre diferentes módulos de tratamento; curtos circuitos hidráulicos; zonas mortas e características inadequadas do meio filtrante (Di Bernardo *et al.*, (2011).

A divisão desigual da vazão pode sobrecarregar um ou mais módulos, devido à maior vazão que escoam por eles. A existência de curtos circuitos hidráulicos e de zonas mortas diminui consideravelmente o tempo de residência nas unidades. Devem ser consideradas ainda as características do escoamento da unidade – se do tipo pistão ou se mistura completa. A seqüência de aplicação e o local de introdução de produtos químicos, o gradiente de velocidade na mistura rápida e o tempo de residência nas unidades merecem atenção especial, dada a influência que exercem na coagulação e conseqüentemente, no desempenho das unidades subseqüentes.

Com o propósito de obter um diagnóstico real do funcionamento hidrodinâmico das unidades, foram desenvolvidas diversas técnicas investigativas, as quais foram aprimoradas ao longo dos anos, dentre elas o emprego de traçadores. Os traçadores são produtos químicos (não reativos) adicionados a água para monitoramento da sua concentração na água afluente ou efluente das unidades, porque para onde é encaminhado o traçador, é para onde a água escoam. As substâncias mais comuns empregadas como traçadores em estudos nas Estações de Tratamento de Água são o cloreto de sódio e cálcio.

Tendo em vista a importância dos estudos hidrodinâmicos em estações de tratamento de água, o presente trabalho buscou estudar o funcionamento da Estação de tratamento de água ETA 006 na cidade de Palmas-TO. A referida ETA é operada pela Companhia de Saneamento do Tocantins – SANEATINS e está em operação desde 1999. A tecnologia de tratamento é de ciclo completo e funciona atualmente com uma vazão de

500 L/s tendo capacidade total para 700 L/s. A estação é responsável pela maior parte do abastecimento de Palmas, atendendo mais de 60% da população.

A água tratada na ETA 006 é captada no ribeirão Taquarussu, um pequeno manancial cuja nascente fica dentro do município de Palmas. Porém, a vazão do manancial nos últimos anos vem diminuindo consideravelmente, fazendo com que a Companhia de Saneamento avalie outra de fonte de abastecimento para Palmas.

Assim, devido à necessidade de reforma/ampliação da estação, e uma possível mudança de captação da água bruta, foi realizado o estudo hidrodinâmico na ETA 006, avaliando principalmente o funcionamento das unidades de floculação e decantação.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização do estudo foi adotado a metodologia recomenda por (Di Bernardo e Dantas, 2005), com supervisão da empresa Hidrosan Engenharia. A Figura 1 mostra imagem da ETA 006, com as unidades de tratamento e a captação.

**Figura 1:** Imagem aérea da ETA 006 – Fonte: adaptado de SANEATINS



## 2.2 Análise do comportamento hidrodinâmico da ETA

A análise do comportamento hidrodinâmico da ETA foi feita através de quatro ensaios utilizando solução de cloreto de sódio (NaCl - sal de cozinha) como traçador, com os objetivos de determinar a vazão veiculada na ETA, a vazão veiculada para cada módulo, o comportamento hidrodinâmico de uma unidade de floculação e o comportamento hidrodinâmico de um decantador.

### 2.2.1 Aferição da vazão tratada na ETA

Este ensaio teve como objetivo medir a vazão de trabalho na ETA com o uso do traçador e comparar com a medição realizada no canal Parshall. A solução de cloreto de sódio foi aplicada de forma contínua no início do canal de chegada da água bruta na ETA, e foram coletadas amostras antes do canal de divisão de vazão para os módulos de decantação/floculação. A solução foi preparada misturando-se 90 kg de sal (cloreto de sódio) num volume total de 447,69 L de água, sendo que a concentração de cloreto de sódio resultou de 201,7 g/L, conforme as equações a seguir:

$$C_m = \frac{m_{sal}}{V} \quad C_m = \frac{90.000g}{447,69L} \quad \boxed{C_m = 201,07g/L}$$

Considerando que a relação entre as massas molares do cloreto e o cloreto de sódio, em massa por massa, é de 0,607 (35,5/58,5), o que resulta na concentração de 122,05 g/L de cloretos na solução aplicada.

$$C_t = C_m \cdot f \quad C_t = 201,07 \times 0,607 \quad \boxed{C_t = 122,05 g/L}$$

A solução de cloreto de sódio foi aplicada com a vazão de 0,02995 L/s.

### 2.2.2 Divisão de vazão afluyente a cada módulo de floculação/decantação, Q=500 L/s



Para realização deste ensaio, a solução de cloreto de sódio foi aplicada na forma de pulso no início do canal de chegada da água bruta na ETA, e foram coletadas amostras nos canais que conduzem a água coagulada para os módulos de floculação/decantação, com o objetivo de determinar-se a vazão afluente a cada um dos módulos.

A solução foi preparada misturando-se 44 kg de sal num volume total de 220 L de água, sendo que a concentração total de cloreto de sódio resultou em 200,0 g/L, conforme as equações a seguir:

$$C_m = \frac{m_{sal}}{V} \quad C_m = \frac{44.000g}{220,0L} \quad \boxed{C_m = 200,0g / L}$$

Considerando que a relação entre as massas molares do cloreto e o cloreto de sódio, em massa por massa, é de 0,607 (35,5/58,5), resulta na concentração de 121,40 g/L de cloretos na solução aplicada.

$$C_t = C_m \cdot f \quad C_t = 200,00 \cdot 0,607 \quad \boxed{C_t = 121,4 \text{ g} / L}$$

### 2.2.3 Estudo hidrodinâmico do floculador e do decantador para Q=350 L/s

Neste ensaio foi avaliado apenas 01 módulo floculação/decantação com vazão de 350 L/s. A solução de cloreto de sódio foi preparada adicionando-se 44 kg de cloreto de sódio em uma bombona contendo 220 litros de água, aproximadamente. A solução foi adicionada na água afluente à unidade de floculação, logo após a divisão de vazão entre os módulos de floculação/decantação, como mostra a Figura 6.

Foram coletadas amostras na saída do floculador em três pontos e misturadas para representar a saída dessa unidade. Também foram feitas coletas na saída do decantador e da água bruta.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Resultados da aferição da vazão tratada na ETA

No Quadro 1 têm-se o tempo de coleta, a vazão de aplicação da solução de cloreto de sódio (q), a concentração de cloretos na água bruta (Ca), a concentração de cloretos na água coletada (C), a concentração da solução do traçador (Ct), e a Vazão determinada pela equação a seguir:

$$Q = \frac{q \cdot (C_t - C)}{(C - C_a)}$$

Nota-se no Quadro 1 que os valores de vazão (Q) em vermelho não são representativos e foram desconsiderados, pois provavelmente ainda não havia ocorrido a estabilização da concentração de cloreto de sódio na água coletada, resultando vazões que não representam o que estava ocorrendo na ETA.

**Quadro 1:** Coletas, Concentração de cloretos e vazão tratada na ETA.

TEMPO (min)	q (L/s)	Ca (mg/L)	C (mg/L)	C - Ca	Q (L/s)
0	0,2995	2,45	1,96	-0,49	- 74.581,9
0,5	0,2995	2,45	1,96	-0,49	- 74.581,9
1	0,2995	2,45	2,45	0,00	0,0
1,5	0,2995	2,45	2,45	0,00	0,0
2	0,2995	2,45	13,23	10,78	3.389,8
3	0,2995	2,45	59,29	56,84	642,6
4	0,2995	2,45	69,69	67,24	543,2
5	0,2995	2,45	88,20	85,75	425,9

6	0,2995	2,45	93,59	91,14	400,7
7	0,2995	2,45	98,49	96,04	380,2
8	0,2995	2,45	100,45	98,00	372,6
8,5	0,2995	2,45	99,47	97,02	376,4
10	0,2995	2,45	106,82	104,37	349,8
12	0,2995	2,45	103,39	100,94	361,7
14	0,2995	2,45	99,47	97,02	376,4
16	0,2995	2,45	99,47	97,0	376,4
<b>Média</b>					<b>370,5</b>

A vazão determinada pelo medidor de vazão no vertedor Parshall da ETA, está mostrada no Quadro 2. Observa-se que a vazão determinada pelo vertedor Parshall está de acordo com a vazão obtida através da aplicação contínua da solução de cloreto.

**Quadro 2:** Vazão determinada pela lâmina do vertedor Parshall

Horário	Vazão monitorada (L/s)
9:00	361,0
10:00	369,0
11:00	370,0

### 3.2 - Resultados da divisão de vazão afluyente a cada módulo de floculação/decantação, Q=500 L/s.

No Quadro 3 são mostrados os tempos de coleta, a concentração de cloretos na água bruta (Ca) e a concentração de cloretos na água coletada para os canais 1 e 2 (C1 e C2):

**Quadro 3:** Tempo de coleta e concentração de cloretos.

TEMPO (min)	Ca (mg/L)	AMOSTRAS (mg/L)					
		C 1	C1 - Ca	(C1- Ca).Δt	C 2	C2 - Ca	(C2- Ca).Δt
0	2,45	3,43	0,98	0,25	2,94	0,49	0,12
0,5	2,45	2,45	0,00	0,00	3,43	0,98	0,49
1	2,45	2,45	0,00	0,00	8,82	6,37	3,19
1,5	2,45	69,09	66,64	33,32	309,19	306,74	153,37
2	2,45	362,11	359,66	179,83	117,60	115,15	57,58
2,5	2,45	342,20	339,75	169,88	49,49	47,04	23,52
3	2,45	338,10	335,65	251,74	41,16	38,71	29,03
4	2,45	115,15	112,70	112,70	30,87	28,42	28,42
5	2,45	40,67	38,22	38,22	6,86	4,41	4,41
6	2,45	9,80	7,35	5,51	2,45	0,00	0,00
6,5	2,45	4,90	2,45	1,23	1,47	0,00	0,00
7	2,45	3,43	0,98	0,49	4,41	0,00	0,00
7,5	2,45	3,92	0,00	0,00	1,96	0,00	0,00
8,5	2,45	2,45	0,00	0,00	1,47	0,00	0,00
10	2,45	2,94	0,00	0,00	1,96	0,00	0,00
12	2,45	4,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Σ(C1-Ca).Δt =		<b>793,16</b>	Σ(C2-Ca).Δt =		<b>300,16</b>

A vazão afluente determinada pelo medidor de vazão no vertedor Parshall da ETA durante o ensaio era de 500 L/s. A vazão encaminhada para cada módulo da ETA foi determinada através da proporção, em massa de traçador, em para cada módulo. O cálculo da vazão veiculada para cada módulo foi realizado através da equação:

$$Q = 500 \cdot \frac{\sum (C_i - C_a) \cdot \Delta t}{\sum [(C_1 - C_a) + (C_2 - C_a)] \cdot \Delta t}$$

De acordo com a equação, as vazões veiculadas para o cada módulo da ETA estão mostradas no Quadro 4.

**Quadro 4:** Vazão veiculada para cada módulo de floculador/decantador.

Módulo de floculador/decantador	Vazão calculada (L/s)
Módulo 01	362,74
Módulo 02	137,26
<b>Total</b>	<b>500,0</b>



Somando as concentrações de cloretos, multiplicados pelo intervalo de tempo e a respectiva vazão, de cada módulo, realizando a conversão para a massa de cloreto de sódio (1,65 vezes), considerando um teor de pureza de 95%, tem-se que no total foram recuperados 35 kg de cloreto de sódio, dos 44 kg aplicados. A recuperação de apenas 80% da massa de cloreto de sódio aplicada deve-se provavelmente a erros de análise de cloretos, tanto na água bruta quanto nas amostras coletadas.

### 3.3 Resultados do Estudo hidrodinâmico do floculador para Q=350 L/s

As características das unidades de floculação são:

Comprimento – 12,00 m

Largura – 12,00 m

Profundidade útil – 3,50 m

Volume – 504,00 m<sup>3</sup>

Nº de câmaras – 04 unidades

Vazão de teste – 350 L/s

Tempo de detenção (To) – 24 minutos

Concentração de cloreto (Co) – 87,3 mg/L

**Quadro 5:** Concentração de cloretos das amostras coletadas na saída da unidade de floculação da ETA.

TEMPO (min)	Ca (mg/L)	AMOSTRAS (mg/L)				Cm - Ca (mg/L)
		Comporta 1	Comporta 2	Comporta 3	C mistura	
0	2,45	3,43	3,43	4,90	3,92	1,47
3	2,45	19,11	26,95	11,27	19,11	16,66
6	2,45	30,38	17,15	18,13	21,89	19,44
9	2,45	36,26	32,83	40,61	36,57	34,12
12	2,45	47,53	50,96	49,98	49,49	47,04



15	2,45	60,27	53,90	55,37	56,51	54,06
18	2,45	49,00	53,41	51,94	51,45	49,00
21	2,45	47,04	47,04	48,51	47,53	45,08
24	2,45	40,18	42,14	40,67	41,00	38,55
30	2,45	25,48	24,99	28,42	26,30	23,85
40	2,45	10,78	18,62	13,72	14,37	11,92
50	2,45	5,88	6,86	5,88	6,21	3,76
60	2,45	1,96	2,94	4,41	3,10	0,65
75	2,45	4,41	6,37	5,39	5,39	2,94
90	2,45	1,96	1,47	1,47	1,63	0
120	2,45	0,98	1,96	2,45	1,80	0
154	2,45	0,49	1,96	0,00	0,82	0

Os valores em vermelho foram desconsiderados nos cálculos, pois estes valores resultaram num valor de “Cm-Ca” negativo, ou seja, a concentração de cloretos da água bruta foi maior do que a da água coletada. Para os cálculos, os valores de “Cm-Ca” para os tempos de 90, 120, 154 minutos foram considerados iguais a zero.

Foram calculados os parâmetros para efetuar a análise do comportamento hidráulico da unidade de floculação, considerando que o volume total das câmaras de floculação é de 504 m<sup>3</sup>, que corresponde à um tempo teórico de detenção ( $t_0$ ) de 24 minutos para a vazão de 350 L/s.

Os itens calculados são:

$\sum C_i \cdot \Delta t$  = somatório da concentração de cloretos multiplicado pelo intervalo de tempo correspondente.

$F_{(t)}$  = fração dos elementos de fluido que sai da unidade em um tempo  $t$ .

$$F_{(t)} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot \Delta t}{\sum_{i=1}^m C_i \cdot \Delta t}$$

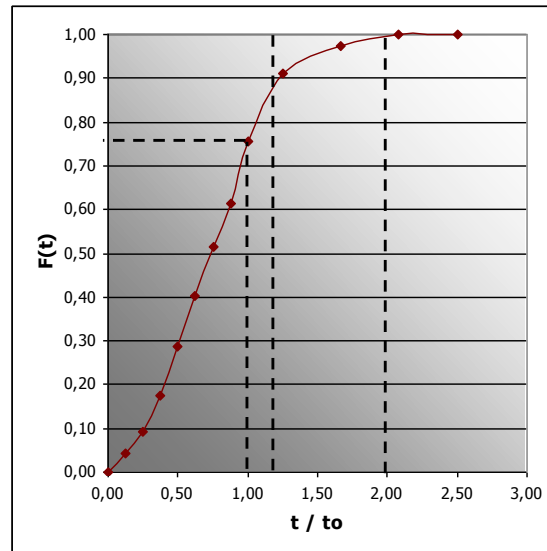
1-F<sub>(t)</sub> = fração do escoamento que permanece por um tempo maior que t na unidade.

**Quadro 6:** Valores de ΣC, F<sub>(t)</sub> e 1-F<sub>(t)</sub> para a Unidade de Flocculação (Q=350 L/s).

t (min)	t/t <sub>0</sub>	C <sub>m</sub> -C <sub>a</sub> (mg/L)	ΣC.Δt (mg/L)	F <sub>t</sub>	1-F <sub>t</sub>
0	0,00	0,98	1,47	0,00	1,00
3	0,13	17,15	52,92	0,04	0,96
6	0,25	21,56	117,60	0,09	0,91
9	0,38	35,28	223,44	0,18	0,82
12	0,50	47,53	366,03	0,29	0,71
15	0,63	49,98	515,97	0,40	0,60
18	0,75	47,04	657,09	0,51	0,49
21	0,88	42,00	783,09	0,61	0,39
24	1,00	40,18	963,90	0,76	0,24
30	1,25	25,00	1163,90	0,91	0,09
40	1,67	7,84	1242,30	0,97	0,03
50	2,08	3,43	1276,60	1,00	0,00
60	2,50	0,00	1276,60	1,00	0,00

Na Figura 2 foram lançados os valores de F(t) em função de t/t<sub>0</sub> (t é o tempo de coleta de amostra e t<sub>0</sub> é o tempo teórico de detenção na unidade, igual a 24 min.). A partir dessa figura tem-se que 75 % do traçador sai antes do tempo teórico de detenção e praticamente todo o traçador sai da unidade em até duas vezes o tempo teórico de detenção.

**Figura 2:** Fração do tempo teórico de detenção x F(t).



Lançando os valores de 1-F(t) em escala logarítmica no eixo das ordenadas e os valores de t/t<sub>0</sub> no eixo das abscissas, construiu-se a Figura 3, na qual se obtém:

$$p \cdot (1-m) = 0,65$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t_0}{t_1 - t_2} = \frac{-\log e}{(1-p) \cdot (1-m)} = \frac{1}{-0,57}$$

Onde p é a fração de escoamento do tipo pistão; (1-p) é a fração do escoamento do tipo mistura completa; e m é a porcentagem do volume correspondente às zonas mortas.

Resolvendo as equações acima resulta:

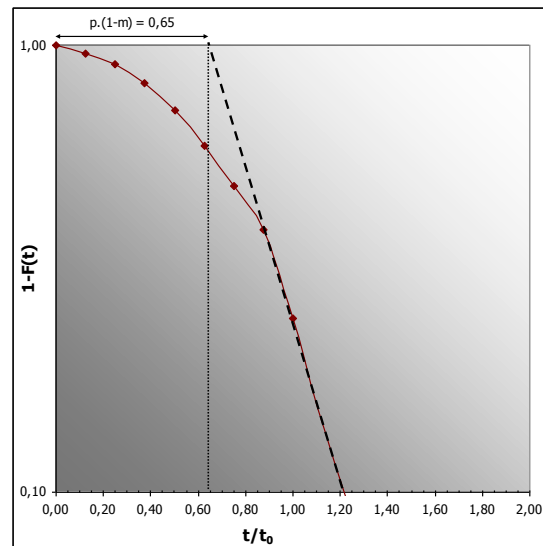
$$p = 0,70$$

$$(1-p) = 0,30$$

$$m = 0,086$$



**Figura 3:** Fração do tempo teórico de detenção em função de  $1 - F(t)$  (em escala logarítmica).



Nessas condições concluiu-se que a fração do escoamento tipo pistão ( $p$ ) é de 70%, a parcela de escoamento do tipo mistura completa ( $1-p$ ) é de 30% e a fração do volume da unidade correspondente às zonas mortas é de 8,6%

### 3.4 Resultados do Estudo hidrodinâmico do decantador para $Q=350$ L/s

As características das unidades de decantação são:

- Comprimento – 40,00 m
- Largura – 12,00 m
- Profundidade útil – 4,20 m
- Volume – 2.016,00 m<sup>3</sup>
- Nº de calhas – 08 unidades
- Vazão de teste – 350 L/s
- Tempo de detenção ( $T_0$ ) – 96 minutos
- Concentração de cloreto ( $C_0$ ) – 34,92 mg/L

Neste item foram calculados os parâmetros para análise do comportamento hidráulico da unidade de decantação. O volume total do decantador é de 2.016 m<sup>3</sup>, que corresponde à um tempo teórico de detenção (t<sub>0</sub>) de 96 minutos para a vazão de 350 L/s.

Os itens calculados são:

$\sum C_i \cdot \Delta t$  = somatório da concentração de cloretos multiplicado pelo intervalo de tempo correspondente.

F<sub>(t)</sub> = fração dos elementos de fluido que sai da unidade em um tempo t.

$$F_{(t)} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot \Delta t}{\sum_{i=1}^m C_i \cdot \Delta t}$$

1-F<sub>(t)</sub> = fração do escoamento que permanece por um tempo maior que t na unidade.

**Quadro 7:**  $\sum C$ , F<sub>(t)</sub> e 1-F<sub>(t)</sub> para as Unidades de Decantação da ETA.

t (min)	t/t <sub>0</sub>	C <sub>m</sub> -C <sub>a</sub> (mg/L)	$\sum C \cdot \Delta t$ (mg/L)	F <sub>t</sub>	1-F <sub>t</sub>
30	0,86	3,26	0,04	0,04	0,96
60	1,72	15,18	0,32	0,29	0,71
75	2,15	10,74	0,45	0,40	0,60
90	2,58	7,54	0,54	0,49	0,51
105	3,01	6,07	0,62	0,55	0,45
120	3,44	3,94	0,67	0,60	0,40
135	3,87	5,09	0,73	0,65	0,35
150	4,30	5,64	0,80	0,71	0,29
165	4,73	5,31	0,87	0,77	0,23
180	5,15	4,20	0,92	0,82	0,18
195	5,58	3,42	0,96	0,86	0,14
210	6,01	3,13	1,00	0,89	0,11
225	6,44	2,60	1,03	0,92	0,08
240	6,87	2,31	1,07	0,96	0,04
270	7,73	1,91	1,13	1,00	0,00
300	8,59	0,00	1,19	1,00	0,00
325	9,31	0,00	1,27	1,00	0,00

Nota-se que para as amostras de água coletadas na saída do decantador são correspondentes ao tempo de detenção do floculador somado ao do decantador.

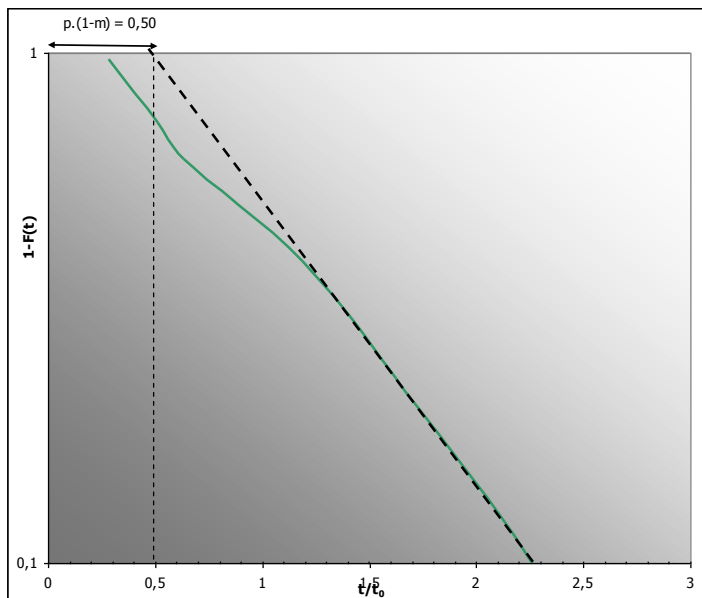
A partir dos dados do quadro 7 apenas para decantador foram realizadas as análises dessa unidade:

$$p \cdot (1-m) = 0,50$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t_0}{t_1 - t_2} = \frac{-\log e}{(1-p) \cdot (1-m)} = \frac{1}{-1,75}$$

Onde p é a fração de escoamento do tipo pistão; (1-p) é a fração do escoamento do tipo mistura completa; e m é a porcentagem do volume correspondente às zonas mortas.

**Figura 4:** Fração do Tempo Teórico de Detenção em função de 1- F(t) (em escala logarítmica).



Resolvendo as equações acima temos que:

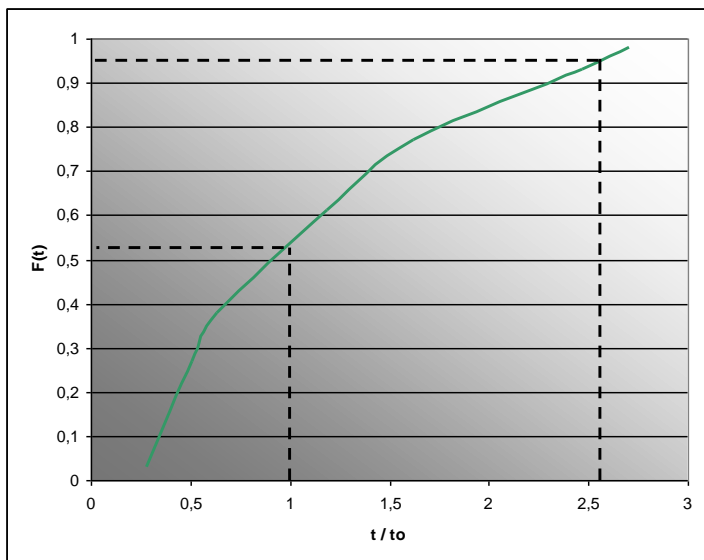
$$p = 0,40$$

$$(1-p) = 0,60$$

$$m = -0,26 \text{ (valor negativo)}$$

Na Figura 5 foram lançados os valores de F(t), considerando apenas o decantador, em função de  $t/t_0$ . A partir dessa figura tem-se que 53 % do traçador sai antes do tempo teórico de detenção e que cerca de 95% do traçador sai da unidade em até duas vezes e meia o tempo teórico de detenção dessa unidade.

**Figura 5:** Fração do Tempo Teórico de Detenção em Função de  $F(t)$ .



Resolvendo o equacionamento para os valores encontrados na Figura 5, o valor da porcentagem do volume do decantador correspondente a zonas mortas é negativo, que não tem representação prática. Realizando os cálculos para obtenção da massa de cloreto de sódio total recuperada pelos ensaios, tem-se que foram recuperados 56 kg, sendo que foram aplicados apenas 44 kg de cloreto de sódio no ensaio. Nessas condições, é possível que a determinação de cloretos na água não tenha sido precisa ou que podem ter ocorridos contaminações das amostras, diluições, determinação dos cloretos, ou na determinação de cloretos na água bruta durante o ensaio. Esta última possibilidade é provável de ter acontecido, por não zerar a concentração de cloretos após mais de 3 vezes o tempo de detenção e já ter sido recuperada a massa total de cloro de sódio utilizada no ensaio

#### 4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nos ensaios realizados, podemos chegar as seguintes conclusões:



- A divisão de vazão, por meio de comportas com passagem inferior, quando a vazão afluyente a ETA foi de 500 L/s, resultou inadequada, com vazão de 362 L/s para o módulo 01 e de 138 L/s para o módulo 02
- Esta ineficiência na divisão de vazão pode estar provocando uma sobrecarga no decantador do módulo 1, fato comprovado pela maior quantidade de lodo que é retirado deste decantador.
- Para a vazão de 350 L/s em um único conjunto de floculação, o uso de traçador aplicado na forma de pulso indicou os seguintes resultados: fração do escoamento do tipo pistão = 70%; fração do escoamento do tipo mistura completa = 30%; fração do volume correspondente às zonas mortas = 8,6%;
- Para a vazão de 350 L/s em um único decantador, os resultados não foram coerentes, impossibilitando a análise hidrodinâmica da unidade;
- O estudo hidrodinâmico para ETAs de ciclo completo mostrou ser uma ferramenta bastante prática e eficiente para se avaliar o funcionamento das unidades da estação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th edition, Washington, USA. APHA, 1998.

DI BERNARDO, L. ; DANTAS, A. D. B. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. 2. ed. São Carlos: Rima Editora, 2005. v. 2. 1584 p

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; Voltan, P. E. N. *Tratabilidade de Água e dos Resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água*. 1. ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2011. v. 1. 454p.

HIDROSAN, Engenharia, *Relatório 1 – Estudos de Avaliação do Desempenho da ETA 006 de Palmas*.2009.