



CAMINHOS DA
ENGENHARIA
BRASILEIRA

Caminhos da Engenharia- Capítulo X – Crise Hídrica em São Paulo

SABESP – ETAs ALTO DA BOA VISTA e Rio Grande
Implantação de Tratamento de Água por Membranas de Ultrafiltração



Agosto/2016



Tópicos

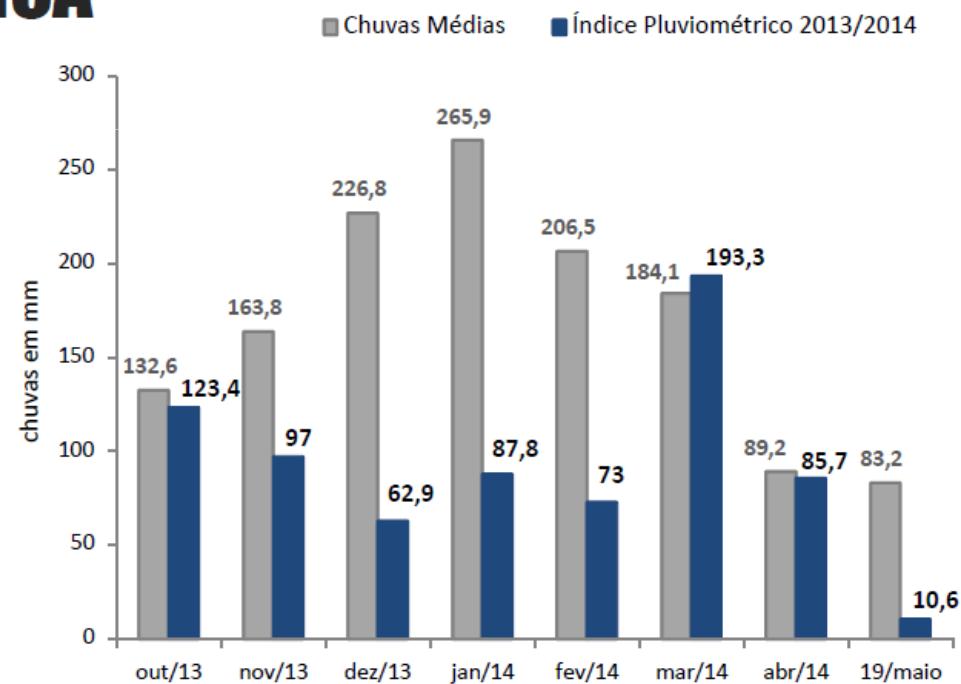
- O DESAFIO
- TECNOLOGIA DE MEMBRANAS
- ULTRAFILTRAÇÃO
- ETA CONVENCIONAL X ETA UF
- RESULTADOS
 - Analíticos
 - CapEx, OpEx
- COMENTÁRIOS FINAIS



**“A MAIOR SECA DA HISTÓRIA:
ESTIAGEM DE INVERNO,
POUCAS PRECIPITAÇÕES,
A MAIOR ANOMALIA CLIMÁTICA
QUE JÁ EXISTIU EM NOSSA
REGIÃO.
ESSE EVENTO ERA
IMPREVISÍVEL”**

PAULO NOBRE

*Pesquisador Titular do Instituto
Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Folha de São Paulo 25/03/2014*



A Realidade



AS MAIS BAIXAS VAZÕES AFLUENTES EM 84 ANOS

Qtde. de água chega nas represas (em m³/s):

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dz	Media
1930	75,3	73,6	53,6	39,5	31,6	28,3	26,	22,5	24,2	33,8	31,6	74,0	43,3
1931	72,8	154,8	104,2	77,0	54,2	44,9	35,9	29,0	37,7	36,9	37,2	91,9	64,7
1932	42,3	R\$ 1	77,9	50,4	52,3	48,1	33,9	29,1	24,1	28,7	27,9	70,8	51,5
1933	57,1	47,7	41,8	30,2	30,7	25,5	23,1	21,2	21,7	22,1	20,7	34,4	31,4
1934	59,6	50,7	42,0	30,5	23,5	21,4	18,0	16,0	18,2	20,6	16,2	82,7	33,3
1935	42,5	94,6	73,5	53,6	35,0	32,4	26,	23,1	30,5	57,9	38,9	35,1	44,5
1936	48,1	43,7	88,3	94,4	35,3	27,8	25,4	31,4	32,2	24,4	32,6	103,5	45,3
1937	127,9	75,4	58,8	51,8	45,1	40,1	30,	26,1	21,1	40,7	51,1	86,6	55,5
1938	76,6	67,7	60,8	47,1	42,1	32,9	28,6	28,8	28,6	60,7	48,0	48,0	46,3
1939	72,7	71,3	56,3	55,8	43,8	34,5	28,7	23,6	21,9	21,1	30,8	47,5	42,3
1940	86,0	129,9	78,7	58,4	89,7	80,4	24,6	19,8	18,4	21,7	84,8	40,6	48,2
1941	48,4	80,6	32,6	26,6	18,7	17,9	17,6	12,9	38,8	38,3	88,6	44,2	29,7
1942	45,4	C,7	0,0	50,7	35,0	31,5	31,3	22,0	20,9	19,6	22,4	34,5	37,3
1943	45,1	52,2	66,3	36,5	25,7	24,4	19,7	16,7	17,6	24,5	20,1	30,1	32,7
1944	32,5	42,3	63,9	32,6	24,7	20,0	18,6	14,6	13,2	12,4	20,1	29,6	27,3
1945	33,0	70,7	36,7	29,7	23,1	46,4	30,6	20,2	10,2	17,3	20,4	45,2	34,5
1946	31,6	69,6	66,4	52,7	34,7	32,3	30,5	21,6	17,6	24,9	24,8	31,5	41,3
1947	20,5	0,9	116,2	50,6	41,1	36,0	33,5	20,5	35,1	37,1	33,0	74,2	54,9
1948	39,6	74,2	97,3	57,7	43,1	34,0	28,7	25,9	21,4	21,6	24,8	31,0	44,1
1949	46,3	63,0	45,5	39,5	29,1	25,1	20,3	16,4	14,5	16,1	20,4	53,3	32,3
1950	70,2	123,0	67,4	56,6	44,4	36,9	29,9	20,3	18,6	26,9	35,1	54,4	52,2
1951	70,6	89,7	73,7	34,6	35,4	29,6	26,7	23,6	16,0	20,3	27,6	36,1	41,3
1952	25,8	102,3	76,3	44,2	31,4	40,7	26,2	21,4	22,5	20,3	32,5	24,4	41,3
1953	24,5	29,1	26,7	30,4	21,5	16,5	15,6	14,2	14,1	15,4	23,7	21,8	21,3
1954	43,4	66,5	39,5	27,1	37,0	26,0	19,4	16,5	13,2	19,2	12,5	26,9	26,4
1955	43,2	26,1	45,3	30,5	21,3	19,4	15,6	16,7	13,9	15,1	28,9	37,0	26,1
1956	48,8	37,1	42,6	30,1	34,9	30,3	29,4	33,2	23,9	23,2	19,8	26,1	31,7
1957	75,4	77,4	82,1	55,2	38,4	32,7	29,8	27,3	41,9	29,2	39,6	46,8	48,0
1958	71,6	81,6	76,3	59,0	61,4	55,4	41,9	31,0	32,8	30,4	33,2	41,4	51,3
1959	31,0	47,2	64,9	59,7	35,8	27,8	22,5	23,3	18,5	19,0	27,6	40,2	37,3
1960	58,0	72,0	73,9	41,7	35,2	31,2	25,	21,4	17,0	20,9	29,7	107,5	45,4
1961	37,5	79,9	94,4	52,6	54,0	37,2	29,0	23,7	19,5	18,2	24,6	39,7	48,4
1962	49,8	76,3	93,6	42,5	34,8	27,3	23,5	22,0	21,0	48,4	37,1	60,0	44,7
1963	97,1	79,9	52,5	34,2	25,8	22,8	19,3	17,0	12,7	21,6	26,3	19,5	35,3
1964	27,4	70,8	31,9	24,3	21,8	18,3	19,0	14,9	13,4	22,9	23,3	53,2	28,4
1965	95,2	85,2	70,0	30,7	42,0	29,5	28,5	21,2	19,3	36,3	40,5	63,5	46,7
1966	79,2	65,3	67,0	47,2	36,7	27,5	22,8	22,4	16,9	26,6	24,6	67,3	46,3
1967	103,6	104,1	79,2	50,3	35,4	36,9	27,4	21,6	21,8	25,4	27,8	44,2	49,2
1968	53,2	37,7	45,8	35,4	25,2	22,5	19,9	19,1	16,4	19,6	28,9	29,3	
1969	28,7	29,9	28,0	28,5	18,4	19,5	14,4	15,3	11,1	23,8	42,9	37,8	24,3
1970	77,0	141,5	81,2	45,4	37,7	32,4	29,2	25,6	34,2	29,7	55,0	33,4	50,2
1971	32,6	24,8	35,1	28,7	23,7	33,1	23,3	16,4	18,5	37,2	30,6	50,2	29,5

1972	60,2	75,1	55,4	42,6	30,2	24,8	27,3	27,4	19,6	42,1	40,3	35,6	40,1
1973	52,3	56,8	45,1	49,4	37,1	26,1	28,3	28,6	20,6	27,5	39,0	58,4	39,7
1974	84,2	52,6	55,9	42,3	30,3	36,9	26,1	19,3	16,8	20,7	23,5	48,5	39,0
1975	46,7	63,6	46,6	29,5	24,3	26,8	19,9	14,8	12,4	20,5	20,4	61,1	32,5
1976	47,2	84,6	81,9	63,0	54,4	57,7	61,3	46,3	63,9	50,3	54,9	65,9	61,0
1977	70,1	53,2	51,6	53,0	30,3	36,4	27,0	21,9	27,0	23,0	30,7	53,0	41,0
1978	61,6	42,7	45,1	28,1	26,5	25,8	25,3	18,6	17,4	15,9	41,4	49,7	32,0
1979	40,3	42,1	40,7	34,4	36,2	26,2	24,4	23,7	23,0	32,0	36,7	45,0	34,4
1980	63,9	55,3	40,0	62,6	35,7	34,4	26,0	21,7	18,6	10,5	20,2	52,4	30,0
1981	66,1	60,9	20,9	19,0	15,0	14,3	11,0	10,0	40,0	81,0	101,5	39,6	
1982	70,5	68,2	59,0	56,6	56,7	44,0	39,0	34,9	24,6	46,1	43,6	39,2	54,6
1983	108,1	131,8	113,6	92,8	66,8	160,7	75,2	57,5	104,8	88,1	80,5	102,8	100,4
1984	76,4	65,4	42,8	47,3	44,8	26,5	22,0	28,3	26,7	19,0	19,6	49,3	37,3
1985	66,3	63,1	64,6	39,6	21,3	24,9	20,3	16,7	28,6	10,5	26,2	33,1	34,7
1986	82,6	48,6	48,0	29,8	30,8	26,2	16,5	23,9	13,9	16,1	22,1	80,6	31,6
1987	66,1	63,5	64,7	43,4	69,5	56,0	37,5	30,9	30,2	27,5	27,9	30,2	45,5
1988	57,9	68,8	77,8	66,9	52,2	46,9	30,4	26,0	22,3	32,5	31,1	32,6	45,5
1989	77,4	88,1	70,1	43,5	35,3	33,4	33,5	31,3	29,6	22,9	24,9	34,7	
1990	73,8	30,1	50,8	32,1	30,6	22,4	27,1	24,0	24,9	29,4	25,1	24,0	32,9
1991	47,8	61,1	85,1	86,1	48,4	35,0	28,0	22,8	20,7	41,9	20,4	30,3	43,9
1992	26,2	34,4	34,1	29,3	31,3	15,2	19,2	16,5	25,3	39,7	47,9	42,4	30,6
1993	39,6	63,8	51,9	40,5	30,6	31,3	20,3	19,1	30,8	28,7	18,1	20,7	33,0
1994	37,0	40,5	45,6	35,0	26,2	19,2	17,6	12,8	9,6	21,8	38,2	27,2	
1995	42,4	14,5,4	77,6	60,8	41,8	30,0	32,4	21,5	22,4	48,8	35,2	49,6	
1996	69,4	76,8	101,8	60,6	39,8	31,0	24,4	22,8	40,3	32,2	42,2	63,0	52,0
1997	75,6	61,4	43,1	30,5	25,6	37,0	20,3	17,2	18,0	24,1	37,0	41,7	36,0
1998	39,5	58,7	47,2	34,3	32,5	23,9	19,5	12,9	17,1	36,2	22,4	47,8	32,7
1999	111,3	78,0	57,6	35,5	24,9	27,1	18,3	13,0	16,7	11,9	14,2	27,8	36,4
2000	58,4	57,3	40,2	27,1	18,1	14,3	16,5	14,4	24,8	28,6	46,0	29,1	30,4
2001	35,7	44,4	35,1	29,1	21,1	16,7	14,0	13,2	15,2	33,1	31,1	48,0	28,0
2002	65,8	63,5	47,7	34,1	23,8	17,7	13,3	16,9	11,5	12,3	22,8	29,1	30,4
2003	73,2	50,4	33,3	22,0	19,4	14,7	11,7	10,7	9,6	17,2	18,5	36,2	26,4
2004	30,8	53,5	33,8	32,3	31,3	35,5	28,7	16,2	12,9	22,4	28,4	33,8	30,0
2005	71,0	49,1	51,5	32,8	38,1	24,6	20,3	15,9	22,1	21,0	29,3	37,0	34,4
2006	45,8	77,9	56,5	36,5	23,1	19,6	18,4	14,7	14,5	16,8	18,9	35,2	31,5
2007	68,3	34,3	28,7	27,1	19,1	20,4	30,4	16,4	12,6	14,9	41,9	32,1	28,8
2008	42,2	52,6	60,6	54,6	37,4	30,8	19,3	21,0	14,2	19			

Tecnologia de Membranas

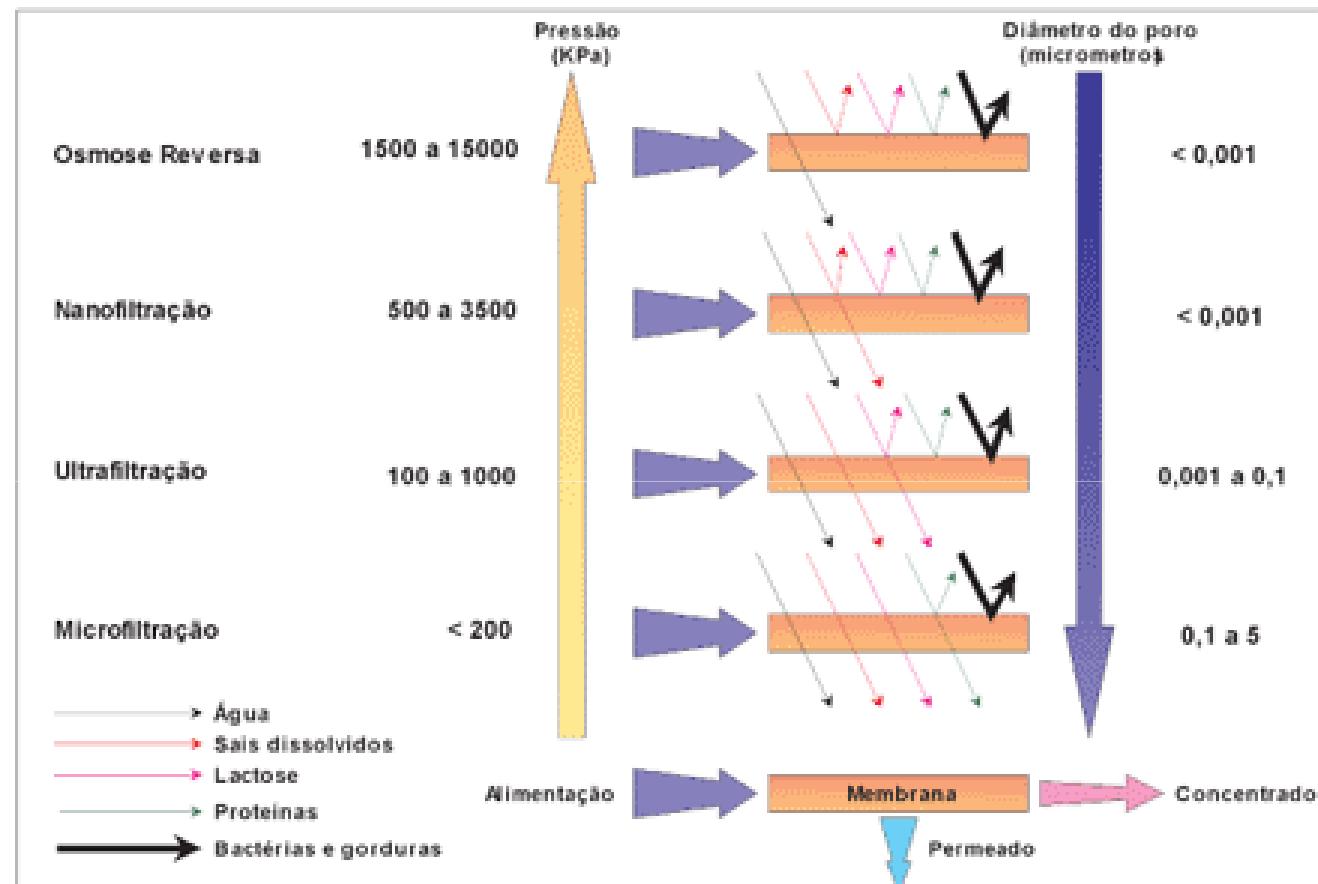
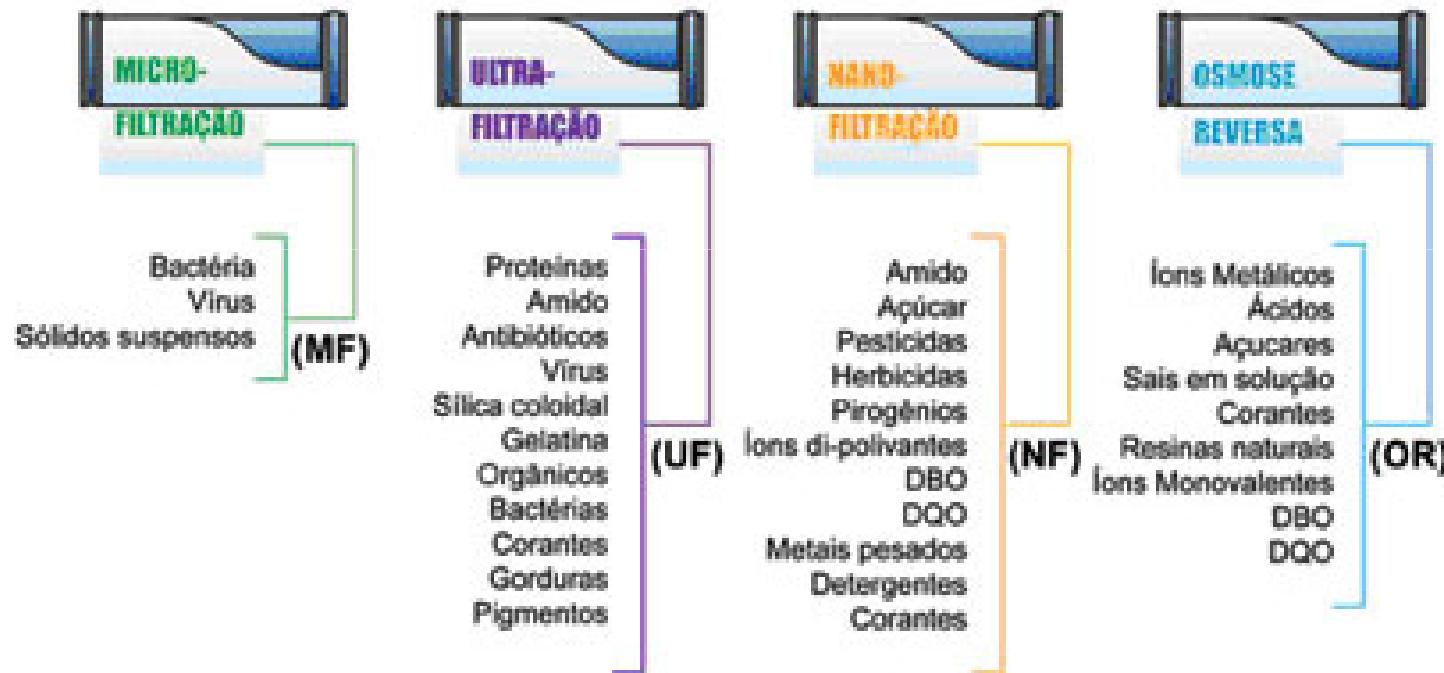


Figura 1 – Características dos processos de separação por membranas

Existem 4 tipos de processos de separação por membranas em função do tamanho e do peso molecular das materiais.



Ultrafiltração

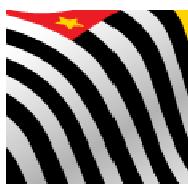


Design do Sistema de Membrana

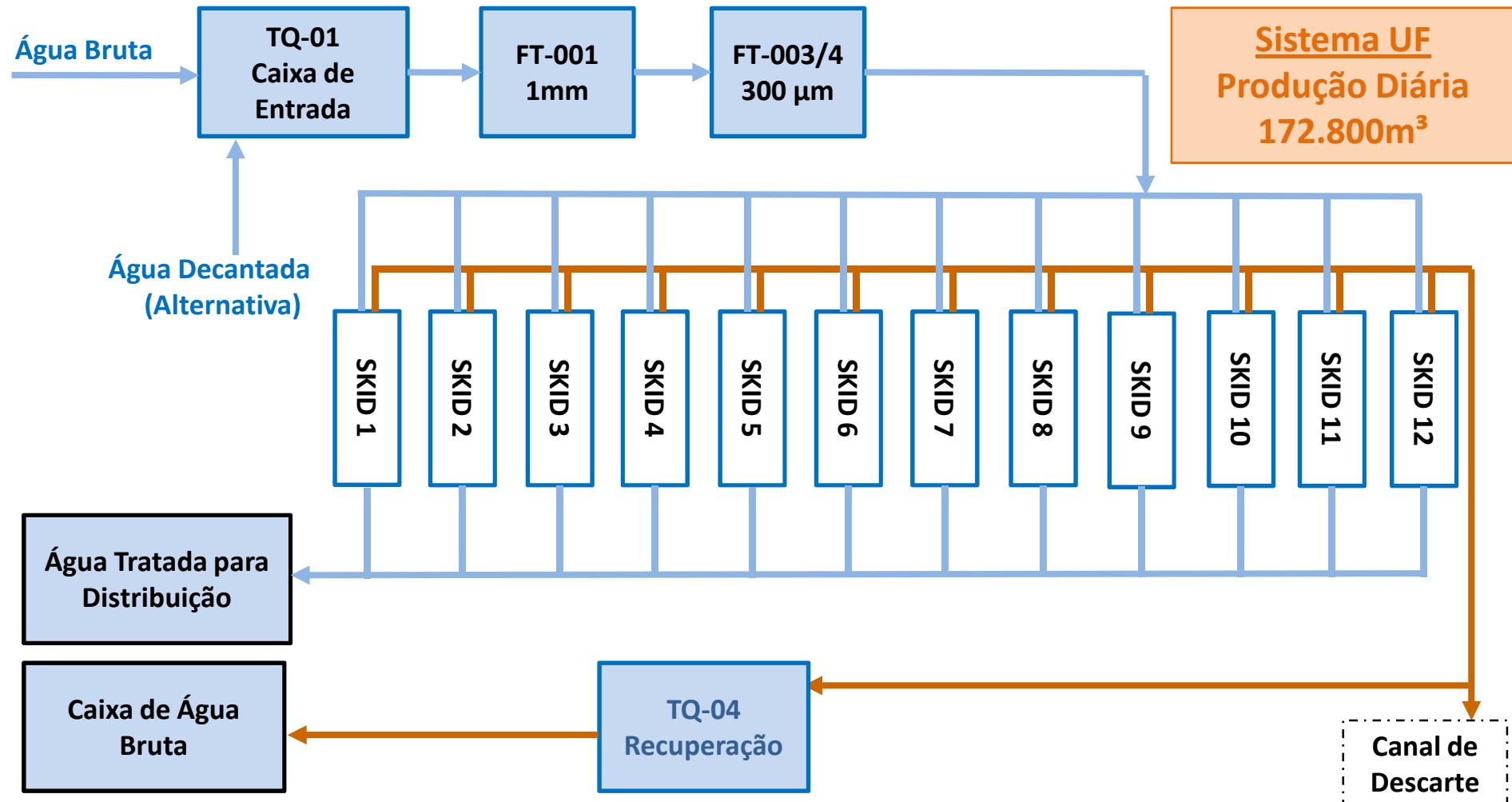
Número de trens / skids	12
Tipo de módulo utilizado	PURON® HF 2650
Área disponível em cada módulo	2.650 m ²
Número de módulos instalados em cada trem	7
Número total de módulos instalados na planta	84
Área total instalada no sistema	222.300 m ²



Ultrafiltração



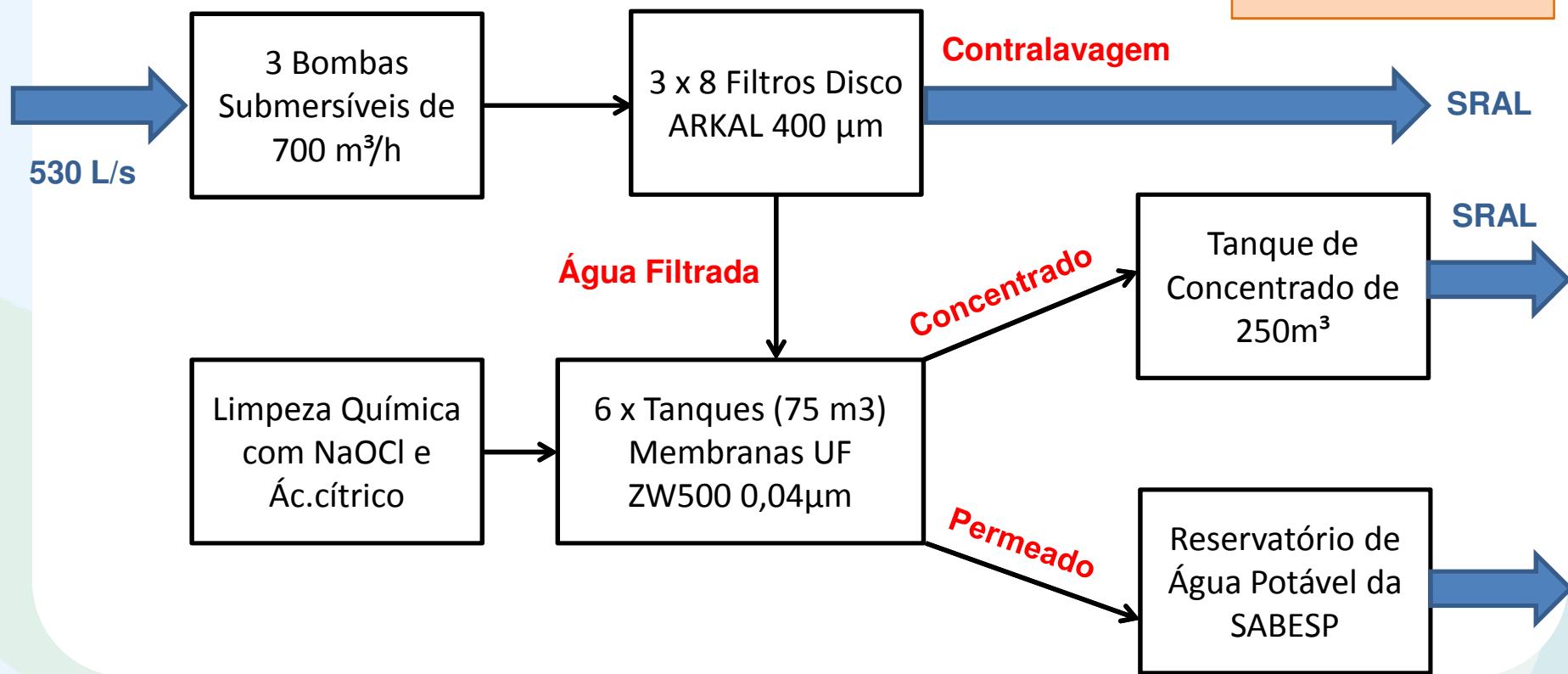
Ultrafiltração ABV



Ultrafiltração Rio Grande



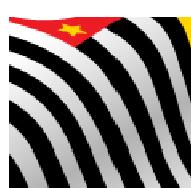
Sistema UF
Produção Diária
43.200 m³



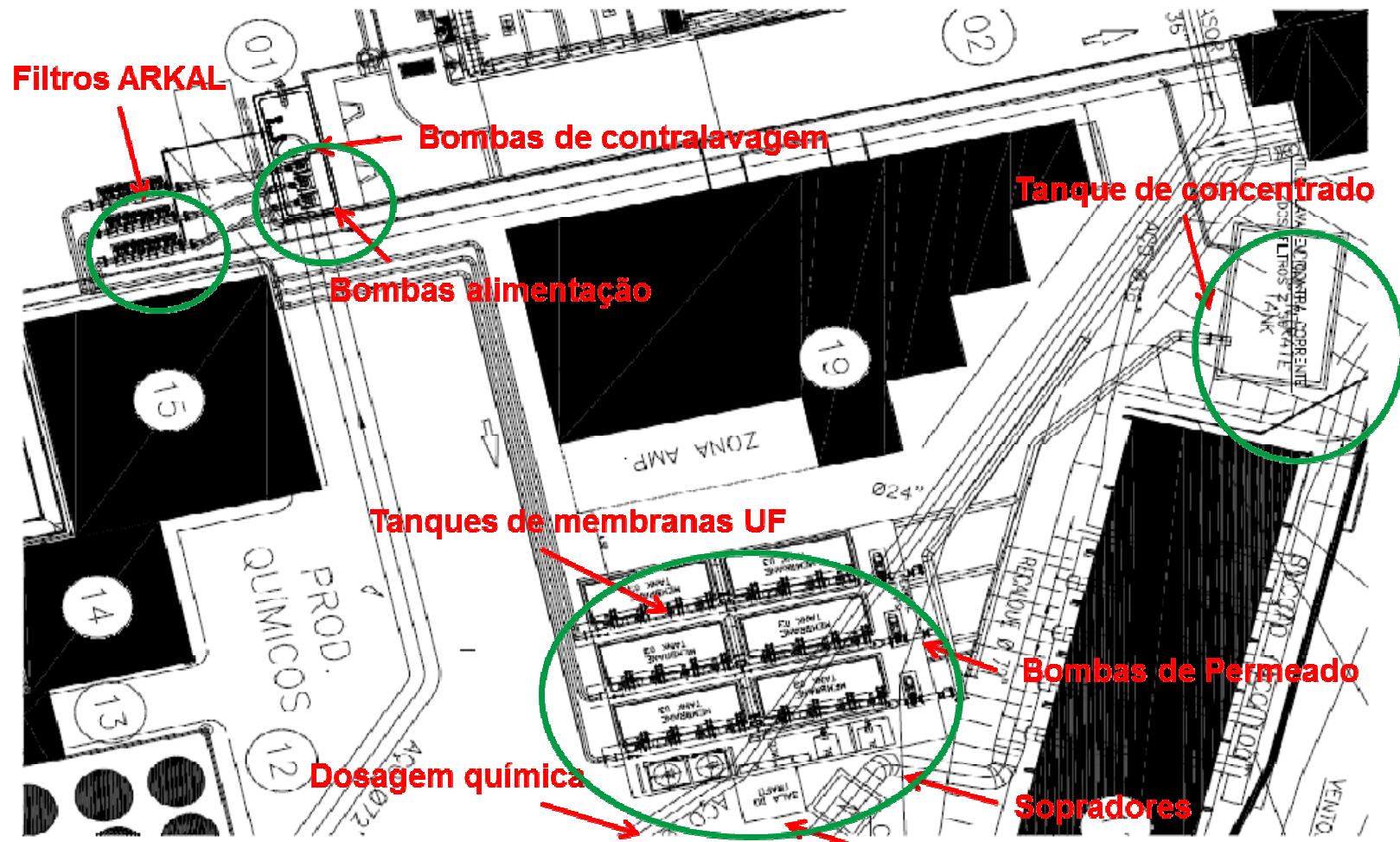
ETA Convencional vs. Membranas



Áreas necessárias para 1m³/s: 2400 m² (convencional) x 800 m² (membrana UF)



ETA Rio Grande Convencional vs. Membranas



Áreas necessárias para 1m³/s: 2325 m² (convencional) x 700 m² (membrana UF)



Premissas do Projeto

Critérios de Projeto

Parâmetro	Unidade	Garantia
Média líquida de produção com 12 trens em operação	lps	2000
Média líquida de produção com 10 trens em operação (máximo de 24 horas)	lps	2000
Turbidez do permeado	NTU	< 0,1 NTU média diária e nenhum resultado acima de 0,5 NTU
Taxa de remoção de Giardia	log de remoção	≥ 3
Taxa de remoção de Cryptosporidium	log de remoção	≥ 3
Coliformes totais no permeado		Ausente

Premissas do Projeto

Qualidade da alimentação	
Parâmetro	Valores
Temperatura	15-30°C
Amônia	< 1,6 mg/L
Ferro Dissolvido	< 0,1 mg/L
Manganês Dissolvido	< 0,1 mg/L
Cor	< 161 CU
Alcalinidade	< 45 mg/L
Sólidos Suspensos Totais*	< 20 mg/L
Turbidez*	< 20 NTU
pH	5,4 – 8,8

ETA ABV Convencional vs. Membranas



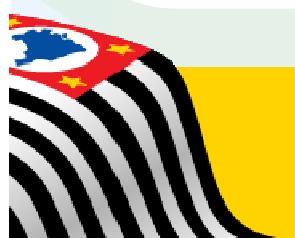
ETA Convencional



ETA ABV Convencional vs. Membranas



ETA de Membranas (UF)



ETA Rio Grande Convencional vs. Membranas



ETA Convencional



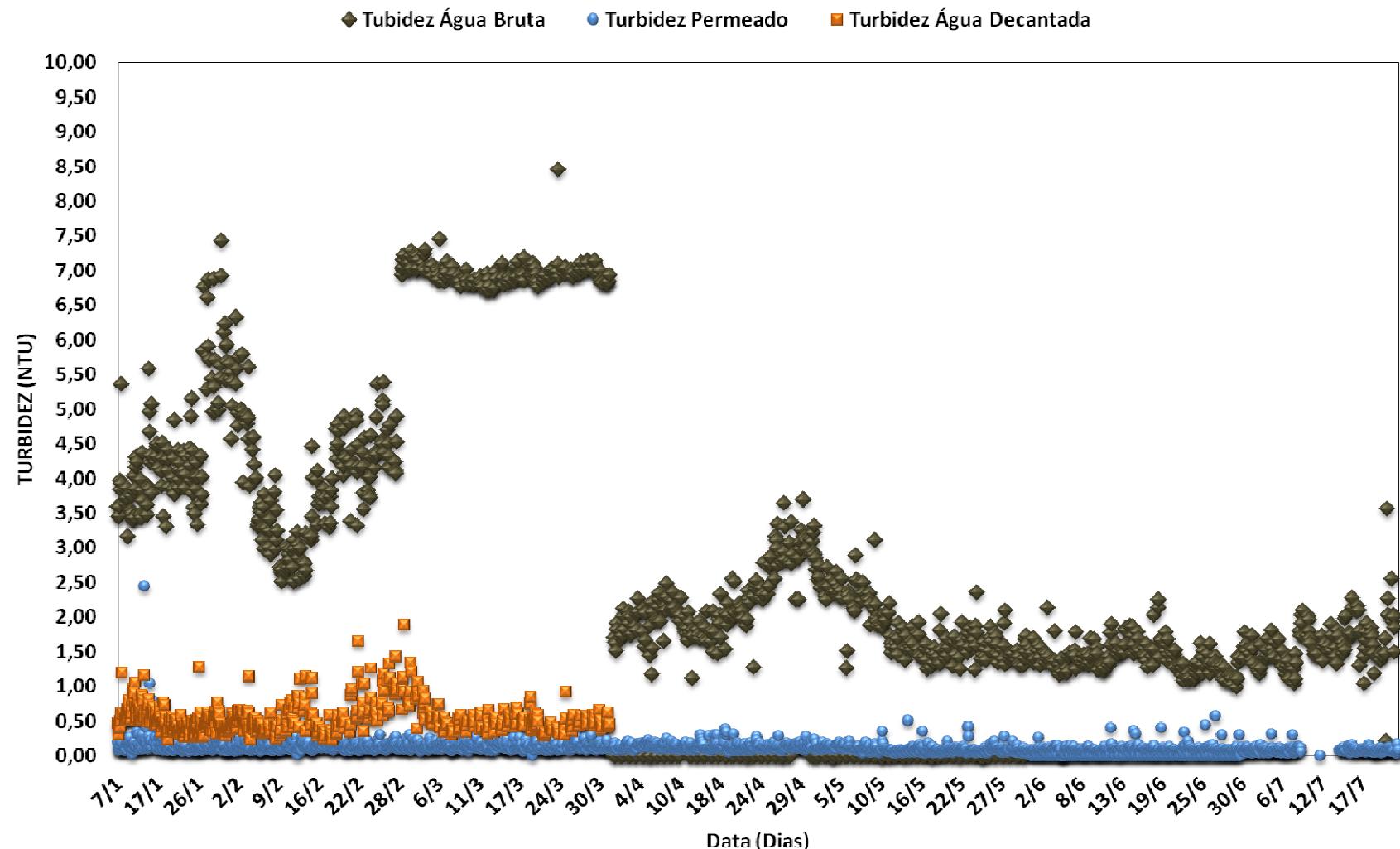
ETA Rio Grande Convencional vs. Membranas



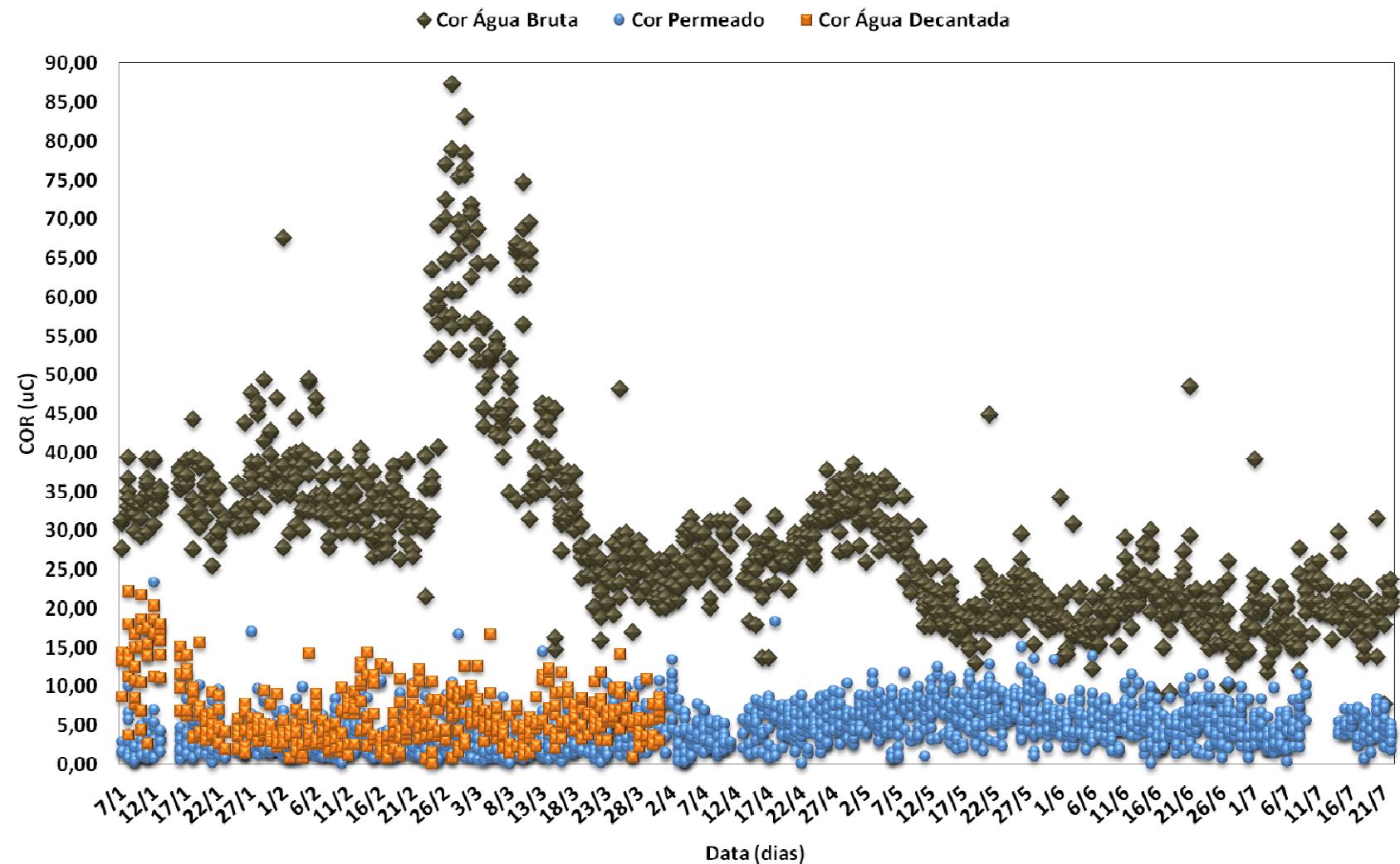
ETA de Membranas (UF)



Resultados Analíticos | Turbidez



Resultados Analíticos | Cor Aparente



Construção e Equipamentos (Instalados e Comissionados)

ETA UF	USD 20 M/ (1,0 m ³ /s)
ETA CONVENCIONAL	USD 16 M/(1,0 m ³ /s)

ÁREA CONSTRUIDA

ETA UF	800 m ²
ETA CONVENCIONAL	2400 m ²



Principais Custos

PRODUTOS QUÍMICOS

ETA UF (coagulantes)	cerca 33 % do Convencional
----------------------	----------------------------

ETA UF (Cloro)	Cerca de 50%
----------------	--------------

CONSUMO DE ENERGIA

ETA UF	4 x maior do que a convencional
--------	---------------------------------

LODO (Geração)

ETA UF	Cerca de 33% da Convencional
--------	------------------------------



TEMPO DE IMPLANTAÇÃO

ETA ABV:

1^a Etapa 1,0 m³/s 6 meses Julho a Dezembro 2014.

2^a Etapa 1,0 m³/s 6 meses Janeiro a Julho 2015.

ETA Rio Grande:

0,5 m³/s 4 meses de Julho a Outubro de 2014

ESTABILIDADE E SEGURANÇA NA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA

Conforme as condições de tratabilidade da agua o sistema pode ser ajustado, porém a qualidade do permeado é sempre a mesma.



MANUTENÇÃO DAS MEMBRANAS

- O item importante na diferença entre os dois sistemas é a reposição de membranas nos sistema UF.
- Em função das condições de operação e manutenção, a vida útil média das membranas de UF varia entre 5 e 10 anos.



Obrigado

Angelino Aniello Saullo

asaullo@sabesp.com.br

