



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

SABESP – ETAs ALTO DA BOA VISTA e Rio Grande

Implantação de Tratamento de Agua por Membranas de Ultrafiltração



Agosto/2016

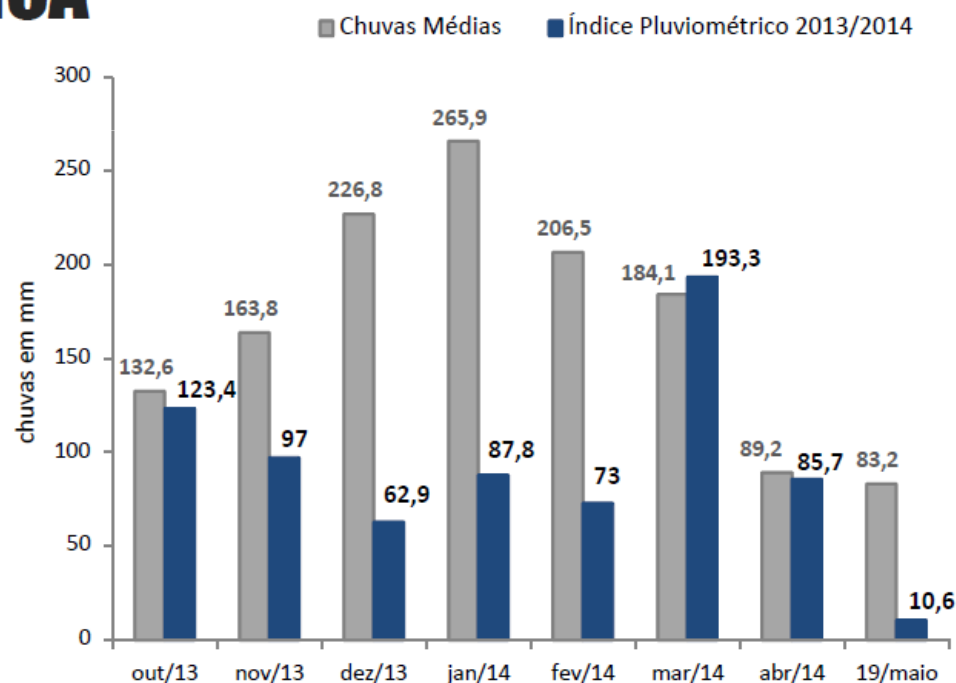


- O DESAFIO
- TECNOLOGIA DE MEMBRANAS
- ULTRAFILTRAÇÃO
- ETA CONVENCIONAL X ETA UF
- RESULTADOS
 - Analíticos
 - CapEx, OpEx
- COMENTÁRIOS FINAIS



**“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



AS MAIS BAIXAS VAZÕES AFLUENTES EM 84 ANOS

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

Ano	Jan	Fev	Már	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dz	Media
1930	75,3	78,6	53,6	39,8	31,6	28,3	26,1	22,5	24,2	33,8	21,6	74,0	43,3
1931	72,8	114,8	104,2	77,2	54,2	44,9	35,9	29,0	37,7	36,9	57,2	91,9	64,7
1932	42,3	82,1	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	30,5	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	26,1	23,1	30,5	57,9	28,9	35,1	44,5
1936	18,1	43,7	88,9	19,4	35,3	27,8	25,4	31,4	32,2	24,4	22,6	103,5	45,3
1937	127,9	76,4	58,8	51,8	45,1	40,1	30,1	26,1	21,1	40,7	51,1	86,6	55,5
1938	76,6	57,7	60,8	47,1	42,1	32,9	28,6	28,8	28,6	50,7	48,0	48,0	45,3
1939	72,7	71,9	56,9	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	39,7	30,4	24,6	19,8	18,4	21,7	84,8	40,6	48,2
1941	43,4	30,6	32,6	25,6	18,7	17,9	17,6	12,9	36,8	39,3	39,6	44,2	29,7
1942	45,4	63,7	60,0	50,7	35,0	31,5	31,3	22,0	20,9	19,6	22,4	34,5	37,3
1943	45,1	85,2	66,3	36,5	25,7	24,4	19,7	16,7	17,6	24,5	25,1	30,1	32,7
1944	32,5	48,3	63,9	32,1	24,7	20,0	16,6	14,6	10,2	12,4	20,1	25,6	27,3
1945	33,6	76,7	36,7	20,7	23,1	46,4	30,6	20,2	10,2	17,3	26,4	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	31,0	41,5
1947	30,5	69,2	116,2	70,5	41,1	36,0	30,5	20,5	35,1	37,1	30,0	74,2	54,9
1948	59,6	74,2	97,3	57,7	43,1	34,0	28,7	25,9	21,4	21,8	24,8	51,0	44,1
1949	46,3	63,5	45,0	39,5	29,1	25,1	20,3	16,4	14,5	16,1	20,4	33,3	32,3
1950	76,2	123,6	67,4	56,6	44,4	36,9	29,9	23,3	19,6	26,9	25,1	56,4	52,2
1951	70,6	60,7	73,7	34,5	35,4	29,5	26,7	23,6	16,0	20,3	27,6	36,1	41,5
1952	35,9	112,5	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	18,5	15,6	14,2	14,1	15,4	23,7	27,8	21,3
1954	43,4	65,5	39,5	27,7	37,0	26,0	19,4	15,5	13,2	19,2	12,5	26,9	26,9
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	25,4	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	29,3	27,3	41,9	29,2	39,6	46,8	48,0
1958	71,6	81,6	76,3	59,6	61,4	56,4	41,3	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	38,0	72,0	73,9	41,7	35,2	31,2	25,1	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	37,1	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	35,2	85,2	70,0	38,7	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	38,7	27,5	22,4	22,4	16,9	26,4	34,6	67,3	46,3
1967	103,6	104,1	79,2	50,3	35,4	38,9	27,4	21,6	21,8	25,4	37,8	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	16,4	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	37,9	24,3
1970	77,0	141,5	81,2	45,4	37,7	32,4	29,2	25,6	34,2	29,7	35,0	33,4	50,2
1971	32,6	21,8	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	62,3	86,8	45,1	49,4	37,1	26,1	26,3	21,7	20,6	27,5	39,0	58,4	38,7
1974	84,2	82,6	55,9	42,3	30,3	36,9	26,1	19,3	16,8	20,7	23,5	48,5	38,0
1975	46,7	63,8	46,8	29,5	24,3	20,8	19,9	14,8	12,4	20,5	29,4	61,1	32,5
1976	47,2	84,6	81,9	63,0	64,4	57,7	61,3	46,3	63,9	50,3	54,9	65,9	61,0
1977	70,1	83,2	61,6	63,0	60,3	66,4	27,0	21,0	27,0	23,0	36,7	53,0	41,0
1978	61,8	42,7	45,1	28,1	26,5	25,8	25,8	18,6	17,4	15,9	41,4	40,7	32,0
1979	40,5	42,1	40,7	34,4	36,2	25,2	24,4	25,7	23,0	32,0	36,7	45,5	34,4
1980	69,5	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	30,9	20,9	29,9	19,0	15,0	14,0	11,0	10,0	40,0	61,0	101,5	99,6
1982	76,0	69,2	95,0	66,6	66,7	44,0	39,0	34,0	24,6	46,1	40,6	69,2	54,6
1983	68,1	131,8	113,6	92,8	86,8	169,7	75,2	57,5	104,8	86,1	80,5	102,8	100,4
1984	76,4	93,4	42,8	47,3	44,8	26,5	22,0	28,3	26,7	19,0	19,6	40,3	37,3
1985	66,9	63,1	64,0	39,6	21,3	24,9	20,9	16,7	28,6	18,5	26,2	23,1	34,7
1986	32,8	43,5	48,0	29,3	30,8	26,2	16,5	23,9	13,9	16,1	22,1	89,5	31,5
1987	66,1	63,5	64,7	43,4	69,5	66,0	37,5	30,5	30,2	27,5	27,9	30,2	45,5
1988	57,5	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	43,7
1990	73,8	30,1	60,8	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	36,0	28,0	22,8	20,7	41,0	20,4	30,3	43,9
1992	28,2	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	37,2	40,5	45,6	35,0	26,2	15,2	17,5	12,8	9,6	18,8	21,8	38,2	27,2
1995	42,4	145,4	77,6	60,8	41,8	30,0	32,4	21,5	22,4	48,8	35,2	36,5	49,6
1996	66,4	76,8	101,8	60,6	39,6	31,0	24,1	22,8	40,3	32,2	42,2	63,0	52,0
1997	75,6	61,4	43,1	30,5	25,8	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	25,9	19,5	12,9	17,1	36,2	22,4	47,8	32,7
1999	117,5	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	56,4	57,3	40,2	27,1	18,1	14,3	16,5	16,4	24,8	11,5	28,6	46,0	29,9
2001	35,7	44,4	35,1	29,1	21,1	15,7	14,0	13,2	15,2	33,1	31,1	48,0	28,0
2002	65,6	63,5	47,7	34,1	23,8	17,7	13,3	16,9	17,5	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	20,8	15,9	22,1	21,0	29,3	37,0	34,4
2006	45,8	77,9	56,5	36,5	23,1	15,6	18,4	14,7	14,5	16,8	18,9	35,2	31,5
2007	68,3	94,3	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	36,8	19,3	21,0	14,2	19,9	27,3	36,1	34,7
2009	61,0	90,6	60,1	38,3	27,4	24,7	28,5	20,9	27,7	35,3	36,3	96,5	45,6
2010	14,3	67,4	64,2	48,4	27,1	21,1	23,0	13,2	13,4	14,1	20,5	39,4	38,9
2011	27,9	47,4	72,6	51,4	30,9	27,1	20,5	16,3	13,3	20,4	99,9	28,0	40,5
2012	54,3	31,4	23,5	23,6	27,6	35,4	26,1	12,7	10,8	16,3	15,0	26,2	25,6
2013	42,1	44,8	45,6	31,1	19,9	15,0	19,4	13,7	11,3	21,0	19,4	21,2	25,7
2014	14,3	8,5	13,8	15,8									
Média	69,7	66,2	60,2	49,7	34,1	31,1	26,5	21,6	22,6	27,1	31,2	47,7	39,8
Máxima	127,9	164,8	118,6	92,8	86,8	166,7	76,2	67,6	104,8	86,1	81,0	107,6	100,4
Mínima	24,5	21,8	23,6	22,0	19,1	14,3	11,7	10,7	9,6	11,5	12,6	19,6	21,2

Apenas dois reservatórios da RMSP apresentavam volumes adequados, Guarapiranga, e Billings, ocorrendo assim a necessidade de adequar as ETAs para novas Vazões em prazo Record.

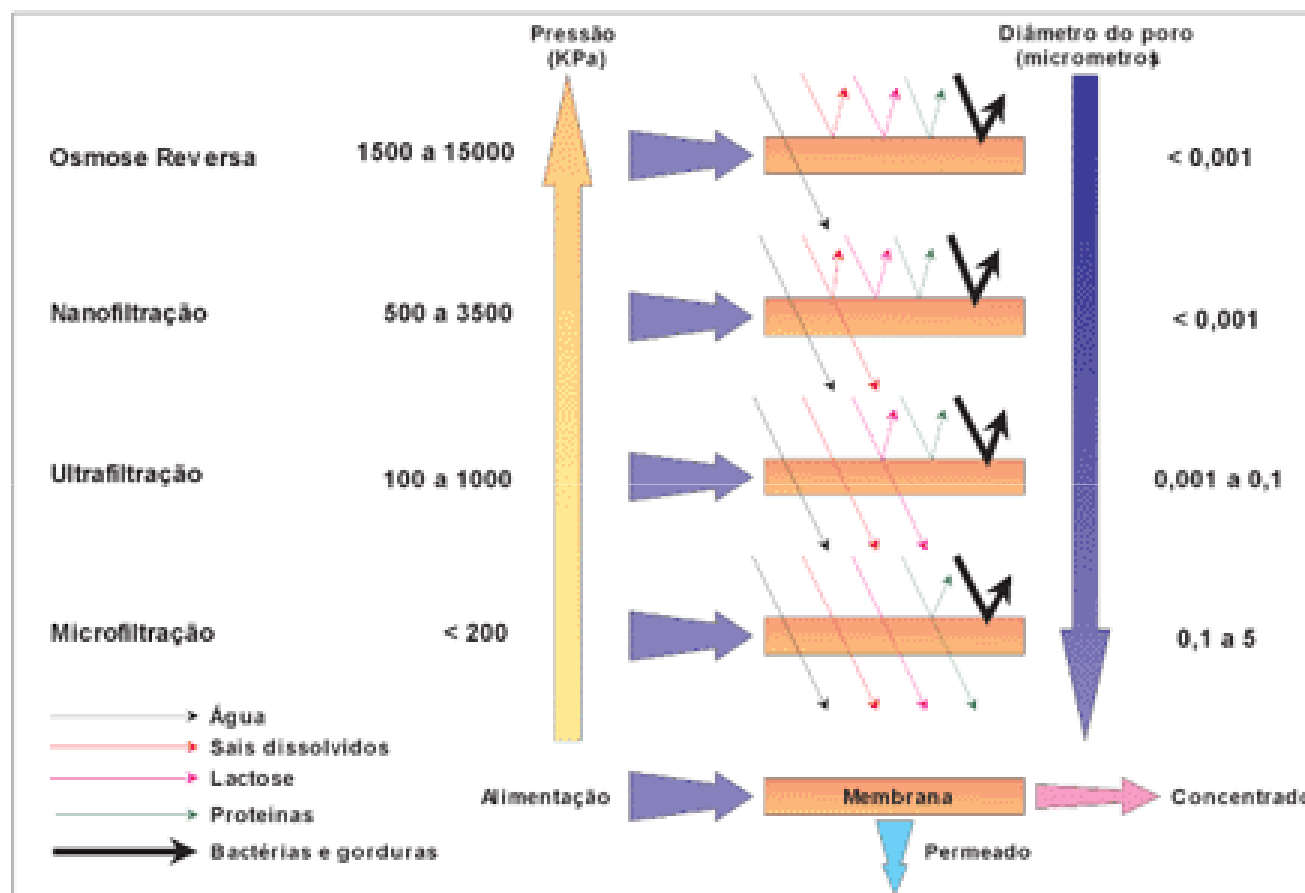
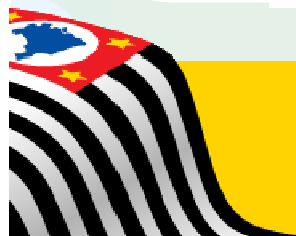
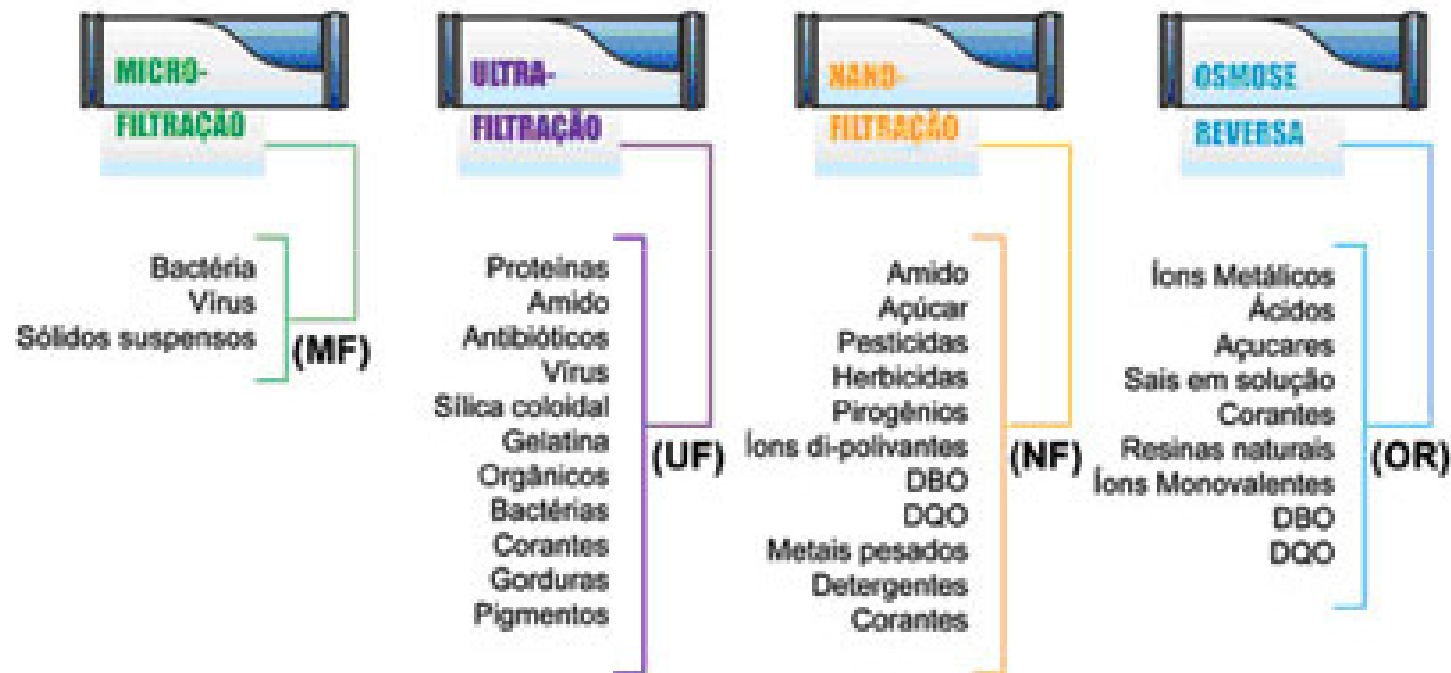


Figura 1 – Características dos processos de separação por membranas

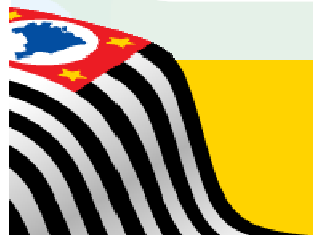


Existem 4 tipos de processos de separação por membranas em função do tamanho e do peso molecular das materiais.



Design do Sistema de Membrana

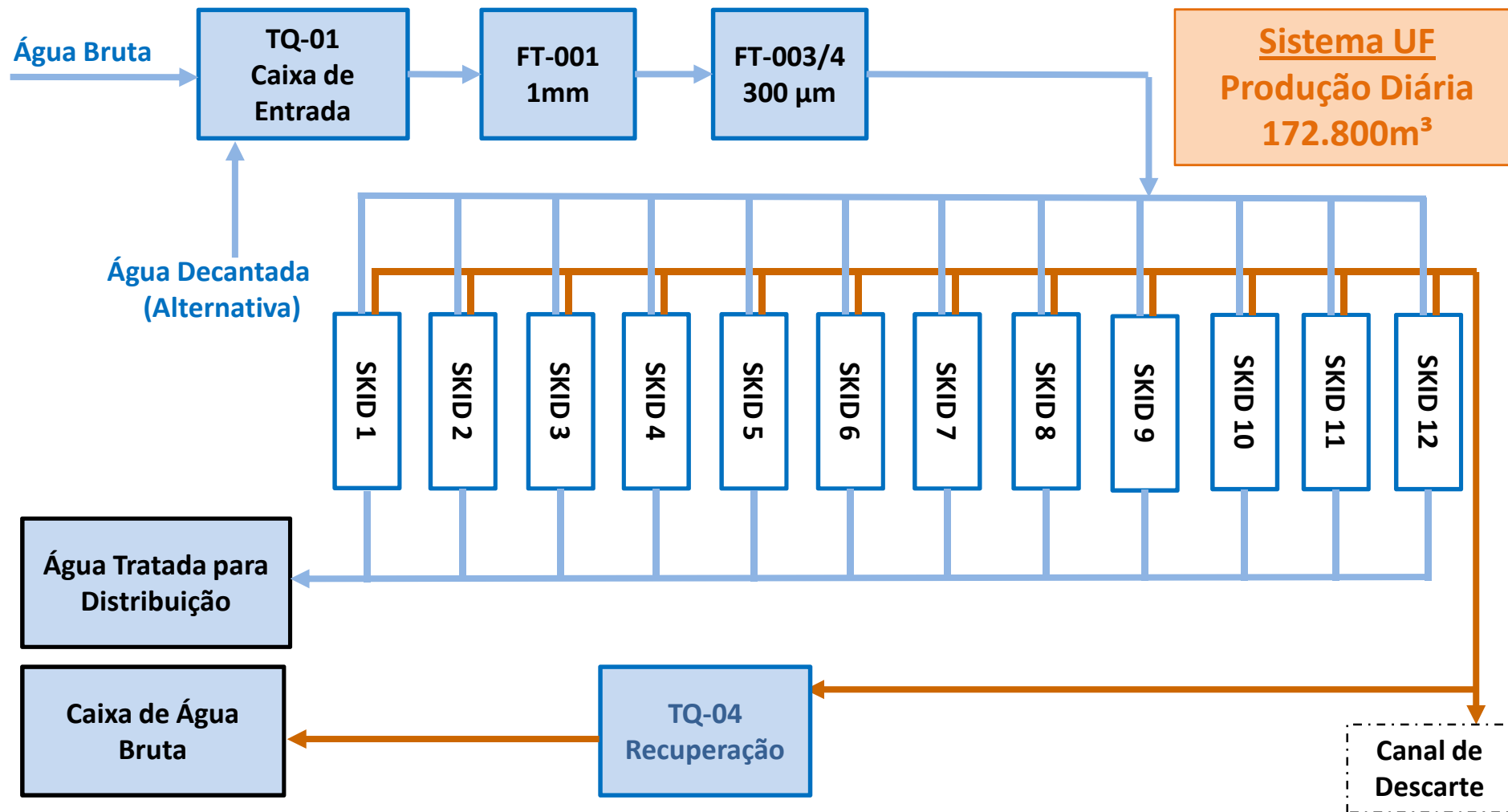
Número de trens / skids	12
Tipo de módulo utilizado	PURON® HF 2650
Área disponível em cada módulo	2.650 m ²
Número de módulos instalados em cada trem	7
Número total de módulos instalados na planta	84
Área total instalada no sistema	222.300 m ²



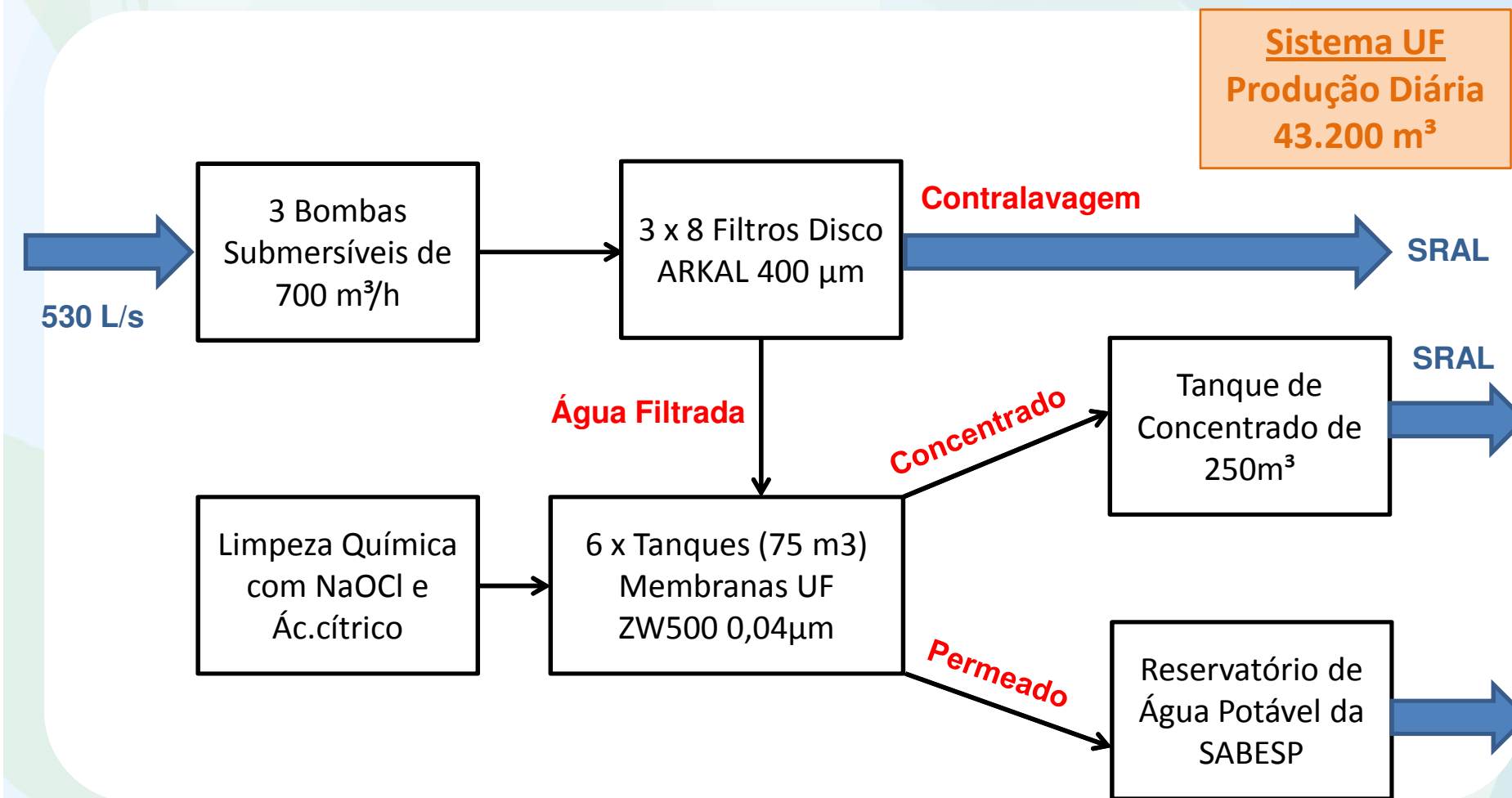
Ultrafiltração



Ultrafiltração ABV



Ultrafiltração Rio Grande



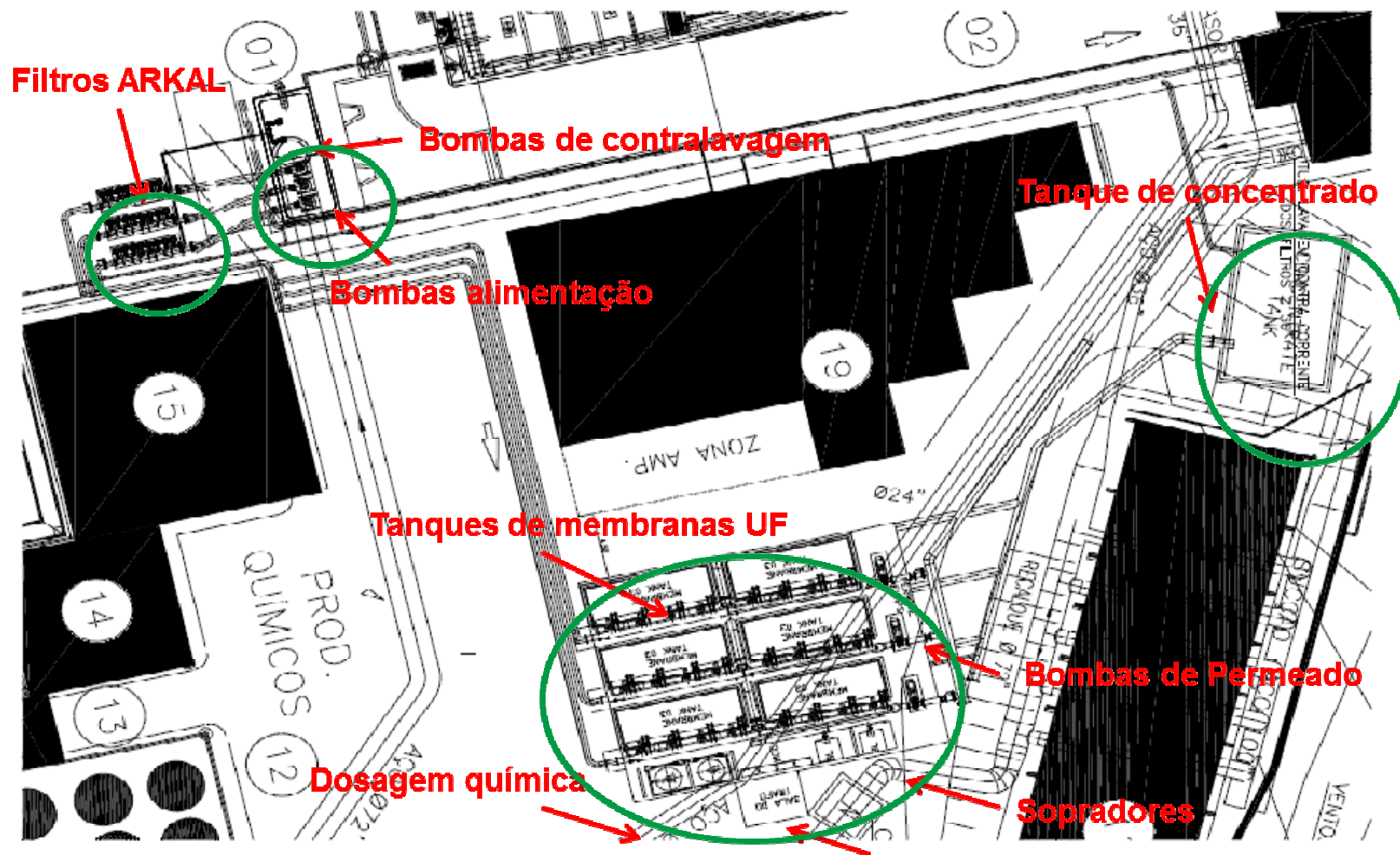
ETA Convencional vs. Membranas



Áreas necessárias para $1\text{m}^3/\text{s}$: 2400 m^2 (convencional) x 800 m^2 (membrana UF)



ETA Rio Grande Convencional vs. Membranas



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

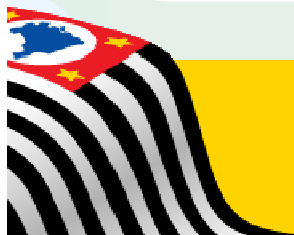


Premissas do Projeto



Crítérios de Projeto

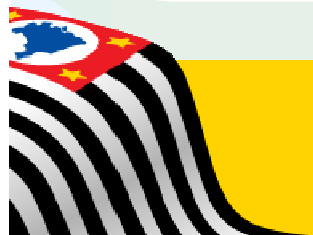
Parâmetro	Unidade	Garantia
Média líquida de produção com 12 trens em operação	lps	2000
Média líquida de produção com 10 trens em operação (máximo de 24 horas)	lps	2000
Turbidez do permeado	NTU	< 0,1 NTU média diária e nenhum resultado acima de 0,5 NTU
Taxa de remoção de Giardia	log de remoção	≥ 3
Taxa 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 Convencional



ETA ABV Convencional vs. Membranas



ETA de Membranas (UF)



ETA Rio Grande Convencional vs. Membranas



ETA Convencional



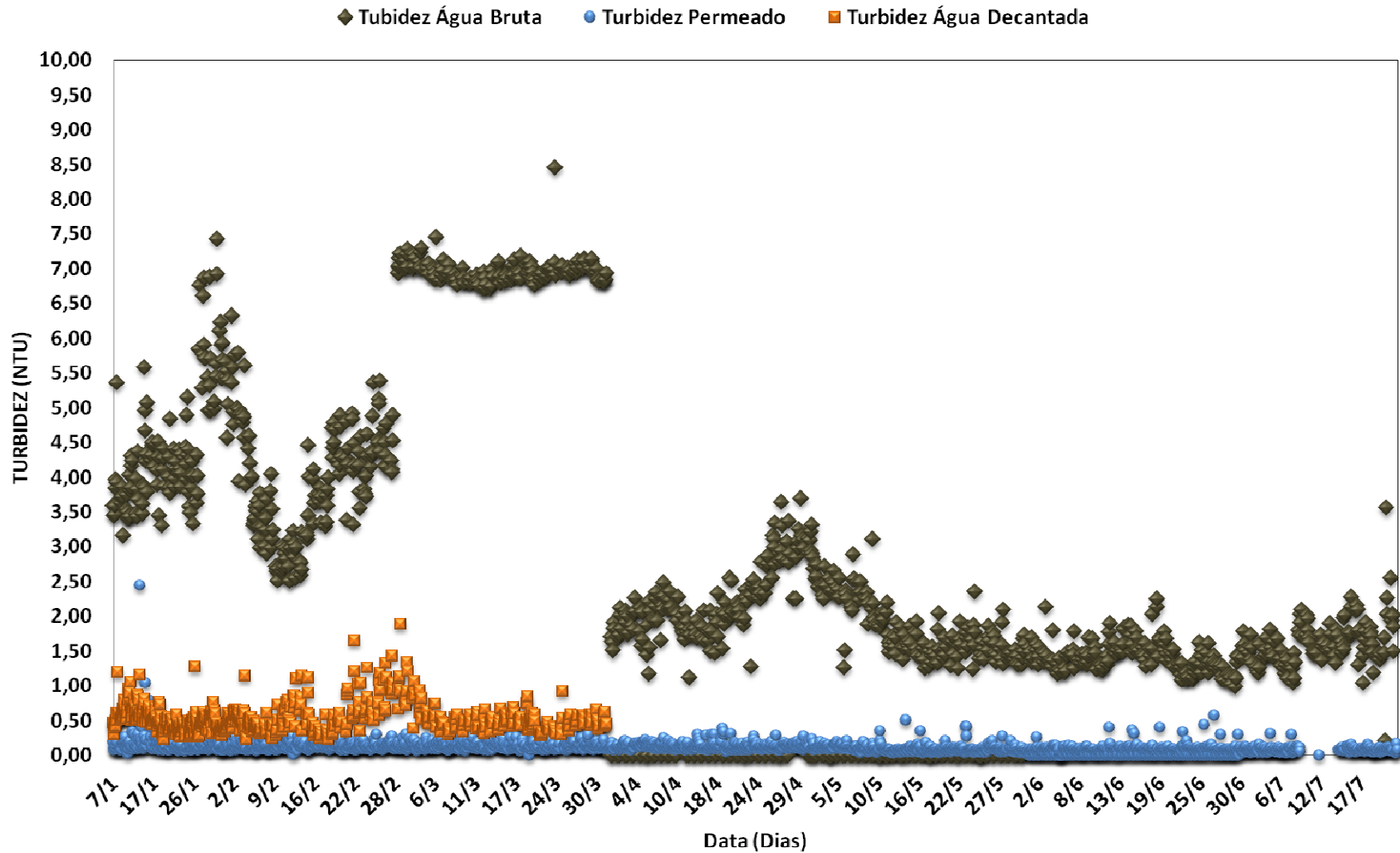
ETA Rio Grande Convencional vs. Membranas



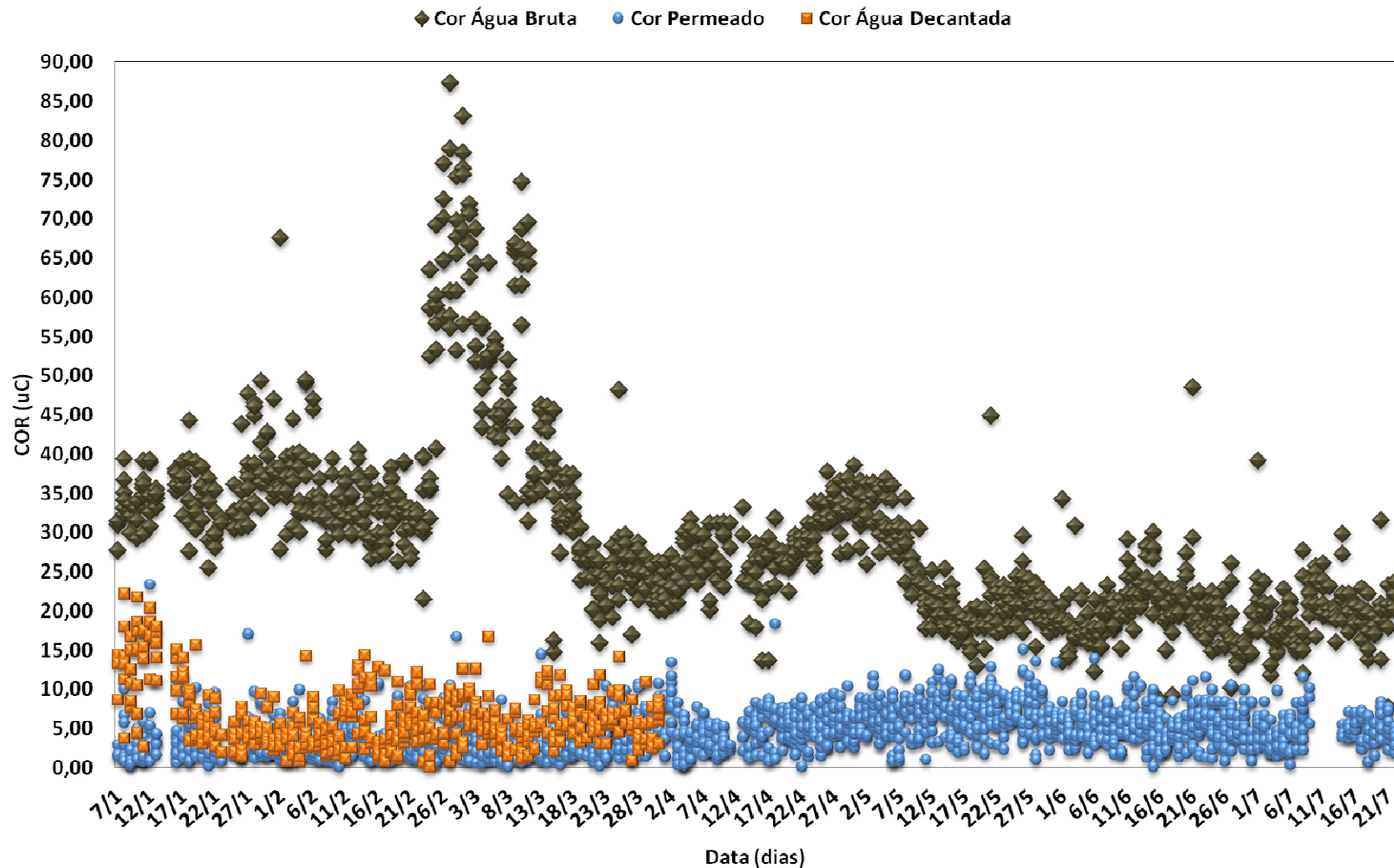
ETA de Membranas (UF)



Resultados Analíticos | Turbidez

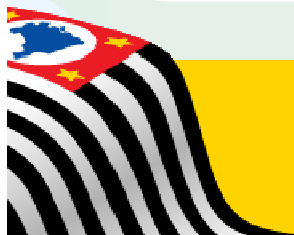


Resultados Analíticos | Cor Aparente



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
----------------------	----------------------------

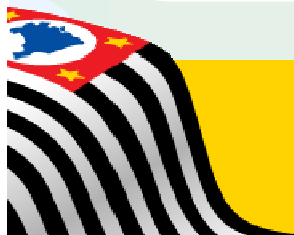
ETA UF (Cloro)	Cerca de 50%
----------------	--------------

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:

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

2ª 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

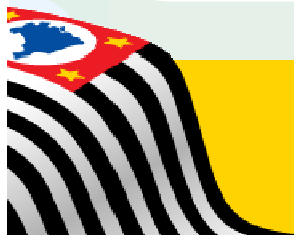
ESTABILIDADE E SEGURANÇA NA QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA

Conforme as condições de tratabilidade da água 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

