

# FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA CONTROLE DE PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

- **João Francisco de Paula Pimenta**

Engenheiro Ambiental (UFV), Mestre em Engenharia Civil (UFV), Doutorando em Engenharia Civil (UFV), Engenheiro e chefe da Divisão de Água e Esgoto (UFV)

- **Thiago Abrantes Silva**

Graduando em Engenharia Ambiental (UFV)

- **Túlio Markiole Coelho Torres**

Engenheiro Químico (UFV)

- **Luís Eduardo do Nascimento**

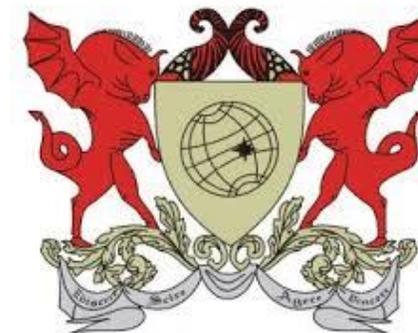
Químico (UFV), Especialização em Engenharia Civil (UFV)

- **Rafael Kopschitz Xavier Bastos**

Engenheiro Civil (UFJF), Especialização em Engenharia de Saúde Pública (ENSP/FIOCRUZ), PhD em Engenharia Sanitária (University of Leeds, UK), Professor Adjunto - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa (UFV)

## INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

- Viçosa – Minas Gerais
- Município de Viçosa – SAAE Viçosa (77.863)
- Universidade Federal de Viçosa (20.000)
  - Pró-Reitoria de Administração
  - Diretoria de Manutenção de Estruturas Urbanas e Meio Ambiente
  - Divisão de Água e Esgotos
  - ETA – UFV



## INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

- A **produção sistemática de água** para consumo humano de **boa qualidade** depende do bom **controle operacional** dos diversos processos unitários de tratamento, o que nem sempre é observado.
- Torna-se, assim, necessário dispor de **ferramentas** que permitam o pronto acesso a um **banco de dados de monitoramento de rotina**, organizado e sistematizado de tal forma que se possa, continuamente, **avaliar o desempenho** dos processos unitários de tratamento e **intervir**, quando necessário, para a **otimização do processo**.

## INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

- Necessidade e importância do controle da qualidade da água, com adequado registro e sistematização dos dados (Portaria 2914/2011)
- Ferramenta de apoio ao controle e à avaliação de desempenho de estações de tratamento de água (ETAs).
  - Conjunto de planilhas eletrônicas
  - Controle operacional e da qualidade da água
- Parâmetros de avaliação de desempenho de ETAs,
- Ferramentas de controle estatístico de processos.
- A ferramenta é apresentada por meio de uma aplicação real, no controle da ETA da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

## MATERIAL E MÉTODOS

- Atualização de um conjunto de planilhas de controle operacional de rotina, inicialmente desenvolvidas por Nascimento *et al.* (2000).

Ferramentas de controle estatístico de processos (Campos, 2009)

Parâmetros de avaliação de desempenho de ETAs (CEPIS, 2005)

- MICROSOFT EXCEL

## MATERIAL E MÉTODOS

### Relatórios Diários

- Registro do monitoramento de rotina de controle da qualidade da água da ETA e da rede e parâmetros operacionais da ETA

### Relatórios Mensais

- Estatísticas descritivas, gráficos de variabilidade e dispersão (*box plot*) e frequência acumulada dos dados de qualidade e análise dos dados operacionais.

### Relatórios Anuais

- Estatísticas descritivas, gráficos de variabilidade e dispersão (*box plot*) e frequência acumulada dos dados de qualidade e análise dos dados operacionais.

## MATERIAL E MÉTODOS

- ETA da Universidade Federal de Viçosa.
- 12 horas diárias, com vazão média de 30 L/s.
- Tratamento em ciclo completo:
  - (i) mistura rápida em calha Parshall,
  - (ii) floculador hidráulico do tipo Cox com seis câmaras;
  - (iii) um decantador convencional circular;  
TAS  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$
  - (iv) dois filtros rápidos de camada simples e fluxo descendente em paralelo  
taxa de filtração e nível variáveis  
taxa de filtração  $65 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia} \ll \text{NBR 12216 (ABNT, 1992)}$
  - (v) desinfecção com cloro gás.

## MATERIAL E MÉTODOS



## RESULTADOS/DISCUSSÃO

- Registros de dados (frequência)
- Horária: vazão, turbidez, pH, temperatura, dose de coagulante, carga de coagulação, dose de cloro, cloro livre e total, cor aparente, nível de água nos filtros, volume armazenado nos reservatórios e identificação dos operadores responsáveis pela realização das análises horárias.
- Diária: condutividade elétrica, dureza, alcalinidade. Ensaios de Jar Test (técnico responsável, concentração de coagulante, turbidez, carga e pH da água bruta, dose de coagulante, turbidez, pH e carga em cada um dos seis jarros). Consumo de desinfetante (pesagem do cilindro de cloro no início e final da operação diária) e tempo e conjunto moto-bomba em funcionamento na ETA.

## RESULTADOS/DISCUSSÃO

- Semanal: cor verdadeira, calibração dos equipamentos analíticos e o controle de qualidade da água na rede de distribuição (cloro, turbidez, cor, pH, coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas).
- Indefinida: controle do processo de lavagem dos filtros (análise da turbidez e do nível dos filtros antes e após a lavagem). Controle de estoque de produtos químicos utilizados (coagulante - sulfato de alumínio e desinfetante - gás cloro).



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
38	<b>BOMBA DE SULFATO EM USO</b>			-			BOMBA 1									
39	CARGA (ICu)			0,28			-0,2	0,06	0,49	0,64	0,47	0,58	0,2	0,18	0,19	0,19
40	DOSAGEM CLORO (g/h Cl <sub>2</sub> )			360			450	450	450	450	300	300	300	300	300	300
41	CLORO RESIDUAL	Total		1,45			1,02	1,49	1,64	1,92	1,71	1,15	1,33	1,41	1,4	1,46
42		Tanque de Contato		Livre	1,37			0,88	1,42	1,56	1,86	1,67	0,9	1,3	1,37	1,35
43	CLORO RESIDUAL	Total		0,91			0,7	0,78	0,8	0,92	1,01	1	1,03	0,99	0,92	0,92
44		Reservatório 1		Livre	0,84			0,59	0,71	0,73	0,87	0,94	0,96	0,97	0,93	0,87
45	CLORO RESIDUAL	Total		0,74			0,61	0,6	0,57	0,57	0,75	0,82	0,85	0,84	0,86	0,88
46		Reservatório 2		Livre	0,67			0,53	0,53	0,5	0,5	0,68	0,75	0,78	0,79	0,8
47	COR APARENTE (uC)	Bruta		25,6			22,2		29,1		24,6		25,8		26,3	
48		Decantada		5,12			3,7		10		4,2		3,9		3,8	
49		Filtrada 1		2,1			2,1		2,6		2		1,8		2	
50		Filtrada 2		1,64			2,4		1,6		2,2		1,7		0,3	
51		Tratada (TC)		1,12			1,5		1		1,5		0,9		0,7	
52	VOLUME DO RESERVATÓRIO 1 (m <sup>3</sup> )			763,04		739,1	700,2	700,2	778	778	778	778	778	778	778	778
53	VOLUME DO RESERVATÓRIO 2 (m <sup>3</sup> )			567,5		357,5	357,5	357,5	357,5	422,5	520	585	585	682,5	747,5	780
54	NÍVEL DO FILTRO 1 (cm)			192			170	170	170	200	200	200	200	200	205	205
55	NÍVEL DO FILTRO 2 (cm)			192			170	170	170	200	200	200	200	200	205	205
56	RESERVATÓRIO	R1		-			ABERTO	ABERTO	ABERTO	ABERTO	FECHADO	FECHADO	FECHADO	FECHADO	FECHADO	FECHADO
57		ABERTO OU FECHADO		R2	-			FECHADO	FECHADO	FECHADO	FECHADO	ABERTO	ABERTO	ABERTO	ABERTO	ABERTO
58	OPERADOR RESPONSÁVEL			-			Eduardo									
59				-												

#### ANÁLISES DIÁRIAS

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (μS/cm)	Bruta		76,6
	Tratada	R1	82,3
DUREZA (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	Bruta		17,82
	Tratada	R1	13,86
ALCALINIDADE (mg/L)	Bruta		33,6
	Tratada	R1	23,1

#### ÍNDICE DE LANGELIER (ISL) – Tratada

-2,92664346

#### SDT

52,672

#### LEGENDA

ISL > 0 → Água com tendência a ser incrustante

ISL = 0 → Água em equilíbrio químico

ISL < 0 → Água com tendência a ser corrosiva

#### JAR TEST

OPERADOR RESPONSÁVEL	Eduardo
CONCENTRAÇÃO DO Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (%)	2
TURBIDEZ - BRUTA	2,39
CARGA - BRUTA	-2,74
pH - BRUTA	6,75
Jarro	MÉDIA
DOSE (mg/L Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> )	11
Turbidez (uT)	0,95
pH	6,46

	1	2	3	4	5	6
DOSE (mg/L Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> )	6	8	10	12	14	16
Turbidez (uT)	0,86	0,81	0,72	0,73	1,16	1,44
pH	6,61	6,58	6,44	6,4	6,41	6,32

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
78		pH		6,46	6,61	6,58	6,44	6,4	6,41	6,32						
79		Carga (ICu)		-1,19	-1,16	-1,25	-1,13	-1	-1,85	-0,73						

80

CONTROLE DE CONSUMO DE CLOROGÁS		SAÍDA			
		HORA INICIAL	PESO INICIAL	HORA FINAL	PESO FINAL
CLOROGÁS (Kg)	CILINDRO 1	07:00	64,5	19:00	61
	CILINDRO 2		100,5		100,5

PREPARO DE SOLUÇÃO DE HIPOCLORITO DE CÁLCIO		
HORA	PESO	CONCETRAÇÃO SOLUÇÃO

85

TROCA DE CILINDRO		
CILINDRO	PESO INICIAL	HORA TROCA
CILINDRO 1		
CILINDRO 2		

CLOROGÁS DISPONIVEL – CILINDRO EM USO	
CILINDRO 1	-18,5
CILINDRO 2	0

90

TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h:min)	De	07:00	às	17:30
	10:30			

VOLUME TRATADO (m³/d)	1599,696
VAZÃO TRATADA EM 24h (L/s)	18,52357573

98

BOMBA ÁGUA BRUTA EM USO	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	INÍCIO	FIM	TEMPO TOTAL
BOMBA 1									00:00:00
BOMBA 2	07:00	17:30							10:30:00
BOMBA 3	08:00	17:30							09:30:00
BOMBA 4									00:00:00

104

PREPARO DE SOLUÇÃO DE COAGULANTE $Al_2(SO_4)_3$	
TANQUE	TANQUE 2
TIPO DE COAGULANTE	LÍQUIDO (L)
QUANTIDADE	40
HORA DE PREPARO	16:00
OPERADOR RESPONSÁVEL	Eduardo

111

CONTROLE DE ESTOQUE DE MATERIAL		ENTRADA	SALDO EM ESTOQUE
CLOROGÁS	CILINDROS		0
	Kg		-16,5
SULFATO DE ALUMÍNIO	LÍQUIDO (L)		0
	GRANULADO (Kg)		0

117

117	SOLICITAÇÃO DE ALUMÍNIO	GRANULADO (Kg)		0
118	HIPOCLORITO DE CÁLCIO	Kg		0

CONTROLE DE LAVAGEM DOS FILTROS	
LAVAGEM DO FILTRO 1	
NÍVEL DA ÁGUA ANTES DA LAVAGEM (cm)	170
TURBIDEZ ANTES DA LAVAGEM	0,11
HORÁRIO DE INÍCIO (hh:mm)	07:30
HORÁRIO DE FIM (hh:mm)	07:40
RESPONSÁVEL PELA LAVAGEM	Eduardo

ANÁLISE DE ÁGUA FILTRADA PÓS LAVAGEM	
MINUTOS APÓS INÍCIO DA OPERAÇÃO DO FILTRO LAVADO (FILTRO 1)	uT
5	0,25
10	0,34
15	0,24
20	0,21
25	0,19
30	0,16
35	0,15
36	0,16
45	0,15
50	0,14
55	0,16
60	0,17
RESPONSÁVEL PELAS ANÁLISES DE TURBIDEZ	Eduardo

CONTROLE DE LAVAGEM DOS FILTROS	
LAVAGEM DO FILTRO 2	
NÍVEL DA ÁGUA ANTES DA LAVAGEM (cm)	
TURBIDEZ ANTES DA LAVAGEM	
HORÁRIO DE INÍCIO (hh:mm)	
HORÁRIO DE FIM (hh:mm)	
RESPONSÁVEL PELA LAVAGEM	

ANÁLISE DE	
MINUTOS APÓS INÍCIO DA OPERAÇÃO DO FILTRO LAVADO (FILTRO 2)	uT
RESPONSÁVEL PELAS ANÁLISES DE TURBIDEZ	

CARREIRA DE FILTRAÇÃO	TEMPO (d)	TEMPO (h)	VOLUME (m³)
FILTRO 1			
FILTRO 2	2	20,3	3097,824

ANÁLISE SEMANAL	
COR VERDADEIRA (uC)	Tratada (TC)
	Filtrada 2
	Filtrada 1
	Decantada
	Bruta

CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	
EQUIPAMENTO	Nº DE SÉRIE
MEDIDOR DE TURBIDEZ HACH 2100AN	
MEDIDOR DE COR POLICONTROL AQUACOLOR-COR	
MEDIDOR DE COR HACH 2100 AN	
MEDIDOR DE pH DIGIMED	
MEDIDOR DE CLORO POLICONTROL AQUACOLOR-CLORO	
MEDIDOR DE CLORO POLICONTROL AQUACOLOR-CLORO	
MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DIGIMED	

PADRÕES UTILIZADOS		UNIDADE PADRÃO	CALIBRAÇÃO COM SUCESSO?	OBSERVAÇÃO
		uT		
		uC		
		uC		
		-		
		mg/L		
		mg/L		
		µS/cm		

Controle de Qualidade na Rede de Distribuição	Parâmetros							Coliformes (TESTE P/A)	Contagem BH	COLFIRMES (UFV)
	Cloro Residual (mg/L)	Turbidez (uT)	Cor (uC)	pH	Alumínio	Ferro	Manganês			
	Total						Total			

154	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P											
																	Cloro Residual (mg/L)		Turbidez (uT)	Cor (uC)	pH	Alumínio Total (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Manganês Total (mg/L)	Coliformes (TESTE P/A)		Contagem BH Total (UFC/mL)
																	Total	Livre							Totais	E. Coli	
155																											
156																											
157																											
158																											
159																											
160																											
161																											
162																											
163																											
164																											
165																											
166																											
167																											
168																											
169																											
170																											
171																											
172																											
173																											
174																											
175																											
176																											
177																											
178																											
179																											
180																											

COLFIRMES (UFC)	
Bruta	Total
	E. coli

181	CONSUMO DE ÁGUA				VOLUME RESERVADO (m³)
182	Total	Diurno	Noturno		
183	Volume Consumido (m³)	1572,6	1105,8	466,8	
184	Vazão Equivalente em 24h (L/s)	18,2	29,3	19,9	

188	CONSUMO DE SULFATO (L/d)	36,56448
-----	--------------------------	----------

191	DOSE DE CLOROGÁS (g/h)	291,7
193	CONCENTRAÇÃO DE CLOROGÁS (mg/L)	1,9

	CONSUMO DE CLORO (Kg/d) (POR DIFERENÇA DE PESO DO CILINDRO)	3,5
	CONSUMO DE CLORO (Kg/d) (POR CONCENTRAÇÃO E VOLUME TRATADO)	8,64

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
170		Creche														
171		Effie Rolfs														
172		Restaurante Universitário - RU														
173		Fruticultura														
174		Vila Gianetti														
175		Arquitetura														
176		Celulose														
177		Garagem Central														

178																
179		nº amostras														
180		nº fora padrão														

181																
182		<b>CONSUMO DE ÁGUA</b>	Total	Diurno	Noturno	VOLUME RESERVADO (m³)										
183		Volume Consumido (m³)	1572,6	1105,8	466,8	493,9										
184		Vazão Equivalente em 24h (L/s)	18,2	29,3	19,9											

187																
188		<b>CONSUMO DE SULFATO (L/d)</b>	36,56448													

190																
191		<b>DOSE DE CLOROGÁS (g/h)</b>	291,7													
192																
193		<b>CONCENTRAÇÃO DE CLOROGÁS (mg/L)</b>	1,9													
194																

<b>CONSUMO DE CLORO (Kg/d)</b> (POR DIFERENÇA DE PESO DO CILINDRO)	3,5
<b>CONSUMO DE CLORO (Kg/d)</b> (POR CONCENTRAÇÃO E VOLUME TRATADO)	8,64

195																
196		<b>CLORO RESIDUAL (%)</b>														
197		TANQUE DE CONTATO	94%			86%	95%	95%	97%	98%	78%	98%	97%	96%	97%	
198		RESERVATÓRIO 1	93%			84%	91%	91%	95%	93%	96%	94%	94%	95%	93%	
199		RESERVATÓRIO 2	90%			87%	88%	88%	88%	91%	91%	92%	94%	93%	93%	

200																
201		<b>MONITORAMENTO ONLINE DE TURBIDEZ</b>	MÉDIA	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	
202	TURBIDEZ (uT)	HACH	Bruta - AD	3,21	3,74	3,92	3,56	2,96	3,35	2,81	3,13	3,03	2,75	2,82		
203			Decantada - AD	0,17	0,23	0,17	0,19	0,19	0,17	0,15	0,15	0,16	0,15	0,14		
204			Filtrada 1 - F1	0,11	0,12	0,15	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09		
205			Filtrada 2 - F2	0,09	0,11	0,1	0,1	0,1	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08		
206			Filtrada total - AF	0,11	0,13	0,15	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09		
207	HF SCIENTIFI	Filtrada total - AF	0,33	0,76	0,32	0,31	0,29	0,29	0,28	0,27	0,27	0,26	0,27			

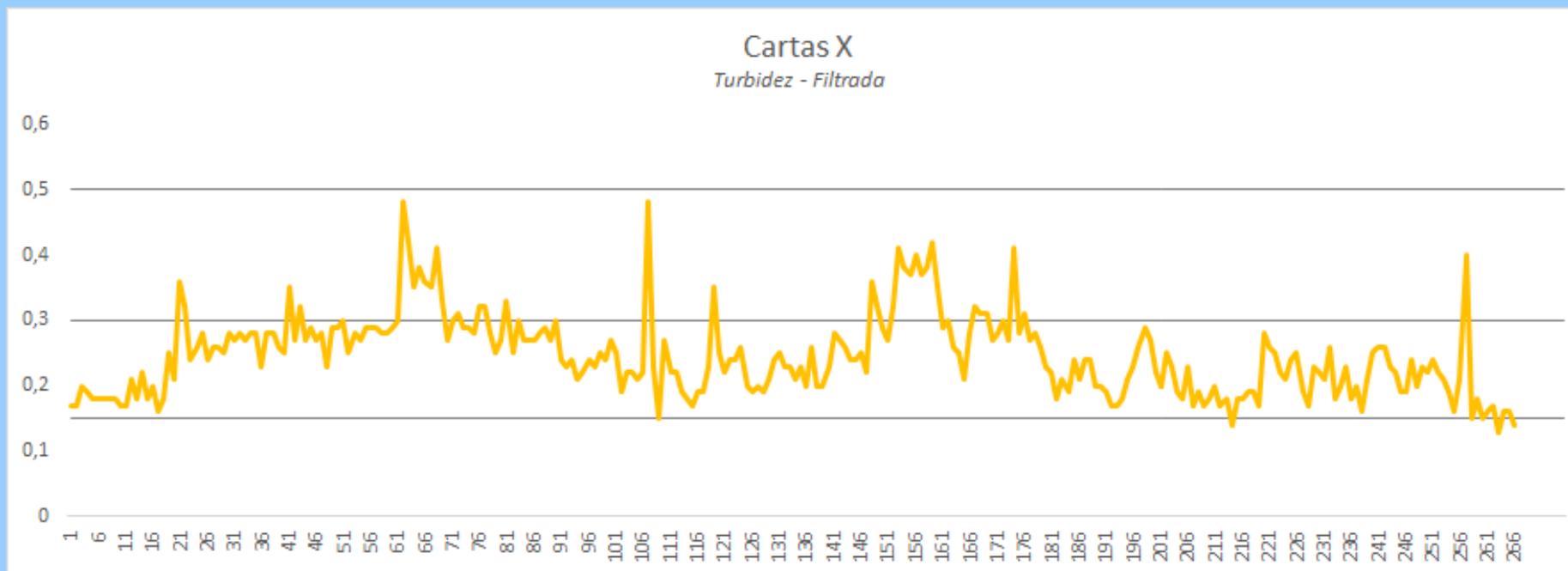
208																
209		<b>OBSERVAÇÕES:</b>														
210																
211																
212																

## RESULTADOS/DISCUSSÃO

### Carta de Controle - X

Limites Tentativos (Mês Anterior)	
LSC	0,5
LC	0,3
LIC	0,15

Limites para o próximo mês	
LSC	0,3336801
LC	0,2464662
LIC	0,1592522





**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**  
**SERVIÇO DE TRATAMENTO DE ÁGUA**  
**ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA**

**CONTROLE OPERACIONAL - RELATÓRIO MENSAL**

Nascimento, L.E.

**MÊS:** Abril

**DIAS**

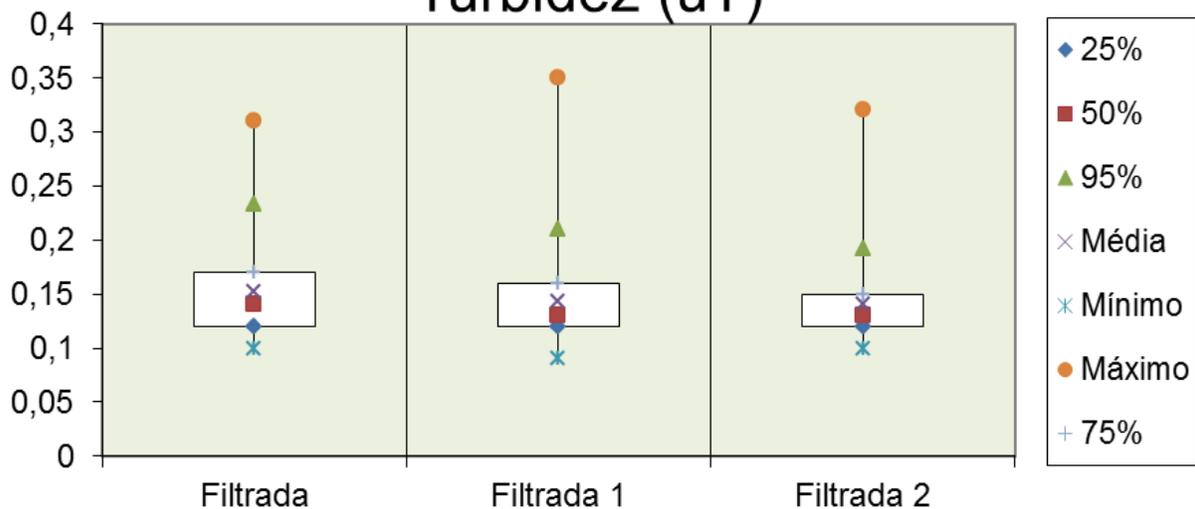
		MÉDIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
<b>VAZÃO (L/s)</b>		35,07	34,75	30	31,67	30,83	42	42,32	37,14	34	28	38,13	30,64	55	44	52,14	55	40	33	
<b>ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS</b>																				
<b>TURBIDEZ (UNT)</b>	Bruta	3,2	3,58	3,85	3,88	3,33	3,44	3,16	2,75	2,58	2,51	2,69	2,41	2,55	2,58	2,8	3,05	2,39	2,66	
	Decantada	0,38	0,49	0,39	0,48	0,39	0,45	0,41	0,38	0,31	0,41	0,45	0,42	0,66	0,36	0,42	0,54	0,34	0,36	
	Filtrada	0,15	0,18	0,16	0,14	0,13	0,16	0,16	0,15	0,16	0,15	0,2	0,18	0,2	0,16	0,19	0,2	0,14	0,13	
	Filtrada 1	0,14	0,17	0,16	0,14	0,13	0,13	0,17	0,13	0,13	0,15	0,16	0,15	0,17	0,16	0,15	0,2	0,14	0,12	0,13
	Filtrada 2	0,14	0,17	0,14	0,14	0,12	0,16	0,12	0,18	0,12	0,13	0,18	0,14	0,18	0,16	0,15	0,18	0,16	0,16	0,14
	Tratada (TC)	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,17	0,16	0,16	0,18	0,18	0,18	0,21	0,17	0,18	0,19	0,19	0,21	0,18	0,17
	Tratada (R1)	0,17	0,21	0,16	0,15	0,15	0,17	0,16	0,16	0,18	0,18	0,18	0,21	0,17	0,18	0,19	0,19	0,21	0,18	0,17
Tratada (R2)	0,21	0,25	0,17	0,18	0,17	0,19	0,18	0,18	0,18	0,2	0,18	0,2	0,27	0,24	0,26	0,37	0,27	0,28	0,24	
<b>pH</b>	Bruta	7,04	7,1	7,06	6,83	6,84	6,85	6,81	6,86	6,96	6,82	7,18	7,08	7,11	6,96	7,01	7,07	7,09	7,03	
	Filtrada	6,86	6,93	6,94	6,73	6,65	6,65	6,54	6,58	6,7	6,6	6,9	6,86	6,96	6,9	6,87	6,85	6,85	6,97	
	Tratada	6,74	6,78	6,81	6,57	6,52	6,5	6,44	6,46	6,57	6,57	6,73	6,72	6,89	6,78	6,75	6,77	6,75	6,84	
<b>TEMPERATURA DA ÁGUA (TC) (°C)</b>	Bruta	23,66	24,7	23,43	23,85	23,6	24,1	23,6	24,38	24,3	24,43	24,48	25,02	25	24,47	23,57	23,93	23,9	24,7	
	Tratada	23,73	24,33	23,95	23,97	23,83	24,45	23,82	24,36	24,63	24,43	24,6	24,97	24,8	24,67	23,93	24,13	24	24,66	
<b>DOSAGEM (mg/L Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)</b>		9,65	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	9,5	
<b>DOSAGEM SULFATO - VISOR BOMBA</b>		53,98	55,04	48	48,55	49,01	63	69,52	57,88	52,67	43,33	61,8	52,45	73	65	73	72	55,2	48,06	
<b>Carga (ICu)</b>		0,14	0,37	0,32	0,08	0,02	0,22	0,28	0,03	0,37	0,07	0,48	0,35	-0,23	-0,28	0,05	-0,07	0,41	0,35	
<b>DOSAGEM (g/h Cl<sub>2</sub>)</b>		240,71	275	228,57	304,55	200	400	360	281,82	250	130	295	281,82	483,33	350	416,67	240	300	191,25	
<b>CLORO RESIDUAL</b>	Total	1,55	1,35	1,3	1,96	1,26	1,51	1,45	1,68	1,68	1,2	1,7	1,59	0,67	2,61	1,6	1,64	2,1	1,51	
	Tanque de Contato	1,47	1,27	1,26	1,91	1,16	1,43	1,37	1,6	1,64	1,13	1,64	1,53	0,57	2,55	1,54	1,56	2,02	1,43	
<b>CLORO RESIDUAL</b>	Total	0,91	0,82	0,67	0,82	0,67	0,82	0,91	0,81	0,71	1,08	0,74	0,77	0,52	0,87	1,31	1,05	1,08	1,08	
	Reservatório 1	0,83	0,74	0,6	0,75	0,59	0,75	0,84	0,75	0,64	1,01	0,67	0,7	0,43	0,81	1,24	0,99	1,01	1,01	
<b>CLORO RESIDUAL</b>		0,73	0,75	0,77	0,74	0,87	0,57	0,74	0,64	0,9	0,75	0,67	0,8	0,66	0,52	0,25	0,78	0,57	0,8	

Controle de Qualidade na Rede de Distribuição		Coliformes Totais	
293	Celulose		
294	Garagem Central		
299	Água Tratada - ETA	Ausência	Ausência
300	Alojamento Novo		Ausência
301	Restaurante Multiuso		Ausência
302	PVB		Ausência
303	Coluni		Ausência
304	Divisão de Saúde		Ausência
305	Sete Casas		Ausência
306	PVA		Ausência
307	Alojamento Feminino		Ausência
308	Alojamento Pós		Ausência
309	Dendrologia		Ausência
310	DCE	Ausência	
311	Veterinária	Ausência	
312	Creche	Ausência	
313	Effie Rolfs	Ausência	
314	Restaurante Universitário - RU	Ausência	
315	Fruticultura	Ausência	
316	Vila Gianetti	Ausência	
317	Arquitetura	Ausência	
318	Celulose	Ausência	
319	Garagem Central	Ausência	

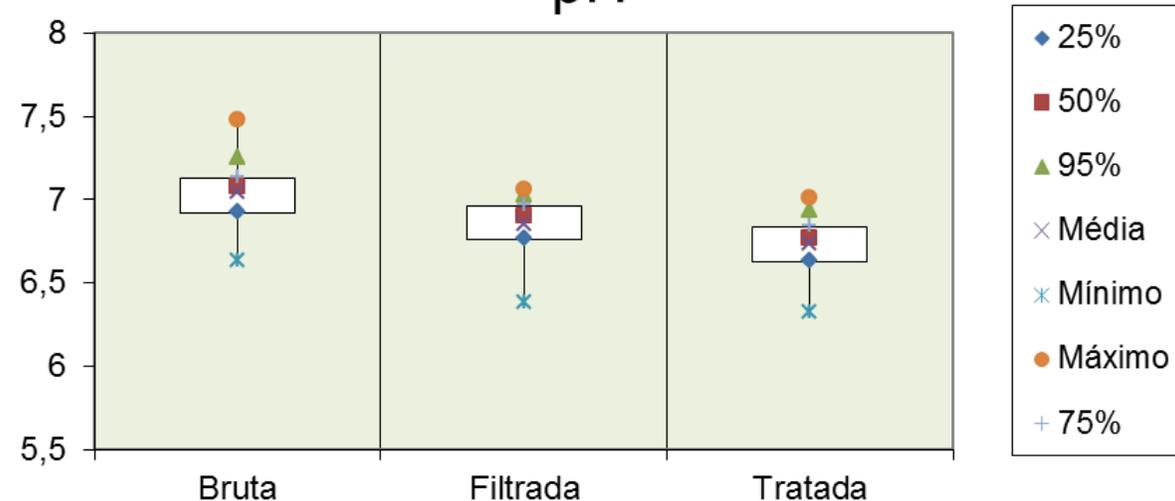
Controle de Qualidade na Rede de Distribuição		E. coli	
324	Água Tratada - ETA	Ausência	Ausência
325	Alojamento Novo		Ausência
326	Restaurante Multiuso		Ausência
327	PVB		Ausência
328	Coluni		Ausência
329	Divisão de Saúde		Ausência
330	Sete Casas		Ausência
331	PVA		Ausência
332	Alojamento Feminino		Ausência
333	Alojamento Pós		Ausência
334	Dendrologia		Ausência
335	DCE	Ausência	
336	Veterinária	Ausência	
337	Creche	Ausência	
338	Effie Rolfs	Ausência	
339	Restaurante Universitário - RU	Ausência	
340	Fruticultura	Ausência	
341	Vila Gianetti	Ausência	
342	Arquitetura	Ausência	
343	Celulose	Ausência	
344	Garagem Central	Ausência	

Análises		Qtd. (n)	Min	25%	50%	75%	95%	Média	Máx	<=0,3 uT	<=0,5 uT	<=1 uT	<=5 uT	<=6	<=9,5	<0,2mg/L	<2,0mg/L	<=15 uC		
TURBIDEZ (uT)	Bruta	236	1,83	2,69	3,19	3,75	4,21	3,21	4,6	0,0%	0,0%	0,0%	100%							
	Decantada	235	0,16	0,320	0,370	0,430	0,540	0,38	0,7	17,4%	91,9%	100%	100%							
	Filtrada	236	0,1	0,12	0,14	0,17	0,2325	0,15	0,31	99%	100%	100%	100%							
	Filtrada 1	235	0,09	0,12	0,13	0,16	0,21	0,14	0,35	100%	100%	100%	100%							
	Filtrada 2	236	0,1	0,12	0,13	0,15	0,1925	0,14	0,32	100%	100%	100%	100%							
	Tratada (TC)	236	0,1	0,1475	0,16	0,19	0,2325	0,17	0,3	100%	100%	100%	100%							
	Tratada (R1)	236	0,13	0,16	0,18	0,2	0,24	0,18	0,51	100%	100%	100%	100%							
	Tratada (R2)	235	0,13	0,16	0,19	0,22	0,313	0,20	0,49	94%	100%	100%	100%							
pH	Bruta	128	6,63	6,9175	7,08	7,1325	7,243	7,04	7,48					0%	100%					
	Filtrada	127	6,38	6,765	6,9	6,96	7,017	6,85	7,06					0%	100%					
	Tratada	127	6,32	6,625	6,77	6,84	6,927	6,73	7,01					0%	100%					
TEMPERATURA DA ÁGUA (°C)	Bruta	127	20,8	23	23,8	24,3	25,3	23,72	25,8											
	Tratada (TC)	127	20,8	23,1	24	24,4	25,07	23,79	25,6											
DOSAGEM SULFATO (mg/L Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> )		240	8	10	10	10	10	9,78	10											
DOSAGEM SULFATO - VISOR BOMBA(L/H)		245	29	49	49	59	72,8	53,35	79,3											
CARGA (ICu)		239	-1,23	0,03	0,18	0,34	0,601	0,17	0,85											
DOSAGEM CLORO (g/h Cl <sub>2</sub> )		245	50	150	200	300	440	237,06	500											
CLORO RESIDUAL	Total	235	0,36	1,18	1,51	1,825	2,621	1,54	3,92							0,0%	83,0%			
	Tanque de Contato	Livre	235	0,26	1,09	1,43	1,745	2,529	1,46	3,84							0,0%	85,5%		
CLORO RESIDUAL	Total	235	0,44	0,78	0,91	1,02	1,206	0,90	1,43							0,0%	100,0%			
	Reservatório 1	Livre	235	0,19	0,71	0,83	0,945	1,12	0,82	1,36							0,4%	100,0%		
CLORO RESIDUAL	Total	233	0,046	0,59	0,74	0,87	1,094	0,74	1,2							0,4%	100,0%			
	Reservatório 2	Livre	231	0,2	0,52	0,67	0,81	1,02	0,67	1,14							0,0%	100,0%		
COR (uC)	Bruta	128	17,9	21,575	24,25	27,275	30,79	24,50	36,7										0%	
	Decantada	127	1,4	4,85	5,6	6,75	8,54	5,74	10										100%	
	Filtrada 1	126	0,3	2,25	2,4	2,825	3,845	3,53	5,9										100%	
	Filtrada 2	126	0,2	2,475	3	3,475	3,895	3,48	5,7										100%	
	Tratada (TC)	127	0,2	0,375	1	1,625	1,685	2,60	4,5										100%	
VOLUME	R1	320	38,9	534,875	739,1	778	778	640,49	839,1											
	R2	320	227,5	520	682,5	780	812,5	633,20	912,5											
NÍVEL	FILTRO 1	234	100	140	170	170	190	156,24	205											
	FILTRO 2	239	100	135	165	170	190	154,40	205											

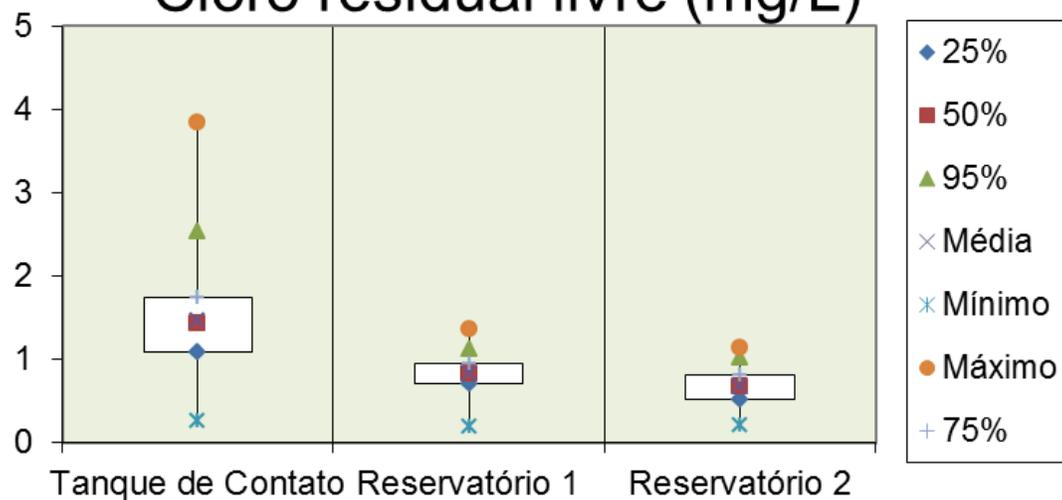
### Turbidez (uT)



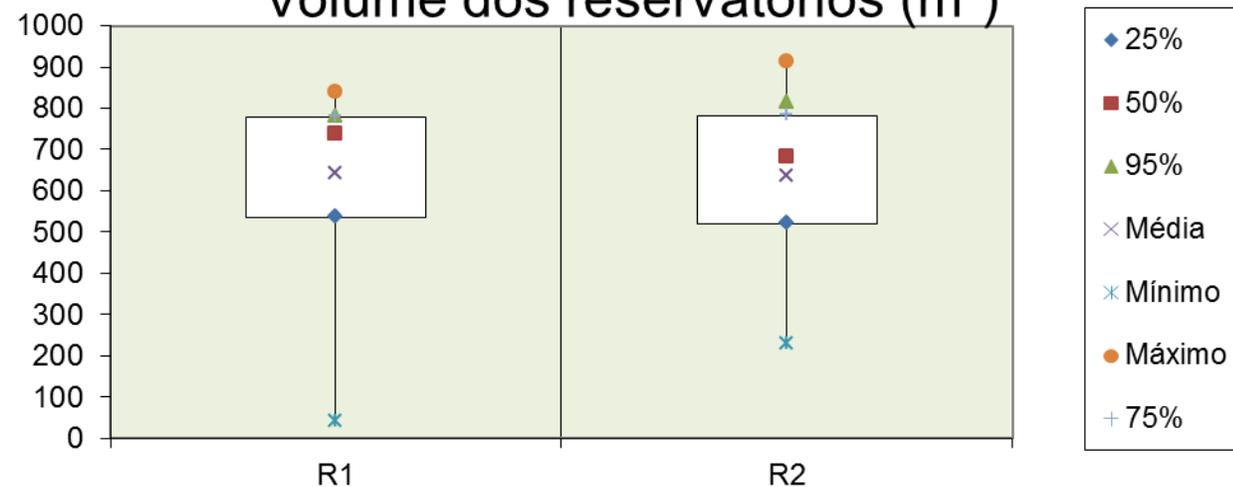
### pH



### Cloro residual livre (mg/L)



### Volume dos reservatórios (m³)





### Turbidez - Bruta



### Turbidez - Decantanda

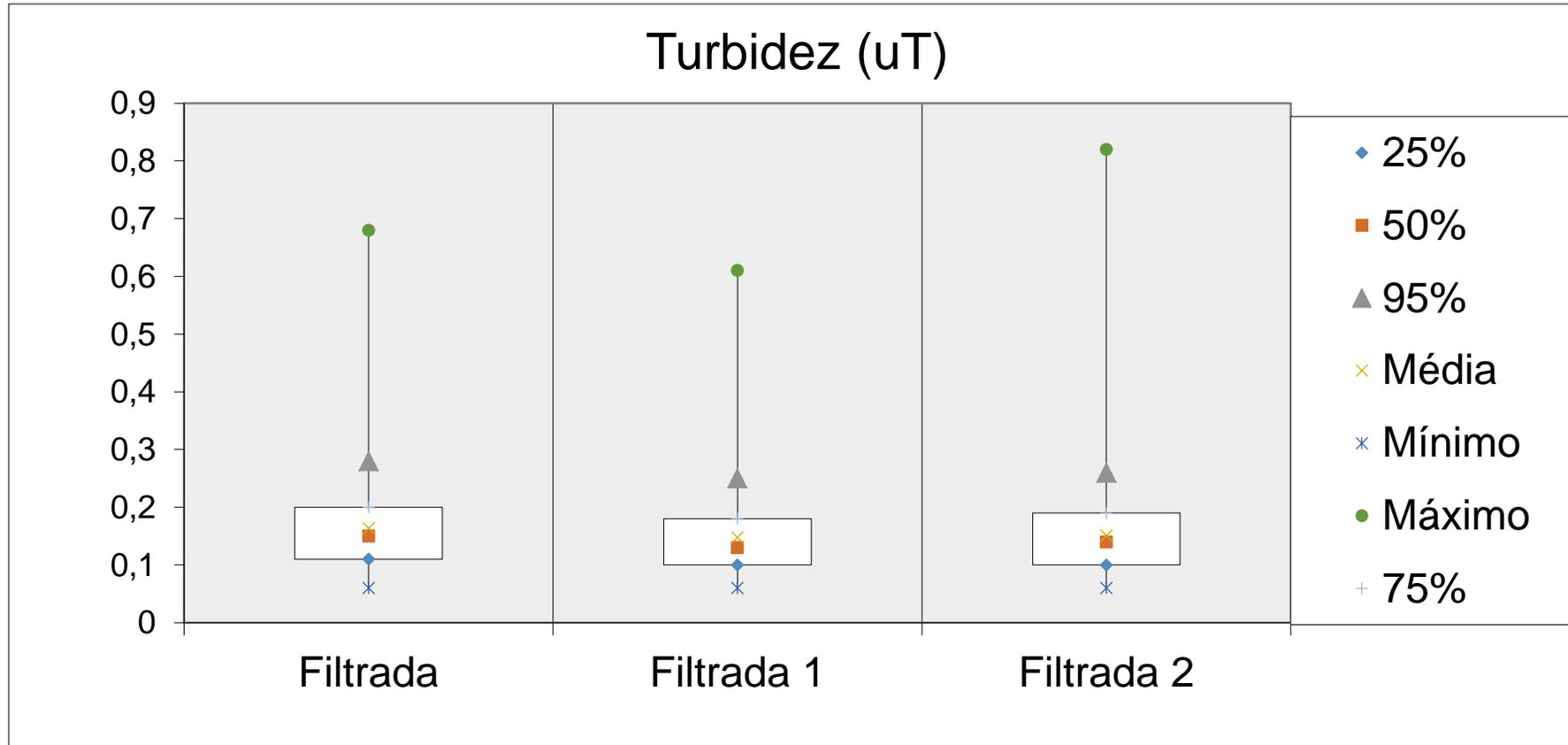


## RESULTADOS

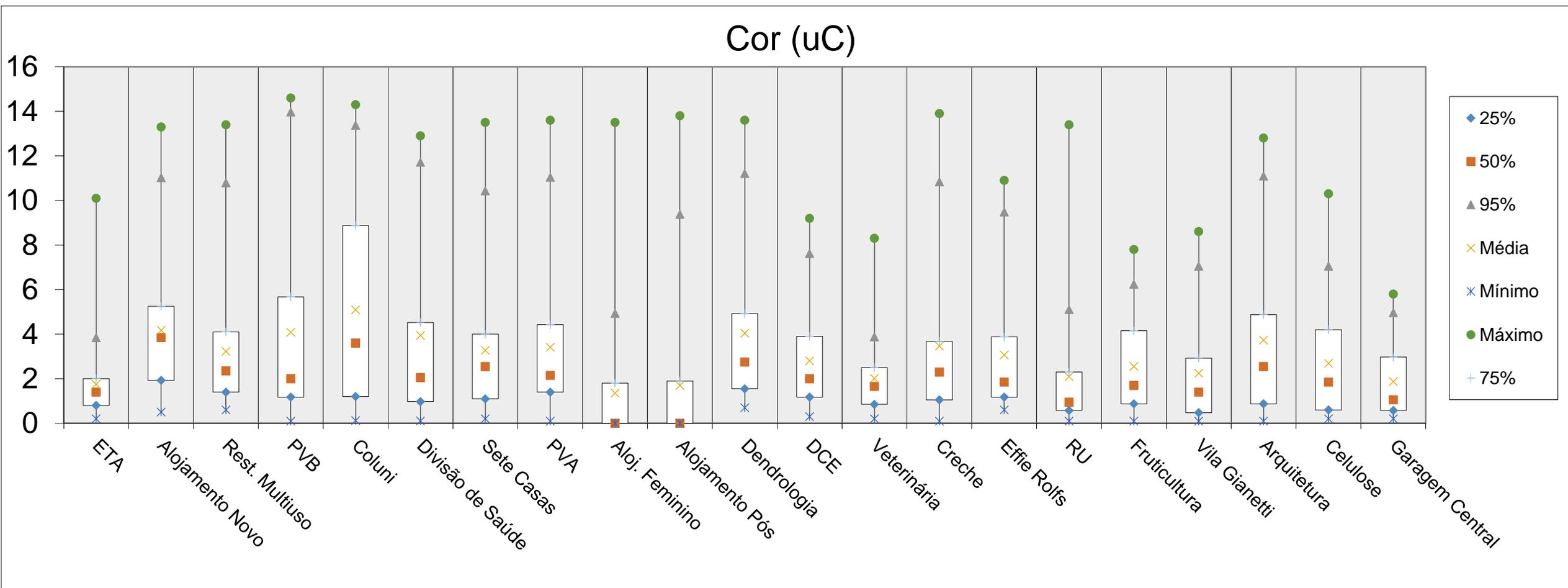
	A	B	C	D	E	F	G
1	Dias	Filtro 1			Filtro 2		
2		Tempo (d)	Tempo (h)	Volume (m³)	Tempo (d)	Tempo (h)	Volume (m³)
3	1						
4	2				2	19,33	2088
5	3				3	31,33	3572
6	4				4	43,33	4809
7	5				5	45,25	6842
8	6				2	20,33	3097,824
9	7	2	20,50	2740,932	3	20,83	2785,5
10	8	3	21,50	2631,6	2	19,83	2427,6
11	9	2	14,75	1486,8	3	25,42	2562
12	10	3	26,75	3671,919	4	26,08	3580,407
13	11	4	29,83	3290,736	2	22,25	2454,264
14	12	2	18,08	3580,5	3	31,83	6303
15	13	3	23,33	3696	4	37,08	5874
16	14	4	24,00	4504,896	5	44,08	8274,618
17	15	2	12,33	2442	6	44,08	8728,5
18	16	3	17,83	2568	2	11,33	1632
19	17	4	27,92	3316,5	3	21,42	2544,3
20	18	5	39,50	4266	4	33,00	3564
21	19	6	40,58	4846,137	5	45,08	5383,491
22	20	2	20,08	2169	6	54,25	5859
23	21	3	26,08	3286,5	7	60,25	7591,5
24	22	4	35,92	3879	8	60,58	6543
25	23	5	40,92	4419	2	14,33	1548
26	24	6	51,92	5607	3	25,33	2736
27	25	7	60,92	6274	4	34,33	3536
28	26	8	71,08	7677	5	44,50	4806
29	27	9	82,75	8690	6	56,17	5898
30	28	10	88,75	9585	7	62,17	6714
31	29	11	89,00	9913	8	70,67	7871
32	30	2	14,00	1336	9	76,67	7314
33							

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	Análises			Qtd. (n)	Min	25%	50%	75%	95%	Média	Máx	Desv. Pad.	<=0,3 uT	<=0,5 uT	<=1 uT	<=5 uT	<6	<=9,5	<0,2mg/L	<2,0mg/L	<=15 uC	
2	TURBIDEZ (uT)	Bruta		3597	0,32	4,20	5,62	8,73	25,72	9,00	131	11,70	0,0%	0,0%	0,1%	40%						
3		Decantada		3587	0,1	0,480	0,610	0,820	1,370	0,71	5,84	0,40	0,8%	29,5%	87%	100%						
4		Filtrada		3588	0,06	0,11	0,15	0,2	0,28	0,16	0,68	0,07	97%	100%	100%	100%						
5		Filtrada 1		3399	0,06	0,1	0,13	0,18	0,25	0,15	0,61	0,06	98%	100%	100%	100%						
6		Filtrada 2		3483	0,06	0,1	0,14	0,19	0,26	0,15	0,82	0,07	98%	100%	100%	100%						
7		Tratada (TC)		3589	0,06	0,12	0,16	0,22	0,31	0,18	0,9	0,07	95%	100%	100%	100%						
8		Tratada (R1)		3586	0,07	0,14	0,18	0,24	0,33	0,20	20	0,34	92%	99%	100%	100%						
9		Tratada (R2)		2519	0,07	0,17	0,21	0,27	0,37	0,23	7,28	0,22	86%	99%	100%	100%						
10	pH	Bruta		1881	0,22	6,98	7,07	7,16	7,32	7,06	7,67	0,35						0%	100%			
11		Filtrada		1875	4,12	6,915	7	7,07	7,18	6,99	7,78	0,15						0%	100%			
12		Tratada		1874	5,58	6,79	6,88	6,95	7,03	6,86	7,77	0,14						0%	100%			
13	CLORO RESIDUAL TOTAL TC			3580	0,24	0,97	1,24	1,59	2,29	1,33	4,07	0,51										
14	CLORO RESIDUAL LIVRE TC			3580	0,17	0,91	1,19	1,53	2,25	1,27	3,8	0,51						0,0%	90,5%			
15	CLORO RESIDUAL TOTAL R1			3589	0,32	0,7	0,79	0,9	1,0984	0,81	1,98	0,16										
16	CLORO RESIDUAL LIVRE R1			3586	0,21	0,65	0,74	0,85	1,04	0,76	1,9	0,17						0,0%	100,0%			
17	CLORO RESIDUAL TOTAL R2			2524	0,2	0,55	0,65	0,74	0,88	0,65	1,47	0,15										
18	CLORO RESIDUAL LIVRE R2			2520	0,19	0,49	0,59	0,69	0,83	0,59	1,45	0,15						0,4%	100,0%			
19	COR (uC)	Bruta		1879	0,54	21,9	30,1	42,7	111,1	40,99	344	38,04								9%		
20		Decantada		1873	0,4	3,4	5,5	8,8	13,4	6,54	172	6,00								97%		
21		Filtrada 1		1769	0,1	1	1,9	3	5,6	2,31	38	2,07								100%		
22		Filtrada 2		1813	0,08	0,9	1,8	3	6	2,31	11,9	1,97								100%		
23		Tratada (TC)		1872	0,1	0,8	1,4	2,3	4,9	1,82	11,2	1,50								100%		
24	VOLUME (m³)	R1		4373	6,61	505,7	700,2	778	778	629,64	7780	211,68										
25		R2		4295	0,455	227,5	552,5	747,5	812,5	490,34	858	262,94										
26		Filtro 1		3138	1,7	110	140	170	175	137,72	1740	53,25										
27		Filtro 2		3460	1,05	120	145	170	175	144,50	1710	43,37										
28	TEMPERATURA	Bruta		0																		
29		Tratada		1871	13,9	20,1	22,3	24,6	26,5	22,29	28,8	2,70										
30	DOSAGEM(mg/L Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> )				1876	6	8	10	14	18	10,93	24	3,66									
31	DOSAGEM (g/h Cl <sub>2</sub> )				6	0,98	1,005	1,115	1,33	6,345	2,26	8	2,81									

## RESULTADOS/DISCUSSÃO

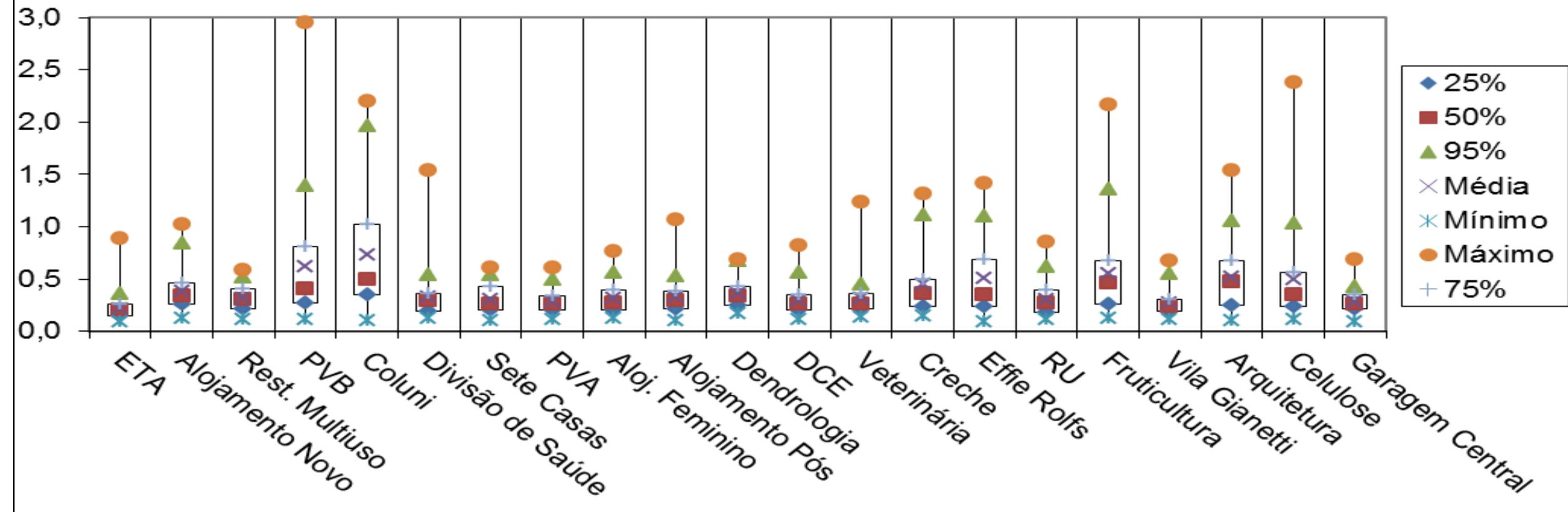


## RESULTADOS/DISCUSSÃO



## RESULTADOS/DISCUSSÃO

Turbidez (uT) - Rede de distribuição - 2016



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
1					Qtd. (n)	Dentro Padrão	Fora Padrão	Mín	25%	50%	75%	95%	Média	Máx	Desv. Pad.	<=0,2mg/L	<=2,0mg/L	<=0,3 uT	<=0,5 uT	<=1 uT	<=5 uT	<=15 uC	<6	<=9,5	
2	Água Tratada - ETA	Clara Residual livre (mg/L)	91	91	0	0,44	0,65	0,72	0,855	1,195	0,78571429	1,95	0,24862351	0%	100%										
3		Turbidez (uT)	91	91	0	0,09	0,145	0,19	0,255	0,355	0,21483516	0,89	0,11676532				90%	97%	100%	100%					
4		Cor (uC)	91	91	0	0,2	0,8	1,4	2	3,85	1,74769231	10,1	1,65424577										100%		
5		pH	91	91	0	6,5	6,81	6,9	7	7,145	6,90032967	7,77	0,18440566											0%	100%
6	Alojamento Novo	Clara Residual livre (mg/L)	26	26	0	0,34	0,463	0,54	0,62	0,8525	0,55538462	0,88	0,13969197	0%	100%										
7		Turbidez (uT)	26	26	0	0,12	0,26	0,32	0,4425	0,84	0,38076923	1,02	0,21331522					42%	85%	96%	100%				
8		Cor (uC)	26	26	0	0,5	1,925	3,85	5,25	11,025	4,17692308	13,3	3,10809365										100%		
9		pH	26	26	0	6,63	6,888	7,07	7,1525	7,395	7,03076923	7,46	0,20890042											0%	100%
10	Restaurante Multiuso	Clara Residual livre (mg/L)	26	26	0	0,31	0,47	0,58	0,685	0,905	0,59230769	0,95	0,172518	0%	100%										
11		Turbidez (uT)	26	26	0	0,11	0,22	0,3	0,395	0,515	0,30730769	0,58	0,12213297					54%	92%	100%	100%				
12		Cor (uC)	26	26	0	0,6	1,4	2,35	4,1	10,8	3,23076923	13,4	3,18367954										100%		
13		pH	26	26	0	6,67	6,963	7,08	7,1575	7,3475	7,06230769	7,36	0,17918276											0%	100%
14	PVB	Clara Residual livre (mg/L)	26	26	0	0,23	0,525	0,65	0,7875	1,1	0,66730769	1,14	0,23418894	0%	100%										
15		Turbidez (uT)	26	26	0	0,11	0,263	0,38	0,695	1,3975	0,575	2,95	0,59285243					38%	69%	88%	100%				
16		Cor (uC)	26	26	0	0,1	1,175	2	5,675	13,975	4,08461538	14,6	4,35547401										100%		
17		pH	26	26	0	6,67	7,008	7,11	7,2375	7,355	7,11	7,4	0,18017769											0%	100%
18	Coluni	Clara Residual livre (mg/L)	24	24	0	0,2	0,388	0,63	0,87	0,9725	0,62958333	1,01	0,25043404	0%	100%										
19		Turbidez (uT)	24	24	0	0,1	0,343	0,47	0,875	2,0165	0,69833333	2,2	0,58919744					21%	54%	75%	100%				
20		Cor (uC)	24	24	0	0,12	1,2	3,6	8,875	13,38	5,09708333	14,3	4,61552341										100%		
21		pH	24	24	0	6,72	6,985	7,06	7,1325	7,332	7,05666667	7,43	0,16172082											0%	100%
22	Divisão de Saúde	Clara Residual livre (mg/L)	28	24	0	0,21	0,368	0,56	0,6825	1,1	1,99785714	1,1	3,74624094	0%	86%										
23		Turbidez (uT)	28	24	4	0,12	0,205	0,29	0,39	1,1	1,85035714	1,1	3,81248095					54%	79%	82%	86%				
24		Cor (uC)	28	28	0	0,11	0,975	2,05	4,525	11,715	3,94321429	12,9	4,22800106										100%		
25		pH	28	24	4	6,64	6,933	7,01	7,1525	1,1	7,56892857	1,1	1,43473404											0%	86%
26	Sete Casas	Clara Residual livre (mg/L)	24	24	0	0,2	0,398	0,54	0,6775	0,851	0,52833333	0,92	0,20391103	0%	100%										
27		Turbidez (uT)	24	24	0	0,1	0,198	0,25	0,375	0,5085	0,29	0,55	0,13409925					67%	92%	100%	100%				
28		Cor (uC)	24	24	0	0,2	1,1	2,55	4	10,43	3,275	13,5	3,19636342										100%		
29		pH	24	24	0	6,64	6,838	6,98	7,09	7,207	6,97125	7,37	0,1721302											0%	100%
30	PVA	Clara Residual livre (mg/L)	24	24	0	0,3	0,433	0,55	0,6125	0,71	0,52833333	0,79	0,13776687	0%	100%										
31		Turbidez (uT)	24	24	0	0,11	0,2	0,26	0,325	0,4825	0,26958333	0,49	0,10691236					67%	100%	100%	100%				
32		Cor (uC)	24	24	0	0,1	1,4	2,15	4,425	11,045	3,4125	13,6	3,27710271										100%		
33		pH	24	24	0	6,77	6,928	7,05	7,18	7,2895	7,055	7,38	0,16421089											0%	100%
34	Alojamento Feminino	Clara Residual livre (mg/L)	24	24	0	0,22	0,33	0,52	0,6325	0,707	0,47875	0,72	0,16912338	0%	100%										
35		Turbidez (uT)	24	24	0	0,12	0,198	0,27	0,3925	0,511	0,30166667	0,76	0,15081422					58%	92%	100%	100%				
36		Cor (uC)	54	54	0	0	0	0	1,8	4,935	1,35555556	13,5	2,63608248										100%		
37		pH	54	24	30	0	0	0	6,9775	7,128	3,1037037	7,31	3,50386487											56%	100%
38	Alojamento Pós	Clara Residual livre (mg/L)	53	24	29	0,23	0,59	260	389	484,92	200,769245	584	197,374731	0%	45%										
39		Turbidez (uT)	54	25	29	-104	0,3	201	416,58	603,38	212,714444	681	225,438527					28%	43%	44%	46%				
40		Cor (uC)	54	54	0	0	0	0	1,9	9,385	1,69814815	13,8	3,09116152										100%		
41		pH	54	24	30	0	0	0	7,0075	7,2085	3,12777778	7,39	3,53153965											56%	100%
42	Dendrologia	Clara Residual livre (mg/L)	24	24	0	0,24	0,335	0,42	0,4725	0,6185	0,42583333	0,75	0,13141096	0%	100%										
43		Turbidez (uT)	24	24	0	0,17	0,248	0,34	0,4175	0,677	0,36416667	0,69	0,15339397					42%	83%	100%	100%				
44		Cor (uC)	24	24	0	0,7	1,55	2,75	4,925	11,21	4,04166667	13,6	3,61288957										100%		

## CONCLUSÃO

- A ferramenta computacional -> **análise ampla de dados e processos operacionais** da ETA em questão, demonstrando bom controle operacional da qualidade da água ao longo dos processos de tratamento.
- A automação na elaboração de gráficos e tabelas de saída,
  - > **monitoramento, análise e controle**, baseada na **avaliação de desempenho** dos processos de tratamento e da qualidade da água produzida.
  - > **monitoramento indireto da integridade da rede de distribuição** pela análise da qualidade da água no sistema de distribuição.
- Cartas de controle -> importante ferramenta para **análise dinâmica** de qualquer alteração no processo, permitindo tomada de decisões e ações corretivas mais rápidas.
- Entende-se que esta ferramenta possa auxiliar a operação em outras ETAs, com a indicação de que sejam realizadas **adequações às especificidades locais**.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº. 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, 14 de dezembro de 2011.
- CAMPOS, V. F. (2009). Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia. 8ª Ed. Nova Lima: Editora Falconi, p.132.
- CEPIS - Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2005). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual III: Evaluación de plantas de tecnología apropiada CEPIS / OPS, Lima, Peru, 292p. (OPS/CEPIS/PUB/04.112).
- NASCIMENTO, L. E. Do; BASTOS, R. K. X.; PERÍGOLO, R. A.; BORGES, S. J. (2000). Controle operacional de rotina de processos de tratamento de água: uma ferramenta indispensável. In: 5ª Exposição de Experiências Municipais de Saneamento, 2000, Belém. Anais 5ª Exposição de Experiências Municipais de Saneamento. Brasília: ASSEMAE, 2000. p. 109-122.