



FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

ARQUITETURA E URBANISMO

UNIP

UNIVERSIDADE PAULISTA



Remoção de metais num sistema de tratamento de esgoto por Filtro Lento

Pesquisador: Prof^o Dr. Ariston da Silva Melo Júnior

INTRODUÇÃO

- Crescimento acelerado da população + DEFICIT infra estrutura brasileira
- Apenas 10% do esgoto doméstico é tratado



10 bilhões de LITROS → **DESPEJADOS EM RIOS**

Compostos poluentes presentes no esgoto doméstico

- Compostos nitrogenados (NO_3^-), fósforo (P), potássio (K), entre os principais.
- Metais pesados, tais como: Cromo (Cr) e Zinco (Zn), por exemplo.

JUSTIFICATIVA - Objetivo

Utilização de sistemas de baixo custo de implantação para remoção de metais pesados:

ALTERNATIVAS:

- Lagoas de estabilização;
- Leitos cultivados;
- Filtro lento.

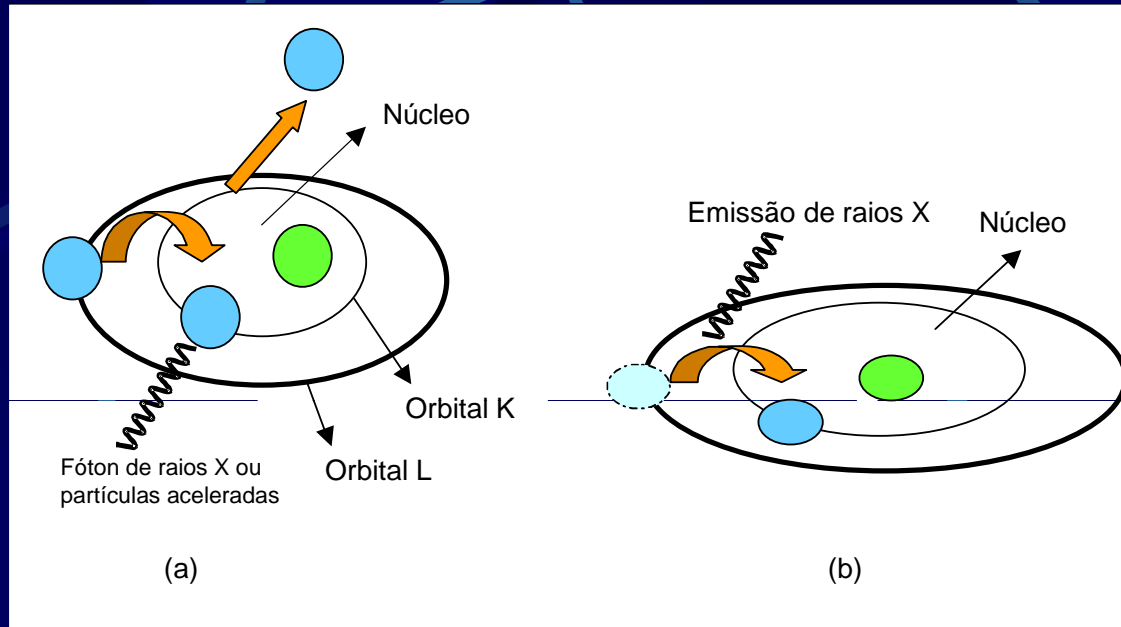
JUSTIFICATIVA - Objetivo

- Caracterizar elementos presentes nas amostras de esgoto doméstico;
- Quantificar a remoção dos elementos presentes no esgoto pelo filtro lento ascendente

Utilizando a técnica de SR-TXRF (fluorescência de raios X)

FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

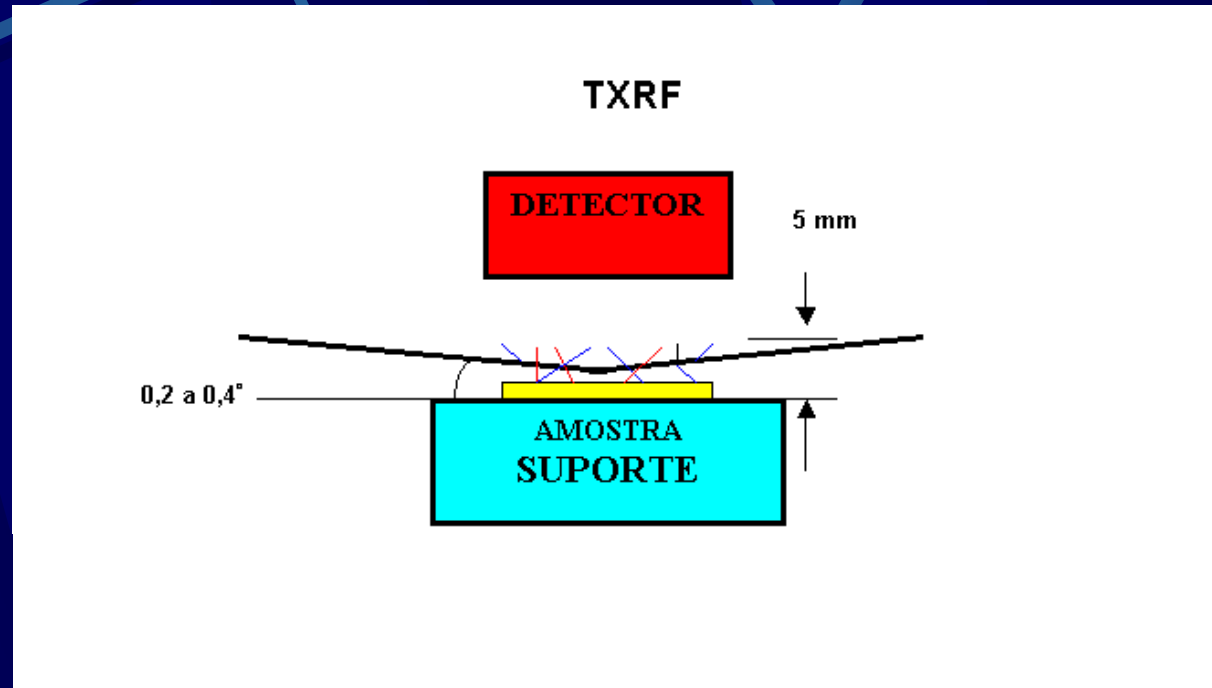
FUNDAMENTO TEÓRICO



(a) Efeito fotoelétrico;
(b) Emissão proveniente de transições eletrônicas.

- **PROCESSO DE IRRADIAÇÃO** → Ejeta elétron
- **NÍVEIS DE ENERGIA** → Característico para cada elemento
- **INTENSIDADE FLUORESCENTE** → Concentração
- **APLICAÇÕES** → Meio ambiente, agricultura, metalúrgia, etc.

FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X POR TXRF



- Ângulo incidência $< \theta$ crítico
- Determinação de elementos traços (ppb ou ppt)
- Análise de elementos com $Z > 11$ (Na)

ANÁLISE QUANTITATIVA POR TXRF

→ Equação Intensidade x Concentração

$$I_i = S_i \cdot C_i$$

- **SENSIBILIDADE** → Padrão multielementar na faixa de ppm
- **PADRÃO INTERNO** → Correção da geometria e não uniformidade da amostra

→ CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS

$$C_i = \frac{I_i}{I_Y} \cdot \frac{C_Y}{S_{Ri}}$$

LIMITE DE DETECÇÃO

- BACKGROUND (BG) → área abaixo do pico de cada elemento i

$$LD_i = \frac{3 \cdot \sqrt{BG_i}}{S_{Ri}}$$

MATERIAL E MÉTODO

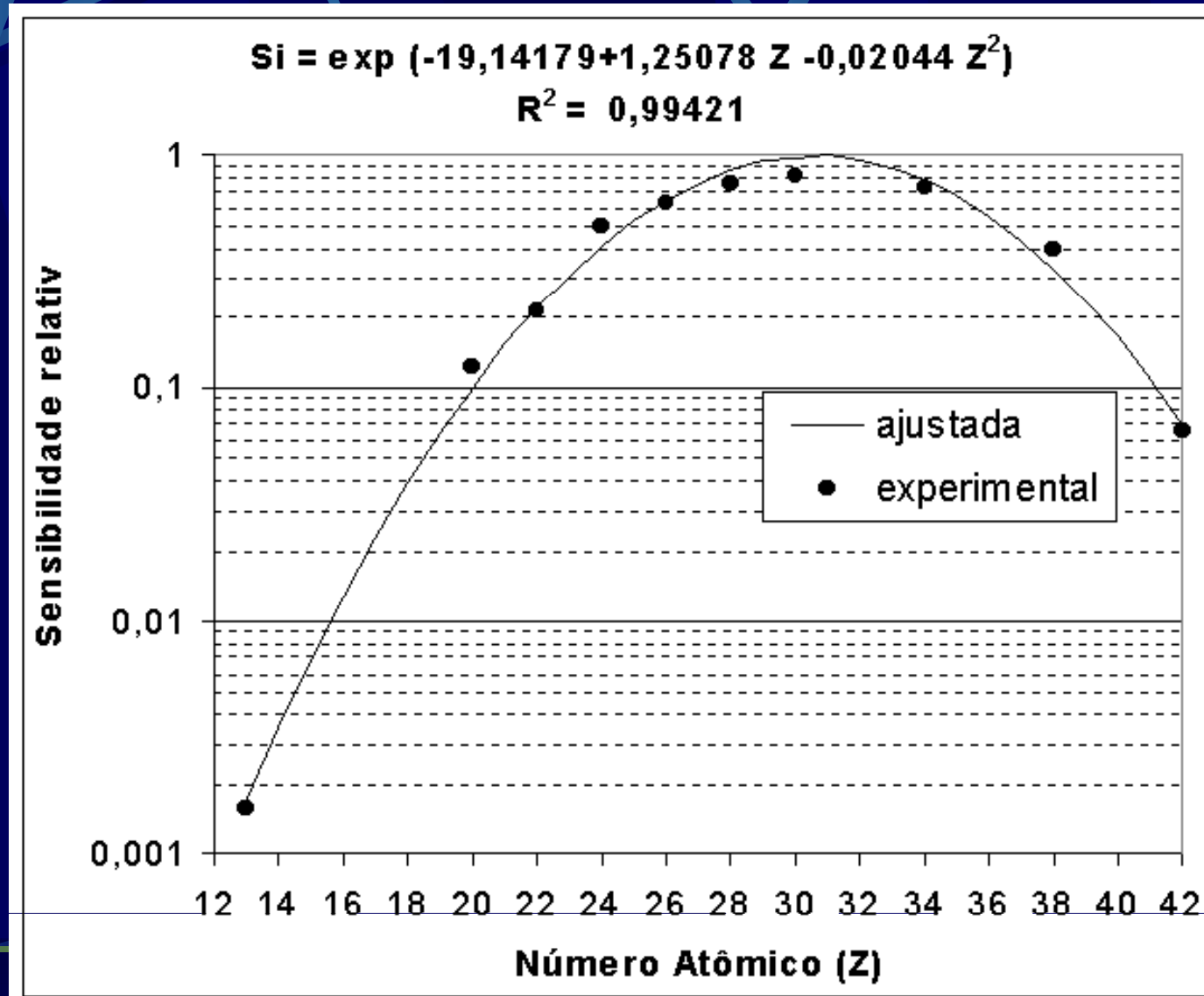
- Sistema Piloto de Filtro lento ascendente na FEAGRI-UNICAMP (durante 16 semanas).
- Análise no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron → linha DO9B-XRF

OBTENÇÃO DA INTENSIDADE FLUORESCENTE

- **QXAS – *Quantitative X-ray Analysis Software***
- **PROGRAMA COMPUTACIONAL AXIL**
- **AJUSTE DO ESPECTROS**
- **INTENSIDADE DO PICO CARACTERÍSTICO (cps)**
- **RELATÓRIOS RESUMIDOS OU DETALHADOS**

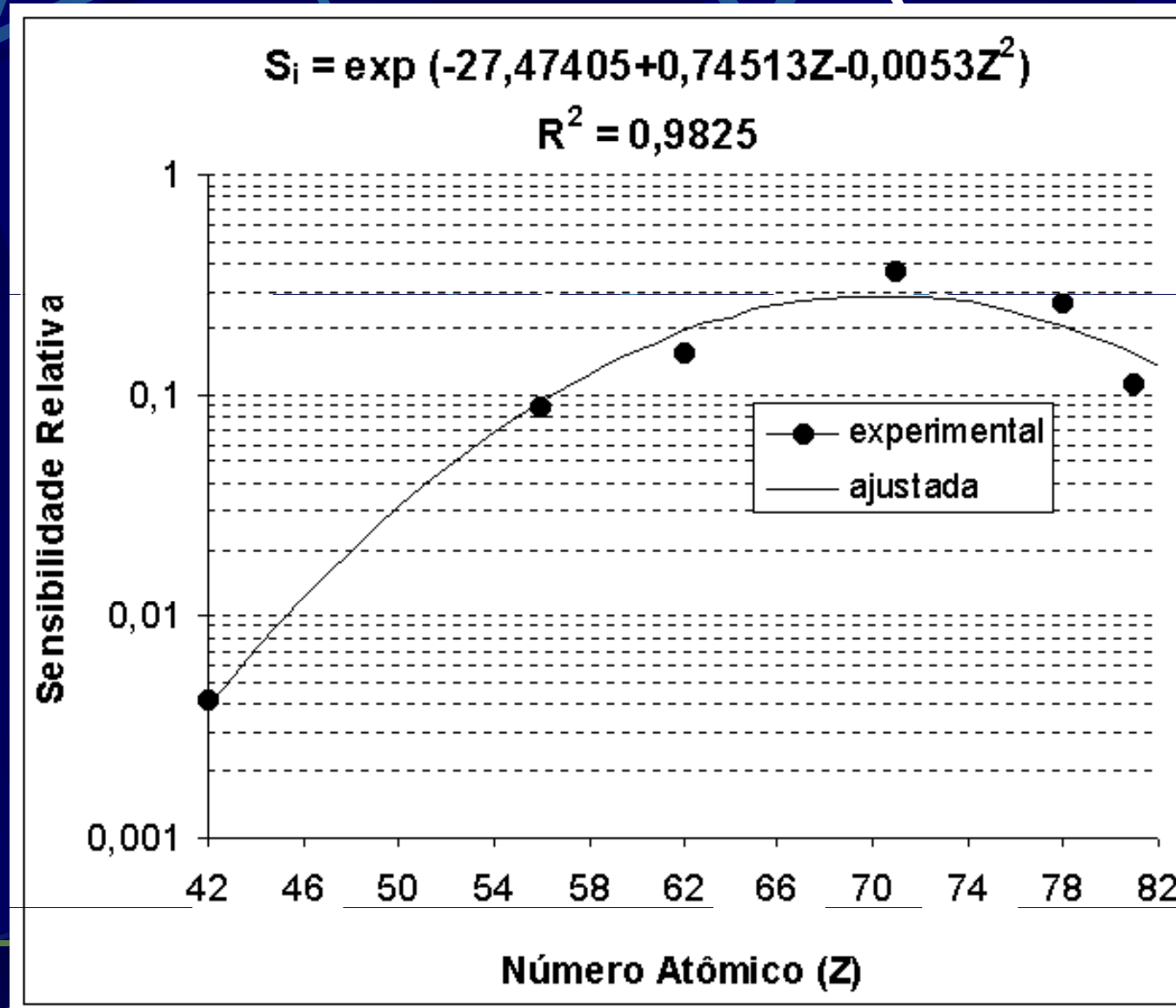
RESULTADOS

Sensibilidade - série K (SR-TXRF)



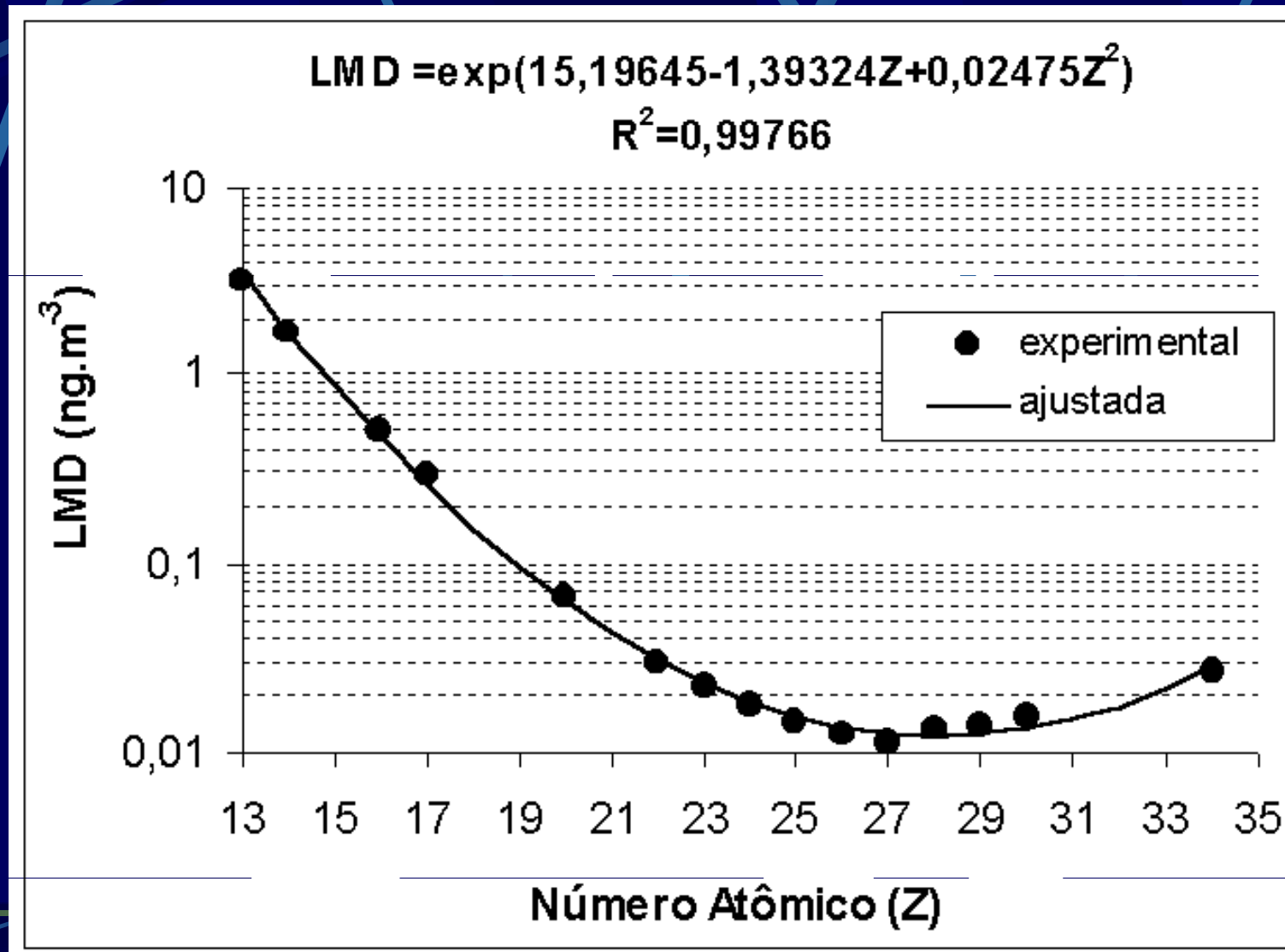
RESULTADOS

Sensibilidade - série L (SR-TXRF)



RESULTADOS

LIMITE DE DETECÇÃO



RESULTADOS

VALIDAÇÃO DO MÉTODO

Comparação dos valores medidos e certificados da amostra de referência *“Trace Elements in Natural Water”* (NIST/SRM 1640)

Z	Elemento	Valor Medido ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	Valor Certificado ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)
19	K	825,24 \pm 7,18	903,64 \pm 24,00
20	Ca*	6,34 \pm 0,03*	6,40 \pm 0,08*
23	V	11,78 \pm 2,07	11,81 \pm 0,33
24	Cr	36,17 \pm 0,85	35,09 \pm 0,91
25	Mn	99,66 \pm 5,63	110,45 \pm 1,00
27	Co	15,67 \pm 0,74	18,44 \pm 0,28
28	Ni	18,89 \pm 1,5	24,9 1 \pm 0,73
29	Cu	68,93 \pm 1,68	77,45 \pm 1,09
30	Zn	49,85 \pm 0,96	48,36 \pm 0,91
37	Rb	21,11 \pm 0,88	19,96 \pm 0,20
38	Sr	102,72 \pm 5,51	112,91 \pm 0,64

* em mg.kg^{-1}

RESULTADOS

VALIDAÇÃO DO MÉTODO

Comparação dos valores medidos e certificados da amostra de referência *Drinking Water Pollutants*

Z	Elemento	Valor Medido (mg.L ⁻¹)	Valor Certificado (mg.L ⁻¹)
24	Cr	9,21 ± 0,18	9,09 ± 0,45
33	As	8,46 ± 0,17	9,09 ± 0,45
34	Se	4,26 ± 0,07	4,54 ± 0,23
48	Cd	4,74 ± 0,64	4,54 ± 0,23
56	Ba	83,23 ± 0,76	90,91 ± 4,55
82	Pb	9,77 ± 1,01	9,09 ± 0,45

RESULTADOS

Tabela 1 - Concentração (mg.L⁻¹) nas amostras de entrada (afluente).

PERÍODO (semanas)	P	S	Cl	K	Cr	Mn	Fe	Zn
1	1,6	1,0	13,1	17,3	0,012	0,047	0,80	0,26
2	6,4	6,6	44,5	33,2	0,035	0,065	0,83	0,39
3	6,1	10,8	75,8	41,8	0,017	0,072	2,99	0,30
4	4,5	8,6	66,3	28,5	0,200	0,070	1,60	0,20
5	4,1	2,9	46,3	29,1	0,027	0,110	4,93	0,25
6	3,9	3,7	66,6	26,0	0,087	0,039	2,02	0,21
7	3,8	4,7	76,9	27,0	0,032	0,047	1,83	0,21
8	5,3	3,1	82,3	25,0	0,078	0,042	0,55	1,68
9	3,3	2,4	72,7	29,4	0,050	0,027	0,65	0,43
10	4,7	3,0	64,7	25,0	0,024	0,050	2,83	0,24
11	4,1	2,7	53,0	26,2	0,250	0,053	3,80	0,21
12	4,1	3,7	70,1	23,0	0,024	0,027	0,77	0,16
13	3,9	4,0	78,0	23,2	0,067	0,036	0,75	0,21
14	4,6	3,3	72,6	24,6	0,025	0,036	0,91	0,37
15	4,5	2,7	63,8	24,0	0,067	0,036	1,89	0,23
16	3,3	3,0	70,9	22,8	0,200	0,050	5,66	0,61

RESULTADOS

Tabela 2 - Concentração (mq.L⁻¹) de elementos na saída (efluente).

PERÍODO (semanas)	P	S	Cl	K	Cr	Mn	Fe	Zn
1	0,6	0,9	10,7	15,2	0,007	0,045	0,66	0,18
2	4,3	2,4	30,2	28,4	0,014	0,029	0,70	0,34
3	4,1	1,7	27,3	21,7	0,016	0,048	0,87	0,26
4	1,9	2,8	37,8	21,1	0,110	0,036	1,49	0,19
5	2,7	2,6	39,8	17,6	0,011	0,021	0,93	0,22
6	3,3	2,6	55,9	24,7	0,010	0,032	0,46	0,14
7	2,7	3,9	44,7	20,1	0,013	0,032	1,54	0,16
8	3,3	2,5	58,9	22,1	0,014	0,150	0,44	0,73
9	3,2	1,8	48,3	20,2	0,016	0,015	0,40	0,20
10	3,8	2,2	61,0	22,6	0,018	0,040	0,76	0,20
11	2,2	2,2	41,8	19,6	0,015	0,029	0,83	0,16
12	2,9	2,7	44,3	18,5	0,018	0,021	0,39	0,14
13	3,7	2,4	63,2	21,8	0,030	0,027	0,71	0,14
14	3,4	2,2	59,7	18,6	0,016	0,020	0,56	0,15
15	4,0	2,6	58,2	22,9	0,027	0,028	1,39	0,19
16	3,2	2,3	65,7	17,7	0,014	0,027	0,37	0,30

RESULTADOS

Tabela 3 - Eficiência de remoção pelo sistema de filtração lenta.

<i>Elemento Químico</i>	<i>Porcentagem de remoção (%)</i>
P	72,59
S	57,10
Cl	73,46
K	78,10
Cr	29,21
Mn	74,35
Fe	38,10
Zn	62,08


CONCLUSÕES

- O sistema promoveu uma diminuição da concentração dos elementos, mostrando um alto grau de eficiência;
- Dentre os elementos analisados o sistema mostrou uma alta eficiência para P, Cl, K, Mn e Zn, com porcentagens de remoção acima de 60%, enquanto para S e Fe a eficiência foi de aproximadamente 57,10% e 38,10% respectivamente;
- Para o Cr a remoção não foi tão significativa (29,21%), **mas** deve-se considerar que este elemento apresenta elevada toxicidade e, portanto qualquer remoção desse metal justifica o emprego desse sistema de tratamento.



OBRIGADO!

EFEITO DOS METAIS

Metal	Fontes	Impactos
Chumbo	Indústrias	Sistema nervoso em geral
Cádmio	 Fundição e refino de metais	Cancerígeno
Mercúrio	Mineração e o uso de derivados	Efeitos corrosivos na pele. Sintomas neurológicos
Cromo	Curtume de couros, galvanoplastias	Dermatites e úlceras
Zinco	Metalurgia, indústrias de reciclagem	Dor generalizada, fraqueza e náusea.

LINHA D09B-XRF



FEIXE DE LUZ SÍNCROTRON

- Anel de armazenamento de elétrons: 93,2m de perímetro e 30m diâmetro
- ALTO GRAU de polarização de feixe
- Acelerador linear de elétrons: 18m

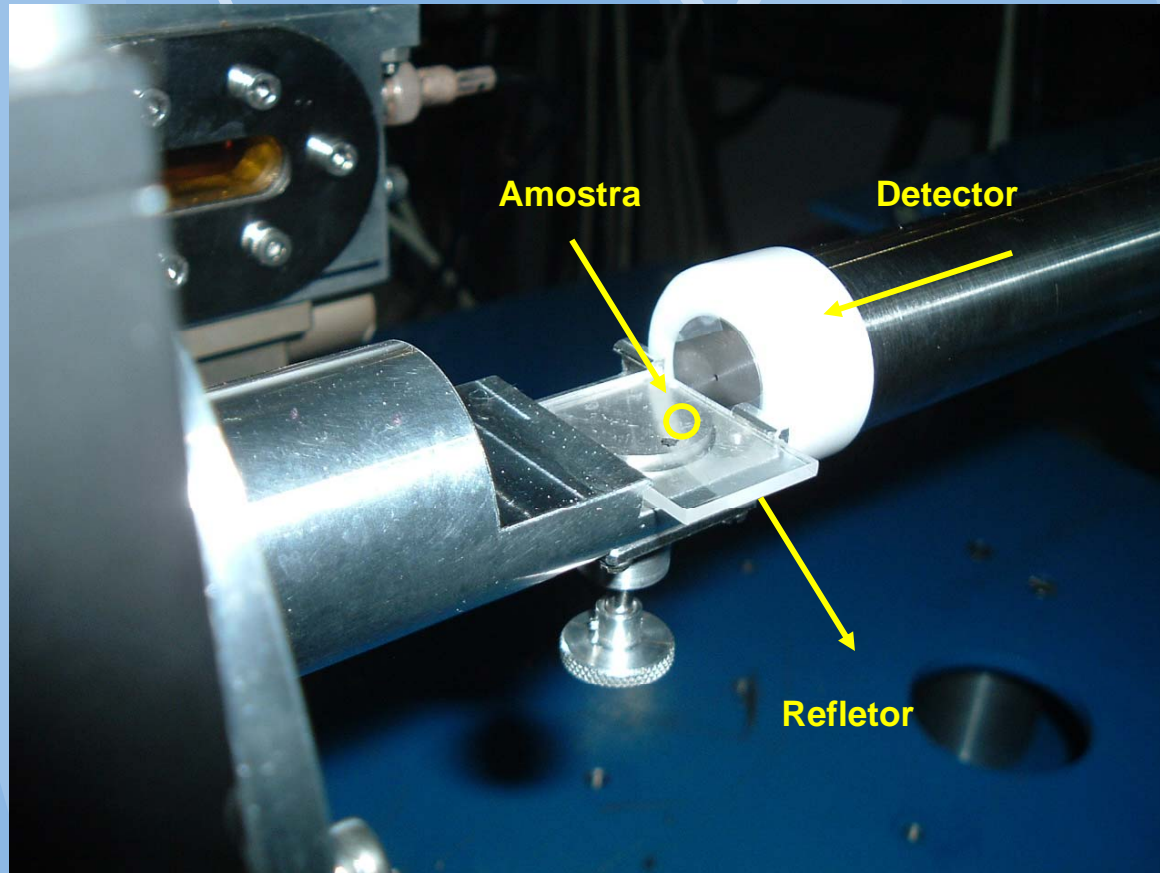
INSTRUMENTAÇÃO

- Detector Semicondutor de Ge Hiperpuro
- Resolução de 165 eV à 5,9 keV
- Janela de Be 8 μm
- Área do detector 30 mm²
- Módulo amplificador e placa multicanal
- Microcomputador

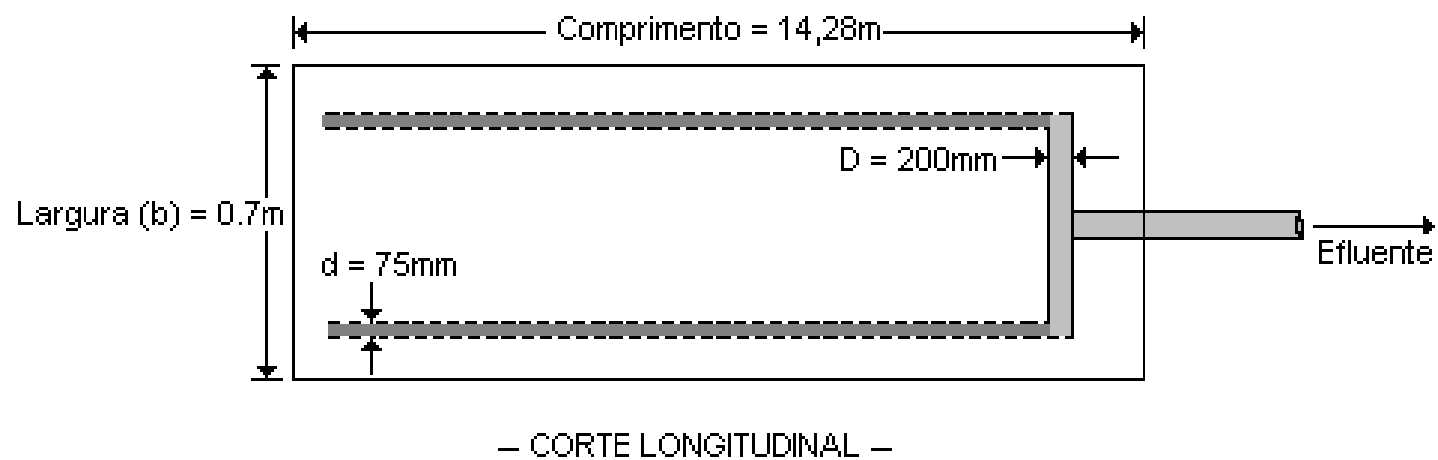
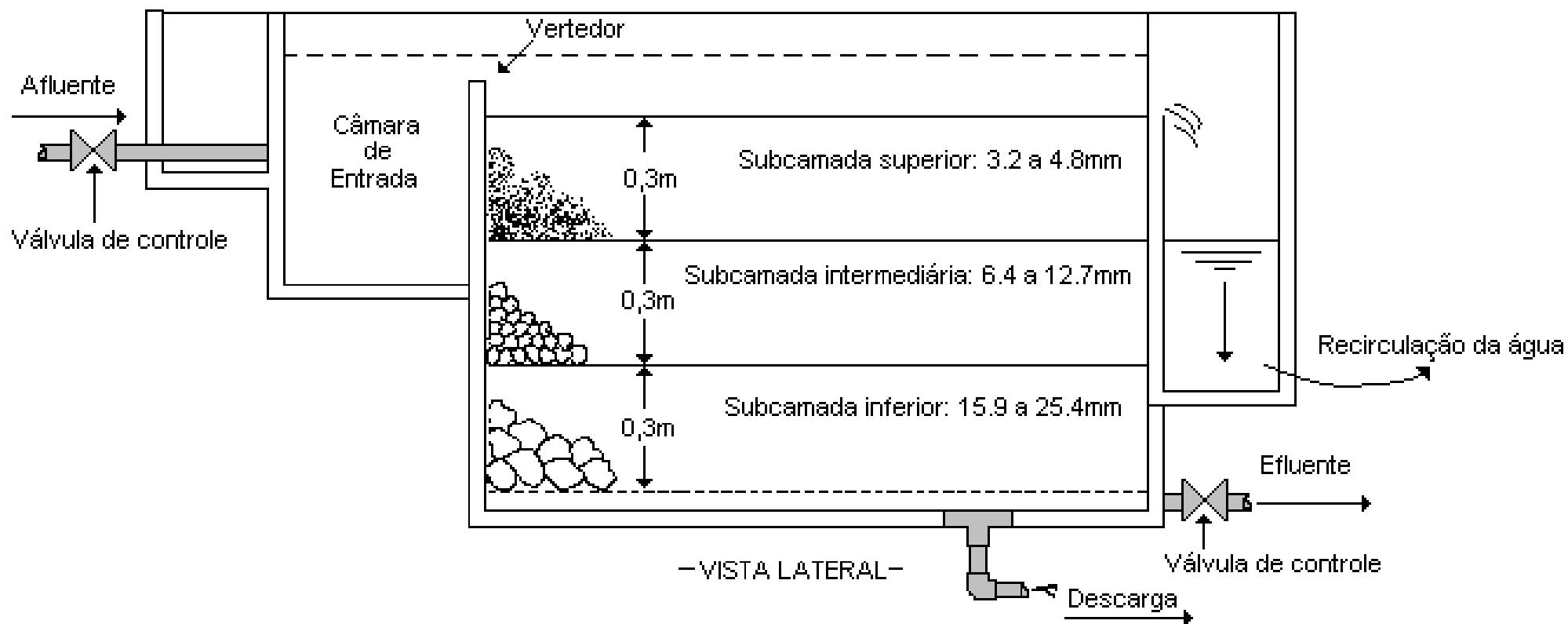
PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS (SR-TXRF)

1. Coleta de 500 ml de amostra líquida (esgoto);
2. Filtragem de 5 ml do esgoto;
3. Pipetagem de 1 mL da amostra filtrada + 100 μL Ga (102,5ppm);
4. Agitação da solução por 2 minutos;
5. Pipetagem de 5,0 μL da solução \rightarrow suporte de lucite
6. Secagem \rightarrow lâmpada infravermelho

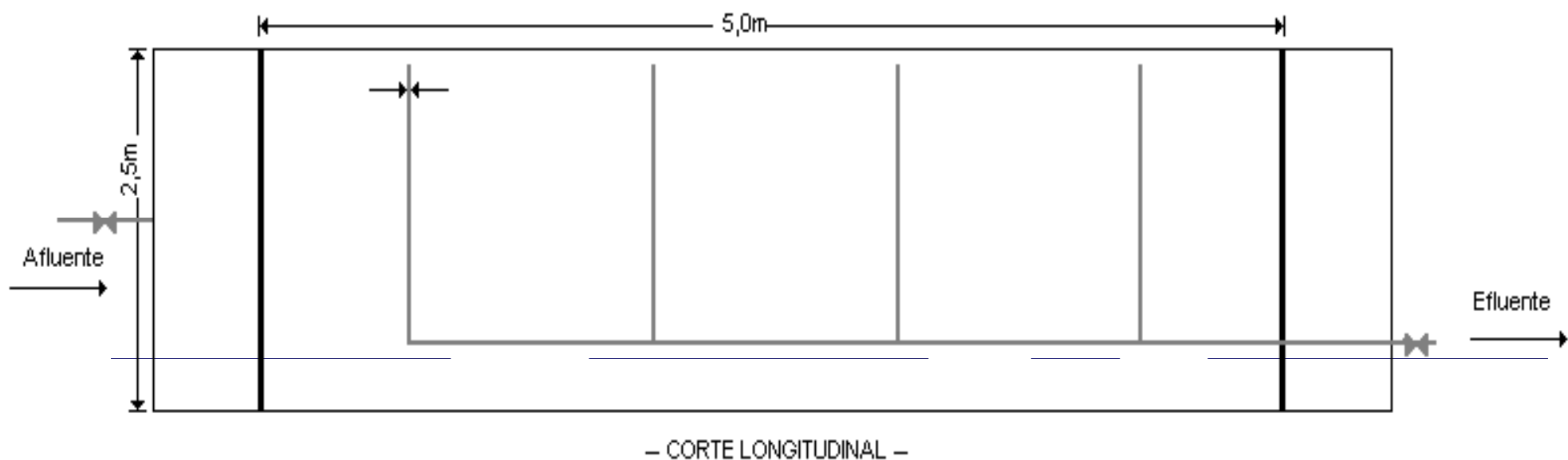
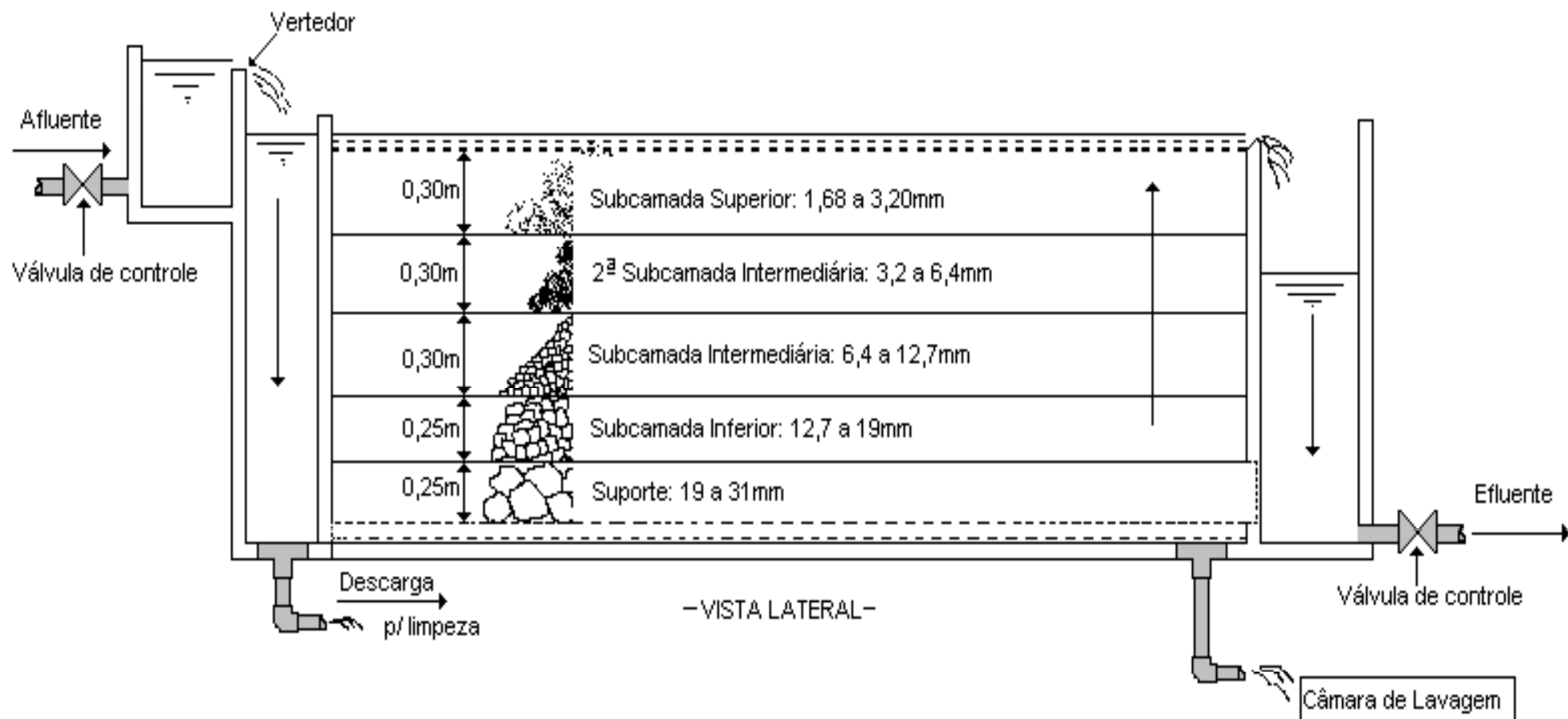
ARRANJO EXPERIMENTAL SR-TXRF



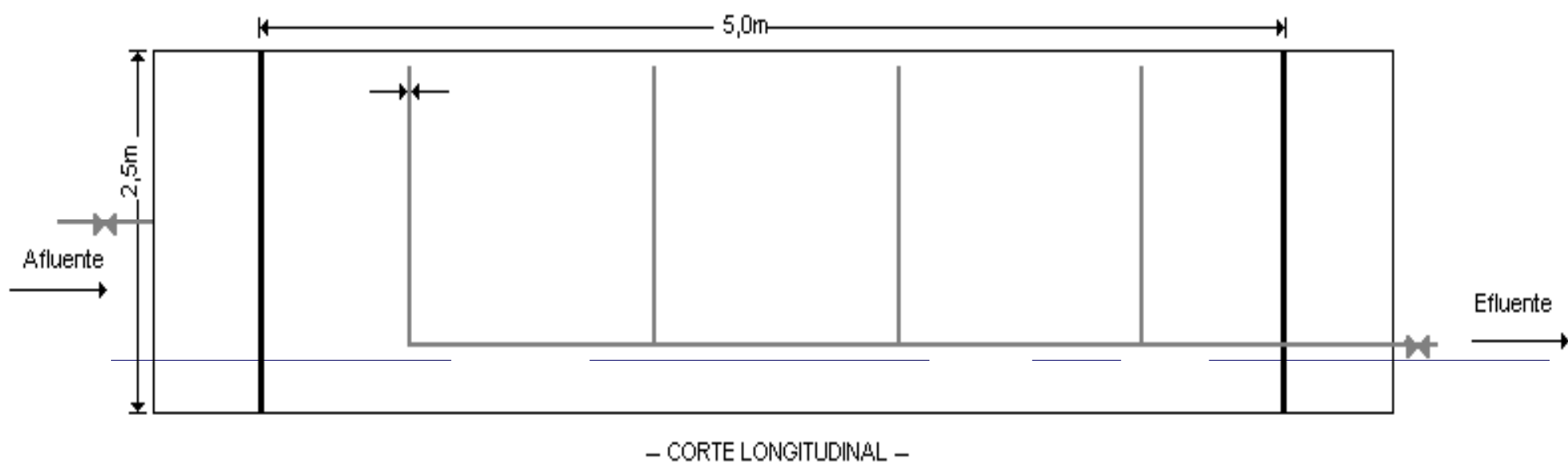
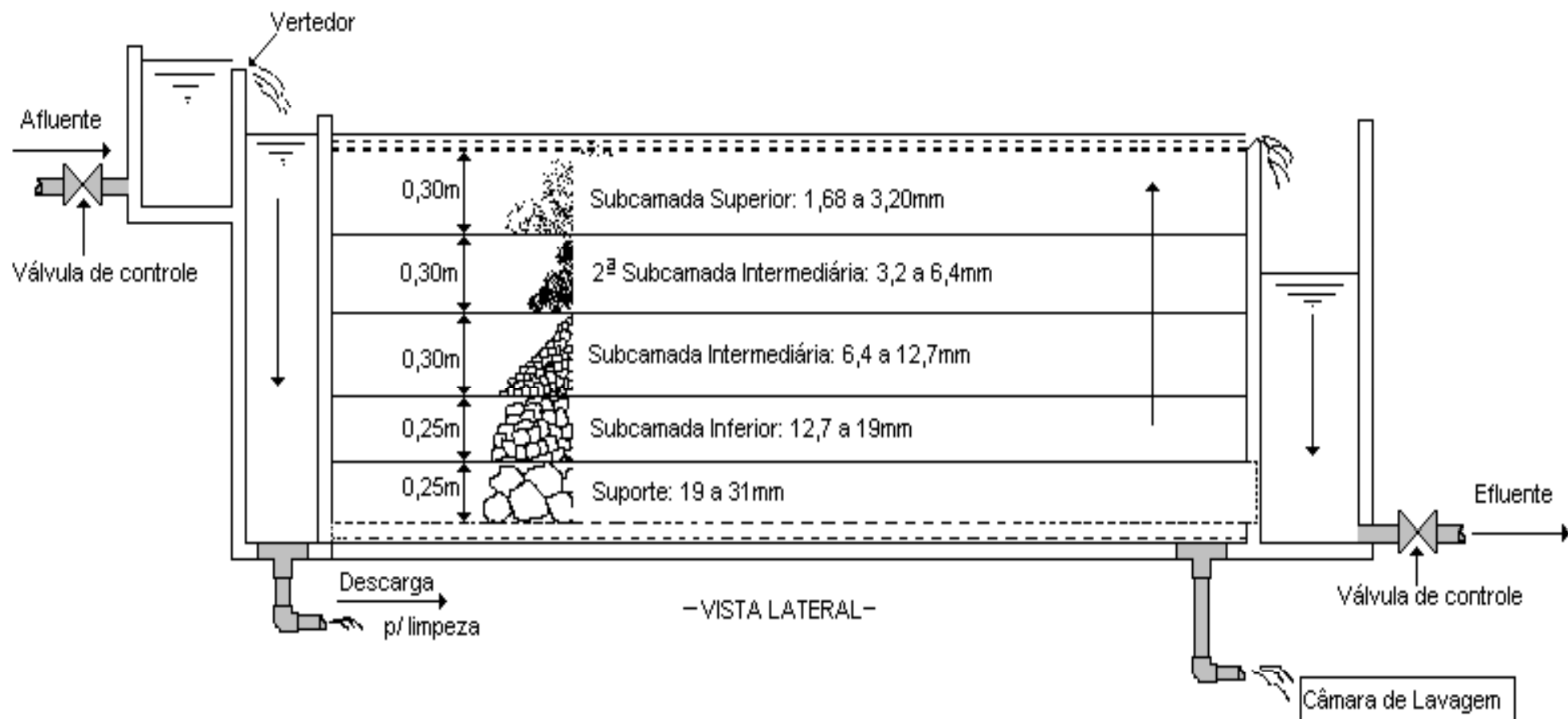
PLANTA DA UNIDADE DO PRÉ-FILTRO DINÂMICO



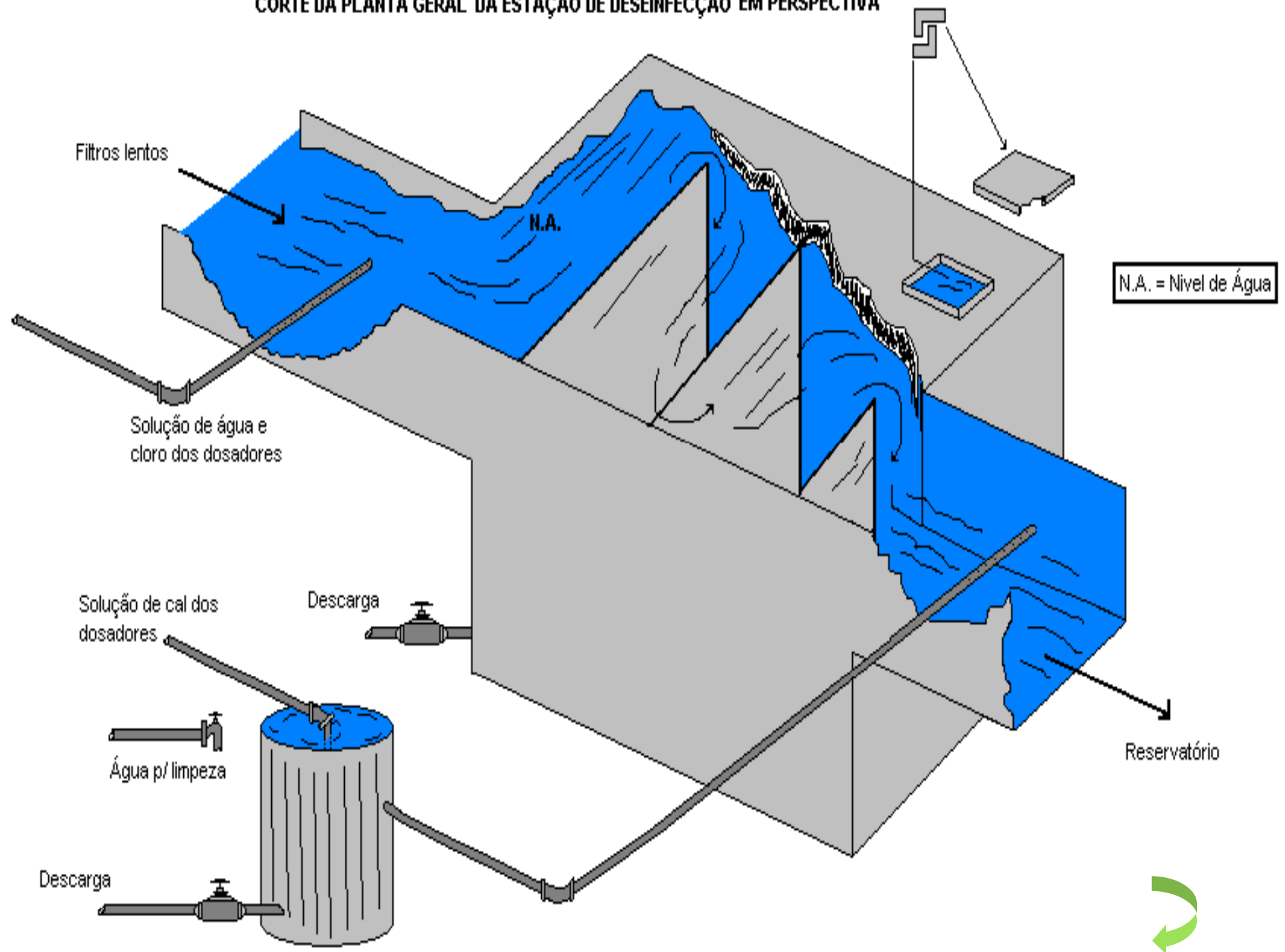
PLANTA DA UNIDADE DO PRÉ-FILTRO DE PEDREGULHO ASCENDENTE EM CAMADAS



PLANTA DA UNIDADE DO PRÉ-FILTRO DE PEDREGULHO ASCENDENTE EM CAMADAS



CORTE DA PLANTA GERAL DA ESTAÇÃO DE DESEINFECÇÃO EM PERSPECTIVA





Caixa de distribuição

Entrada de esgoto bruto

Saídas do esgoto pré-tratado

