

I-065 - TRATAMENTO DA ÁGUA DE LAVAGEM DE FILTROS DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE TRATANDO ÁGUA DE BAIXA TURBIDEZ

Marcos Rocha Vianna⁽¹⁾

Engenheiro civil, Mestre em Hidráulica e Saneamento, Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Professor Adjunto da Universidade FUMEC, Minas Gerais, Brasil.

Bernardo Ornelas Ferreira

Acadêmico de engenharia ambiental da Universidade FUMEC, Minas Gerais, bolsista de Iniciação Científica patrocinado pela empresa Tecminas Saneamento Ltda, Minas Gerais, Brasil

Endereço⁽¹⁾: Rua Cobre, 200 - Cruzeiro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30310-190 - Brasil - Tel: (31) 3228-3176 - e-mail: mrvianna@fumec.br

RESUMO

Em seus estudos referentes às possibilidades de tratamento da água de lavagem de filtros, os autores encontram ampla variação na qualidade desse efluente, especialmente no que diz respeito à concentração de sólidos totais e ao comportamento de suas curvas de sedimentação. Dois casos típicos são descritos: um, correspondente ao período de estiagem, em que a curva de sedimentação aproxima-se da descrição típica, quase didática; outro, correspondente ao período chuvoso, em que a curva de sedimentação é quase retilínea, pouco alentadora para a utilização do método de Talmadge & Fitch. Em ambos os casos, a utilização desse método foi feita utilizando a ferramenta EXCEL, que se mostrou especialmente útil para essa finalidade, permitindo “deslinearizar” e “descomplicar” esse caso pouco alentador.

PALAVRAS-CHAVE: Estação de tratamento de água, unidade de tratamento de resíduos, UTR, método de Talmadge & Fitch

INTRODUÇÃO

O esforço de se dotar as estações de tratamento de água brasileiras de unidades para o tratamento de seus resíduos, denominadas UTR (unidade de tratamento de resíduos), é recente. A primeira grande UTR mineira foi implantada no Sistema Rio Manso, tendo sido estudada por Demattos (2001) e Soares (2008), mas desde então poucos foram os acréscimos que se pode citar. Em particular, estudiosos e projetistas mineiros vêm se dedicando ao estudo desse problema há pelo menos cinco anos (VIANNA, 2006). Entretanto, seus projetos continuam sendo realizados com base na experiência pessoal, em vista da indisponibilidade de dados regionais em quantidade suficiente para a elaboração de projetos dessa natureza.

Estudos vêm sendo conduzidos pela Universidade FUMEC, em parceria com a TECMINAS Saneamento Ltda. - empresa consultora mineira - com o objetivo de simular o tratamento da água de lavagem dos filtros de estações de tratamento de água de Minas Gerais. A Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, concessionária mineira de serviços urbanos de água, surgiu como importante coadjuvante desse estudo, ao franquear o acesso às suas instalações para a coleta desse resíduo.

Este trabalho apresenta os resultados de duas simulações típicas – uma no período de estiagem e outra no período chuvoso - efetuadas com a água de lavagem dos filtros originária de importante estação de tratamento de água (ETA) da Região Metropolitana de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais. Nessas simulações, a ferramenta EXCEL mostrou-se muito útil, conforme será descrito. A estação de tratamento de água estudada é do tipo convencional clássico (em que mistura rápida, floculação, decantação e filtração realizam-se em unidades individualizadas) sendo sua operação de excelente qualidade. Os mananciais que a abastecem apresentam baixa turbidez na maior parte do ano e, portanto, demandam baixas dosagens de coagulante, ver Figura 1. Dados relativos a ETAs tratando esse tipo de manancial são escassos, o que justifica sua divulgação.

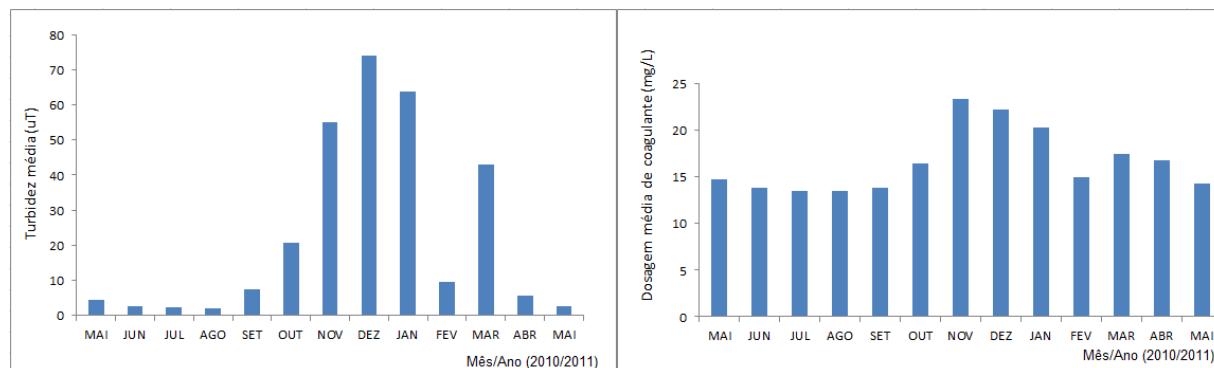


Figura 1: Turbidez afluente à ETA e dosagens de coagulante: dados médios registrados no período entre as duas últimas lavagens dos decantadores.

METODOLOGIA UTILIZADA

Os filtros possuem equipamento de lavagem auxiliar superficial do tipo rotativo. A lavagem é efetuada em contracorrente durante quatro minutos, precedida por lavagem superficial, que dura 3 minutos. As amostras da água de lavagem são coletadas em galões de 5 litros, ver Figura 2, a cada 60 segundos, referente ao tempo de limpeza (4 minutos), totalizando em 4 amostras. A concentração de sólidos totais presentes nessas amostras variou bastante, mas foi bem superior à faixa relatada na literatura, entre 0,01 a 0,05% (REALI, 1999), indicando a eficiência da lavagem superficial. Os sólidos totais em todas as amostras foram determinados através do método gravimétrico recomendado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, ver Figura 3.

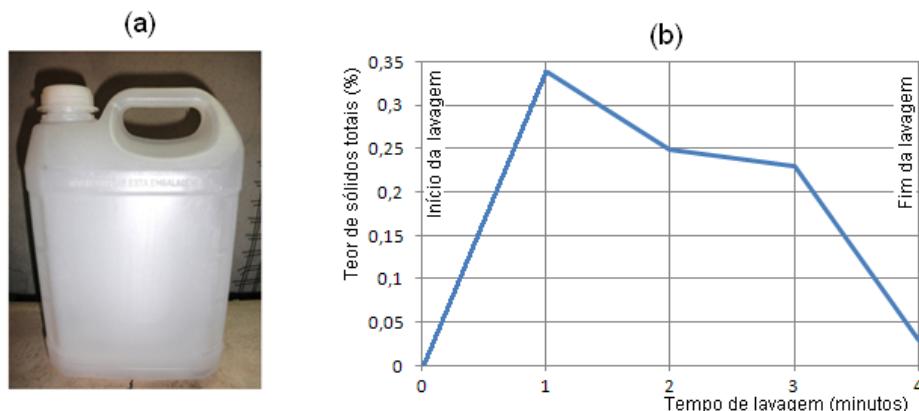


Figura 2: (a) Galão para coleta de água de lavagem e (b) variação dos sólidos totais numa lavagem típica.

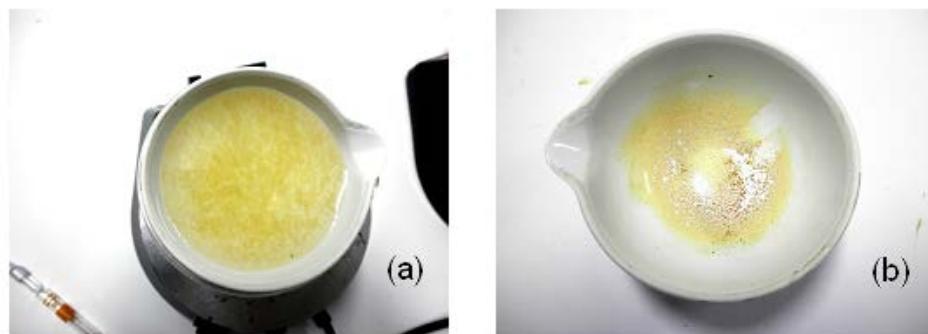


Figura 3: Amostra de lodo (a) antes e (b) após realização do ensaio de teor de sólidos.

As unidades amostrais recolhidas são deixadas em repouso, com intuito de simular o ambiente a que ela estará sujeita após seu descarte, já no interior do decantador secundário. Em tais condições, a parte clarificada retornaria ao sistema de tratamento. Apenas a fração sedimentada constitui, portanto, o objeto do trabalho experimental. A parte clarificada das quatro amostras é retirada através de sifonamento. O lodo sedimentado remanescente é homogeneizado e misturado para realização do ensaio de sedimentação em coluna, no qual são misturados 250 mL de cada unidade amostral, totalizando 1 L necessário para o ensaio. Após realização desse ensaio, ver Figura 4, a amostra passa pela análise de sólidos totais, possibilitando a determinação dos parâmetros necessários ao estudo.

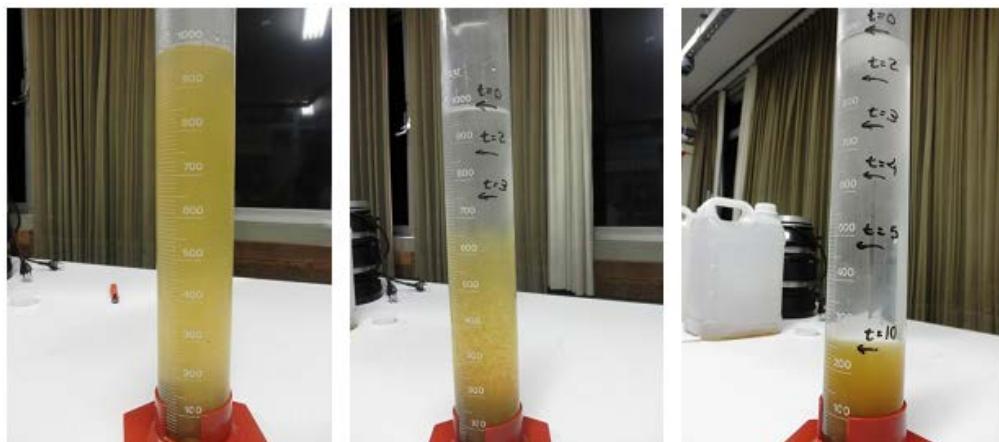


Figura 4: Ensaio de sedimentação em coluna da água de lavagem dos filtros.

RESULTADOS OBTIDOS

Os ensaios de sedimentação realizados até o momento apresentaram curvas de sedimentação variáveis ao longo do tempo, indicando sazonalidade.

Este trabalho apresenta e discute os resultados obtidos em dois ensaios:

- os de um ensaio de uma amostra colhida no período de estiagem, que conduziu a uma curva de sedimentação clássica, típica de descrições didáticas;
- os de outro ensaio de uma amostra colhida no período chuvoso, cuja curva de sedimentação assume aspecto quase retilíneo, fugindo da configuração clássica.

CURVA CLÁSSICA

Os resultados analisados referem-se os ensaios realizados com a água de lavagem coletada em 16 de maio de 2011. Trata-se de um período não chuvoso, em que a água bruta apresentava baixa turbidez.

A Tabela 1 apresenta a variação, ao longo do tempo, dos valores correspondentes à altura da fração sedimentada da água de lavagem do filtro da ETA no ensaio em proveta. A concentração inicial de sólidos (C_0) foi igual a 1,88%.

Tabela 1 – Fração sedimentada da água de lavagem do filtro: altura do sedimentado x tempo (período de estiagem)

Altura da interface (cm)	Tempo (min.)	Altura da interface (cm)	Tempo (min.)	Altura da interface (cm)	Tempo (min.)
32,5	0	21,6	10	14,8	19
32,1	1	20,8	11	14,4	20
31,3	2	19,5	12	14,0	21
30,1	3	18,4	13	13,7	22
29,0	4	17,6	14	13,3	23
27,6	5	17,0	15	13,0	24
26,3	6	16,3	16	12,6	25
25,3	7	15,8	17	11,5	30
24,0	8	15,3	18	10	40

Embora o método de Talmadge & Fitch tenha sido idealizado como um processo gráfico manual, ele pode ser facilmente convertido para utilização na plataforma EXCEL do Windows. Os passos adotados no exemplo em tela são descritos a seguir.

Tendo por base os dados apresentados na Tabela 1, construiu-se o gráfico reproduzido na Figura 5. Foram desprezados os dados correspondentes a 1 e 2 minutos, por se encontrarem fora da tendência dos demais. O EXCEL permite ajustar uma curva de tendência a essa curva. Um polinômio de 3º grau, apresentado na figura, ajustou-se muito bem à dispersão de dados obtidos.

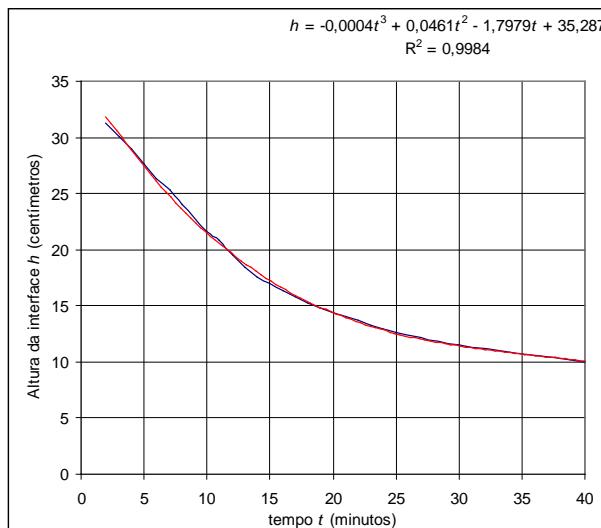


Figura 5: Curva de sedimentação e ajuste de curva de tendência (período de estiagem).

Em seguida, retas representativas dos ramos inicial e final da curva de sedimentação foram obtidas, ver Figura 6. Para o ramo inicial foram tomados os pontos correspondentes ao intervalo de tempo entre 2 e 12 minutos, enquanto que para o ramo final foram tomados os pontos correspondentes ao intervalo de tempo entre 25 e 40 minutos. As equações das retas ajustadas em cada caso são reproduzidas nas Figuras.

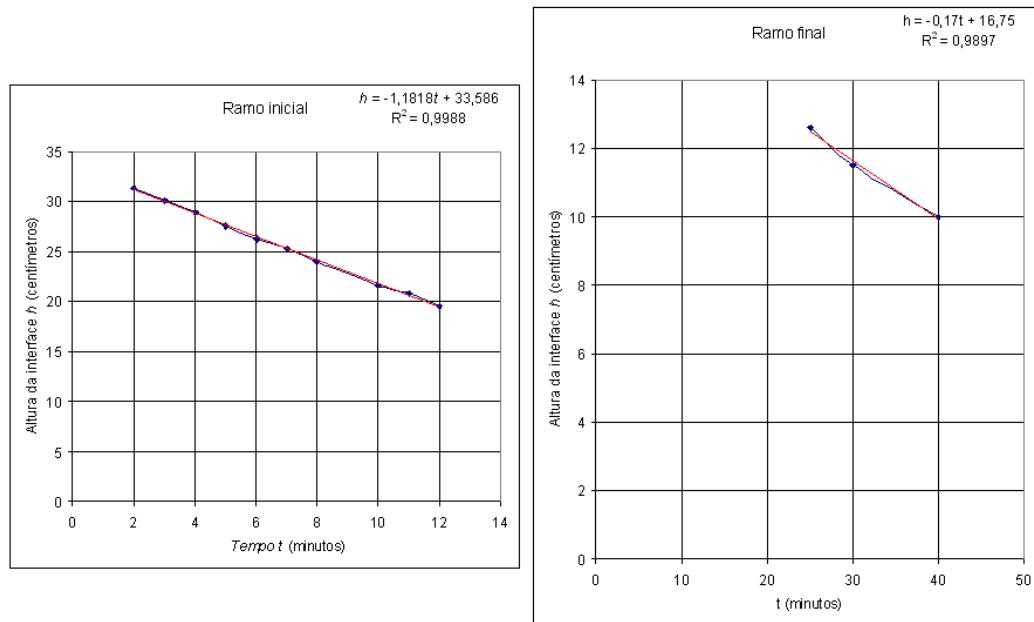


Figura 6: Retas representativas dos trechos inicial e final da curva de sedimentação (período de estiagem).

Uma vez conhecidas essas equações, elas podem ser utilizadas para a construção da Figura 7, em que elas aparecem com todas as suas extensões, sobrepostas à curva de sedimentação.

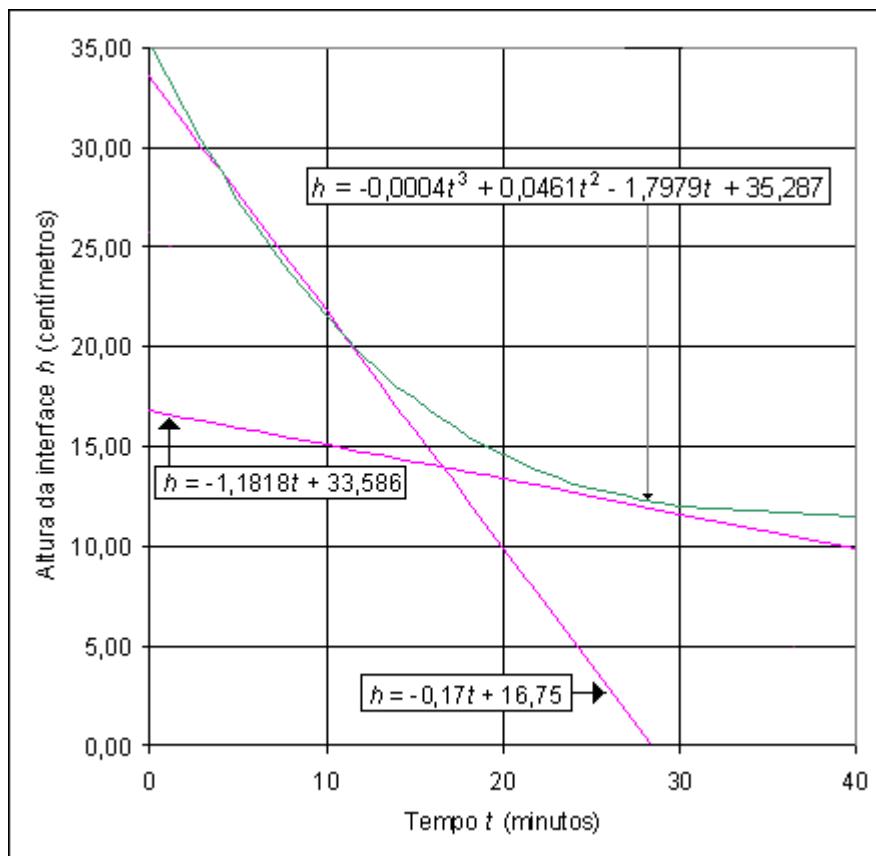


Figura 7: Curva de sedimentação e retas representativas dos trechos inicial e final da curva (período de estiagem).

A equação da bissetriz do ângulo formado por essas retas pode ser determinada analiticamente, através da equação (IEZZI, 2005):

$$\frac{a_1x + b_1y + c_1}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2}} \pm \frac{a_2x + b_2y + c_2}{\sqrt{a_2^2 + b_2^2}} = 0$$

No caso específico estudado, ela foi encontrada igual a:

$$h = 1,75t - 15,24$$

e intercepta a curva de sedimentação no ponto de coordenadas ($t = 17,7$ s; $h = 15,7$ cm).

A partir desse ponto, deve-se traçar a tangente à curva de sedimentação. Sua equação foi encontrada igual a: $h = -0,5442t + 25,31$

A Figura 8 mostra o traçado dessas duas retas, indicando as equações correspondentes.

Pode-se agora determinar o tempo de sedimentação necessário para que a concentração do lodo sedimentado atinja 10%. Sabendo que a altura inicial da amostra era igual a 35 centímetros e que, nessa situação, a concentração de sólidos na amostra era igual a 1,88%, então a altura da interface correspondente à concentração desejada será:

$$h = 32,5 \frac{1,88}{10} = 6,11$$

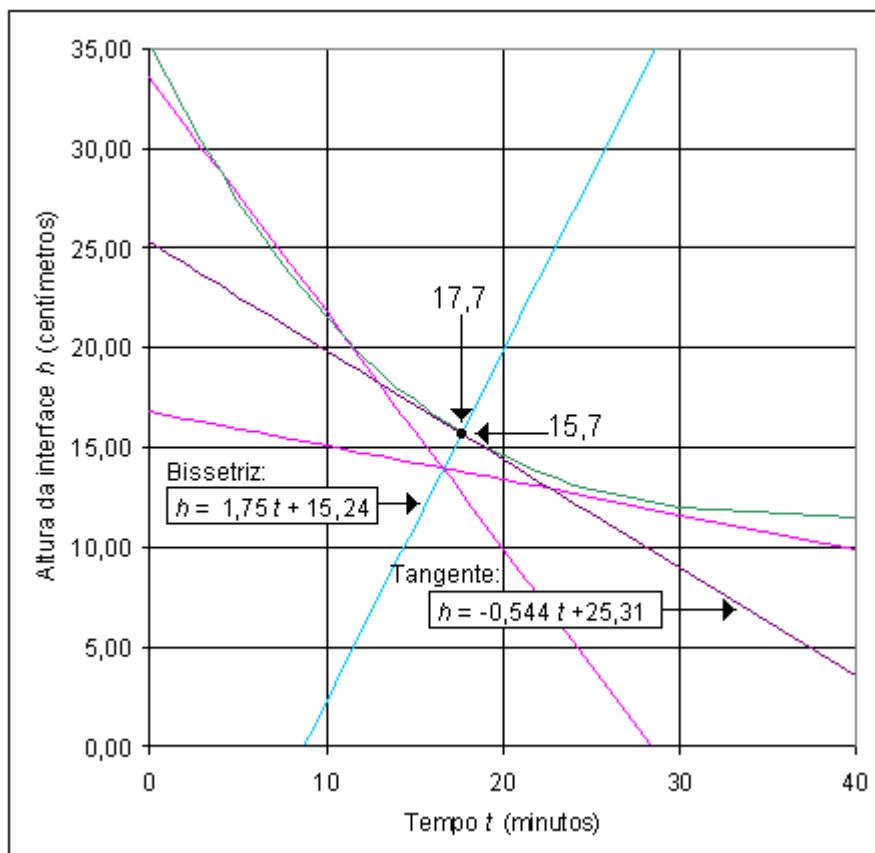


Figura 8: Curva de sedimentação, retas representativas dos trechos inicial e final da curva, bissetriz e tangente (período de estiagem).

O tempo correspondente a essa concentração é encontrado marcando essa altura sobre a tangente, ver Figura 9. Analiticamente, basta fazer:

$$6,11 = -0,544t + 25,31 \therefore t = 35,27$$

Foi implementado o método de Talmadge e Fitch no *software* SciLab® para o cálculo do diâmetro do adensador para vazões afluentes variando entre 0,5 e 10 litros por segundo, ver Figura 10.

CURVA QUASE RETILÍNEA

Os resultados analisados referem-se os ensaios realizados com a água de lavagem coletada em 29 de fevereiro de 2012. Trata-se de um período chuvoso, em que a água bruta apresentava turbidez bem mais elevada.

A Tabela 2 apresenta a variação, ao longo do tempo, dos valores correspondentes à altura da fração sedimentada da água de lavagem do filtro da ETA no ensaio em proveta. A concentração inicial de sólidos (C_0) foi igual a 1,88%.

Tendo por base os dados apresentados na Tabela 2, construiu-se o gráfico reproduzido na Figura 11. O resultado visual é pouco alentador. Entretanto, também neste caso, a utilização da ferramenta EXCEL permitiu ajustar uma curva de tendência a essa curva, também do tipo polinômio de 3º grau. A Figura 12 mostra que ele ajustou-se muito bem à dispersão de dados obtidos.

Procedendo de modo semelhante ao descrito anteriormente para a curva clássica, foi possível obter analiticamente equações para cada uma das curvas que devem ser traçadas manualmente no método de Talmadge & Fitch. O resultado final obtido é apresentado na Figura 13.

Observa-se que para essa água de lavagem, mais concentrada que a anterior, o tempo de sedimentação para se obter a concentração de 10% desejada é menor.

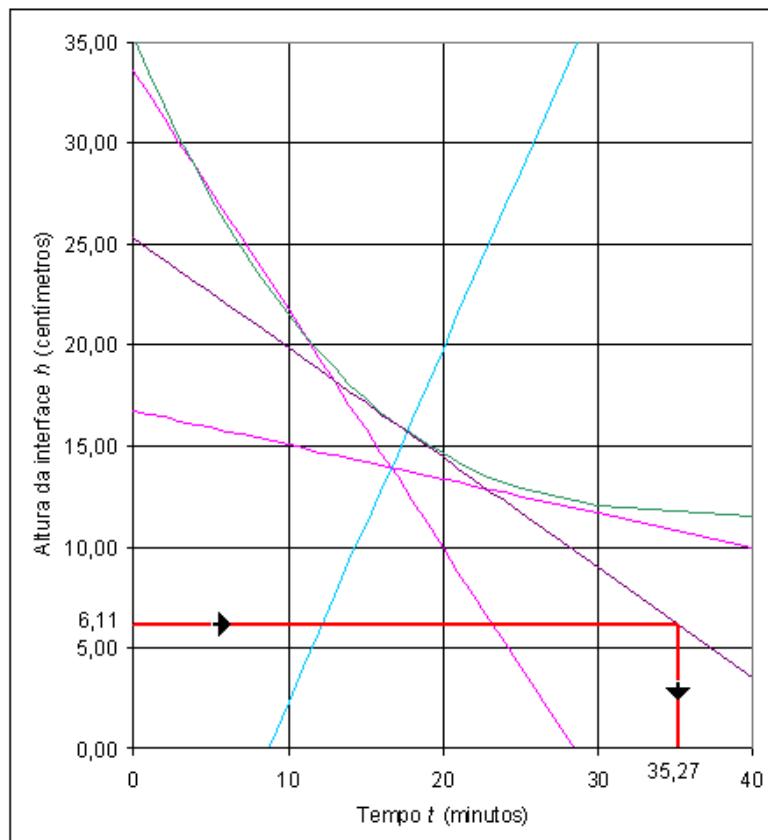


Figura 9: Método concluído e tempo de sedimentação encontrado, em função da concentração de lodo desejada (período de estiagem).

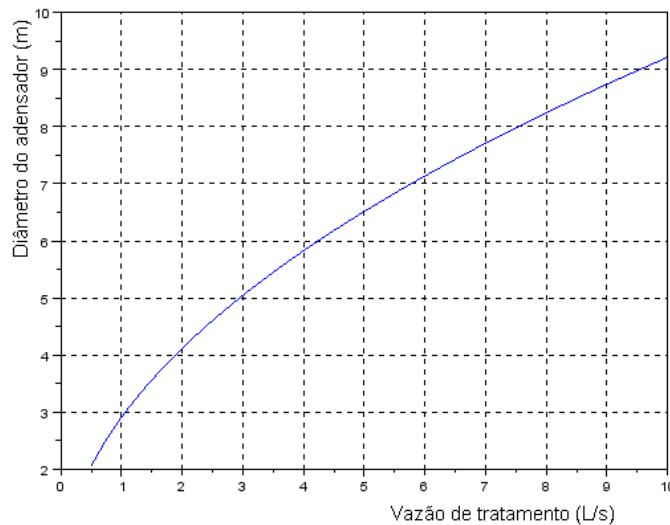


Figura 10: Diâmetro necessário para o adensador para obtenção de $C\mu = 10\%$, segundo o método de Talmadge e Fitch, para vazões afluentes variando entre 0,5 e 10 litros por segundo (período de estiagem).

Tabela 2: Fração sedimentada da água de lavagem do filtro: altura da sedimentação x tempo Período chuvoso).

Altura da interface (cm)	Tempo (min.)	Altura da interface (cm)	Tempo (min.)
0	32,50	30,00	10
1	32,40	29,70	11
2	32,15	29,40	12
3	32,00	29,15	13
4	31,70	28,90	14
5	31,40	28,80	15
6	31,15	28,60	16
7	30,90	28,40	17
8	30,60	28,15	18
9	30,40	28,00	19

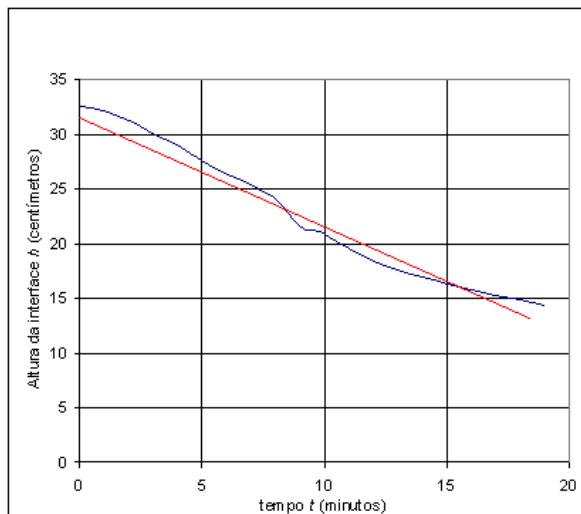


Figura 11: Curva de sedimentação da água de lavagem do filtro (período chuvoso), quase retilíneo.

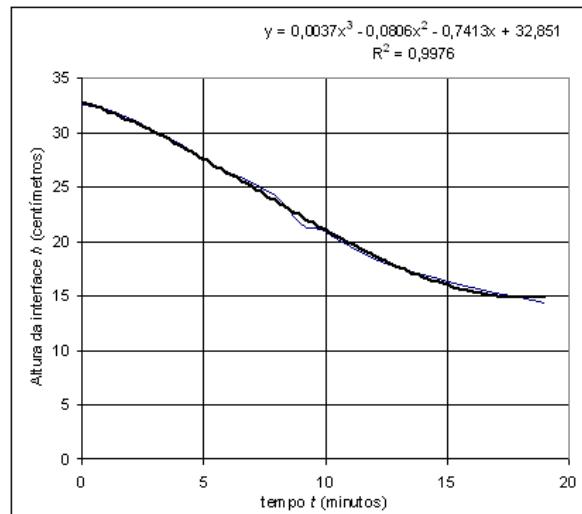


Figura 12: Ajustagem de um polinômio do terceiro grau à curva de sedimentação da água de lavagem do filtro (período chuvoso), quase retilíneo.

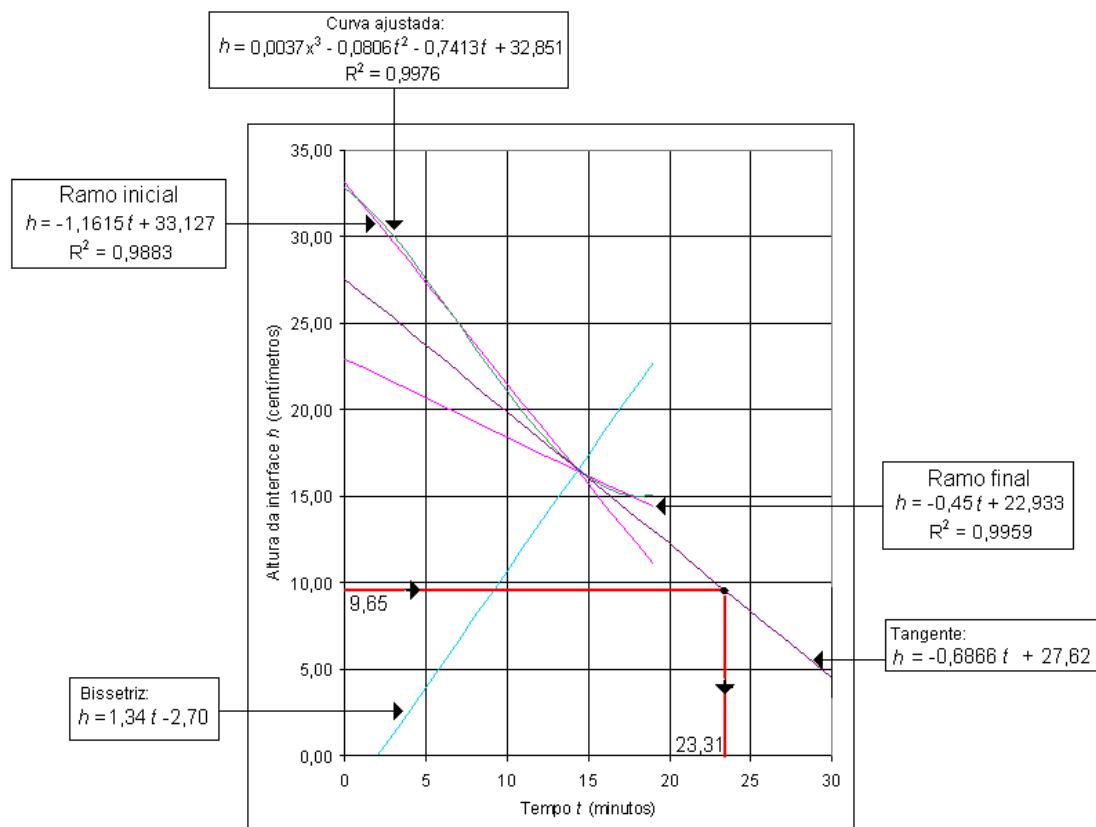


Figura 13: Ajustagem de um polinômio do terceiro grau à curva de sedimentação da água de lavagem do filtro (período chuvoso), quase retilíneo.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos até o momento para a água de lavagem dos filtros permitem constatar o que se descreve a seguir.

A qualidade da água resultante da lavagem dos filtros apresenta variação sazonal, tanto no que diz respeito ao teor de sólidos totais quanto no que se refere ao comportamento da sedimentação desses sólidos.

O teor de sólidos totais aí presente esteve sempre acima da faixa relatada na literatura, qual seja, da elevada amplitude citada por Reali (1999), entre 100 a 500 mg/L, equivalentes a 0,01 a 0,05%. Tais resultados sinalizam a eficácia da lavagem superficial auxiliar utilizada;

Essa água decanta com facilidade, quando comparada com as de outras ETAs citadas na literatura;

Da mesma forma, o lodo sedimentado resultante adensa com facilidade, quando comparada com as de outras ETAs citadas na literatura, sem a utilização de polímeros auxiliares.

A ferramenta EXCEL mostrou-se útil no tratamento de dados visando à utilização do método de Talmadge & Fitch, especialmente ao se trabalhar com uma amostra cuja curva de sedimentação mostrou-se quase retilínea.

Próximas etapas do trabalho em curso abrangerão o estudo da sedimentação e adensamento do lodo com o auxílio de polímeros, além de sua desidratação, através de filtros de geotêxteis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa TECMINAS Saneamento Ltda. de Belo Horizonte o apoio financeiro prestado, patrocinando a bolsa de Iniciação Científica para o co-autor Bernardo Ornelas Ferreira, com a qual foi possível o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DEMATTOS, M., COSTA, G. J. FONSECA, D. A., BRAGA, J. P. C., JANZEN, W. Redução do volume de lodo gerado em estações de tratamento de água – A proposta de recuperação do coagulante pelo processo de acidificação no Sistema Manso. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Anais Eletrônicos I-047, João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2001.
2. IEZZI, Gelson. Fundamentos de matemática elementar, 7: geometria analítica. São Paulo: Atual, 2005. 282p.
3. REALI, M.A.P. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de águas. ABES. PROSAB. Rio de Janeiro, 1999.
4. SOARES, Lucimar V. . Resíduos de estações de tratamento de água (ETA): quantificação de lodo na estação de tratamento de água do sistema Rio Manso. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2008.
5. TALMADGE, W.P; FITCH, E.B. Determining thickener unit areas. Ind. and Eng. Chem. Washington, D.C., v.47, n.1, p.38-41, jan. 1955.
6. VIANNA, Marcos R. Resíduos produzidos por estações de tratamento de água: o problema e possíveis soluções. SEMEARH. Belo Horizonte, v.6, n.6, ago 2006.