

II-221 - TESTES DE CENTRIFUGAÇÃO PARA ESTIMATIVA DE SÓLIDOS EM SUSPENSÃO EM AMOSTRAS DE RESÍDUOS ESGOTADOS POR CARROS LIMPA-FOSSA

Bruno e Silva Ursulino⁽¹⁾

Discente de Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará – Campus Juazeiro do Norte.

Maria Jaiane Germano Pinheiro⁽²⁾

Discente do curso Técnico em Eletrotécnica do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará – Campus Juazeiro do Norte.

Marise Daniele Maciel Lima⁽²⁾

Discente do curso Técnico em Eletrotécnica do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará – Campus Juazeiro do Norte.

Priscilla Barbosa de Araújo Silva⁽²⁾

Discente do curso Técnico em Eletrotécnica do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará – Campus Juazeiro do Norte.

Yannice Tatiane da Costa Santos⁽³⁾

Professora do Curso de Engenharia Ambiental/ Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará- Campus Juazeiro do Norte

Endereço⁽¹⁾: Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1646 - Planalto – Juazeiro do Norte - CE - CEP: 63040-540 - Brasil - Tel: +55 (88) 2131-5342 - E-mail: brunosenga@gmail.com

RESUMO

As frações de sólidos pertencem a um grupo exclusivo de parâmetros utilizados para avaliar o grau de tratamento para esgotos, sendo a fração em suspensão (SST), destacada pela sua importância. O método clássico para determinação de SST utiliza o processo de filtração em membrana para quantificar os sólidos retidos das amostras brutas. Entretanto, quando se trabalha com efluentes de elevada carga orgânica e de sólidos, as análises dessa metodologia podem perder sua credibilidade devido as elevadas diluições aplicadas para obtenção dos resultados. Dessa maneira, o presente trabalho propõe avaliar um meio de determinação de sólidos pela técnica da centrifugação, tendo como objetivos específicos avaliar qual a melhor rotação e tempo necessária na centrífuga para se obter um sobrenadante de melhor qualidade com o intuito de futuramente se alcançar uma relação com o teor de sólidos suspensos da amostra, tomando como parâmetro de medição a turbidez. Foram analisadas amostras de três carros limpa-fossa com diferentes concentrações de sólidos suspensos. Os valores de turbidez decaíram de acordo com a intensidade da rotação e tempo de exposição. A análise de variância apontou a existência de dois grupos distintos de dados para duas das três amostras analisadas, considerando a rotação e o tempo, sugerindo o quão é importante se testar rotações diferentes para se obter a menor concentração de turbidez.

PALAVRAS-CHAVE: Fossas, Centrifugação, Sobrenadante, Sólidos suspensos, Turbidez.

INTRODUÇÃO

Atualmente sabe-se muito sobre as condições sanitárias e aspectos físico-químicos dos esgotos domésticos, porém, isso não ocorre com os resíduos esgotados de tanques sépticos e fossas, realizados por carros limpa-fossas que são gerados em diversas cidades do país e do mundo.

Tal resíduo, dependendo da fonte geradora (residencial, familiar, comercial, hospitalar, industrial), do tempo de armazenamento, do tipo de sistema (fossa ou tanque séptico), frequência de esgotamento e número de contribuintes, pode refletir em características diferentes.

Um dos parâmetros utilizados para avaliar o grau de tratamento para esgotos são as frações de sólidos, destacando-se a fração em suspensão (SST- sólidos suspensos totais) que é referente a todo o material particulado com diâmetros iguais ou superiores a 0,45µm.

O teor de sólidos suspensos reflete a presença de microrganismos, condições de turbidez da amostra, sedimentação de material e estimativa de matéria orgânica.

De acordo com estudo realizado por Santos (2009), levantando as características físicas de resíduos provenientes de fossas da cidade de Natal, as concentrações de SST levantadas variaram entre 198 a 32.324mg/L.

Ratis (2009) encontrou faixas de 134 a 33.733 mg/L referente a diversas amostras oriundas de sumidouros, tanques sépticos, fossa-sumidouro de residências, restaurantes, hospitais, comércio, o que justifica a enorme variabilidade.

Amostras de resíduos esgotados apresentam, na maioria dos casos, altas concentrações de sólidos totais. O método clássico para determinação de SST utiliza o processo de filtração em membrana para quantificar os sólidos retidos das amostras brutas. Segundo Santos (2009), esses resultados podem perder sua credibilidade devido as elevadas diluições aplicadas para obtenção dos resultados, que tendem a extrapolação do valor real. O processo de secagem da membrana em estufa por 2 horas a 105°C é tido também como um aspecto negativo, pois requer longo tempo operacional para a conclusão da análise.

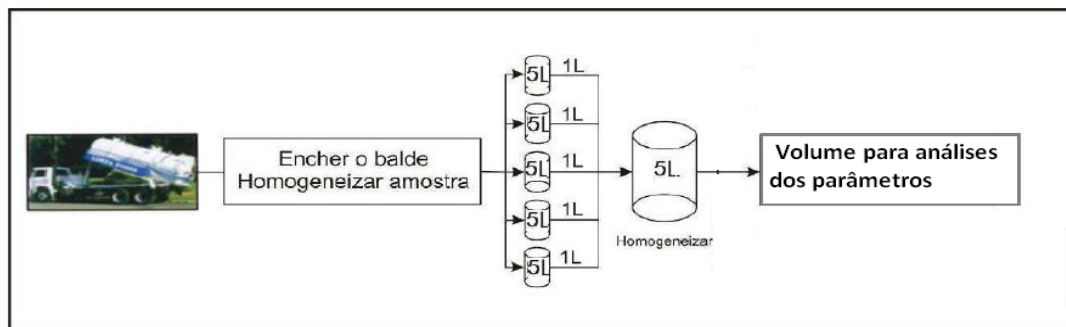
Este trabalho propõe avaliar qual a melhor rotação e tempo necessário para se obter um sobrenadante de melhor qualidade com o intuito de futuramente haver relação com o teor de sólidos em suspensão, tomando como parâmetro de medição a turbidez.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram coletadas amostras dos resíduos esgotados de fossas provenientes de bairros da cidade de Juazeiro do Norte, no momento do despejo dos carros limpa-fossas na estação de tratamento da cidade (ETE Malvas – formada por Lagoas de Estabilização em série). As coletas dos resíduos foram realizadas seguindo os procedimentos de amostragem seguindo as orientações de Ratis (2009), ou seja, no momento da descarga do caminhão no tratamento preliminar da ETE Malvas, procedendo da seguinte forma:

Foram coletados cinco baldes de 5L de capacidade cada, durante a descarga de todo o volume do caminhão. Dessa forma, acredita-se que estará retirando uma amostra de cada nível de esgoto do interior do caminhão, uma vez que a descarga ocorre geralmente por um escape que fica na parte inferior do tanque. Sendo assim, as parcelas de sólidos, principalmente os flutuantes, bem como os sedimentáveis são contemplados igualmente, obedecendo as proporções quanto a sua concentração no efluente com um todo.

De cada balde de cinco litros foi retirado 1L de amostra, e acumulado em outro recipiente de 10L de volume, formando assim 5L de amostra composta, oriunda de cada balde de cinco litros. A partir dessa amostra composta foram retiradas as devidas alíquotas para a análise de sólidos, conforme é ilustrado na figura 01. O presente estudo analisou no total, amostras compostas oriundas de três caminhões limpa-fossa.



Fonte: Ratis (2009)

Figura 1: Esquema de coleta dos resíduos.



Figura 2: Procedimento da coleta dos resíduos.

Para a determinação de Sólidos Suspensos Totais (SST) foi utilizado o método gravimétrico - *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, referenciado por APHA, et al (2005), no qual há separação de sólidos suspensos e dissolvidos através do processo de filtração com membrana de fibra de vidro, com diâmetro de poro de 0,45µm, seguida de secagem a uma temperatura de 103 a 105°C.

Todas as três amostras analisadas foram diluídas a 10% com água deionizada para facilitar a filtração.

Os testes de centrifugação utilizaram tubos falcon de 15mL de capacidade, alimentados com 10 mL da amostra bruta. Cada amostra teve 12 replicatas, sendo estas submetidas às centrifugadas nas seguintes etapas: 2000 rpm a 10 e 20 minutos, e 3000 rpm a 10 e 20 minutos, ver Tabela 1.

O procedimento foi finalizado com a medição do volume de sólidos sedimentado no próprio tubo falcon, e da turbidez do sobrenadante. A turbidez seguiu o método Nefelométrico, descrito por APHA, et al. (2005).

Tabela 1 – Procedimentos de centrifugação das amostras para determinação da turbidez.

Série - Amostras	Quantidade de tubos falcon 15 mL	Rotação de centrifugação 2000 rpm	Rotação de centrifugação 3000 rpm
Caminhão 1	12 tubos	Tempo - 10 minutos	
		Tempo - 20 minutos	
Caminhão 2	12 tubos	Tempo - 10 minutos	
		Tempo - 20 minutos	
Caminhão 3	12 tubos	Tempo - 10 minutos	
		Tempo - 20 minutos	

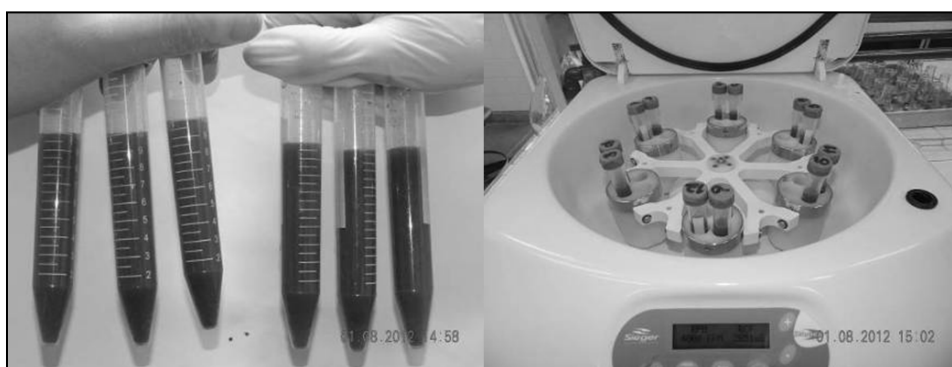


Figura 3 – Amostras brutas em tubos falcon e procedimento de centrifugação a 3000rpm.

Testes estatísticos descritivos e análise de variância (ANOVA Gráfica) foram realizados com os resultados de turbidez das replicatas das amostras após a centrifugação, com o intuito de verificar a similaridade ou diferenças nas condições de centrifugação em amostras de concentrações diferentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 01 e 02 apresentam a estatística descritiva dos resultados de turbidez das séries de centrifugação a 2000 rpm e 3000 rpm, submetidos a tempos de 10 e 20 minutos. Os valores de sólidos suspensos totais encontrados através de análise gravimétrica do caminhão C1, C2 e C3 foram respectivamente 276, 2.663 e 7.526 mg/L.

As repetições (replicatas) dos valores de turbidez do sobrenadante se mostraram bem uniformes variando pouco, uma vez que as médias foram aproximadas das medianas em todas as situações.

De forma geral, observa-se pela estatística descritiva (Tabela 2) que os valores das médias, bem como os das medianas tiveram os teores de turbidez reduzidos, principalmente com o aumento da rotação.

Tabela 2 - Estatística descritiva dos valores de turbidez após centrifugação de 2000 e 3000 rpm a 10 minutos.

Estatística Descritiva	Tempo de Centrifugação – 10 minutos					
	Rotação – 2000 rpm			Rotação – 3000 rpm		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3
n	12	12	12	12	12	12
Média	143	169	728	60	134	615
Mediana	141	170	727	61	134	615
Máximo	187	200	769	72	152	672
Mínimo	102	137	705	49	112	584
DP*	28,911	20,403	16,681	6,974	10,137	25,889
%CV**	20,2	12,1	2,3	11,7	7,6	4,2

*Desvio Padrão

**Coeficiente de variação.

Tabela 3 - Estatística descritiva dos valores de turbidez após centrifugação de 2000 e 3000 rpm a 20 minutos.

Estatística Descritiva	Tempo de Centrifugação – 20 minutos					
	Rotação – 2000 rpm			Rotação – 3000 rpm		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3
n	12	12	12	12	12	12
Média	75	119	590	41	109	466
Mediana	75	115	595	41	110	472
Máximo	96	163	611	48	160	502
Mínimo	52	102	566	31	80	419
DP*	13,409	16,133	16,934	5,696	19,986	26,996
%CV**	17,9	13,6	2,9	14,0	18,4	5,8

*Desvio Padrão

**Coeficiente de variação

Graficamente (figura 4) os valores de turbidez, de modo geral, e como já se esperava, decaíram de acordo com a intensidade da rotação e tempo de exposição.

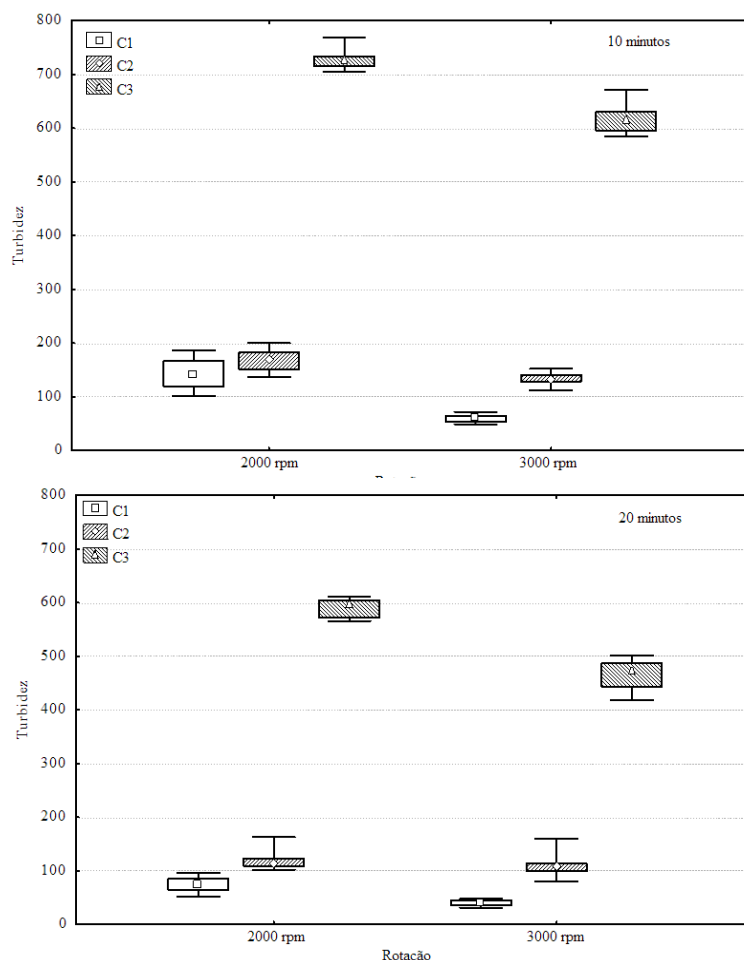


Figura 4: Gráficos Box-plots com MEDIANA, MÁXIMO e MÍNIMO das amostras submetidas a rotações de 2000 e 3000 rpm, em um tempo de 10 minutos (à esquerda) e a 20 minutos (à direita).

Nota-se pelas médias e medianas das tabelas 2 e 3 que quanto menor foi a concentração de SST, maior foi a redução da turbidez no sobrenadante, apontando desta forma, elevação da eficiência na remoção dos sólidos em suspensão. A tabela 4 apresenta a comparação das porcentagens de redução da turbidez entre rotações diferentes, e tempos de rotação diferentes. Ou seja, a amostra C1, quando submetida a um tempo de exposição de 10 minutos, obteve diferença de 58,1% na redução da turbidez entre as rotações de 2000rpm e 3000 rpm. De forma geral, essa tendência é refletida nas determinações das porcentagens de eficiência, comparados os tempos e velocidades de rotação que podem ser vistos a seguir (Tabela 4).

Tabela 4 – Diferenças percentuais entre as eficiências de redução da turbidez considerando as rotações e os tempos de centrifugação

Entre rotação (%)	10 minutos	20 minutos
C1	58,1	45,3
C2	20,7	8,4
C3	15,5	21,1
Entre o tempo (%)	2000 rpm	3000 rpm
C1	47,5	31,6
C2	29,5	18,6
C3	18,9	24,2

As três amostras apontaram uma diminuição percentual, em função da concentração, entre as rotações em 10 minutos e entre o tempo em 2000rpm. A amostra C1, menos concentrada, demonstrou maior porcentagem de eficiência de remoção de turbidez em ambos os casos. Já a amostra C3, mais concentrada, apresentou reduções mais simplórias comparadas a C1.

Conforme pode ser visto no gráfico da análise de variância (Figura 5 e 6) as amostras C1 e C3, para ambos os tempos de exposição, foram consideradas pertencentes a grupos diferentes. Ou seja, a turbidez medida no sobrenadante dessas duas amostras foram bem diferentes estatisticamente. Pode associar esse evento ao fato de que as amostras possuem concentrações extremas (276mg e 7.526mg/L) bem como não se sabe os tipos de sólidos presentes e suas características como densidade, grau de mineralização, diâmetro da partícula, já que sua origem parte de tempos de armazenamento das fossas distintos, tipos de efluentes (sanitário e águas cinzas) o que contribuem diferentemente para os formatos e tipos de sólidos em suspensão do meio. O que não ocorre, por exemplo, com a biomassa do tratamento de lodos ativados que são aglomerados de bactérias e protozoários com chances de sedimentação mais favoráveis.

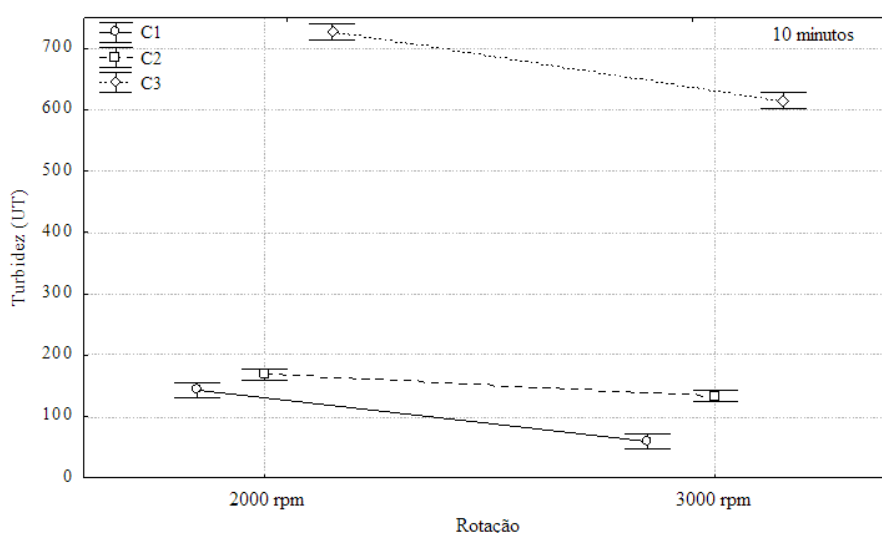


Figura 5 – ANOVA gráfica dos resultados de turbidez submetidas a 10 minutos de tempo de exposição.

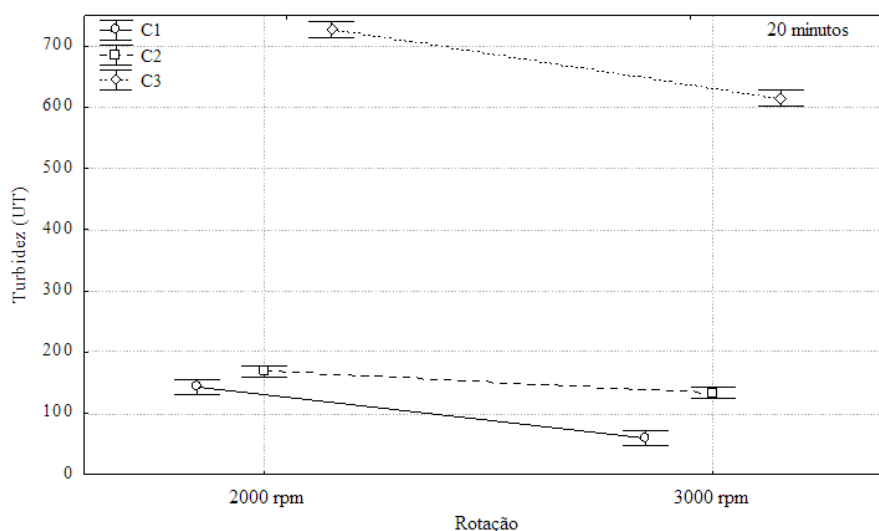


Figura 6 – ANOVA gráfica dos resultados de turbidez submetidas a 20 minutos de tempo de exposição.

De caráter inicial, buscou-se uma relação entre as concentrações de SST pelo método gravimétrico com as médias da turbidez do sobrenadante através de uma análise de regressão linear. A equação da reta resultou em coeficientes de regressão da seguinte ordem:

Tabela 4: Coeficientes de regressão dos valores médios de turbidez e concentrações de SST pelo método gravimétrico.

AMOSTRA	Médias Turbidez (C1, C2 e C3)	Sólidos Suspensos Totais em mg/L (C1, C2 e C3)	R ²
2000 rpm 10min	143 /169/728	276 / 2.663/ 7.526	0,918
3000 rpm 10min	60/134/615		0,958
2000 rpm 20min	75/119/590		0,937
3000 rpm 20min	41/109/466		0,968

Como o n até o momento da pesquisa é baixo, não se pode considerar estes resultados representativos ainda, porém, acredita-se que com a inserção de novos dados contemplando faixas de concentrações que compreendam os intervalos das amostras aqui analisadas, irá elevar os valores de R para próximos de 1,0, a fim de se obter uma relação dos teores de sólidos em mg/L com a turbidez do sobrenadante.

CONCLUSÕES

Conclui-se que, de forma geral, como já se esperava, os valores de turbidez decaíram de acordo com a intensidade da rotação e tempo de exposição.

A análise de variância apontou a existência de dois grupos distintos de dados para duas das três amostras analisadas, considerando a rotação e o tempo, sugerindo o quão é importante se testar rotações diferentes para se obter a menor concentração de turbidez.

Quanto menor foi o teor de sólidos suspensos totais nas amostras, melhores serão os resultados de remoção de turbidez no sobrenadante após a centrifugação. A amostra com maior concentração apresentou percentual de remoção muito inferior em relação a menos concentrada.

A partir desses resultados preliminares recomenda-se que estes sejam comparados as análises de sólidos suspensos totais pela técnica descrita em APHA et al, com o intuito de se conseguir uma relação direta entre essas variáveis, de modo a agilizar e reduzir o tempo de análise laboratorial.

Deve-se aumentar o número de dados para comparação dos teores de sólidos em mg/L com a turbidez do sobrenadante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21.ed. Washington D C. 2005.
2. RATES, A.N.F.A. Caracterização dos Resíduos Esgotados de Sistemas de Tratamento Individual de Esgotos Domésticos de Natal. 2009. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.
3. SANTOS, Y.T.C. Caracterização do conteúdo de fossas e tanques sépticos na cidade de Natal. 2009. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.
4. SILVA, J. T. Metodologia para determinação de sólidos suspensos totais (SST), para sistemas de tratamento biológico de águas residuárias, utilizando microondas - I JORNADA DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO – Espírito Santo, 2008.