



II-519 - ESTUDO DO DESEMPENHO OPERACIONAL DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DO TIPO LODOS ATIVADOS CONVENCIONAL EM ESCALA REAL - ETE ARRUDAS

Frieda Keifer Cardoso⁽¹⁾

Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Especialista em Gestão Integrada das Águas e dos Resíduos nas Cidades (Convênio Brasil/ Ministério das Cidades e Itália/ Hydroaid). Graduada em Engenharia Civil (PUC Minas). Engenheira de Operação da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

Maria Letícia de Castro

Graduada em Farmácia e Bioquímica pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Analista de Controle da Qualidade de Água e de Esgoto da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

Sirlei Geraldo Azevedo

Especialista em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Especialista em Engenharia da Qualidade (PUC Minas). Graduado em Engenharia Química pela UFMG. Engenheiro Químico da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA.

Endereço⁽¹⁾: Rua Mar de Espanha, nº. 453 - DVTE. Bairro: Santo Antônio - Belo Horizonte - MG - Brasil - CEP 30330-270 Tel: +55 (31) 3250-1599 - e-mail: frieda.keifer@copasa.com.br

RESUMO

A avaliação do desempenho operacional de uma Estação de Tratamento de Esgotos - ETE, em escala real, do tipo lodos ativados convencional, foi o propósito desse trabalho. A ETE estudada está localizada no município de Belo Horizonte, capital mineira e foi projetada para operar com uma vazão média de 2,25m³/s em início de plano, que corresponde ao atendimento de cerca de um milhão de habitantes, e 4,50m³/s em final de plano, atendendo uma população de um milhão e seiscentos mil habitantes.

Foram analisados os resultados do monitoramento realizado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA, no período entre janeiro/2004 e dezembro/2008.

Os resultados demonstraram que o sistema lodos ativados convencional possui elevada capacidade de remoção de matéria orgânica e outros poluentes, gerando um efluente final de acordo com os padrões estabelecidos na legislação vigente, para o seu lançamento em corpos d'água.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho Operacional, Lodos Ativados Convencional, Escala Real

INTRODUÇÃO

A implantação de estações de tratamento de esgotos - ETEs envolve aspectos ambientais, sociais e econômicos, tendo como objetivos principais a promoção da saúde da população e a preservação do meio ambiente. Uma ETE ideal é aquela que consegue conjugar baixos custos de implantação e operação, simplicidade operacional, índices mínimos de mecanização e sustentabilidade do sistema. Entretanto, para as grandes cidades, na maioria dos casos com elevada população urbana, as áreas destinadas à implantação de ETEs tornam-se cada vez mais restritas. Com isso, as companhias de saneamento e/ ou responsáveis pelo tratamento de esgotos do município buscam processos de tratamento compatíveis com tal realidade.

Na fase de planejamento de uma ETE é de suma importância que sejam contempladas as etapas de projeto, execução, operação e de manutenção para assegurar o cumprimento das metas estabelecidas em cada uma delas, bem como a integração das mesmas. Quando do planejamento da unidade que trataria os esgotos da bacia do Ribeirão Arrudas, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA definiu que o processo adotado seria o de lodos ativados convencional e a denominou de Estação de Tratamento de Esgotos do Ribeirão Arrudas - ETE Arrudas.

A ETE Arrudas, situada no limite dos municípios de Belo Horizonte e Sabará, foi projetada para operar com uma vazão média de 2,25m³/s em início de plano, que corresponde ao atendimento de cerca de um milhão de habitantes, dobrando essa capacidade no final de plano (4,50m³/s), atendendo uma população de um milhão e seiscentos mil habitantes. Nela são tratados os esgotos coletados na bacia do ribeirão Arrudas, compreendendo os municípios de Contagem e de Belo Horizonte.



O sistema de lodos ativados convencional apresenta elevada eficiência na remoção de DBO e baixos requisitos de área. Em contrapartida, apresenta alto grau de mecanização, elevado consumo de energia elétrica e alto custo operacional. O processo é constituído por unidades que realizam a oxidação, a decantação e a recirculação do lodo produzido.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar o objetivo proposto neste trabalho, foram realizadas as seguintes atividades:

- Levantamento de dados junto a COPASA, empresa responsável pela operação da ETE;
- Revisão bibliográfica;
- Acompanhamento *in loco* (fevereiro/2007 a dezembro/2008);
- Avaliação e contextualização dos dados obtidos.

Para análise dos dados foram utilizados os programas Excel e Statistica.

DESCRIÇÃO DAS UNIDADES

Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar foi inaugurado em outubro/2001 e construído para atender a vazão de final de plano. As unidades do tratamento preliminar estão descritas na Tabela 1.

Unidade	Quantidade 1ª Etapa	Quantidade 2ª Etapa	Largura (m)	Altura (m)	Espaçamento entre barras (mm)
Grade grossa manual	1	1	6,35	2,05	100
Grade fina mecanizada	2	4	2,50	2,04	15
Desarenador mecanizado	2	3	12,00	1,70	-

Tabela 1: Unidades do Tratamento Preliminar.



Foto 1: Grade grossa manual.



Foto 2: Grades finas mecanizadas.



Foto 3: Desarenador.



Foto 4: Vista aérea do tratamento preliminar.

Os esgotos chegam ao tratamento primário por gravidade, através de um emissário de concreto armado com 1.400 metros de extensão e 1.900 milímetros de diâmetro. Os esgotos sofrem uma queda de aproximadamente 15 metros e alcançam a cota mais alta do tratamento primário através de um sifão invertido.

Tratamento Primário

O tratamento primário foi inaugurado em outubro de 2001, também atendendo à vazão de fim de plano. É constituído de decantadores primários, conforme Tabela 2, com braços coletores compostos de lâminas raspadoras na superfície para raspagem da espuma e na parte inferior para raspagem do lodo, ambas movimentadas por ponte rolante. Todo material coletado é encaminhado para tratamento nas unidades componentes da fase sólida.

Unidade	Quantidade 1ª Etapa	Quantidade 2ª Etapa	Largura (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	TDH (h) projeto
Decantador primário	3	6	17,50	3,50	85,00	1,92

Tabela 2: Unidades do Tratamento Primário.



Foto 5: Decantadores primários.



Foto 6: Vista aérea da ETE Arrudas.

Tratamento Secundário

O tratamento secundário encontra-se em operação desde dezembro de 2002 e atende à vazão de início de plano, sendo constituído de reatores biológicos e decantadores secundários (Tabela 3). Uma parte do lodo recolhido nos decantadores secundários volta para os reatores biológicos através da elevatória de retorno de lodo, e outra parte (lodo excedente) é encaminhada para o adensador de lodo.

Unidade	Quantidade 1ª Etapa	Quantidade 2ª Etapa	Largura (m) / *Diâmetro (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	TDH (h) projeto
Reator biológico	2	4	25,0	6,0	115,0	4,2
Decantador secundário	6	8	*50,0	6,0	-	4,8
Soprador de ar	3	3	Membranas difusoras			
Elevatória de retorno de lodo	1	2	Bomba do tipo parafuso de Arquimedes			
Elevatória de lodo excedente	2	3	Bomba centrífuga de eixo horizontal			

Tabela 3: Unidades do Tratamento Secundário.



Foto 7: Reator biológico.



Foto 8: Decantador secundário.

Fase Sólida:

As unidades da fase sólida estão descritas na Tabela 4. O digestor anaeróbio recebe o lodo e a espuma primária, a espuma secundária e o lodo do adensador. O biogás gerado nos digestores é queimado. O lodo digerido é encaminhado ao digestor secundário, onde ocorre a separação sólido/ líquido. A desidratação mecânica reduz o volume da água remanescente no lodo digerido, vindo do digestor secundário, pelo processo de centrifugação. O lodo recebe uma dosagem de polímero para auxiliar na redução da umidade. Todo líquido drenado do processo é encaminhado para os decantadores primários.

Encontra-se em implantação um sistema para geração de energia elétrica a partir do biogás produzido nos digestores por meio de microturbinas, e ainda de sistema de aproveitamento da energia térmica e de tratamento do lodo secundário por ultra-som.

Espera-se que a partir da implantação desses sistemas ocorra uma diminuição da despesa com energia elétrica, atualmente um dos maiores custos na ETE Arrudas, e ainda a redução do volume de lodo produzido, otimizando os custos com transporte do lodo até o local de destinação final.

O material sólido removido no tratamento preliminar e o lodo desidratado são encaminhados para o aterro sanitário de Macaúbas, situado no município de Sabará-MG. A COPASA possui um Acordo de Cooperação Técnica com a Prefeitura de Belo Horizonte – PBH, que estabelece o encaminhamento dos resíduos sólidos gerados na ETE Arrudas para o aterro sanitário e em contrapartida, o recebimento do líquido lixiviado (chorume) do aterro sanitário para tratamento na ETE Arrudas.

Unidade	Quantidade 1ª Etapa	Quantidade 2ª Etapa	Diâmetro (m)	Altura (m)	TDH projeto
Adensador de lodo por gravidade	2	2	25,0	3,5	22,0 horas
Adensador de lodo por flotação	-	2	Em estudo		
Digestor Anaeróbio	3	6	27,0	18,3	25,0 dias
Digestor secundário	1	2	27,0	12,0	6,4 dias
Desidratação Mecânica	2	3	Centrífuga horizontal		

Tabela 4: Unidades da Fase Sólida.



Foto 9: Adensador de lodo por gravidade.



Foto 10: Digestores anaeróbios e secundário



Foto 11: Central de desidratação.

MONITORAMENTO DA ESTAÇÃO

O Estado de Minas Gerais possui um sistema de administração ambiental fundamentado na participação da sociedade civil, por meio do Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM, órgão normativo, colegiado, consultivo e deliberativo, que define diretrizes, políticas, normas e padrões ambientais, visando à preservação do meio ambiente e dos recursos ambientais.

Para o cumprimento da legislação ambiental vigente, os empreendimentos devem realizar e enviar o automonitoramento à Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, órgão ambiental do Estado, de acordo com a Nota Técnica - NT 002/2005 (DIMOG/DISAN) que estabelece critérios para o monitoramento dos efluentes líquidos, águas superficiais e águas subterrâneas associados às ETEs. As análises, os parâmetros e frequência de amostragem são estabelecidos de acordo com a classe do empreendimento. Os resultados obtidos devem ser comparados aos limites estabelecidos na DN Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1. No caso da ETE Arrudas, sendo um empreendimento de classe 5, o monitoramento contempla os parâmetros descritos na Tabela 5, tanto para a ETE, quanto para o corpo hídrico receptor. Para o corpo receptor, ribeirão Arrudas, são realizadas coletas a montante e a jusante da ETE.

FREQUÊNCIA	MENSAL	TRIMESTRAL	ANUAL
PARÂMETROS	Conductividade elétrica DBO ⁽¹⁾ DQO ⁽¹⁾ <i>E Coli</i> pH Sólidos Sedimentáveis ⁽¹⁾ Vazão média mensal ⁽¹⁾ Oxigênio dissolvido ⁽³⁾ Turbidez ⁽³⁾	Cádmio total ⁽²⁾ Chumbo total ⁽²⁾ Cloreto total Cobre dissolvido ⁽²⁾ Fósforo total Nitrato Nitrogênio amoniacal total Óleos e graxas Substâncias tensoativas (ATA) Zinco total ⁽²⁾	Teste de toxicidade aguda

Tabela 5: Relação dos parâmetros monitorados na ETE e no corpo receptor e suas respectivas frequências.

⁽¹⁾ parâmetros também monitorados no afluente da ETE;

⁽²⁾ para ETEs que recebem efluentes de aterros sanitários;

⁽³⁾ parâmetros monitorados somente no corpo receptor da ETE.

Para análise da eficiência da ETE e atendimento à legislação, são realizadas coletas compostas semanais, através da utilização de coletores automáticos. As alíquotas das amostras horárias são proporcionais à vazão, estabelecida através de hidrogramas de vazão.



CONTROLE OPERACIONAL DA ESTAÇÃO

O controle operacional da ETE Arrudas é realizado através de coletas simples e análises diárias de cada unidade.

- No tratamento preliminar, há um medidor instantâneo para medição de pH.
- No tratamento primário, são realizadas análises diárias de série de sólidos.
- Nos reatores biológicos, existem sondas medidoras de oxigênio dissolvido para controle da aeração, realizado através de malha PID. São realizadas ainda, diariamente, análises de temperatura, presença de microorganismos, pH, série de sólidos e sólidos decantáveis. Semanalmente, são realizadas análises de nitrato para acompanhamento do processo de nitrificação.
- Nos digestores anaeróbios, são realizadas análises diárias de série de sólidos, Relação Acidez/Alcalinidade, Alcalinidade total, Acidez volátil, Alcalinidade de ácidos voláteis e vazão do biogás, pH e temperatura.
- Nos adensadores de lodo, são realizadas análises diárias de série de sólidos, pH e temperatura.
- Na central de desidratação, são realizadas análises diárias de série de sólidos, pH e temperatura.

O acompanhamento dos parâmetros analisados é vital ao bom funcionamento do processo, em consonância com os dados de projeto (exemplo: Idade do Lodo, Índice volumétrico do Lodo - IVL, relação A/M, TDH, TAS, TS, dentre outros).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 6 apresenta estatísticas básicas de alguns parâmetros monitorados.

Parâmetros	Unidade	Efluente Bruto	Efluente Final	Limite FEAM
DBO (mg/L)	Nº dados	60	60	60,0
	Mínimo	182,0	15,0	
	Média	265,2	29,7	
	Máximo	361,0	81,0	
	Mediana	266,5	25,0	
	D. padrão	43,9	14,6	
DQO (mg/L)	Nº dados	60	60	180,0
	Mínimo	404,0	29,0	
	Média	566,5	61,5	
	Máximo	832,0	168,0	
	Mediana	563,5	52,0	
	D. padrão	93,9	31,8	
SST (mg/L)	Nº dados	60	60	100,0
	Mínimo	102,0	4,0	
	Média	236,5	22,0	
	Máximo	444,0	128,0	
	Mediana	229,0	20,0	
	D. padrão	73,4	18,2	
NITROGÊNIO AMONÍACAL (mg/L)	Nº dados	60	60	Limite não aplicável para ETEs
	Mínimo	22,0	3,0	
	Média	30,0	18,0	
	Máximo	48,0	34,0	
	Mediana	30,7	18,0	
	D. padrão	4,61	8,4	
FÓSFORO TOTAL (mg/L)	Nº dados	60	60	-
	Mínimo	2,39	0,42	
	Média	6,27	1,98	
	Máximo	24,6	20,0	
	Mediana	6,01	1,28	
	D. padrão	2,74	2,67	

Tabela 6: Estatísticas básicas de alguns parâmetros monitorados.

A Figura 1 apresenta a vazão média mensal afluyente à ETE Arrudas e a precipitação na bacia do ribeirão Arrudas. Os picos de vazão coincidem com a incidência de precipitação na maioria dos dados. Também pode ser observado um incremento de vazão ao longo do tempo, devido às ações do Programa Caça Esgoto da COPASA, que tem como objetivo promover a correção de lançamentos clandestinos indevidos, conduzindo-os ao sistema coletor para encaminhamento às unidades de tratamento.

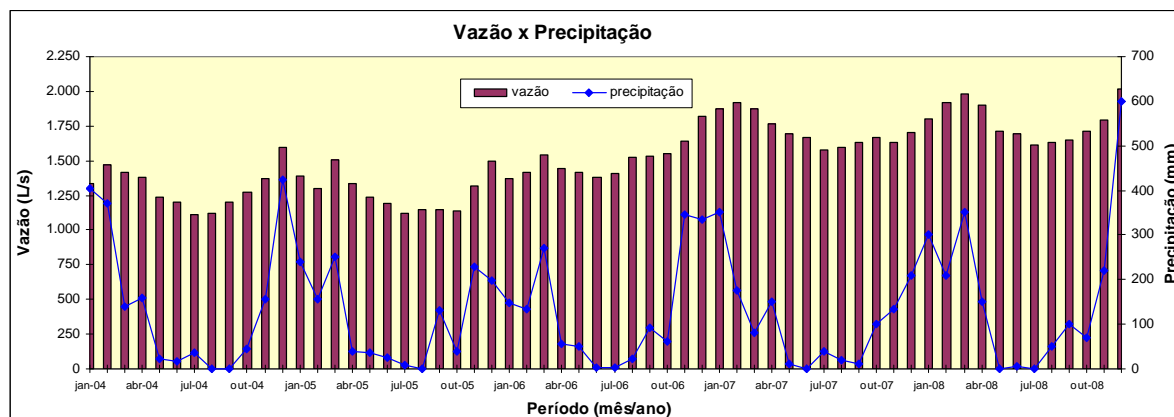


Figura 1: Vazão média mensal afluyente da ETE Arrudas x Precipitação média mensal.

A eficiência da ETE Arrudas em termos de remoção de DBO é mostrada na Figura 2, mantendo-se acima de 90% na maioria dos dados. Em relação à remoção de DQO, a ETE Arrudas apresenta valor médio de 91%, conforme Figura 3.

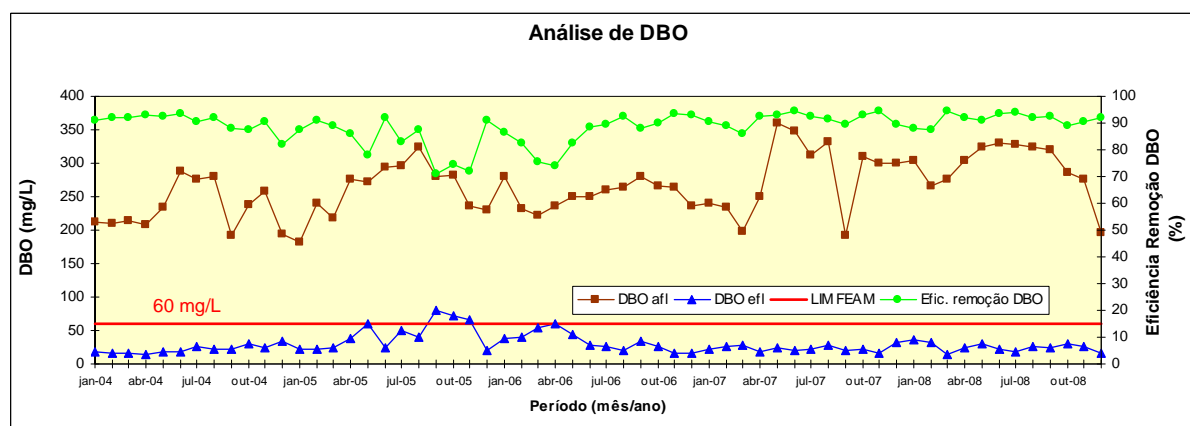


Figura 2: DBO afluyente e efluente x Eficiência de remoção de DBO.

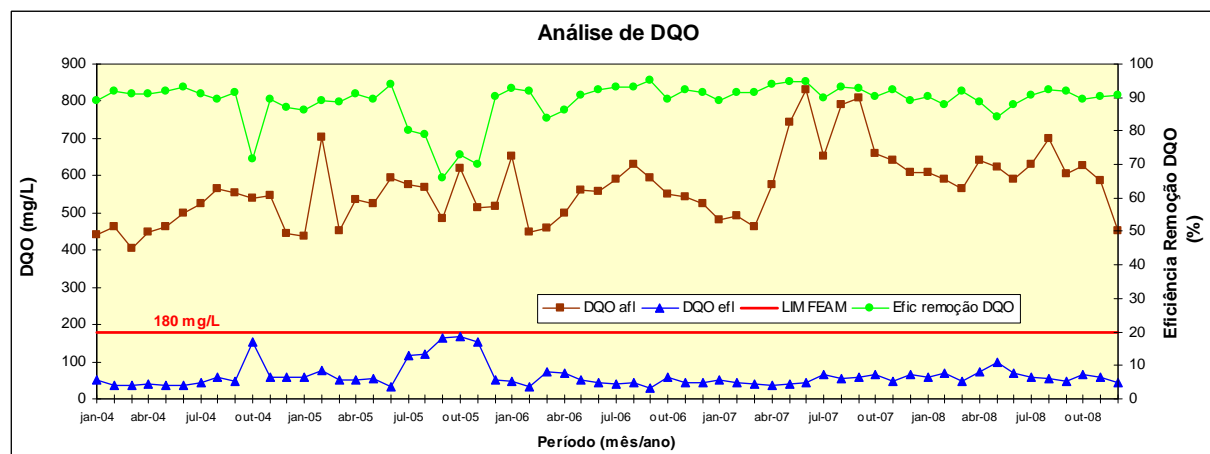
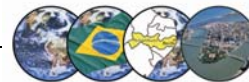


Figura 3: DQO afluyente e efluente x Eficiência de remoção de DQO.



Os sólidos suspensos totais são apresentados na Figura 4, demonstrando uma eficiência média de remoção de 96%. Observa-se que a maioria dos resultados das análises atende ao padrão de lançamento (100 mg/L).

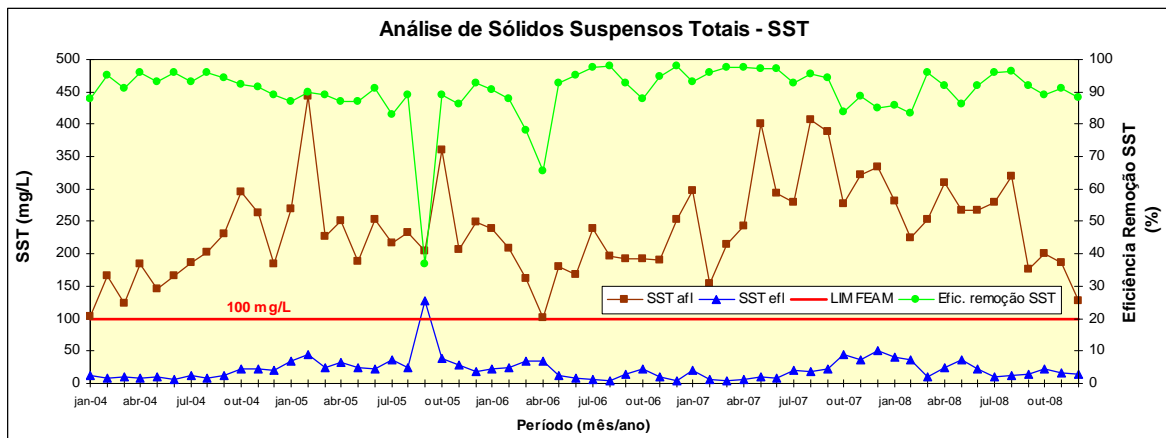


Figura 4: SST afluente e efluente x Eficiência de remoção de SST.

A partir da análise dos parâmetros observados nas figuras 2 a 4, observa-se que no período entre agosto e novembro de 2005 houve uma perda de eficiência na ETE Arrudas, provavelmente causada pelo aporte de alguma carga tóxica ou por algum outro fator, que ocasionou a proliferação de bactérias filamentosas nos reatores biológicos, prejudicando a eficiência do processo de tratamento.

CONCLUSÕES

- Os resultados do monitoramento realizado na ETE Arrudas comprovam a eficiência do processo lodos ativados convencional, apresentando uma eficiência média de 92% em termos de remoção de DBO e 91% em termos de remoção de DQO.
- O controle operacional diário é a ferramenta principal para a garantia da eficiência da estação, podendo ocorrer perda de eficiência se a ferramenta não for adequadamente utilizada.
- Os benefícios trazidos pelo tratamento dos esgotos, consolidados através de um criterioso monitoramento e controle operacional são evidenciados pela eficiência obtida na remoção dos poluentes, refletindo positivamente no bem estar da população e na preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Minas Gerais. Conselho Estadual de Política Ambiental. 2008.
2. MINAS GERAIS. Nota Técnica - NT DIMOG/DISAN 002/2005. Estabelece critérios para o monitoramento dos efluentes líquidos, águas superficiais e águas subterrâneas associados às estações de tratamento de esgotos. Minas Gerais. Cons. Estadual de Política Ambiental. 2005.