



### III-070 - PROCESSO PACT® PARA TRATAMENTO COMBINADO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO E ESGOTO DOMÉSTICO

**Jane Andreon Ventorim<sup>(1)</sup>**

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Mestranda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (PGAmb/UFRRJ).

**Albiane Carvalho Dias**

Engenheira Ambiental pelo Centro Universitário de Volta Redonda. Mestranda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (PGAmb/UFRRJ).

**Camila Pinho de Sousa**

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Pelotas. Professora Adjunta da UFRRJ.

**Leonardo Duarte Batista da Silva**

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Professor Associado I da UFRRJ.

**Alexandre Lioi Nascentes**

Engenheiro Civil e Sanitarista pela UERJ. Professor Adjunto da UFRRJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** BR-465, Km 7 Seropédica - Rio de Janeiro, RJ - CEP: 23.897-000 Email: [janeventorim@hotmail.com](mailto:janeventorim@hotmail.com)

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da mistura lixiviado/esgoto sobre o tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico através do processo PACT®. O experimento foi constituído por 4 reatores com volume de 1000 mL, em batelada, em escala de bancada. Foram empregadas misturas lixiviado/esgoto de 0%, 2%, 5% e 10% e concentrações de CAP de 0 g.L<sup>-1</sup>, 4 g.L<sup>-1</sup>, 8 g.L<sup>-1</sup> e 12 g.L<sup>-1</sup>. Para este experimento fez-se o uso de esgoto sintético com características físico-químicas semelhantes às aquelas observadas no esgoto doméstico. A aeração se deu através de compressores de aquário conectados a pedras porosas para a difusão de ar. Os reatores foram inoculados com lodo biológico adaptado, operando com tempo de residência de 23 horas e idade de lodo de 28 dias. O carvão utilizado foi o Carbomafra, de origem vegetal e de fabricação nacional. A alimentação dos reatores ocorreu diariamente. Após 23 horas de aeração, os compressores eram desligados, permitindo a sedimentação do lodo. O efluente tratado foi retirado e os reatores eram realimentados com as respectivas misturas lixiviado/esgoto. Para o controle da idade do lodo, foi feito o descarte diário de 35 mL do licor e para que não houvesse diminuição da concentração de CAP, fez-se a reposição do mesmo. Através dos resultados obtidos, constatou-se que a adição de lixiviado e carvão tem efeitos positivos na remoção de cor e DQO, quando aplicados em quantidades adequadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de lixiviado, carvão ativado, lodos ativados, chorume.

#### INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a quantidade, o volume e a composição dos resíduos sólidos urbanos têm alterado bastante; isso se deve, principalmente, ao aumento populacional, às mudanças nos estilos de vida das pessoas e ao desenvolvimento e consumo de produtos que são menos biodegradáveis (ASASE et al., 2009).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2000; 2008; 2015), o aumento da geração de resíduos sólidos teve um aumento relativo superior ao aumento da população brasileira nessa última década. A geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil cresceu 1,3%, de 2011 para 2012, enquanto que no mesmo período a taxa de crescimento populacional urbano no país foi de 0,9% (ABRELPE, 2012).

A promulgação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Lei 12.305/ 2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404 de 2010, em seu artigo quadragésimo sétimo, item II, proíbe a destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos lançados in natura a céu aberto. Dessa forma, fica institucionalmente proibida a utilização de lixões como destinação final dos resíduos sólidos e no art. 54 determina um prazo de 4 anos para que todos

os lixões sejam encerrados e que os municípios passem a dispor de forma ambientalmente adequada seus rejeitos, através da implantação de aterros sanitários.

A implementação destes aterros sanitários para destinação final dos resíduos sólidos ainda é muito utilizado no Brasil, causando grandes impactos ambientais, desde a sua construção até sua operação e ainda após seu encerramento (SANTOS e JORDÃO, 2012), haja visto a produção de lixiviado por mais de 20 anos após seu encerramento, necessitando dessa forma de tratamento adequado que atenda os padrões de lançamento de efluentes estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357 de 2005, alterada pelas resoluções nº 397 de 2008 e nº 430 de 2011.

O lixiviado é gerado no interior do maciço de resíduos em função da degradação da matéria orgânica, possui características diversas o que acaba dificultando o seu gerenciamento e principalmente o seu tratamento.

O descarte do lixiviado de maneira incorreta, sem tratamento adequado, pode acarretar impactos severos ao meio ambiente, uma vez que sua alta toxicidade pode causar danos à biota existente no solo e nos corpos hídricos, bem como a diminuição do oxigênio dissolvido e a eutrofização dos corpos d'água.

O tratamento combinado de lixiviado com esgoto sanitário tem sido utilizado em diversos países com o intuito de se reduzir os custos de implantação de unidades de tratamento nos aterros, assim como custos operacionais ao longo do tempo.

De acordo com Maia (2012), os processos biológicos são os mais indicados para tratar lixiviado com alta relação DBO/DQO devido ao baixo custo de operação. Já os métodos físico-químicos têm sido mais aplicados no tratamento de lixiviado antigo e com baixa biodegradabilidade, pois estes necessitam de tratamento químico eficiente para redução do teor das substâncias recalcitrantes.

Diante dessa dificuldade para o tratamento do lixiviado, o processo PACT®, que consiste na associação sinérgica entre a oxidação biológica promovida pelo processo de lodos ativados e a adsorção física inerente ao carvão ativado, surge como uma alternativa para oferecer maior eficiência ao processo.

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo avaliar o tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico pelo processo PACT®, bem como a influência da mistura lixiviado/esgoto.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os procedimentos experimentais realizados foram conduzidos no Laboratório de Monitoramento Ambiental I – Água e Efluentes, no Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

O lixiviado utilizado neste trabalho foi coletado na Central de Tratamento de Resíduos de Seropédica, localizada na Estrada Santa Rosa Piranema, no município de Seropédica. O mesmo foi armazenado em um recipiente plástico com capacidade de 20L, mantido à temperatura ambiente ao longo de todo experimento. Foram feitas análises de pH, cor e condutividade do mesmo a fim de obter uma breve caracterização.

O lodo foi coletado numa estação de tratamento biológico da cidade de Petrópolis. Foram retirados diretamente do tanque de aeração cerca de 1 L de lodo, devidamente condicionado em um recipiente plástico para transporte da estação de tratamento até o laboratório da UFRRJ. Com intuito concentrar o lodo, foi promovida a decantação do mesmo durante 1 hora. Após esse período, houve descarte da porção sobrenadante. Posteriormente, distribuiu-se 200 mL de lodo concentrado em cada reator e completou-se com esgoto sintético, até a marca de 1000 mL em cada um dos 4 reatores.

Neste trabalho utilizou-se esgoto sintético, preparado com base nas recomendações de Holler e Trösch (2001). Foram feitas algumas adaptações quanto à quantidade de cada reagente, visando atingir as características físico-químicas compatíveis com as faixas típicas dos principais parâmetros descritos por Von Sperling (2002) para o esgoto doméstico.

O carvão utilizado foi o Carbomafra (Tipo: 118 CB AS nº170), que é de origem vegetal (madeira) e de fabricação nacional. O carvão Carbomafra já foi objeto de estudo do grupo de pesquisa "Tratamento de águas e efluentes industriais", da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e por ser de fabricação nacional, possui menor custo de aquisição.

Foram montados 4 reatores em batelada sequenciais em escala de bancada com volume útil 1000 mL cada. Cerca de 200 mL de lodo concentrado recém coletado da estação de tratamento foi colocado em cada reator e completou-se o volume de 1000 mL com esgoto sintético.

Os reatores foram aerados através de compressores de aquário conectados a pedras porosas para a difusão de ar mantendo-se em período de aclimação por 9 dias. Durante esta fase, foram monitorados os valores de pH, realizando o ajuste deste parâmetro para ~8,0, quando necessário, temperatura, oxigênio dissolvido e sólidos decantáveis em 30 minutos (SD30').

A alimentação dos reatores ocorreu diariamente. Após 23 horas de aeração, os compressores eram desligados para que houvesse a sedimentação do lodo e a retirada de 600 mL de sobrenadante, em cada reator. Em seguida, ocorria a alimentação dos reatores com 600 mL de esgoto sintético e a aeração do sistema era ligada novamente.

Terminada a fase de aclimação, foram aplicadas as misturas lixiviado/sgoto de 0% e 2% (1ª Bateria de experimento), 5% e 10% (2ª Bateria de experimento) e as concentrações de CAP de 0 g.L<sup>-1</sup>, 4 g.L<sup>-1</sup>, 8 g.L<sup>-1</sup> e 12 g.L<sup>-1</sup> (1ª e 2ª Bateria de experimento). Na Tabela 1 segue a composição de cada reator.

**Tabela 1: Composição dos reatores.**

Reator		Mistura lixiviado/sgoto (%)	Concentração de CAP (g.L <sup>-1</sup> )	Reposição diária de carvão (g)
1ª bateria	R1	0	0	0
	R2	0	4	0,14
	R3	2	8	0,28
	R4	2	12	0,42
2ª bateria	R1	5	0	0
	R2	5	4	0,14
	R3	10	8	0,28
	R4	10	12	0,42

A alimentação dos reatores foi realizada diariamente, interrompendo a aeração a cada 23 horas, para a sedimentação do lodo e retirada do efluente tratado. Com o objetivo de controlar a idade do lodo, foi feito o descarte diário de 35 mL de licor com a aeração funcionando. Parte desse licor era utilizada para análise de SST. Ao promover este descarte, perdia-se massa de carvão. Com intuito de manter sua concentração constante, sua reposição era feita diariamente, seguindo as recomendações descritas por Eckenfelder (1989).

Após 1 hora de decantação, era feita a alimentação dos reatores com 600 mL das respectivas misturas lixiviado/sgoto. Uma alíquota de 50 mL de efluente tratado de cada reator e da alimentação era coletada com o objetivo de analisar cor e DQO.

Para este experimento, que é classificado como do tipo aeração prolongada, foi adotada a idade do lodo de 28 dias e tempo retenção hidráulica de 23 horas, em conformidade com a classificação de sistemas de lodos ativados descrita por Von Sperling (2002).

As análises foram realizadas de acordo com as metodologias definidas pela APHA, (2012) utilizando os afluentes (entrada), efluentes (saídas) e licores (misturas dentro dos reatores). Seguem abaixo, na Tabela 2, os parâmetros avaliados neste trabalho e as metodologias usadas para suas determinações.

**Tabela 2: Parâmetros e Metodologias utilizadas.**

Parâmetros	Amostras	Método
DQO	Afluente e Efluente	5220-D (Espectrofotômetro Hach DR3900)
pH	Licor e Afluente	4500-B (pHmetro de bancada Qualxtron)
Cor	Afluente e Efluente	2120 C (Espectrofotômetro Hach DR3900)
SST	Licor	2540-C (Estufa de esterilização e secagem DeLeo A2SE)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Características do lixiviado e do esgoto sintético

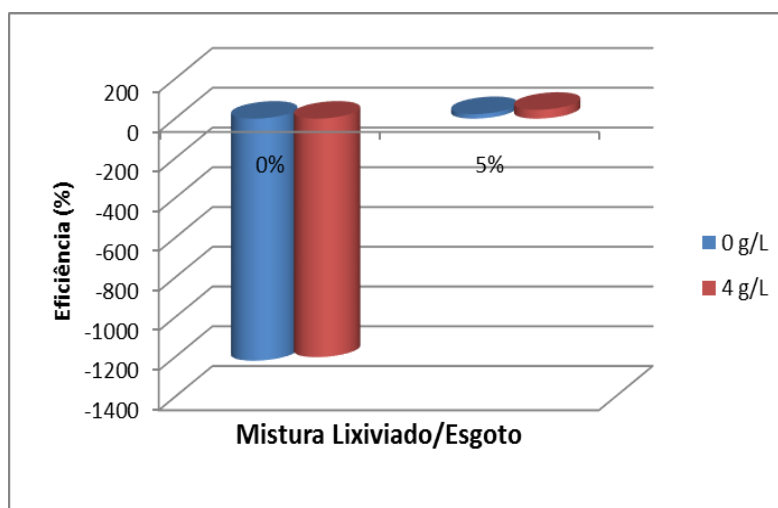
Na Tabela 3 estão expostos os resultados de alguns parâmetros analisados no lixiviado da CTR de Seropédica e no esgoto sintético.

**Tabela 3: Parâmetros analisados do lixiviado e do esgoto sintético.**

Amostra	pH	Cor (uH)
Lixiviado	8,07	10650
Esgoto	6,90	13

### Eficiência na remoção de cor

Nas Figuras 1 e 2 estão representados os valores de eficiência de remoção de cor para as duas baterias de experimentos realizadas.



**Figura 1: Remoção de cor com 0% e 5% de lixiviado.**

Observa-se que na mistura de 5% de lixiviado, comparando os dois processos (Lodos ativados e PACT), houve uma melhora na eficiência de remoção de cor no processo PACT, ou seja, na presença de carvão ativado.

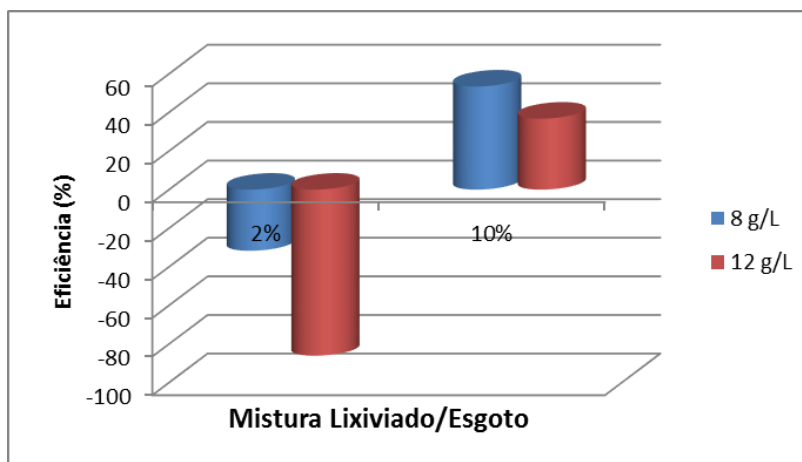


Figura 2: Remoção de cor com 2% e 10% de lixiviado.

Nota-se que na mistura de 10% de lixiviado no esgoto, no processo PACT, atingiu-se a melhor eficiência na remoção de cor com a concentração de 8 g.L<sup>-1</sup> de carvão ativado, visto que o aumento da concentração de carvão ativado de 8 g.L<sup>-1</sup> para 12 g.L<sup>-1</sup> foi prejudicial para o processo de remoção de cor.

### Sólidos Suspensos Totais (SST)

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os valores de SST para as diferentes porcentagens de lixiviado e CAP, na 1ª e 2ª bateria. Nota-se que os valores de SST sofreram aumento conforme a concentração de carvão ativado também aumentou.

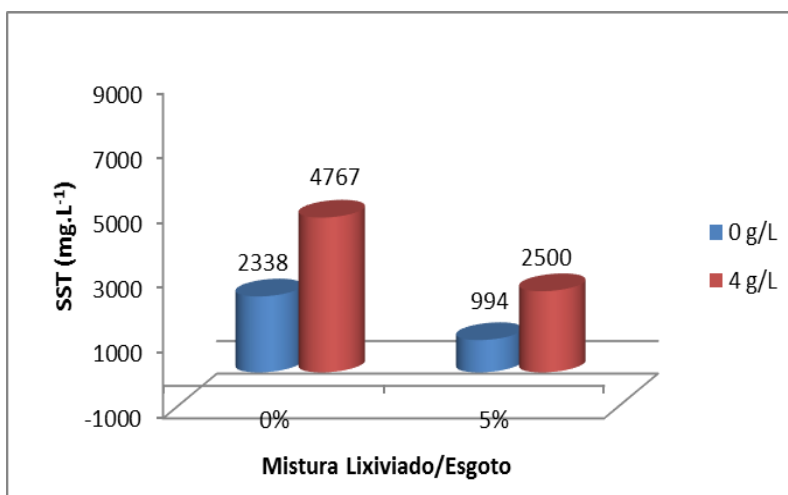


Figura 3: SST com 0% e 5% de lixiviado presente na mistura.

Observa-se que a concentração de SST no processo de lodos ativados diminuiu drasticamente em função da presença de 5% lixiviado. Assim também no processo PACT, na ausência do lixiviado a concentração de SST foi bem superior quando na presença de 5% de lixiviado.

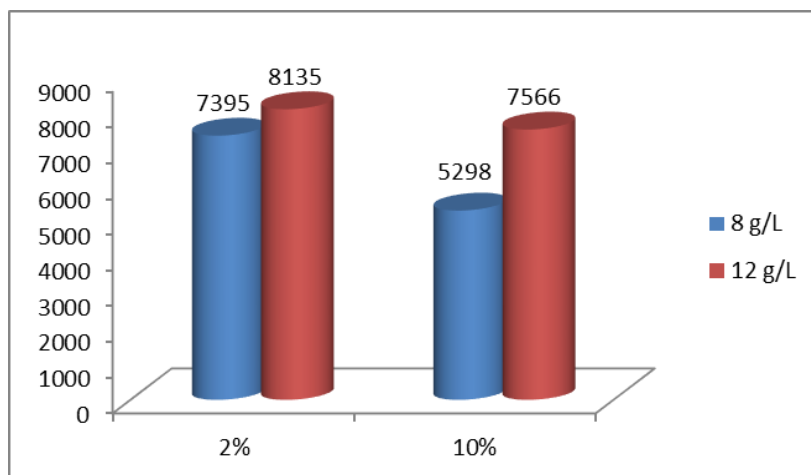


Figura 4: SST com 2% e 10% de lixiviado presente na mistura.

Observa-se que no processo PACT, o aumento da concentração de lixiviado de 2% para 10% afetou a concentração de SST, implicando na redução da biomassa presente nos reatores.

#### Eficiência na remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A eficiência de remoção de DQO obtida durante as duas baterias de experimentos estão representados nas Figuras 5 e 6.

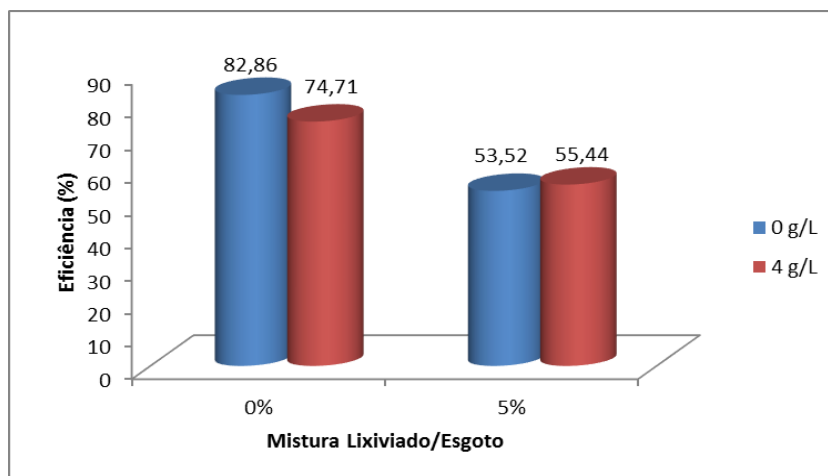
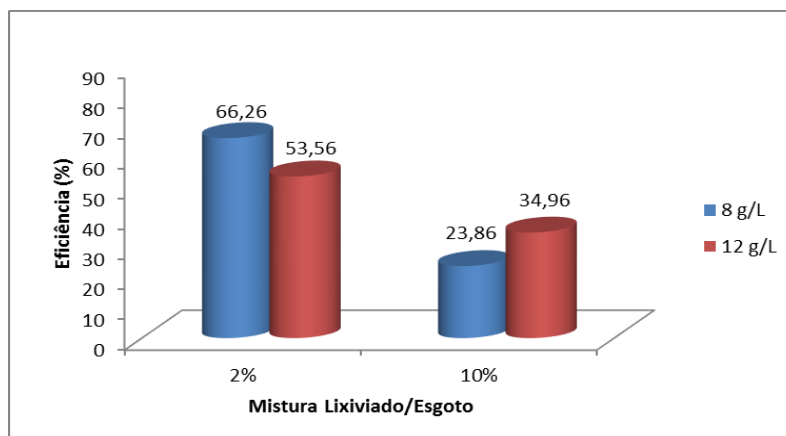


Figura 5: Eficiência na remoção de DQO com 0% e 5% de lixiviado.

Observa-se que em ambos os processos, lodos ativados e PACT, foram eficientes na remoção de DQO sem a presença de lixiviado no meio, ou seja, no tratamento de esgoto sintético. Porém, a partir da adição de 5% de lixiviado no esgoto observa-se um efeito negativo na eficiência de remoção de DQO, apesar de o tratamento PACT apresentar uma tendência de melhora na remoção quando comparado ao lodo ativado.

Alterando a porcentagem de lixiviado presente no meio, no processo PACT observa-se na Figura 6 que o percentual de mistura de 2% de lixiviado no esgoto, atingiu a melhor eficiência de remoção com uma menor concentração de carvão ativado em pó, neste caso o aumento da concentração de carvão de 8 g.L<sup>-1</sup> para 12 g.L<sup>-1</sup> foi prejudicial no processo de remoção de DQO.



**Figura 6: Eficiência na remoção de DQO com 2% e 10% de lixiviado.**

Ainda é possível observar que no mesmo processo (PACT) com as mesmas concentrações de carvão ativado em pó, o aumento da concentração de lixiviado para 10% no esgoto sintético afetou drasticamente a eficiência de remoção de DQO. Dessa forma, acredita-se que a maior adição de carvão nesta etapa tenha gerado um efeito positivo na eficiência de remoção de DQO.

## CONCLUSÕES

Com relação a remoção de cor, houve melhor desempenho quando utilizado o processo PACT®. Entretanto, nas concentrações mais elevadas de CAP, observou-se redução na eficiência na remoção de cor.

Os valores de SST aumentaram conforme a concentração de carvão empregada aumentava. Além da massa de carvão ser contabilizada nesta análise, também houve preservação da biomassa pelo carvão, mesmo com acréscimos de concentração de lixiviado.

O incremento de CAP, quando em excesso, tem efeito negativo na remoção de DQO. Porém, em doses mais altas de lixiviado, o aumento da dosagem de CAP mostrou-se positivo para o aumento da eficiência de remoção da DQO.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASASE, M. et al. Comparison of municipal solid waste management systems in Canada and Ghana: A case study of the cities of London, Ontario, and Kumasi, Ghana. Elsevier. Waste Management, p. 2779-2786, 2009.
2. COSTA, E. R. H. Metodologia para o uso combinado de polímeros naturais como auxiliares de coagulação. XVII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. 1993. Anais. Natal RN, 1993.
3. ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2011. São Paulo: ABRELPE, 2012.
4. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011.
5. ECKENFELDER, W.W. Industrial water pollution control; McGraw-Hill: Singapore, 1989.
6. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censos demográficos entre 1872 e 2010. Disponível em: < [www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=4](http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=4) > Acesso em: 15 nov. 2015.
7. HOLLER, S.; TROSCH, W. Treatment of urban wastewater in a membrane bioreactor at high organic loading rates. Journal of Biotechnology, 2001
8. MAIA, L.S. Uso de carvão ativado em pó no tratamento biológico de lixiviado de aterro de resíduos Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. EQ/UFRJ, 2012
9. SANTOS, A. S. P. e JORDÃO, E. P. Pesquisa em escala de demonstração do tratamento combinado de lixiviado. DAE-SP, Nº 189, pag. 26-39, 2012.
9. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 4-Lodos Ativado, DESA, UFMG, Belo Horizonte, Brasil, 2002.