



III-163 - AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE REMOÇÃO DE AZOTO EM LIXIVIADOS DE ATERROS SANITÁRIOS DE RESÍDUOS URBANOS (CASO DE ESTUDO)

Carlos Manuel Domingues Raposo⁽¹⁾

Engenheiro do Ambiente, ramo Engenharia Sanitária e Mestre em Engenharia do Ambiente pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Director de Projectos e Tecnologias da empresa SISAQUA – Sistemas de Saneamento Básico, S.A. do Grupo CONSULGAL.

Rui Rosado de Sousa Dores

Engenheiro do Ambiente, ramo Engenharia Sanitária e Mestre em Engenharia do Ambiente pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Engenheiro na Direção de Engenharia da empresa EGF - Empresa Geral do Fomento, S.A..

Marta Sofia da Silva Dias

Engenheira do Ambiente, ramo Engenharia Sanitária e Mestre em Engenharia do Ambiente pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Engenheira na Direção de Projectos e Tecnologia da empresa SISAQUA – Sistemas de Saneamento Básico, S.A. do Grupo CONSULGAL.

Endereço⁽¹⁾: Rua da Quinta Grande n.º 15, 2780-156 Oeiras, Portugal - Tel: (+351) 21 446 51 00 - e-mail: carlos.raposo@sisaqua.pt.

RESUMO

As características dos lixiviados gerados nos aterros sanitários são alteradas quer pelos métodos de exploração quer pelo envelhecimento do aterro ao longo dos anos, podendo as concentrações de azoto amoniacal atingir valores superiores a 4.000 mg NH₄/L.

As exigências, cada vez mais restritas, relativamente às concentrações máximas de azoto que podem ser descarregadas em meio hídrico ou nos sistemas de saneamento em Portugal, têm exigido às empresas responsáveis pelo tratamento dos resíduos urbanos, uma procura incessante pela melhor tecnologia de tratamento, que permita ao mesmo tempo otimizar os gastos energéticos, diminuir os resíduos gerados no tratamento e alcançar as exigências regulamentares em vigor no País.

Neste trabalho pretende-se apresentar algumas das soluções utilizadas em Portugal no tratamento de lixiviados e os resultados obtidos, focando especialmente a remoção de azoto, sendo esta a componente que introduz maior dificuldade no tratamento dos lixiviados.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de lixiviados, Remoção de azoto, ETL.

INTRODUÇÃO

A partir dos anos 90, foram realizados em Portugal investimentos muito significativos no tratamento de resíduos urbanos (RU).

O modelo implementado à data, e em vigor ainda hoje, compreendeu a associação de municípios em sistemas multimunicipais ou intermunicipais de gestão de resíduos urbanos possuindo, cada sistema, uma solução de destino final, concretizada por um aterro sanitário, substituindo as lixeiras de deposição não controlada, à data já encerradas, ou em processo de encerramento.

Uma das medidas de controlo dos impactes negativos dos aterros sanitários consistiu na implementação de estações de tratamento de lixiviados (ETL) de modo a que aqueles efluentes pudessem ser descarregados no meio hídrico natural ou nos colectores de águas residuais urbanas para pós tratamento em ETAR municipais.

A partir do ano 2000 e, com o objectivo de desviar os resíduos urbanos biodegradáveis (RUB) dos aterros sanitários, Portugal apostou no aproveitamento das características destes resíduos, com a construção de centrais de valorização orgânica (CVO). Estas centrais incluem entre outras etapas, o tratamento de todos os efluentes líquidos gerados no processo.

Os lixiviados produzidos, quer nos aterros sanitários quer nas CVO, são efluentes de difícil biodegradação, com elevadas cargas de azoto, entre outros aspectos específicos, pelo que o seu tratamento tem implicado um esforço técnico e económico significativo.

No presente documento, apresenta-se um enquadramento legislativo dos limites de rejeição de efluentes e uma análise das linhas de tratamento de lixiviados implementadas em Portugal, aprofundando a eficiência de duas instalações específicas. Das várias problemáticas associadas ao tratamento, iremos focar-nos na análise de soluções de maximização da eficiência de remoção de azoto, que permitam progredir na resolução deste problema.

LIMITES DE DESCARGA

O tratamento de lixiviados, com o objetivo de promover a sua rejeição directa em meio hídrico, têm-se revelado uma tarefa difícil e onerosa. Os limites de rejeição no meio hídrico em Portugal implicam o cumprimento das normas de descarga estabelecidas no anexo XVIII do decreto-lei n.º 236/98 de 1 de Agosto de 1998, do qual se podem destacar alguns parâmetros, nomeadamente os que se apresentam na Tabela 1.

Tabela 1: Limites de descarga em meio hídrico.

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL
CBO ₅	40 mg O ₂ /L
CQO	150 mg O ₂ /L
SST	60 mg/L
Azoto total	15 mg N/L
Azoto amoniacal	10 mg NH ₄ /L
Nitratos	50 mg NO ₃ /L

A rejeição dos lixiviados tratados poderá, em alternativa e sempre que exista uma rede de saneamento próxima, ser realizada em colectores de águas residuais urbanas, para posterior tratamento em ETAR municipais, para os quais existem limites de rejeição estabelecidos pelas diversas Entidades Gestoras. Na Tabela 2 apresentam-se os limites de rejeição em colectores de águas residuais urbanas de três entidades diferentes.

Tabela 2: Limites de descarga em colectores de águas residuais urbanas de algumas Entidades Gestoras Portuguesas.

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÃO DE DESCARGA DA ENTIDADE GESTORA A	CONCENTRAÇÃO DE DESCARGA DA ENTIDADE GESTORA B	CONCENTRAÇÃO DE DESCARGA DA ENTIDADE GESTORA C
CBO ₅	500 mg O ₂ /L	1.000 mg O ₂ /L	500 mg O ₂ /L
CQO	1.000 mg O ₂ /L	1.500 mg O ₂ /L	1.000 mg O ₂ /L
SST	500 mg/L	1.000 mg/L	1.000 mg/L
Azoto total	-	90 mg N/L	90 mg N/L
Azoto amoniacal	100 mg NH ₄ /L	60 mg NH ₄ /L	60 mg NH ₄ /L
Nitratos	-	80 mg NO ₃ /L	50 mg NO ₃ /L

Os limites de rejeição em coletor relativos aos parâmetros CQO, CBO₅ e SST apresentam um diferencial, relativamente aos limites de descarga em meio hídrico, superior ao diferencial relativo aos parâmetros das várias formas de azoto.

Assim, mesmo quando estamos a analisar soluções de rejeição em coletor urbano, a remoção de azoto apresenta-se sempre como limitante.

ANÁLISE GERAL DAS LINHAS DE TRATAMENTO EXISTENTES

A maioria dos aterros sanitários foram construídos no âmbito de empreitadas de concepção/construção, tendo sido da responsabilidade da entidade executante a definição das soluções de tratamento de lixiviados a implementar. Assim, foram implementadas um conjunto de soluções de tratamento diversas, consoante a concepção desenvolvida e o meio receptor dos lixiviados tratados.

Numa primeira fase a maioria das linhas de tratamento implementadas consistiam em sistemas de lamas activadas com uma etapa de pré-desnitrificação seguida de uma etapa de tratamento físico-químico convencional. A Figura 1 apresenta um esquema geral genérico dessas ETL.

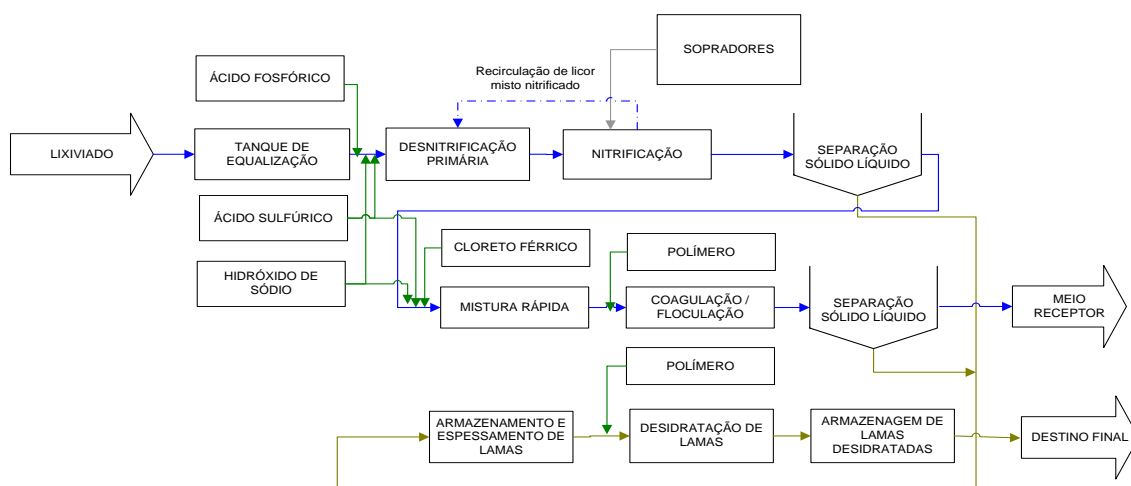


Figura 1: Esquema de linha de tratamento convencional de lixiviados com um estágio de desnitrificação.

Esta linha de tratamento revelou-se bastante robusta, no entanto, na maioria dos aterros sanitários, não permitia atingir os níveis de qualidade suficientes para atingir os limites de descarga no meio receptor natural. Assim, numa fase posterior foram implementadas várias ETL recorrendo à tecnologia de osmose inversa, cujo esquema geral da linha de tratamento se apresenta na Figura 2. Ocorreu igualmente a beneficiação de algumas ETL existentes com a introdução de uma etapa terminal de osmose inversa.

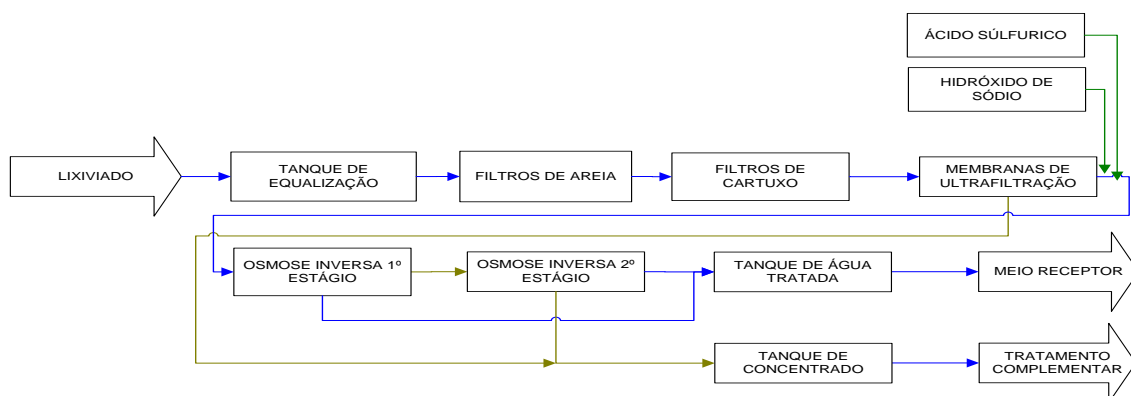


Figura 2: Esquema de linha de tratamento de lixiviados por osmose inversa.

Esta solução implica a produção de um sub-produto, designado concentrado, que consiste num líquido onde se acumulam todos os contaminantes segregados do lixiviado, uma vez que o processo de osmose inversa, tratando-se de um processo físico, não contempla uma redução da carga poluente do efluente.

O destino mais adequado para os concentrados das instalações de osmose inversa continua a ser um assunto em debate, existindo atualmente a possibilidade legal (decreto-lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto) de reintrodução nos aterros sanitários.

Neste enquadramento, a opção técnica por unidades de osmose inversa permite às instalações de tratamento de resíduos efetuar a descarga dos efluentes tratados em meio hídrico cumprindo os limites impostos na legislação. Contudo, a aplicação desta tecnologia encontra-se limitada pelos custos de operação e pela necessidade de recircular o concentrado ao aterro sanitário, com implicações ao nível do balanço hídrico da instalação.

Para além das soluções de tratamento por osmose inversa já implementadas em larga escala nos aterros sanitários em Portugal, têm vindo a ser analisadas soluções de tratamento complementar às linhas de tratamento convencional com o objectivo de atingir níveis de tratamento compatíveis com a descarga em meio hídrico.

Atendendo à dificuldade de implementação de soluções sustentáveis em termos técnicos e económicos para o tratamento total dos lixiviados dos aterros sanitários têm vindo a ser implementadas soluções de tratamento com objectivos de descarregar os efluentes em colectores de águas residuais urbanas, promovendo o tratamento posterior conjuntamente com o efluente urbano em ETAR municipais.

Na maioria dos casos de rejeição em colector urbano, as linhas de tratamento seguem o esquema de tratamento indicado na Figura 1. No entanto, têm vindo a ser implementados, mais recentemente, linhas de tratamento por MBR cujo esquema de tratamento está esquematizado na Figura 3.

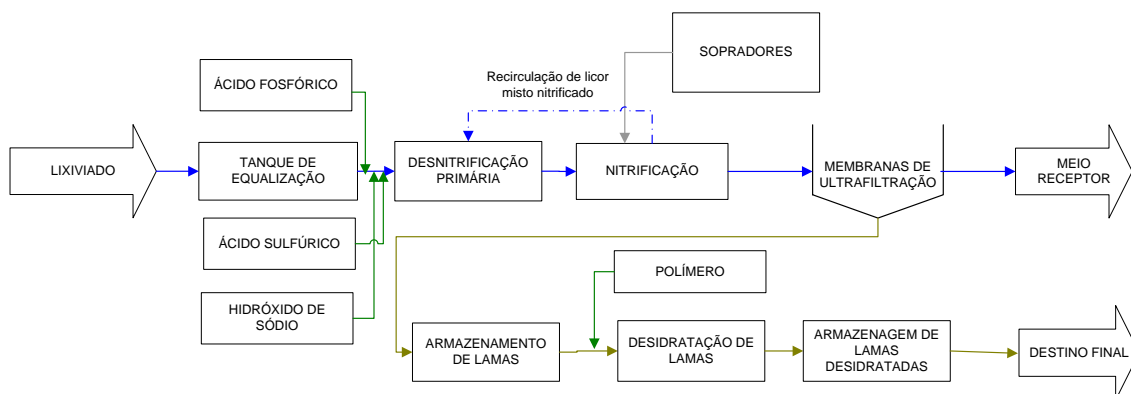


Figura 3: Esquema de um Sistema MBR para tratamento de lixiviados com um estágio de desnitrificação.

EXEMPLO INSTALAÇÃO 1:

A instalação 1 tem uma ETL com uma linha de tratamento conforme representado na Figura 4. Esta linha de tratamento é semelhante à apresentada na Figura 1, sem o estágio de desnitrificação.

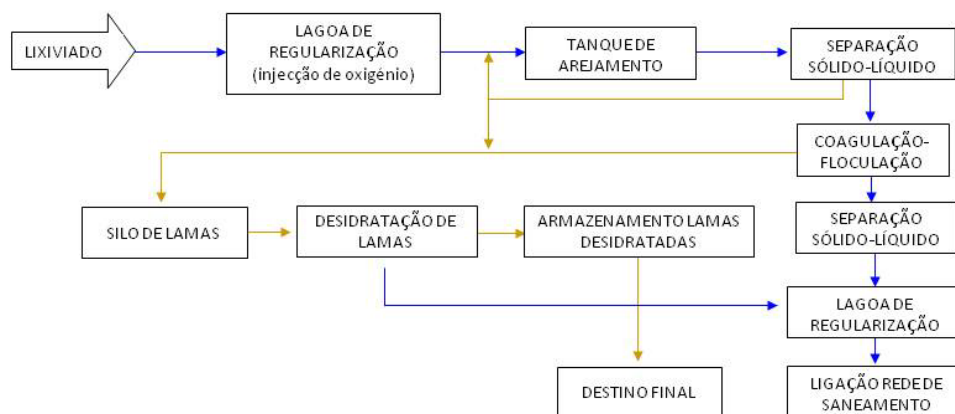


Figura 4: Esquema da ETL existente na instalação 1.

Nesta ETL, as características dos lixiviados afluentes à lagoa de regularização são indicadas na Tabela 3 e as características do efluente tratado são apresentadas na Tabela 4 (os dados apresentados consideram as médias em dois anos específicos do funcionamento da instalação 1).

Tabela 3: Características dos lixiviados afluentes à ETL da instalação 1.

PARÂMETROS	UNIDADES	CONCENTRAÇÃO AFLUENTE À ETL (MÉDIA ANO A)	CONCENTRAÇÃO AFLUENTE À ETL (MÉDIA ANO B)
CQO	mg O ₂ /L	14.733	14.054
Azoto total	mg N/L	2.950	3.921
Azoto amoniacal	mg NH ₄ /L	2.867	3.692

Tabela 4: Características do efluente tratado na ETL da instalação 1.

PARÂMETROS	UNIDADES	CONCENTRAÇÃO EFLUENTE TRATADO (MÉDIA ANO A)	CONCENTRAÇÃO EFLUENTE TRATADO (MÉDIA ANO B)
CQO	mg O ₂ /L	1.743	1.386
Azoto total	mg N/L	597	1.049
Azoto amoniacal	mg NH ₄ /L	313	552

Nesta ETL, apesar das eficiências atingidas corresponderem ao expectável numa instalação deste tipo (aproximadamente 90% na remoção de CQO e, entre 70-80% na remoção de azoto total), não permitem cumprir os limites indicados na Tabela 2.

EXEMPLO INSTALAÇÃO 2:

A instalação 2 tem uma ETL com a linha de tratamento representada na Figura 3. A composição do efluente, a montante e jusante do tratamento, é apresentada na Tabela 5 e na Tabela 6, respectivamente (os dados apresentados consideram as médias em dois anos específicos do funcionamento da instalação 2).

Tabela 5: Características dos lixiviados afluentes à ETL da instalação 2.

PARÂMETROS	UNIDADES	CONCENTRAÇÃO AFLUENTE À ETL (MÉDIA ANO A)	CONCENTRAÇÃO AFLUENTE À ETL (MÉDIA ANO B)
CQO	mg O ₂ /L	21.882	20.691
SST	mg/L	868	958
Azoto total	mg N/L	-	3.405
Azoto amoniacal	mg NH ₄ /L	4.232	3.285
Condutividade	mS/cm	29	26

Tabela 6: Características do efluente tratado na ETL da instalação 2.

PARÂMETROS	UNIDADES	CONCENTRAÇÃO EFLUENTE TRATADO (MÉDIA ANO A)	CONCENTRAÇÃO EFLUENTE TRATADO (MÉDIA ANO B)
CQO	mg O ₂ /L	2.107	1.625
SST	mg/L	1	1
Azoto total	mg N/L	-	350
Nitratos	mg NO ₃ /L	1.008	1.400
Azoto amoniacal	mg NH ₄ /L	246	14
Condutividade	mS/cm	13	12

No segundo exemplo, constata-se que, apesar das elevadas eficiências na remoção de CQO, SST e azoto total (todas acima dos 90%), não é possível assegurar o cumprimento dos limites de descarga em colector exigidos por algumas entidades gestoras portuguesas (conforme Tabela 2).

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Ambas as linhas de tratamento apresentadas na Figura 1 e na Figura 3 têm revelado eficiências de tratamento elevadas na remoção de CQO e azoto, atingindo, no exemplo da instalação 2, valores de 92% e 90% respectivamente. No entanto, em algumas situações continua a existir dificuldade de atingir, de forma regular, os limites de rejeição do azoto, pelo que estão a ser analisadas soluções para maximizar a sua remoção.

Tem-se verificado que as ETL com apenas um estágio de desnitrificação estão limitadas pelo facto de existir uma recirculação interna de licor misto com nitratos entre a etapa de desnitrificação e a etapa de nitrificação existente a jusante. A concentração de azoto amoniacal no lixiviado bruto é muito elevada, pelo que a concentração de nitratos no licor misto a recircular é consequentemente elevada.

Com o objetivo de otimizar a eficiência de remoção da fracção de azoto, foi projectada uma solução de tratamento contemplando, a jusante do reator biológico de nitrificação – desnitrificação, uma etapa adicional de pós-desnitrificação, com o objectivo de eliminar os nitratos não removidos na etapa de tratamento tradicional.

O carbono necessário à primeira etapa de desnitrificação terá origem no efluente a tratar. Na etapa de pós-desnitrificação será adicionada uma fonte de carbono externa – metanol – visando manter a relação estequiométrica necessária à eliminação dos nitratos remanescentes.

Esta instalação entrará, previsivelmente, em operação em 2013, permitindo aferir os valores de eficiência estimados. Na Figura 5 apresenta-se o esquema de uma das possíveis soluções de desnitrificação com dois estágios. Salienta-se que a desnitrificação com dois estágios também pode ser implementada em sistemas de MBR.

Os resultados obtidos em algumas ETL com apenas um estágio de desnitrificação, bem como os resultados espectáveis em ETL com dois estágios de desnitrificação apresentam-se na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados obtidos e expectáveis com as soluções de tratamento com um ou dois estágios de desnitrificação.

PARÂMETRO	LIXIVIADO BRUTO	OBTIDO COM O ESQUEMA DE TRATAMENTO DA FIGURA 3	EXPECTÁVEL COM O ESQUEMA DE TRATAMENTO DA FIGURA 5
CQO (mg O ₂ /L)	20.700	1.500	1.500
Azoto total (mg N/L)	3.400	340	90
Azoto amoniacal (mg N/L)	2.900	13	13
Nitratos (mg N/L)	Aprox. 0	315	18

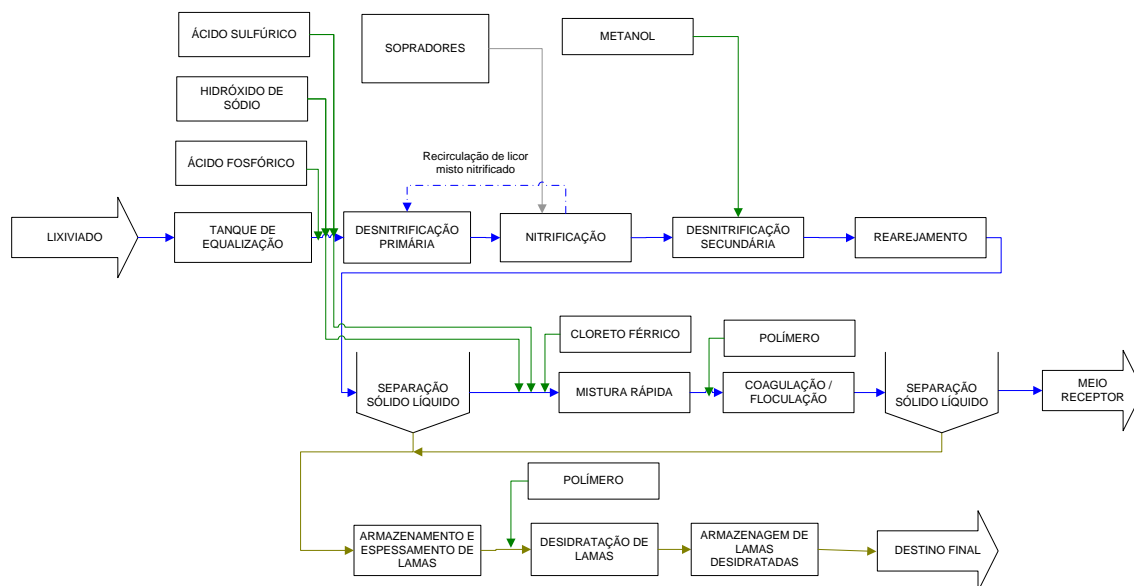


Figura 5: Esquema de um sistema de tratamento de lixiviados com dois estágios de desnitrificação.

CONCLUSÕES

Ao longo dos últimos anos de operação das ETL dos aterros sanitários em Portugal, tem-se constatado que os custos de operação das instalações que descarregam no meio hídrico são superiores aos custos das ETL que descarregam nos colectores da rede de saneamento urbana.

O cumprimento dos limites de descarga de azoto, mesmo em colectores urbanos, tem apresentado alguns desafios, tendo-se verificado que, em alguns casos, apenas um estágio de pré-desnitrificação não é suficiente para garantir o cumprimento dos limites.

Assim, com o objectivo de garantir o cumprimento dos limites de descarga de azoto, e, simultâneamente, encontrar soluções eficientes sem recorrer a unidades de osmose inversa, propõe-se a construção de ETL com a introdução de um segundo estágio de desnitrificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CHISTENSEN, T.H.; COSSU, R.; STEGMANN, R. Lanfilling of waste: Leachate. Elsevier Science Publishers, Essex. 1992.
2. TANAKA, Nobutoshi; TOJO, Yasumasa; MATSUTO, Toshihiko. Past, present and future of MSW lanfills in Japan. Pringer – Verlag. 2005.