

Gestão e tratamento de lamas fecais em países da África Subariana - o caso da ETAR do Infulene, Maputo, Moçambique

Filipa Ferreira ^{a, b, *}, Joana Pisoeiro ^b, Fernando Mazuze ^c, Raul Júnior ^d, José Saldanha Matos ^{a, b}

^aCERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, Lisboa, Portugal

^bHidra, Hidráulica e Ambiente, Lda, Av. Defensores de Chaves 31, 1ºE, Lisboa, Portugal

^cAIAS - Administração de Infra-Estruturas de Águas e Saneamento, Av. Eduardo Mondlane 1352, Maputo, Moçambique

^dDNAAS - Direção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento, R. da Imprensa 162, Maputo, Moçambique

Resumo

Na maioria das cidades dos países em desenvolvimento, em particular da África Subariana, apenas as zonas urbanas antigas são, potencialmente, servidas por sistemas de saneamento convencionais, sendo necessária a implementação de sistemas de gestão e tratamento de lamas fecais (GLF) que assegurem um saneamento seguro para todos. O tratamento de efluentes e a higienização de lamas de ETAR, de latrinas ou de fossas sépticas (bio sólidos), com vista ao seu possível posterior reaproveitamento (de efluentes e de lamas) numa abordagem de "economia circular", tem ganho relevância, num quadro de sustentabilidade dos serviços. A presente comunicação divulga o projeto de reabilitação da ETAR do Infulene, estação de tratamento de águas residuais de Maputo, que incluirá uma solução de co-tratamento, de base natural, para os efluentes domésticos e para as lamas fecais geradas na cidade. Atendendo aos resultados das campanhas de monitorização desenvolvidas em 2019 e 2020, que revelaram teores elevados de mercúrio em algumas amostras, foi decidido que o projeto de reabilitação incluiria o futuro aterro sanitário de lamas de Katembe, destinado ao confinamento das lamas extraídas das lagoas, permitindo a reabilitação das infraestruturas existentes com riscos ambientais controlados. O sistema futuro potenciará a reutilização das lamas higienizadas e dos efluentes desinfetados, para valorização agrícola.

Palavras-Chave: Economia circular, gestão de lamas fecais (GLF), saneamento inclusivo, saneamento a seco.

doi: 10.22181/aer.2024.0102

* Autor para correspondência
E-mail: filipamferreira@tecnico.ulisboa.pt

Faecal sludge management and treatment in Sub-Saharan Africa - the case of the Infulene WWTP, Maputo, Mozambique

Filipa Ferreira ^{a, b, *}, Joana Pissoeiro ^b, Fernando Mazuze ^c, Raul Júnior ^d, José Saldanha Matos ^{a, b}

^aCERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, Lisboa, Portugal

^bHidra, Hidráulica e Ambiente, Lda, Av. Defensores de Chaves 31, 1ºE, Lisboa, Portugal

^cAIAS - Administração de Infra-Estruturas de Águas e Saneamento, Av. Eduardo Mondlane 1352, Maputo, Mozambique

^dDNAAS - Direção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento, R. da Imprensa 162, Maputo, Moçambique

Abstract

In most cities in developing countries, particularly in sub-Saharan Africa, only the older urban areas are potentially served by conventional sanitation systems. In these areas, faecal sludge management and treatment systems are essential to ensure a safe sanitation for all. The treatment of wastewater and faecal sludge from WWTPs, latrines or septic tanks (biosolids), considering their possible subsequent reuse (of effluents and sludge) in a circular economy approach, has gained relevance in a framework of sustainable sanitation services. This paper describes the rehabilitation project for the Infulene WWTP, the only wastewater treatment plant in Maputo, which will include a natural-based co-treatment solution for the domestic effluents and faecal sludge produced in the city. In view of the results of the monitoring campaigns carried out in 2019 and 2020, which revealed high levels of mercury in some samples, it was decided that the rehabilitation project should include the future Katembe sludge landfill. This landfill was designed to confine the sludge extracted from the lagoons, allowing the rehabilitation of existing infrastructure with controlled environmental risks. The future system will enable the reuse of sanitised sludge and disinfected effluent for agricultural purposes.

Keywords: Circular economy, faecal sludge management (FSM), inclusive sanitation, dry sanitation.

doi: 10.22181/aer.2024.0102

* Corresponding author

E-mail: filipamferreira@tecnico.ulisboa.pt

1 Introdução

O saneamento inadequado, ou não seguro, é responsável por riscos relativamente à saúde de milhões de pessoas, justificando-se por isso a adoção de abordagens eficientes e sustentáveis para a prestação de serviços de saneamento, nomeadamente em zonas de urbanização não planificada (Isunju et al. 2011), que caracterizam a maioria das cidades dos países em desenvolvimento, em particular da África Subsariana. Nessas cidades, as infraestruturas convencionais existentes foram maioritariamente construídas nas zonas urbanas consolidadas, na época colonial, servindo atualmente uma percentagem muito reduzida da população urbana, usualmente não superior a 10%. Atualmente, e em regra, essas infraestruturas apresentam-se muito envelhecidas e deterioradas.

O estado atual das infraestruturas de saneamento convencionais, redes de coletores, estações elevatórias e Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), aliado à sua baixa taxa de cobertura, resulta na necessidade da maioria da população urbana recorrer a tecnologias descentralizadas de saneamento. A gestão adequada dessas tecnologias (latrinas e fossas sépticas), requer o desenvolvimento de uma cadeia de serviços de gestão de lamas fecais (GLF) e/ou de águas residuais (Matos et al. 2014), que garantam a sustentabilidade técnica, financeira, social e ambiental dos respetivos serviços.

O tratamento de efluentes e a higienização de lamas de ETAR, de latrinas ou de fossas sépticas (bio sólidos), com vista ao seu possível posterior reaproveitamento (de efluentes e de lamas) numa lógica de "economia circular", tem ganho relevância, num quadro de sustentabilidade dos serviços. Torna-se, no entanto, fundamental controlar as operações e processos de tratamento a fim de assegurar a qualidade dos produtos finais, mas também de garantir que as operações de tratamento sejam simples, não exigindo, tanto quanto possível, nem recursos especializados, nem consumos de energia e de reagentes, ou seja, que sejam tendencialmente soluções de base natural.

A presente comunicação visa divulgar o trabalho de beneficiação da ETAR do Infulene, em Maputo, Moçambique, que envolve diversos aspetos associados à gestão e tratamento de lamas fecais, nomeadamente no que se refere à necessidade de construção de um aterro sanitário especial dedicado às lamas atualmente acumuladas nas lagoas anaeróbias, consideradas um resíduo perigoso após desenvolvimento de diversas campanhas de monitorização.

As intervenções visam contribuir para a beneficiação global do saneamento da cidade de Maputo, maximizando as potencialidades futuras da economia circular, com a possibilidade de reutilização de efluente desinfetado para usos compatíveis, bem como dos subprodutos gerados, nomeadamente dos bio sólidos para aplicação na agricultura e espalhamento em solos.

2 Materiais e Métodos

2.1 Caracterização da situação atual

A ETAR do Infulene (Figura 1) está localizada no vale do Infulene, em Maputo, Moçambique, começou a funcionar em 1987 e foi projetada para servir 90.000 habitantes. A população atual da cidade de Maputo é superior a 1.2 milhões de habitantes.

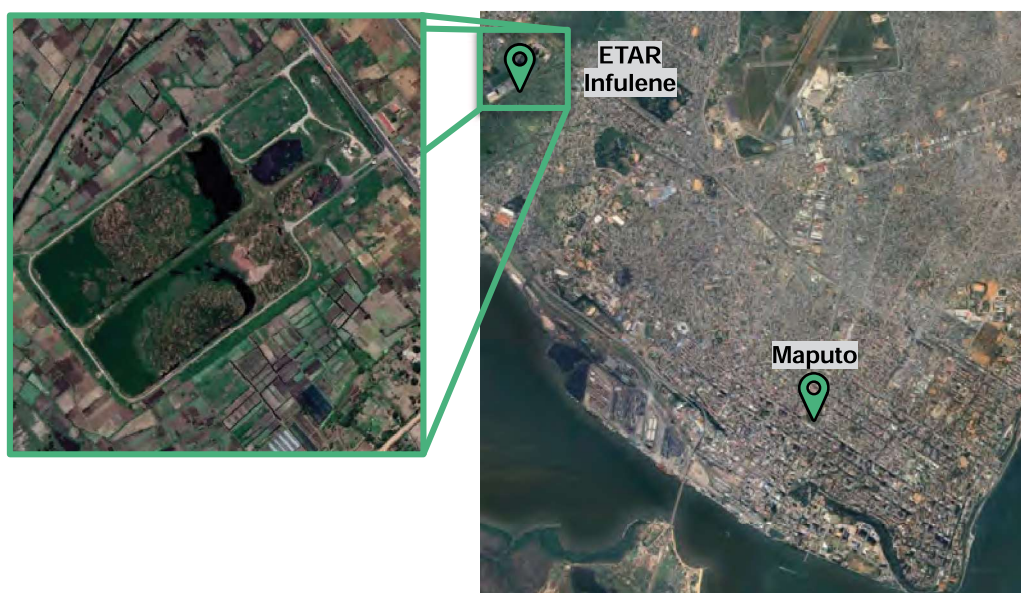


Figura 1. Localização da ETAR de Infulene

O funcionamento da ETAR baseia-se numa etapa de pré-tratamento e duas lagoas anaeróbicas com uma área total de superfície de 0,31 ha, profundidade média de 5,0 m, e um volume total aproximado de 20.000 m³, seguido de uma etapa de tratamento final com duas lagoas facultativas (com uma área de superfície de 3,40 ha e um volume total aproximado de 115.000 m³) (Figura 2).

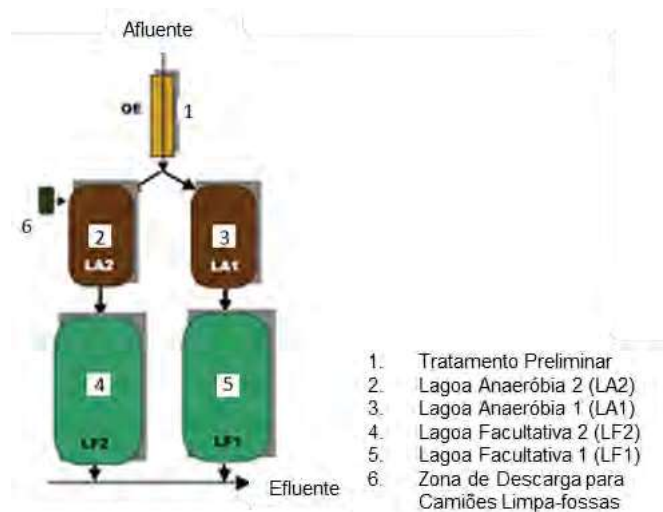


Figura 2. Esquema de tratamento da ETAR de Infulene

Nos últimos anos, ambas as lagoas anaeróbicas têm sido completamente cheias de lamas fecais. De facto, os trabalhos de campo realizados pela WSUP (2019) e durante o Plano Diretor (DNAAS, 2015), mostraram que uma média de 400 a 800 m³ de lamas fecais são descarregados diariamente nas lagoas.

Dada a ausência de esvaziamento destas lagoas e devido à constante deposição de lama fecal, a altura de lamas fecais nas lagoas atinge a superfície (o que foi confirmado visualmente através de visitas de campo). A lama acumulada é, como esperado, bastante mineralizada e também misturada com areia e resíduos.

As lagoas facultativas, que também recebem algumas lamas fecais do transbordamento das lagoas anaeróbias, estão cobertas com *Eichhornia Crassipes* (jacinto de água), uma planta infestante da família Pontederiaceae.

A ETAR do Infulene encontra-se subdimensionada para a situação atual e carece de intervenções profundas de manutenção e beneficiação. Um dos problemas mais relevantes é o difícil processo de esvaziamento e limpeza das lagoas anaeróbicas, incluindo o tratamento e destino final adequado e sustentável para o material extraído.

Devido aos problemas identificados na ETAR, à perspetiva de expansão da rede de drenagem de águas residuais e ao aumento do número de ligações à rede, foi desenvolvido um projeto detalhado para expandir e melhorar a ETAR do Infulene, estando em curso a empreitada para a concretização destas melhorias.

2.2 Campanhas experimentais

Entre outubro de 2019 e fevereiro de 2020, foram realizadas campanhas experimentais pelo CSOGET da Universidade Eduardo Mondlane e pelo Laboratório Suíço com vista à caracterização da qualidade das lamas fecais acumuladas nas lagoas da ETAR do Infulene. Os trabalhos de campo incluíram a recolha de amostras de lamas fecais das lagoas anaeróbicas e facultativas, em diversos pontos e a diferentes profundidades, bem como do efluente da ETAR, da água do rio Infulene, águas subterrâneas, solo, e principais efluentes industriais. Foram analisados os parâmetros: chumbo, mercúrio, cádmio, cromo, níquel, zinco, pH, teor de humidade e teor de matéria orgânica. As análises efetuadas para os diferentes parâmetros seguiram os ASTM Standards (Universidade Eduardo Mondlane, 2020).

3 Resultados e Discussão

3.1 Campanhas experimentais

Apresenta-se de seguida os resultados obtidos nas campanhas de monitorização desenvolvidas às lamas das lagoas anaeróbicas e facultativas da ETAR Infulene, segundo os pontos de amostragem assinalados na Figura 3.

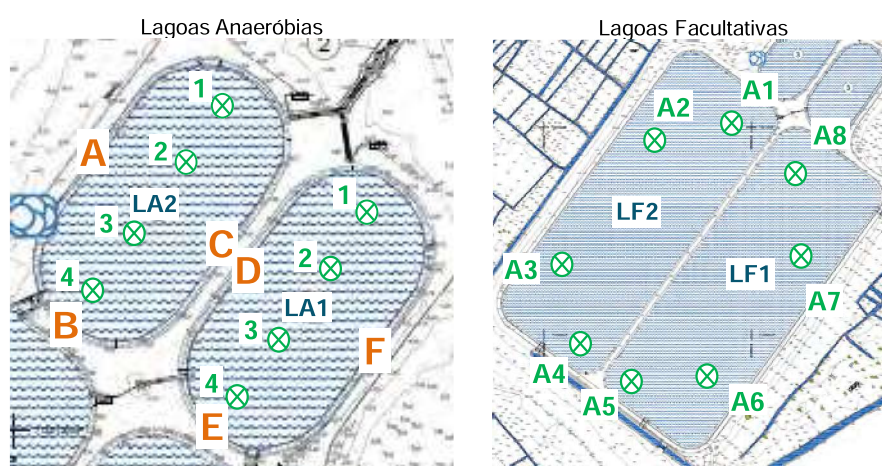


Figura 3. Localização dos pontos de amostragem nas lagoas anaeróbicas e facultativas da ETAR Infulene.

As lamas presentes nas lagoas anaeróbicas foram analisadas em 3 campanhas de monitorização. A 1ª e 2ª campanha desenvolveram-se a 07/01/2019 e 03/09/2019, com foco especial à análise de Mercúrio (Hg), e amostragem realizada ao nível superficial da lagoa (profundidade máxima de 50 cm nos pontos de recolha A, B, C, D, E e F, Figura 3).

A 3ª campanha realizou-se a 29/11/2019 e a amostragem foi realizada a diferentes profundidades (pontos de 1 a 4, Figura 3).

Os resultados obtidos na 1ª e 2ª campanha revelam níveis de concentração de mercúrio superiores ao limite da "classe a" de aplicabilidade (Quadro 2), a partir do qual a aplicação de lama em solos agrícolas/florestais não poderá ser feita sem qualquer restrição. A 3ª campanha (Quadro 2), ao contrário das anteriores, apresenta concentrações de mercúrio e outros metais pesados abaixo do limite da "classe a" de aplicabilidade de lamas.

Quadro 1. Resultados obtidos na 1ª e 2ª campanha de monitorização da lama contida nas lagoas anaeróbias da ETAR Infulene

Amostra	Hg (mg/kg)	
	1ª Campanha	2ª Campanha
LA1	27.00 ± 10.11	35.45 ± 40.57
LA2	24.42 ± 6.51	42.61 ± 30.01
Média global	25.71 ± 7.99	39.03 ± 32.15
Classe a	<15	<15

Quadro 2. Resultados obtidos na 3ª campanha de monitorização da lama contida nas lagoas anaeróbias da ETAR Infulene

Amostra	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Zn mg/kg	MO %
LA1	9.31 ± 2.93	27.3 ± 9.07	20.72 ± 8.68	3.57 ± 2.33	5.55 ± 2.57	25.99 ± 26.02
LA2	5.76 ± 4.42	13.25 ± 8.55	9.69 ± 6.41	3.02 ± 2.27	4.22 ± 2.93	36.83 ± 27.32
Média global	7.2 ± 4.19	18.96 ± 11	14.17 ± 9	3.24 ± 2.26	4.76 ± 2.8	32.63 ± 26.92
Classe a	<15	<300	<1200	<420	<2800	

Os resultados da campanha de monitorização realizada nas lagoas facultativas, a 08/07/2021, são apresentados no Quadro 3. Ao todo, foram analisados 8 pontos de amostragem (Figura 3) e recolhidas 22 amostras de lama, em que 4 apresentaram concentrações de Hg superior ao limite da "classe a" de aplicabilidade de lamas em solos (3 no ponto de recolha A2 e 1 no ponto A7).

Quadro 3. Resultados obtidos na campanha de monitorização das lamas contidas nas lagoas facultativas da ETAR Infulene.

Local	Hg mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Coliformes totais CFU/g
LF2	9.66 ± 8.89	0,04	2,02	3,05	6,70	333,3	14,57	799 ± 536
LF1	8.43 ± 5.20	0,017	0,421	1,85	4,475	209,37	2,688	160 ± 65
Média global	9.04 ± 7.04	0.0285	1.21	2.45	5.68	271.33	8.63	480 ± 300
Classe a	<15	<40	<300	<1200	<420	<2800	<1500	

Os resultados das campanhas experimentais permitiram concluir que:

- As águas residuais domésticas apresentam metais pesados, como o mercúrio e o níquel, em alguns períodos de monitorização, especialmente na estação das chuvas.
- As lamas fecais acumuladas ao longo do tempo nas lagoas anaeróbias apresentam teor de metais pesados, tais como o mercúrio, embora abaixo dos limites máximos legais (EPA, 1993). Não se aconselha, contudo, a sua deposição no solo dado o risco para a saúde pública e para o ambiente.

- A presença de metais pesados nas lamas deve-se principalmente à descarga de resíduos industriais. De facto, os resultados das amostras de efluentes industriais (das indústrias Frozy, Fizzy, Maeva e Asamoc) mostram a presença de metais pesados acima dos valores-limite. Estas indústrias deveriam ser obrigadas a efetuar o pré-tratamento das suas águas residuais de modo a que os efluentes descarregados tenham características semelhantes às das águas residuais domésticas.
- As lamas das lagoas facultativas revelaram concentrações inferiores ao limite do quadro legal sul-africano para aplicação de lamas no solo, indicando uma retenção eficiente dos metais pesados nas lagoas anaeróbias.
- Os solos imediatamente próximos das lagoas têm conteúdos de metais pesados (nomeadamente mercúrio e níquel), superiores aos dos solos a 600 m de distância das lagoas, evidenciando a atual aplicação de lamas fecais não tratadas, como fertilizante, pelos agricultores de terrenos próximos da ETAR. Os terrenos agrícolas mais distantes, no vale do Infulene, são irrigados com água do rio Infulene.
- Tanto as águas fluviais como as subterrâneas apresentam baixas concentrações de metais pesados (mercúrio e níquel).

Face ao exposto, concluiu-se que as lamas a remover das lagoas anaeróbias deviam ser confinadas num aterro sanitário dedicado, para evitar riscos ambientais.

Atendendo ao elevado teor de matéria orgânica, fósforo e azoto total das lamas, recomenda-se que, no futuro, e uma vez resolvida a questão dos efluentes industriais, as lamas tratadas sejam utilizadas como fertilizante. A fim de assegurar a eliminação de microrganismos patogénicos, as lamas devem ser sujeitas a radiação solar (para secagem e desinfecção adicionais por radiação UV), em plataformas de secagem, e/ou a estabilização química ou processo de compostagem.

3.2 ETAR Infulene – intervenções previstas

O projeto propõe, para a ampliação e melhoria da ETAR do Infulene, um conjunto de intervenções prioritárias que assegurarão a receção e pré-tratamento adequado das lamas fecais, bem como a elevação e pré-tratamento das águas residuais (compatível com a futura construção de um interceptor de esgotos principal ao longo da Av. Joaquim Chissano). A ETAR foi concebida assumindo uma abordagem de co-tratamento para as águas residuais afluentes e para as lamas fecais. As intervenções foram planeadas para que a ETAR do Infulene possa servir até 128 000 eq. hab. (para a fase líquida), assegurando o tratamento de 1 340 m³/dia de lamas fecais.

As intervenções recomendadas (VFlow.GES, 2019) centram-se na melhoria da gestão da fase sólida (lamas fecais), no tratamento e desinfecção adequados do efluente final (para reduzir os riscos sanitários, contribuindo para a melhoria e promoção da economia agrícola local). Na fase líquida, prevê-se: a construção de uma nova obra de entrada (elevação inicial, gradagem, desarenação e desengorduramento e medição de caudal); a construção de duas lagoas anaeróbicas adicionais para co-tratamento de lamas fecais e águas residuais; a melhoria das lagoas anaeróbias e facultativas existentes (esvaziamento, limpeza e reabilitação) (Figura 4 e Figura 5); duas novas lagoas de maturação para desinfetar o efluente tratado; construção dois leitos de macrófitas (sistema Francês, de acordo com Dotro et al. (2017)), para remoção de nutrientes, antes da descarga no rio Infulene.



Figura 4. – Vista para as lagoas anaeróbias.



Figura 5. Vista para as lagoas facultativas, totalmente cobertas por jacintos de água.

A linha de tratamento de lamas inclui a construção de uma obra de entrada, com gradagem, para a descarga dos camiões que transportam as lamas fecais; a construção de leitos de secagem e de uma plataforma de lamas secas que funcionará como hangar para armazenamento de lamas e, se necessário, para a sua estabilização química e/ou compostagem.

As intervenções propostas incluem a construção de diques de proteção, no perímetro parcial da ETAR, para proteger as cabeceiras, as lagoas anaeróbias e a linha de tratamento de fase sólida contra inundações. Além disso, é considerada a construção de um edifício administrativo, um edifício de armazenamento, um armazém e outros arranjos exteriores (por exemplo, pavimentos, estradas de acesso, vedações de perímetro).

O novo esquema de tratamento da ETAR, em formato diagrama de blocos com fase líquida e fase sólida, encontra-se apresentado na Figura 6, e a sua implantação na Figura 7.

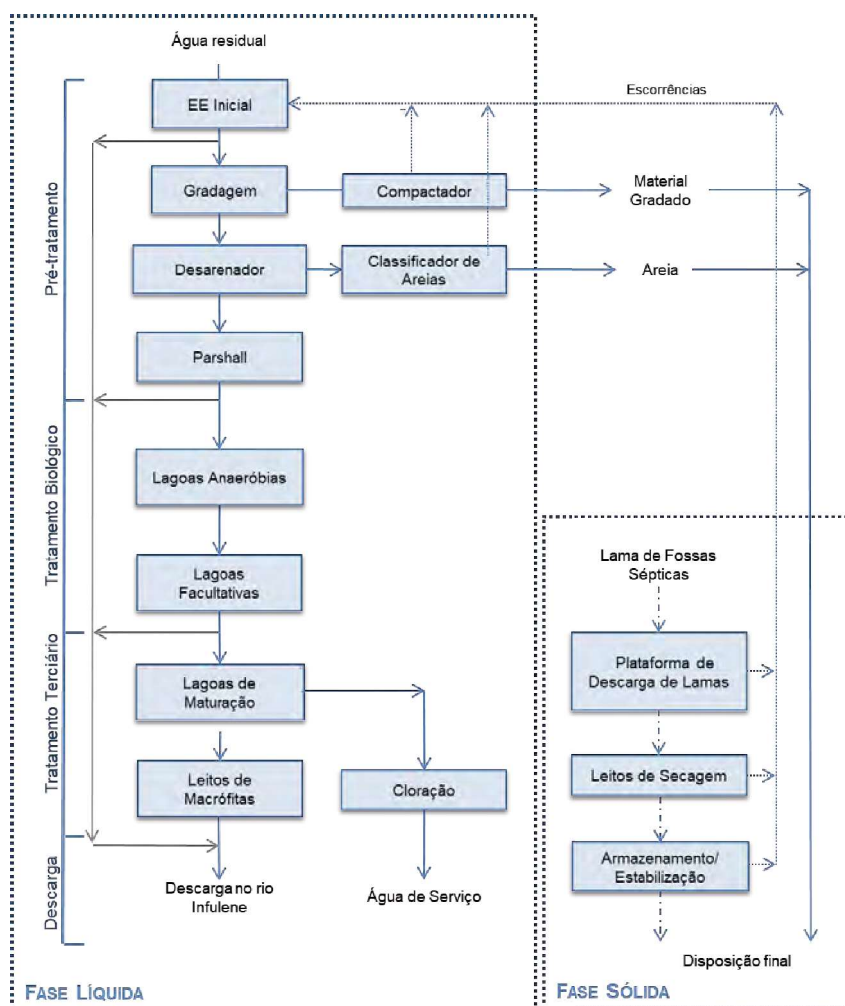


Figura 6. Esquema de tratamento da ETAR Infuleme após execução das intervenções propostas

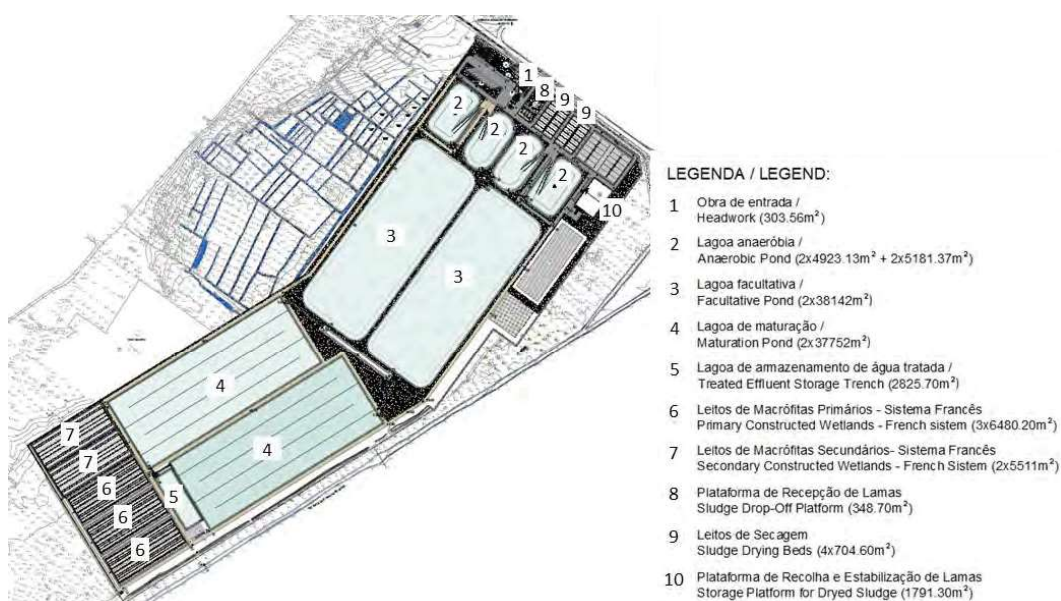


Figura 7. Implantação da ETAR Infuleme após execução das intervenções propostas

3.3 Aterro da Katembe

O futuro aterro sanitário de lamas de Katembe permitirá o confinamento das lamas extraídas das lagoas anaeróbicas, permitindo a reabilitação da ETAR do Infulene. O local selecionado para a construção do aterro situa-se no bairro de Nkassane, no Distrito Municipal de Katembe, com uma área de 1,5 ha.

O projeto inclui a conceção pormenorizada das infraestruturas propostas, nomeadamente as células do aterro sanitário de lamas, o tratamento de lixiviados e o sistema de drenagem de águas pluviais (VFlow.GES, 2021). A solução prevista apresenta um total de 6 células, com uma largura inferior de 9,6 m e um comprimento de 80 m, e uma altura total de 5 m. As células serão confinadas lateralmente com grelha de reforço geossintético. Para a descarga de lamas, prevêem-se duas plataformas de descarga a montante e a jusante de cada célula do aterro a fim de facilitar o processo de descarga de lamas. Entre as células serão construídas cinco vias secundárias que permitirão o acesso de equipamento mecânico para distribuição de lamas ao longo das valas.

A linha de tratamento de lixiviados consiste numa fossa séptica seguida de um leito de macrófitas que funcionará, também, como plataforma de evapotranspiração. A jusante prevê-se uma bacia de infiltração rápida para os restantes efluentes tratados. Quanto aos sistemas de drenagem das águas pluviais, o projeto apresenta uma bacia de retenção/infiltração natural para a descarga final das águas pluviais recolhidas no aterro sanitário de lamas da Katembe.

4 Conclusões

O projeto desenvolvido visa a reabilitação da ETAR do Infulene, única estação de tratamento de águas residuais de Maputo, que incluirá uma solução de co-tratamento, de base natural, para os efluentes domésticos e para as lamas fecais geradas na cidade. Em termos globais, o projeto enquadra-se no desenvolvimento de uma política de gestão e tratamento de lamas fecais em Maputo, que permitirá o estabelecimento de serviços de saneamento adequados, com satisfação da legislação em vigor, suportado por práticas sustentáveis nas vertentes técnicas, sociais, ambientais e económicas. O projeto inclui o futuro aterro sanitário de lamas de Katembe, destinado ao confinamento das lamas extraídas das lagoas anaeróbicas, permitindo a reabilitação das infraestruturas sem riscos ambientais.

O contexto nacional em que se insere faz com que seja prioritário e pioneiro no âmbito do desenvolvimento de sistemas de gestão de lamas fecais, ao longo de toda a cadeia, de forma a promover a saúde pública e a proteção do meio ambiente (recursos hídricos subterrâneos e costeiros). Pretende-se igualmente, com a implementação do projeto, a criação de valor através da reutilização de subprodutos (água residual tratada e bio-sólidos), numa ótica de economia circular. A localização da ETAR do Infulene (no vale do Infulene, destinado, primordialmente, à agricultura e que assegura o sustento de diversas famílias), torna a reutilização de subprodutos da ETAR numa realidade, atualmente já praticada pelos agricultores locais (embora sem as devidas condições de segurança). Neste caso de estudo, foi também necessário desenvolver um aterro de lamas destinado ao confinamento das lamas fecais acumuladas, ao longo de diversos anos, nas lagoas anaeróbicas da ETAR, permitindo o seu esvaziamento seguro face aos riscos de contaminação do solo e dos meios hídricos por metais pesados de origem industrial.

A demonstração da aplicabilidade desta abordagem, de base natural e reduzidas necessidades de operação e manutenção, será particularmente útil a outros países em desenvolvimento, nomeadamente da África Subsariana.

Referências

- DNAAS (2016) - Plano Plano Director de Saneamento e Drenagem da Área Metropolitana de Maputo. República de Moçambique - Ministério das Obras Públicas e Habitação. Elaborado pelo Engidro, Hidra e Aquapor.
- Dotro G., Langergraber G., Molle P., Nivala J., Puigagut J., Stein O., Von Sperling M. (2017). Treatment Wetlands. Biological Wastewater Treatment Series (Volume 7). IWA, 2017.
- EPA (1993) - Preparing Sewage Sludge for Land Application or Surface Disposal-A Guide for Preparers on the Monitoring, Recordkeeping, and Reporting Requirements of the Federal Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge Management, 40 CFR Part 503
- Universidade Eduardo Mondlane (2020). "Relatório de avaliação da situação de referência em torno da ETAR do Infulene".
- VFlow.GES (2019). Elaboração do Projecto Base da Ampliação e Beneficiação da Estação de Tratamento de Águas Residuais do Infulene e Contribuição para o Processo de Concurso.
- VFlow.GES (2021). Katembe Sludge Sanitary Landfill. Projecto de Execução.
- WSUP (2019) - Consultancy Service for Maputo Wastewater Drainage System Detailed Design and Work Supervision. Terms of Reference and Technical Note. Elaborado pela VFlow-Ges.