

## Mitigação de alterações climáticas – projetos de saneamento em cidades costeiras do norte de Angola

*Rita Ventura Matos*<sup>a\*</sup>, *Filipa Ferreira*<sup>b</sup>, *Liliana Alves*<sup>c</sup>, *Margarida Dolores*<sup>c</sup>,  
*Paula Ferraz*<sup>c</sup>, *Elsa Ramos*<sup>c</sup>, *Lucrécio Costa*<sup>c</sup>, *José Saldanha Matos*<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Hidra, Hidráulica e Ambiente, Lda, Av. Defensores de Chaves 31, 1ºE, Lisboa, Portugal

<sup>b</sup> CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal

<sup>c</sup> Ministério de Energia e Águas - Direcção Nacional de Águas, Via S8 Condomínio Dolce Vita, Ed. 1D, Talatona, Luanda, Angola

### Resumo

No âmbito deste artigo apresentam-se princípios e elementos dos projetos de saneamento desenvolvidos para quatro povoações costeiras no norte de Angola, com foco na implementação de uma cadeia de gestão de lamas fecais, paralelamente aos sistemas tradicionais de drenagem e tratamento de águas residuais, numa perspetiva de “saneamento inclusivo à escala da cidade” e minimização da exigência de recursos, nomeadamente energéticos e de mitigação de emissão de gases com efeito de estufa (GEE). As águas residuais geradas nos centros urbanos de maior densidade populacional, e com abastecimento de água, serão encaminhadas para tratamento dedicado ou co-tratamento com as lamas fecais, produzidas em sistemas de saneamento on-site (fossas e latrinas). O tratamento dos efluentes baseia-se em sistemas de base natural, de baixos consumos em reagentes, energia, materiais e equipamentos, através fundamentalmente de lagunagem e zonas húmidas construídas. O sistema potenciará a criação de micro negócios de recolha e transporte das lamas fecais por meio de veículos, preconizando-se também a reutilização das lamas higienizadas e dos efluentes desinfetados, para potenciação da atividade agrícola local.

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

**doi:** 10.22181/aer.2025.0101

\* Autor para correspondência  
E-mail: r.matos@hidra.pt

# Climate change mitigation – design of sanitation services in coastal cities of northern Angola

*Rita Ventura Matos*<sup>a\*</sup>, *Filipa Ferreira*<sup>b</sup>, *Liliana Alves*<sup>c</sup>, *Margarida Dolores*<sup>c</sup>,  
*Paula Ferraz*<sup>c</sup>, *Elsa Ramos*<sup>c</sup>, *Lucrécio Costa*<sup>c</sup>, *José Saldanha Matos*<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Hidra, Hidráulica e Ambiente, Lda, Av. Defensores de Chaves 31, 1ºE, Lisboa, Portugal

<sup>b</sup> CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001, Lisboa, Portugal

<sup>c</sup> Ministério de Energia e Águas - Direcção Nacional de Águas, Via S8 Condomínio Dolce Vita, Ed. 1D, Talatona, Luanda, Angola

## Abstract

This paper presents the rationale and elements of the sanitation projects developed for four coastal towns in northern Angola, focusing on the implementation of a faecal sludge management chain, in parallel to traditional drainage and wastewater treatment systems, in a "city wide inclusive sanitation" perspective, while minimizing the demand for resources, namely energy, and mitigation of greenhouse gas (GHG) emissions. Wastewater generated in urban centres, with higher population density and water supply, will be conveyed for dedicated treatment or co-treatment with the faecal sludge produced in on-site sanitation systems (pits and latrines). Effluent treatment is based on nature-based systems, with low consumption of chemicals, energy, raw materials, and equipment, mainly through ponds and constructed wetlands. The system will allow for the creation of micro-businesses for the collection and transport of faecal sludge by means of vehicles, also promoting the reuse of sanitized sludge and disinfected effluents, to enhance local agricultural activity.

**Keywords:** Circular economy, faecal sludge management, inclusive sanitation, dry sanitation.

**doi:** 10.22181/aer.2025.0101

\* *Corresponding author*  
E-mail: r.matos@hidra.pt

## 1 Introdução

Nos últimos anos o Governo de Angola tem realizado um esforço apreciável no sentido de melhorar o acesso seguro à água em cidades e aglomerados populacionais de Angola. Contudo, a implementação de sistemas de saneamento nem sempre tem acompanhado as iniciativas de implementação de sistemas de abastecimento de água. A generalidade dos sistemas de drenagem convencionais dos centros urbanos datam do período colonial, e são geralmente insuficientes, encontrando-se em acentuado estado de degradação. A maioria das cidades compreende grandes áreas periurbanas, onde prevalecem soluções de saneamento a seco, na sua maioria sob a forma de latrinas tradicionais unifamiliares ou multifamiliares. Adicionalmente, estima-se que atualmente apenas 66% das habitações no país incluam instalações sanitárias adequadas (INE, 2014).

No âmbito do Projeto “*Support to Urban Water Supply and Sanitation Service Delivery (ISSUWSSSD)*”, financiado pelo Banco Africano de Desenvolvimento (AfDB) e pelo Governo de Angola, esta lacuna foi identificada, tendo sido lançados concursos para a realização de estudos e projetos de execução e de conceção-construção, para identificar as melhores soluções de saneamento para as cidades costeiras. O presente trabalho enquadra-se no ISSUWSSSD, e refere-se aos Estudos no Âmbito da Recolha e Tratamento de Águas Residuais das Cidades Costeiras de Lândana, N’Zeto, Cabinda e Soyo, no norte de Angola, cujos objetivos estratégicos se referem sobretudo à universalidade, continuidade e qualidade de serviço; proteção dos valores ambientais, e sustentabilidade do sector (através da otimização da gestão operacional e dinamização do tecido empresarial local e nacional).

Os principais objetivos específicos para o projeto consistiram sobretudo em garantir, até 2030 a erradicação da defecação a céu aberto na área do projeto, bem como a cobertura total do serviço, através de uma abordagem integrada de saneamento, conciliando soluções tradicionais, isto é drenagem e tratamento de águas residuais em zonas urbanas com rede pública de abastecimento de água, com soluções de gestão sustentável de lamas fecais, incluindo a recolha, reserva, transporte, tratamento e deposição final.

Por um lado, o contexto socioeconómico do país (elevada densidade populacional, baixo desenvolvimento económico, fraco planeamento territorial com tecido urbano não estruturado, baixo índice de desenvolvimento humano) apresenta claros desafios para a implementação a larga escala de infraestruturas públicas complexas e onerosas. Contudo, esse mesmo contexto pode potenciar uma mudança de paradigma no sentido de opções de saneamento mais sustentáveis, nomeadamente soluções de base natural e cadeias de gestão de lamas fecais, que representam usualmente soluções mais viáveis em diversas zonas da África subsaariana (Strande et al., 2014).

Não obstante, o planeamento urbano dos serviços de saneamento é complexo, pois envolve diferentes escalas, uma grande variedade de intervenientes (*stakeholders*) e opções técnicas elegíveis para tecnologias de tratamento, para além de diferentes modelos de negócio para a recolha e transporte de lamas fecais. Este processo apresenta frequentemente objetivos contrastantes, exigindo assim a capacidade de tomar decisões informadas numa fase inicial de planeamento, sendo cada vez mais comum a utilização de metodologias e modelos multicritério de apoio à decisão.

Pretendeu-se com o projeto maximizar as potencialidades da economia circular, com a possibilidade de reutilização de efluente desinfetado para usos compatíveis, bem como dos subprodutos gerados, nomeadamente dos biosólidos para aplicação na agricultura e espalhamento em solos.

## 2 Materiais e Métodos

### 2.1 Caracterização sumária das cidades costeiras do caso de estudo

As quatro povoações costeiras de estudo de caso são localizadas no norte de Angola, onde prevalecem as soluções de saneamento a seco, na sua maioria sob a forma de latrinas de fossa tradicionais, sobretudo nas zonas periurbanas. Os sistemas de drenagem de águas residuais existentes datam, em grande parte, do período colonial, encontrando-se em regra em avançado estado de degradação.

Soyo é uma cidade que se desenvolve na margem esquerda do estuário do rio Congo, com uma área de cerca de 31 km<sup>2</sup>, uma população estimada de 180 300 habitantes em 2025, e com uma forte presença da indústria do petróleo e gás. A região apresenta um dos maiores ecossistemas de mangais de Angola. O desenvolvimento de aglomerados populacionais informais junto destas massas de água tem vindo a aumentar, o que combinado com a falta de acesso seguro à água e saneamento, tem contribuído para uma forte incidência de doenças gastrointestinais, incluindo surtos de cólera em anos recentes (2016/2017) (MSF, 2021).

Cabinda é a capital da província com o mesmo nome, um enclave angolano que faz fronteira com a República do Congo e a República Democrática do Congo. A cidade apresenta uma área total de cerca de 91 km<sup>2</sup>, e uma população estimada de próximo de 761 500 habitantes em 2025. O centro da cidade é rodeado por colinas íngremes ocupadas por povoações informais, com difícil acesso a veículos para recolha de lamas, onde as latrinas tradicionais ou a defecação a céu aberto são as práticas mais comuns. Nas zonas centrais urbanizadas, existem fossas sépticas em edifícios comerciais e residenciais maiores. No entanto, as linhas de água da cidade e os canais de águas pluviais são frequentemente utilizados para descarga direta de águas residuais não tratadas e deposição de resíduos sólidos urbanos.

Lândana e N'Zeto são vilas relativamente mais pequenas, com populações a servir inferiores a 50 000 habitantes. Lândana tem cerca de 5 km<sup>2</sup>, uma população de perto de 23 000 habitantes em 2025, e encontra-se localizada na Baía da Lândana, numa área caracterizada por ravinas íngremes e erosão costeira. N'Zeto, trata-se duma vila piscatória, com cerca de 38 000 habitantes em 2025, e é caracterizada por praias arenosas, com algumas lagoas e salinas influenciadas pelo mar. Ambas dependem de soluções de saneamento a seco na maioria dos bairros, com ocasionais fossas sépticas em pequenas áreas consolidadas com abastecimento de água canalizada.

### 2.2 Critérios para definição de soluções

A definição de soluções teve por base uma abordagem multicritério (cuja descrição detalhada pode ser consultada em Matos et al., 2021), para a) soluções de drenagem ou recolha de lamas fecais e tratamento on-site, e b) soluções de tratamento offsite.

No que se refere às primeiras, os critérios tidos em conta referem-se às capitações de água de consumo, à densidade populacional e à cota topográfica. No caso de elevada densidade populacional (acima de 150 hab/ha) e consumo de água per capita acima de 30 l/(hab/dia), a solução tipicamente mais adequada, em termos económicos, é a de rede de saneamento gravítica afluente a uma ETAR. Esta situação resulta do facto de não existirem áreas disponíveis para acomodar mais fossas sépticas ou áreas de disposição final adequadas.

No entanto, quando os consumos de água são elevados, mas a densidade de ocupação ainda é muito baixa, deve em regra manter-se, do ponto de vista técnico, económico e ambiental, o uso de fossas sépticas. Para baixos consumos de água, vigoram as soluções de latrina, sem

esvaziamento (zonas rurais), e com esvaziamento e transporte das lamas a tratamento, em função da densidade de ocupação do território.

As soluções *on-site* acima do nível do solo devem ser consideradas em função do tipo de solo e dos níveis do lençol freático. Para tal, foi utilizado um software SIG de código aberto (QGIS) para identificar os bairros localizados a cotas topográficas mais baixas, através de modelos digitais do terreno (DTM), e que possam estar sujeitos a níveis freáticos elevados, ou à subida do nível médio do mar (N.M.M), para evitar a contaminação fecal desses meios hídricos e garantir a proteção de águas subterrâneas e costeiras.

Em zonas sem acessibilidade a veículos pesados para recolha de lamas, preconiza-se a recolha primária das lamas das fossas sépticas e latrinas por micro operadores dotados de um veículo do tipo *VacuTug* ou equivalente (veículos de pequenas dimensões, capazes da recolha de lamas fecais de fossas ou latrinas, por meios manuais ou mecânicos). As lamas serão depositadas provisoriamente numa estação de transferência de lamas (ETL), que inclui um reservatório enterrado, cuja localização tem de ser acessível a veículos motorizados. Posteriormente será efetuada uma recolha secundária das lamas da ETL até às estações de tratamento por veículos de maiores dimensões (limpa-fossas ou camiões-cisterna).

As soluções de tratamento de efluentes têm como critério a adoção de soluções de base natural ("*Nature-based solutions*"), de forma a minimizar consumos de energia, reagentes e mão de obra especializada (Libhaber and Jaramillo, 2012; Rizzo et al., 2018). Sempre que possível adotaram-se soluções por lagunagem para o tratamento de águas residuais e lamas fecais na mesma instalação, exceto no caso de Cabinda, que devido à elevada população a servir (cerca de 1 milhão de habitantes equivalentes no ano horizonte de 2040), justifica a consideração de duas instalações separadas. Neste caso, previu-se uma ETAR de lagunagem para os efluentes líquidos e uma Estação de Tratamento de Lamas Fecais (ETLF) dedicada, em sistema híbrido, com lagunagem e zonas húmidas construídas.

As linhas de tratamento adotadas nas ETAR configuram geralmente uma sequência de lagoas anaeróbias, lagoas facultativas com plantas macrófitas flutuantes, para aumento da eficiência de remoção de azoto, e lagoas de maturação para desinfecção do efluente. O tratamento de fase sólida é preconizado por leitos de secagem e plataformas de estabilização de lamas. Para o tratamento dedicado de lamas fecais na estação dedicada de Cabinda, através de sistema híbrido, a fase líquida será submetida a tratamento em tanques de sedimentação, tanques anaeróbios e zonas húmidas (leitos de macrófitas) operadas em sistema francês (para cumprimento do requisito legal de remoção de azoto). As lamas do processo serão igualmente desidratadas em leitos de secagem e estabilizadas.

Todas as ETAR serão dotadas de soluções de desinfecção de efluentes, para reutilização com usos compatíveis. A percentagem de efluente a desinfetar depende dos caudais a tratamento, das necessidades locais e disponibilidade hídrica. Optou-se pela possibilidade de desinfecção total dos efluentes de N'Zeto e Lândana em lagoas de maturação, e desinfecção parcial em Soyo e Cabinda, para reutilização interna e irrigação agrícola dos terrenos adjacentes. Todas as instalações preconizam também a estabilização e higienização das lamas fecais e lamas resultantes do processo de tratamento, numa plataforma de compostagem (com opção de adição de cal viva, se necessário). Esta etapa permite também potenciar o aproveitamento dos biosólidos para uso agrícola e enriquecimento de solos, nas fazendas agrícolas e pequenos lotes de agricultura de subsistência familiar ("lavras") na região.

De forma a contribuir para o sucesso de implementação e futura operação dos sistemas, foram realizadas diversas sessões de consulta às partes interessadas, incluindo a representantes da sociedade civil, entidades religiosas, ONGs, etc., e workshops onde se realizaram os processos de elicitación de preferências e discussão de alternativas para aplicação do modelo multicritério. Adicionalmente, foram desenvolvidas várias ações de formação e capacitação, dirigidas

sobretudo aos técnicos das recém-formadas entidades gestoras (EPAS - Empresas Públicas de Águas e Saneamento de Angola) e administração municipal e central.

### 3 Análise de Resultados

Apresentam-se na Figura 1 os dados ou elementos-chave dos projetos de saneamento dos 4 aglomerados populacionais.

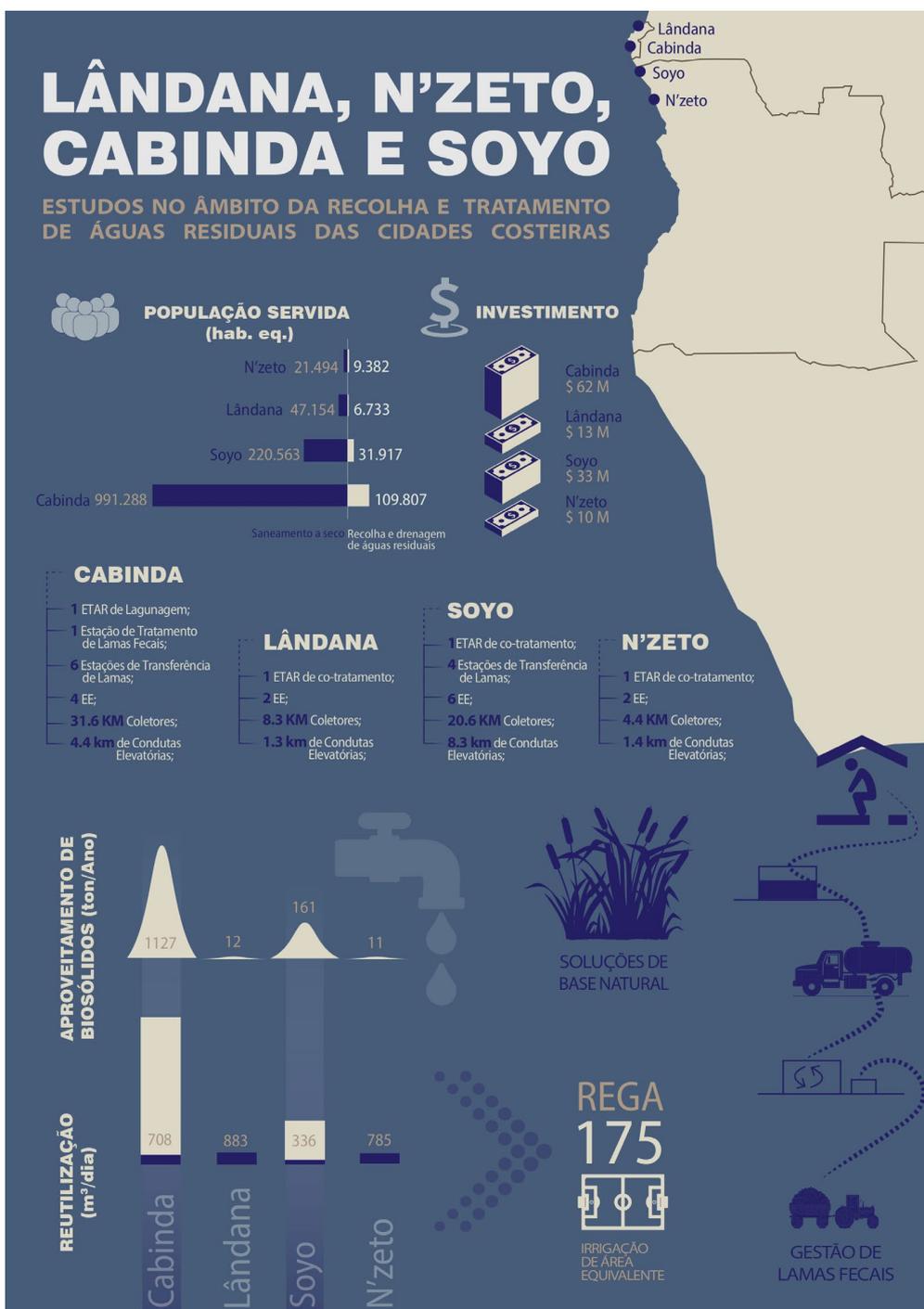


Figura 1. Dados chave dos projetos de saneamento das cidades de Lândana, N'Zeto, Cabinda e Soyo

Os projetos foram desenvolvidos para o ano horizonte de 2040, com possibilidade de expansão para o ano horizonte de 2060.

As quatro cidades do caso de estudo apresentam acentuadas diferenças em termos de população servida, área de implantação, densidade populacional e tipologia de malha urbana e peri-urbana. No entanto, para todas elas, as soluções basearam-se nos pressupostos descritos anteriormente, com foco em garantir a implementação prioritária de uma cadeia de gestão de lamas fecais, para servir os mais frágeis, isto é, a população residente no peri-urbano sem qualquer acesso a serviços de água ou saneamento, exposta a maiores riscos de saúde pública. Admitindo a cobertura total da população por serviço de saneamento em ano horizonte, a frequência diária máxima de descarga de lamas fecais por camião nas instalações pode variar de 8 - 25 camiões (de 5 m<sup>3</sup>) por dia nas vilas de N'Zeto e Lândana, a mais de 100 descargas diárias na cidade de Cabinda.

Estando coberta a necessidade prioritária, a preocupação seguinte prendeu-se com a provisão de serviço de rede tradicional de drenagem (através de coletores, estações elevatórias e condutas gravíticas) nos centros populacionais urbanos, tipicamente com serviço de abastecimento de água, onde os caudais gerados são previsivelmente superiores. Nas cidades maiores, nomeadamente Cabinda e Soyo, teve-se igualmente a preocupação de proteção das linhas de água, atualmente usadas como meio recetor de descargas incontroladas de efluentes brutos (e resíduos sólidos urbanos), através do interseção e desvio desses efluentes para tratamento adequado nas ETAR previstas em cada cidade.

A linha de tratamento de fase líquida das ETAR, composta por lagoas anaeróbias, lagoas facultativas com macrófitas flutuantes e lagoas de maturação, permite a remoção eficiente de poluentes e desinfeção de efluentes, tornando-os seguros para reutilização agrícola. A escolha destas tecnologias foi motivada pela sua adaptabilidade às condições locais e pela comprovada eficácia em projetos similares no sul global. No entanto, a área necessária para a sua implantação aumenta consideravelmente, face a soluções de tratamento convencionais. Como exemplo, a área prevista para a ETAR de N'Zeto (incluindo reserva para expansão) resultou em 6.7 ha, sendo que para a de Cabinda ascendeu a perto de 17 ha.

Esta abordagem integrada (da utilização de sistemas de gestão de lamas fecais com sistemas de drenagem tradicionais) permite não só garantir, de forma sustentada, o acesso ao serviço a toda a população das áreas de estudo, mas também minimizar os custos de investimento e operação, que nos sistemas tradicionais são tipicamente superiores por várias ordens de grandeza, devido à necessidade de coletores de grandes diâmetros e/ou profundidades de escavação, estações elevatórias para a elevação de efluentes e soluções de tratamento de efluentes de elevado consumo energético.

Os projetos para as quatro cidades foram igualmente alvo de avaliação de impacto ambiental, (tendo um deles sido adicionalmente alvo de um Plano de Reassentamento) tendo em conta os requisitos legais nacionais e o quadro de salvaguardas ambientais e sociais do Banco Africano de Desenvolvimento.

## 4 Conclusões

O projeto desenvolvido, que decorreu até ao início do ano de 2022, visa o estabelecimento de serviços de saneamento adequados, com satisfação da legislação em vigor, suportado por práticas sustentáveis nas vertentes técnicas, sociais, ambientais e económicas.

A implementação do projeto é fundamental para ajudar o país a alinhar-se com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU em 2020-2030. A necessidade de aumentar e melhorar consideravelmente o setor e serviços de saneamento é uma condição prévia para melhorar as condições de desenvolvimento do país, nomeadamente de saúde pública, condições socioeconómicas e promover melhores condições ambientais.

O contexto nacional em que se insere faz com que seja prioritário o desenvolvimento de sistemas de gestão de lamas fecais, ao longo de toda a cadeia, de forma a promover o acesso generalizado a serviços seguros de saneamento, e a proteção do meio ambiente (recursos hídricos subterrâneos e costeiros), com o capital económico e humano disponível.

Pretende-se igualmente, com a implementação do projeto, a capacitação do setor, e a criação de valor, através da reutilização de subprodutos gerados, bem como a potenciação de criação de modelos de negócio associados ao transporte de lamas e reutilização dos biosólidos, que poderá ser levada a cabo por micro empreendedores locais. Desta forma obtém-se potencialmente desde cerca de 11 t/ano (N'Zeto) a mais de 1170 t/ano (Cabinda) de biosólidos para utilização como composto, bem como cerca de 330 a mais de 750 m<sup>3</sup>/dia de água desinfetada para irrigação irrestrita de culturas agrícolas na região norte de Angola.

Não obstante os desafios à sua implementação, a demonstração da aplicabilidade das linhas orientadoras gerais do projeto a cidades de diferentes dimensões e características permite equacionar abordagens alternativas ao setor do saneamento em países em desenvolvimento, com base em baixos consumos energéticos e reduzidas necessidades de operação e manutenção. Considera-se que a abordagem proposta pode ser facilmente replicada, noutros contextos da realidade angolana e de outros países de baixo e médio rendimento.

Revelou-se vantajosa a utilização do modelo multicritério como base para apoio e comunicação da decisão a partes interessadas, não descurando os desafios de capacitação técnica, adesão da população e de financiamento.

## Referências

- INE – Instituto Nacional de Estatística. Resultados definitivos do recenseamento geral da população e da habitação de Angola 2014. Obtido em: [www.ine.gov.ao](http://www.ine.gov.ao), a 12 dezembro, 2019.
- Libhaber, M. and Orozco-Jaramillo, A. Sustainable treatment and reuse of municipal wastewater – for decision makers and practicing engineers. IWAP, June 2012. 576pp. ISBN: 9781780400167
- Matos R. V., Ferreira F., Alves L., Ramos E., Costa L., Matos J. S. (2021). Multi-Criteria Framework for Selection of City-Wide Sanitation Solutions in Coastal Towns in Northern Angola, *Sustainability* 13(10), 5627.
- MSF – Médecins Sans Frontiers International Activity Report 2017 – obtido em [https://www.msf.org/sites/msf.org/files/2018-08/msf-international-activity-report-2017\\_1.pdf](https://www.msf.org/sites/msf.org/files/2018-08/msf-international-activity-report-2017_1.pdf), a 15 março, 2021.
- Rizzo, A., Bresciani, R., Martinuzzi, N., & Masi, F. French Reed Bed as a Solution to Minimize the Operational and Maintenance Costs of Wastewater Treatment from a Small Settlement: An Italian Example. *Water*, 2018, 10. doi:10.3390/w10020156 doi:10.3390/w10020156
- Strande, L., Ronteltap, M. e Brdjanovic, D. (2014). *Faecal Sludge Management - Systems Approach for Implementation and Operation*. IWA Publishing UK. doi: 10.2166/9781780404738