

ARTIGO REF: 6821

## **AVALIAÇÃO DO PROJETO DE ECONOMIA CIRCULAR DE SANEAMENTO PARA A ÁREA METROPOLITANA DE MAPUTO (MOÇAMBIQUE)**

**António Monteiro<sup>1(\*)</sup>, Ana Nunes<sup>2</sup>, Filipa Ferreira<sup>1</sup>, José Saldanha Matos<sup>3</sup>, Paulo Óscar<sup>4</sup>, Carlos Noa Laisse<sup>4</sup>, Olinda Sousa<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>CERis, Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>2</sup>ENGIDRO, Estudos de Engenharia, Lda., Rua Luís Cristino da Silva, Lisboa, Portugal

<sup>3</sup>HIDRA, Hidráulica e Ambiente, Lda., Lisboa, Portugal

<sup>4</sup>Administração de Infra-Estruturas de Águas e Saneamento (AIAS), Maputo, Moçambique

(\*)*Email*: antonio.jorge.monteiro@tecnico.ulisboa.pt

### **RESUMO**

Moçambique é um dos países em desenvolvimento, onde existe uma forte tendência para a migração das zonas rurais para as urbanas, uma elevada percentagem da população servida por latrinas, e onde a agricultura é uma importante fonte de subsistência. Porém, para uma eficiente produção agrícola são necessárias grandes quantidades de água e nutrientes, que podem ser vantajosamente fornecidos por unidades de tratamento de águas residuais e de estabilização de lamas fecais. No Plano Director de Saneamento da Área Metropolitana de Maputo, a economia circular aplicada ao tratamento de águas residuais e de lamas fecais surge como factor-chave no suporte à sustentabilidade e ao bem-estar da sociedade. Conclui-se que os efluentes tratados da estação de tratamento têm elevado potencial de utilização quando garantida a desinfecção adequada. Avaliando a análise custo-benefício retira-se que a valorização agrícola é uma solução ambiental e economicamente mais adequada do que a deposição em aterro.

### **INTRODUÇÃO**

Moçambique é um dos países em desenvolvimento, onde existe uma forte tendência para a migração das zonas rurais para as áreas urbanas (WHO e UNICEF, 2010) e uma elevada percentagem da população servida por latrinas (WUP, 2003). Por outro lado, de acordo com a FAO (2012), cerca de 40% dos habitantes das cidades da África Austral têm na agricultura uma importante fonte de subsistência, especialmente pelo cultivo de frutas e leguminosas, na vizinhança do local onde residem, dentro ou nas zonas limítrofes das cidades. Este é o caso de Maputo onde se estima que, directa ou indirectamente, o mercado regional de produção alimentar (Maputo e Matola) tenha cerca de 40 000 postos de trabalho, incluindo milhares de vendedores (na sua maioria mulheres). O rendimento diário médio de um pequeno agricultor/produtor alimentar na área é cerca de 4 USD, muito acima da linha de pobreza nacional, de 0,5 USD/dia. Mas, para uma eficiente produção agrícola são necessárias grandes quantidades de água e nutrientes. Estes recursos podem ser vantajosamente fornecidos por unidades de tratamento de águas residuais e de estabilização de lamas fecais e podem ser aplicados com segurança na agricultura se nessas unidades forem utilizados os processos e operações unitárias adequadas. Neste âmbito, o Plano Director de Saneamento da Área Metropolitana de Maputo (Engidro/Hidra/Aquapor, 2016) foi uma oportunidade para alterar o paradigma convencional de controlo de poluição, que consiste na remoção de poluentes, para

um paradigma onde o efluente de saída e os potenciais subprodutos do tratamento são considerados como tendo interesse financeiro para as populações locais (economia circular). Esta abordagem contribui para a concretização dos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente os que são relativos ao uso eficiente de água e redução da pobreza e desigualdade. Além disso, é uma oportunidade para desenvolver competências específicas como resposta aos desafios das abordagens de engenharia tradicionais e emergentes, relativas ao ambiente, valor gerado e bem-estar das comunidades, e criar conhecimento adicional, que permitirá desenvolver ferramentas para inovar com valor acrescentado, em soluções de saneamento.

No Plano Director foi utilizada uma perspectiva inovadora de eficiência de soluções de tratamento em termos de água, energia e nutrientes com ênfase na recuperação de recursos como factor-chave no suporte à sustentabilidade e ao bem-estar da sociedade.

O desenvolvimento do Projecto foi feito em 3 Etapas. A Etapa 1 centrou-se na caracterização dos subprodutos tratados. Na Etapa 2 procedeu-se à identificação das áreas agrícolas para a reutilização dos subprodutos. E na Etapa 3 foi realizada uma Análise Custo-Benefício para a aplicação das lamas fecais.

## **ETAPA 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS TRATADOS**

A Etapa 1 realizou-se em Julho de 2014 e consistiu em campanhas para estimativa do caudal afluente à Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Infulene, incluindo medições do nível de água e da velocidade à entrada do canal. Foi também avaliado o desempenho da ETAR de Infulene em termos da qualidade do efluente tratado e eficiência de remoção de poluentes, por amostragem de água residual a montante e a jusante de cada lagoa, bem como por amostragem de lamas dos camiões limpa-fossas, que foram posteriormente analisados em laboratório relativamente aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

### **Caudais afluentes à ETAR de Infulene**

Ao longo do dia 1 de Julho, as alturas de escoamento variaram entre 20 e 24 cm, e as velocidades médias do escoamento, obtidas a partir de traçadores superficiais, entre 0,3 e 0,5 m/s, resultando em valores de caudal entre 50 e 90 L/s. Ou seja, nesse período, verificou-se um caudal máximo de 90 L/s. Admitindo-se o caudal no período adverso (8 h de maior caudal do dia), como 1,4 do caudal médio, resulta num caudal médio diário de 50 L/s (4 320 m<sup>3</sup>/dia) com factor de ponta máximo da ordem de 1,8. Este caudal médio é compatível com a população equivalente servida, da ordem de 15 000 a 30 000 e.p. (equivalente populacional em caudal), dependendo da percentagem de infiltração (nível freático) e da capitação considerada na área de atendimento. Os resultados das análises atestam alguma diluição dos efluentes, pelo que é crível que o sistema inclua águas de limpeza e do nível freático em proporção significativa, sobretudo no período das chuvas. Resulta também do facto de haver, em grande parte, tratamento primário precedente, em fossas sépticas. Esses caudais são muito inferiores aos caudais de projecto assumidos em DHV (1984), que dimensionou o sistema para um caudal máximo de 0,576 m<sup>3</sup>/s, e uma população equivalente de projecto de 90 000 e.p.. Ou seja, os caudais actuais afluentes à ETAR são cerca de 15 a 20% dos caudais de projecto. Adicionando aos caudais de esgoto, os caudais de descarga de lamas, valor limite de 1 000 m<sup>3</sup>/dia (talvez o dobro do usual), resulta um caudal total afluente ao sistema de tratamento da ordem de 4 920 m<sup>3</sup>/dia (57 L/s). Ou seja, correspondente a um tempo de residência teórico nas lagoas anaeróbias de dois a três dias, e de 15 a 25 dias nas lagoas facultativas.

### Caracterização do Efluente da ETAR de Infulene

A monitorização para avaliação do desempenho da ETAR de Infulene foi efectuada por diversas campanhas de amostragens, nos dias 1 de Julho, 3 de Julho e 13 de Agosto de 2014, em intervalos de entre duas e três horas. As primeiras recolhas tiveram início por volta das 08:00 h e a última às 17:30 h. As recolhas foram analisadas no SwissLab. O objectivo das campanhas intensivas foi ilustrar a evolução da concentração dos vários parâmetros ao longo do dia. Cada amostra recolhida foi analisada relativamente aos principais parâmetros de qualidade de efluentes de ETAR, designadamente: Sólidos Suspensos Totais (SST); Carência Química de Oxigénio (CQO); Nitratos; Coliformes totais; Coliformes fecais. Na última campanha (Agosto de 2014) pretendeu-se avaliar as características das lamas descarregadas, relativamente aos parâmetros SST e CQO. A selecção dos parâmetros atendeu ao disposto no Decreto n.º 18/2004, de 2 de Junho, relativo a Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de efluentes.

Por cada um destes três dias, obtiveram-se resultados de quatro amostras, nas seguintes secções: obra de entrada, efluente da lagoa anaeróbia 1, da lagoa anaeróbia 2, da lagoa facultativa 1 e da lagoa facultativa 2.

Salienta-se que os resultados de amostras das lamas fecais resultaram em valores invulgarmente baixos (CQO = 985 mg/L; SST = 720 mg/L), face ao referido em bibliografia da especialidade, para lamas de fossa séptica (mínimos de 5 000 mg/L e 2 000 mg/L, respectivamente para a CQO e SST). Essa situação pode resultar de vários factores, incluindo: a) Falta de representatividade das amostras; b) Diluição das lamas com água do aquífero e/ou água da chuva, ou águas de outras origens.

Globalmente, o afluente apresenta um CQO médio nos 3 dias de 486 mg/L, e de SST de 412 mg/L, o que corresponde a um efluente “fraco” a “médio”, o que é compreensível face à diluição provocada pela entrada do aquífero local e pelo facto de parte dos efluentes já serem submetidos a um tratamento primário por fossas sépticas, talvez com eficiência entre 30 e 50%, antes de serem descarregados na rede de colectores.

Tipicamente, a concentração de coliformes totais ou, em média, varia entre 107 e 108 CFT/100 mL, num efluente bruto doméstico (Metcalf & Eddy, 1991).

Na Figura 1 apresenta-se a evolução média de concentração de poluentes, expressa em CQO e SST, ao longo do sistema de tratamento, face aos resultados obtidos.

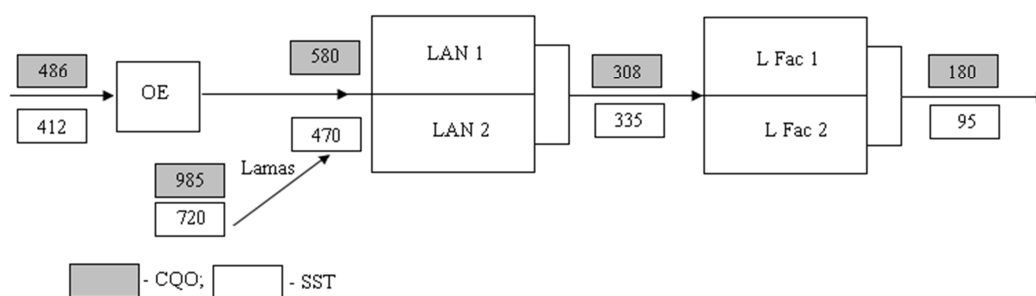


Fig. 1 - Evolução das concentrações de CQO e SST (mg/L), ao longo do sistema de tratamento.

A população equivalente, em termos de CQO, já considerando a contribuição das lamas, ascende a cerca de 23 000 e.p., ou seja, cerca de 25% da população de projecto da ETAR (90 000 e.p.).

Em termos médios, as eficiências globais obtidas para a ETAR do Infulene são da ordem de 69% para a CQO e de 80% para os SST, o que é admissível, face aos valores constantes na

bibliografia da especialidade para uma sequência lagoa anaeróbia - lagoa facultativa (i.e., 65% a 80% de eficiência para a CQO, e 70% a 80% da eficiência para os SST). Essas eficiências globais correspondem as eficiências parcelares, em CQO, de 50% para as lagoas anaeróbias e de 40% para as lagoas facultativas (e de 30% para as lagoas anaeróbias, e de 70% para as lagoas facultativas, em termos de SST).

A qualidade do efluente final não satisfaz os requisitos constantes no Decreto 18/2004 de 2 de Junho, designadamente para SST ( $< 60 \text{ mg/L}$ ) e CQO (ou DBO) ( $< 150 \text{ mg/L}$ ), nem em termos de qualidade do efluente para rega agrícola ( $< 102 \text{ CF/100 mL}$ ).

Considera-se que as insuficiências de tratamento da ETAR dizem fundamentalmente respeito às lagoas anaeróbias (baixos tempos de retenção hidráulico e escassos volumes úteis disponíveis) e à carência de condições para realização de uma desinfecção eficiente, o que se torna especialmente crítico, dado o aproveitamento agrícola que é dado ao efluente final.

## ETAPA 2 - IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS AGRÍCOLAS PARA REUTILIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS

Na Etapa 2 procedeu-se à identificação das áreas agrícolas para a reutilização dos subprodutos. Assim, as áreas agrícolas foram identificadas como áreas que podem permitir o aumento do valor das lamas fecais produzidas na Estação de Tratamento de Lamas Fecais (ETLF), nomeadamente através da sua utilização como fertilizante.

Na figura seguinte representam-se as referidas zonas, quantificando-se também as áreas totais de terrenos agrícolas por distrito.

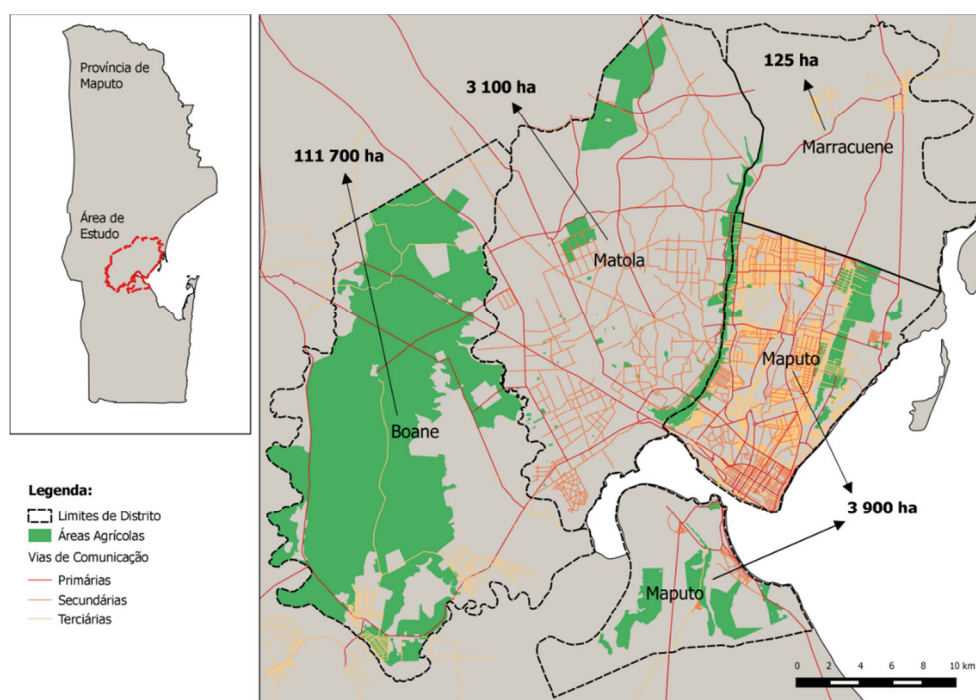


Fig. 2 - Identificação de áreas agrícolas

Verifica-se que as zonas agrícolas no interior da área de estudo perfazem uma área total de aproximadamente 119 mil ha. Assumindo a aplicação agrícola de 6 toneladas de lamas por hectare de terreno agrícola e por ano (expressa em matéria seca), o potencial máximo de lamas que pode ser aplicado corresponde a cerca de 713 mil toneladas/ano, muito superior ao valor que potencialmente se poderá produzir (cerca de 4 600 toneladas/ano em 2025).

As áreas agrícolas referenciadas, também poderão ser naturalmente beneficiadas com irrigação a partir de efluentes tratados e desinfectados. Do ponto de vista de efluentes do sistema de tratamento do Infulene ter-se-á, ao longo do horizonte de projecto, e com a conclusão das infra-estruturas de drenagem dos Municípios de Maputo e da Matola, uma evolução de caudais entre os actuais 4 000 a 5 000 m<sup>3</sup>/dia e valores da ordem de 50 000 m<sup>3</sup>/dia, dez vezes superiores. Ou seja, potencialmente, o efluente tratado poderá fornecer água e nutrientes para utilização na produção de alimento no Vale do Infulene, a Norte e a Sul do sistema de lagunagem.

### ETAPA 3 - ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DA APLICAÇÃO DE LAMAS FECAIS

Nesta etapa foi realizada uma Análise Custo-Benefício para a aplicação das lamas fecais. Foi feita uma comparação com base nos custos associados a cada uma das seguintes actividades: a) Deposição em Aterro: esta alternativa considerou o transporte das lamas entre a ETLF e o destino final de deposição e os custos associados à deposição em aterro; b) Uso Agrícola: esta alternativa considerou o custo adicional de adição de cal às lamas para garantir a sua estabilização química e bacteriológica e os custos associados ao ensacamento para posterior distribuição. Foram considerados dois tipos de distribuição de lamas: i) distribuição com transporte gratuito para áreas agrícolas perto das ETLF (estes custos foram adicionados aos valores de comparação para esta opção); ii) provisionamento das lamas na ETLF para serem recolhidas pelo utilizador final (neste caso não existem custos associados ao transporte).

De realçar que, os custos associados ao controlo analítico não foram contabilizados para comparação de alternativas, uma vez que estes terão de ser efectuados independentemente da solução adoptada.

#### Deposição em Aterro

Para estimativa dos custos associados ao transporte e deposição de lamas foram considerados os critérios apresentados no quadro seguinte, tendo-se considerado que cada veículo é operado por um motorista e um servente/auxiliar.

Tabela 1 - Deposição em Aterro - Critérios para Estimativa de Custos

<b>Critério</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor</b>
Capacidade do veículo de transporte	ton.	10
Consumo do veículo	l/km	0,7
Preço do combustível	USD/l	1,01
Manutenção do veículo	USD/km	0,36
Velocidade média	Km/h	9
Custo com Motorista	USD/mês	275
Custo com Servente / Auxiliar	USD/mês	149
<b>Custo de transporte</b>	<b>USD/km/ton.</b>	<b>0,13</b>
<b>Custo de deposição</b>	<b>USD/ton.</b>	<b>4,13</b>

Na figura seguinte apresentam-se os percursos considerados entre cada uma das ETLF e o aterro no qual poderão ser depositadas as lamas produzidas.

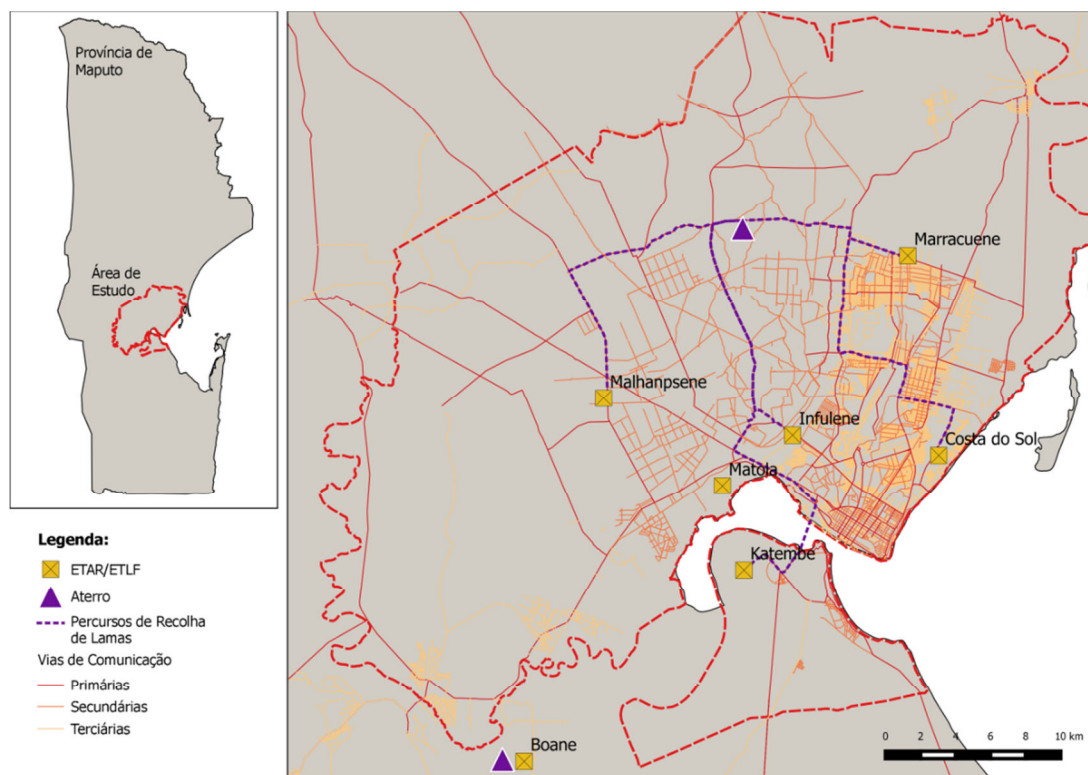


Fig. 3 - Deposição em Aterro - percursos viários a partir de cada estação de tratamento

Considerando os critérios apresentados no quadro anterior e os percursos representados na figura anterior, foram estimados, para cada uma das ETAR/ETLF, os custos por tonelada de lamas depositada em aterro.

Tabela 2 - Deposição em Aterro - Custos Unitários por ETAR/ ETLF

ETAR/ETLF	Distância ao Aterro (km)	Custo unitário de transporte (USD/km/ton)	Custo de transporte (USD/ton)	Custo unitário de depósito em aterro (USD/ton)	Custo total de transporte e deposição em aterro (USD/ton)
Matola	19,2	0,13	5,17	4,13	<b>..9,30</b>
Malhampsene	19,2		5,17		<b>9,30</b>
Marracuene	11,0		2,96		<b>7,09</b>
Costa do Sol	26,1		7,03		<b>11,15</b>
Infulene	16,2		4,36		<b>.8,49</b>
Boane	1,0		0,27		<b>.4,40</b>

Com base nos critérios apresentados e na quantidade de lamas produzidas em cada uma das ETAR/ETLF, foram estimados os custos totais anuais com o transporte e deposição em aterro, de acordo com o apresentado no quadro seguinte.

Tabela 3 - Deposição em Aterro - Estimativa de Custos

ETAR/ETLF	Lamas Produzidas (m <sup>3</sup> /ano)		Custo total de transporte e deposição em aterro (USD/ano)	
	2025	2040	2025	2040
Malhampsenem	5 503	15 489	51 160	143 987
Marracuene	5 788	15 364	41 025	108 902
Costa do Sol	9 125	11 315	101 785	126 213
Infulene/Matola	11 801	20 132	100 168	170 887
Boane	86	395	378	1 734
<b>Total</b>	<b>32 303</b>	<b>62 694</b>	<b>294 516</b>	<b>551 723</b>

Da análise ao quadro anterior, verifica-se que os custos anuais referentes ao transporte e depósito de lamas em aterro, considerando o total das 6 ETLF, são de aproximadamente 295 mil USD em 2025 e de 552 mil USD em 2040.

### Valorização Agrícola

Para determinar os custos associados à adição de cal e ensacamento, foram considerados os critérios apresentados no quadro seguinte.

Tabela 4 - Valorização Agrícola - Critérios para Estimativa de Custos

Critério	Unidade	Valor
Quantidade de cal adicionada	Kg/ton. de lamas	20
Custo de cal hidratada	USD/kg	0.032
Outros custos associados à adição de cal	USD/kg	0.016
<b>Custo de Adição de Cal</b>	<b>USD/ton</b>	<b>0.97</b>
<b>Custo de Ensacamento</b>	<b>USD/ton</b>	<b>3.68</b>

Uma vez que, em geral, os custos com adição de cal e ensacamento são inferiores aos custos de transporte e deposição em aterro associados à alternativa anterior, foi determinada uma distância até à qual é economicamente vantajoso entregar lamas nas zonas agrícolas a partir de cada uma das ETLF.

Assim, de acordo com o apresentado na Tabela 5, foi determinada a distância até à qual a distribuição das lamas será efectuada gratuitamente. A restante quantidade de lamas, que não será distribuída, estará igualmente disponível como fertilizante ensacado a um custo zero para os utilizadores, sendo que neste caso os agricultores terão a seu cargo o transporte das lamas até às suas propriedades.

Verifica-se que a ETLF de Boane é a única instalação a partir da qual não é vantajoso fazer distribuição gratuita, uma vez que terá um aterro adjacente para depósito na sua proximidade. No entanto, uma vez que a área envolvente a esta ETLF é caracterizada por uma forte componente agrícola, é expectável que as lamas produzidas sejam recolhidas pelos proprietários destes terrenos.

Quanto à ETLF da Matola, também foi considerado que não efetuará serviço de distribuição até às zonas agrícolas, uma vez que na sua área de influência as zonas agrícolas representam áreas muito pouco significativas, podendo ser servidas a partir das ETLF de Infulene e Malhampsenem.

Tabela 5 - Valorização Agrícola - Determinação de Distâncias para Distribuição Gratuita

ETAR/ETLF	Custo total de transporte e deposição em aterro (USD/ton)	Custo total com adição de cal e ensacamento (USD/ton)	Custo disponível para transporte gratuito (USD/ton)	Custo unitário de transporte (USD/km/ton)	Distância para distribuição agrícola (km)
Matola	9.30	4.65	4.64	0.13	17.2
Malhampsene	9.30		4.64		17.2
Marracuene	7.09		2.43		9.0
Costa do Sol	11.15		6.50		24.1
Infulene	8.49		3.83		14.2
Boane	4.40		0.00		0.0

Desta forma, a solução preconizada no Plano Director consiste em criar centros de distribuição com transporte até às zonas agrícolas, nomeadamente a partir das ETAR de Costa do Sol e de Infulene, ETLF de Malhampsene e de Marracuene. Quanto às lamas produzidas na ETLF de Boane ou na alternativa de ETAR da Matola, estas serão igualmente preparadas para serem utilizadas como fertilizante, sendo que nestes casos a recolha das sacas de lamas será efectuada pelos utilizadores na envolvente.

Na Figura 4 apresentam-se todas as zonas agrícolas enquadradas na área de estudo.

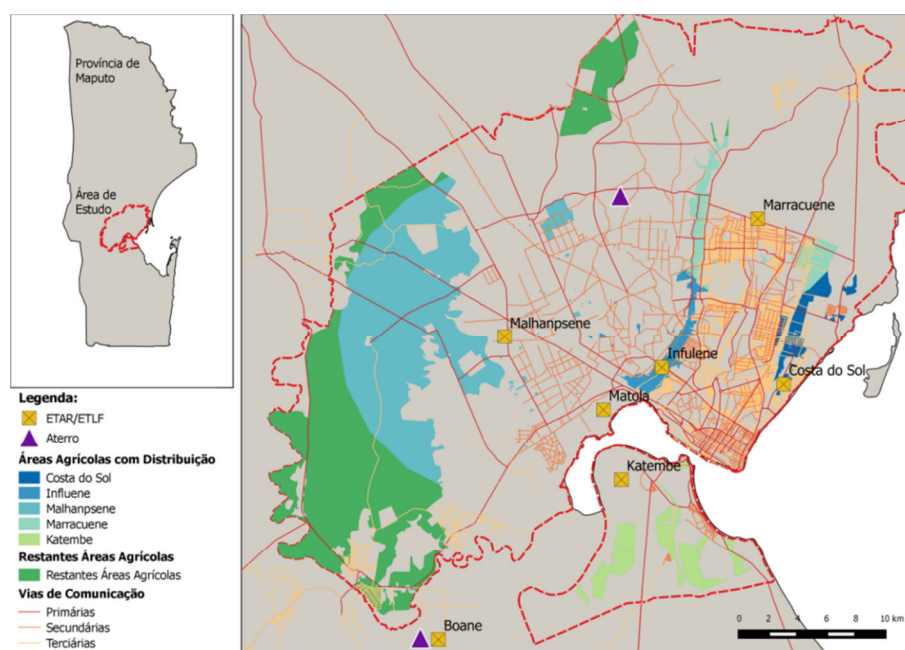


Fig. 4. - Valorização Agrícola - Potencial de distribuição por sistema de tratamento

Considerando a utilização agrícola de 6 toneladas de lamas por hectare de terreno agrícola (expressa em matéria seca), estimaram-se as quantidades de lamas que serão distribuídas até aos terrenos agrícolas e de lamas que serão disponibilizadas para recolha nas ETLF (Tabela-6).

Com base nas quantidades de lamas e custos unitários anteriormente apresentadas, foram determinados os custos associados à alternativa de valorização agrícola das lamas, os quais se apresentam no quadro seguinte. Ressalva-se que para estimativa do custo de transporte das lamas até aos terrenos agrícolas, foi considerada uma distância média entre as ETLF e os terrenos agrícolas da área de influência, a qual se apresenta igualmente na Tabela 7.



Tabela 6 - Valorização Agrícola - Quantidade de Lamas

ETAR/ETLF	Terrenos agrícolas na área de influência (ha) <sup>(1)</sup>	Lamas produzidas (m <sup>3</sup> /ano)		Lamas distribuídas com transporte gratuito (m <sup>3</sup> /ano)		Lamas disponíveis para recolha na ETLF (m <sup>3</sup> /ano)	
		2025	2040	2025	2040	2025	2040
Malhampsene	11 710	5 503	15 489	5 503	15 489	0	0
Marracuene	1 310	5 788	15 364	5 788	13 103	0	2 261
Costa do Sol	901	9 125	11 315	9 125	11 315	0	0
Infulene	872	11 801	20 132	8 716	8 716	3 084	11 415
Boane	0	86	395	0	0	86	395
<b>Total</b>	<b>14 793</b>	<b>32 303</b>	<b>62 694</b>	<b>29 132</b>	<b>48 622</b>	<b>3 170</b>	<b>14 071</b>

(1) - São considerados apenas os terrenos integrados na área de influência para a qual é economicamente vantajoso efectuar distribuição das lamas até às propriedades agrícolas, ou seja, os terrenos que contribuem para o cálculo das “lamas distribuídas com transporte gratuito”

Tabela 7 - Valorização Agrícola - Estimativa de Custos

ETAR/ETLF	Distância média aos terrenos agrícolas (km)	Custo de lamas distribuídas com transporte gratuito (USD/ano)		Custo com lamas disponíveis para recolha na ETLF (USD/ano)		Custo Total (USD/ano)	
		2025	2040	2025	2040	2025	2040
Malhampsene	10.3	40 854	114 982	0	0	40 854	114 982
Marracuene	0.0	26 940	60 988	0	10 526	26 940	71 514
Costa do Sol	10.0	67 091	83 193	0	0	67 091	83 193
Infulene	5.1	52 455	52 455	14 356	53 135	66 811	105 590
Boane	0.0	0	0	401	1 837	401	1 837
<b>Total</b>	<b>6.3</b>	<b>187 340</b>	<b>311 618</b>	<b>14 757</b>	<b>65 498</b>	<b>202 097</b>	<b>377 115</b>

Da análise ao quadro anterior, verifica-se que os custos anuais referentes à alternativa de valorização agrícola das lamas, considerando as ETAR/ETLF acima referidas, são de aproximadamente 202 mil USD em 2025 e de 377 mil USD em 2040.

Note-se que caso haja adesão a este serviço por parte dos proprietários e pessoas que exploram os terrenos agrícolas, verifica-se que as zonas agrícolas existentes no interior da área de intervenção do Plano são suficientes para garantir um destino final ao total de lamas produzidas nas ETLF. No entanto, a recolha de lamas nas ETLF estará naturalmente disponível a todos os interessados, mesmo que provenientes de zonas fora da área de intervenção.

## VALORIZAÇÃO AGRÍCOLA DE EFLUENTES TRATADOS

Desde que se garanta uma desinfecção eficiente dos efluentes nos sistemas de tratamento do Infulene e da Costa do Sol, as águas residuais tratadas podem ser usadas para usos compatíveis, seja para limpeza de espaços públicos, seja para rega de jardins e para produção agrícola.

No caso da Cidade de Maputo, a melhoria da produção agrícola pode afectar positivamente a vida de muitos milhares de habitantes, assumindo-se como um destino preferencial de aplicação dos efluentes tratados, com vantagens não só económicas, como ambientais.

Reportando ao sistema do Infulene, e ao cenário actual de afluência de caudais, o potencial de área a regar, para uma dotação média de rega de 5 000 m<sup>3</sup>/(ha.ano), seria da ordem de 250 ha a 300 ha, se fosse utilizado todo o efluente. No entanto esta utilização obrigaria a dispor de vastos volumes de reserva, e a garantir o transporte de água (incluído bombagem) para os locais de aplicação.

## SÍNTESE DE CUSTOS E CONCLUSÕES

A análise custo-benefício realizada demonstra que a valorização agrícola é uma solução mais adequada não só do ponto de vista ambiental, uma vez que evita a deposição de lamas em aterro, mas também por ser uma alternativa mais económica (-32%). Contudo, o sucesso desta alternativa depende do compromisso e empenho dos agricultores urbanos ao serviço. Recomenda-se, então, implementar um programa de consciencialização e informação desse serviço entre os potenciais utilizadores e actores responsáveis pela exploração agrícola na região.

O quadro seguinte apresenta em resumo a estimativa de custos efectuada para as duas alternativas analisadas, nomeadamente a deposição das lamas em aterro e valorização agrícola das lamas.

Tabela 8 - Resumo da Estimativa de Custos

ETAR/ETLF	Custo com deposição em aterro (USD/ano)		Custo com valorização agrícola (USD/ano)	
	2025	2040	2025	2040
Malhampsene	51 160	143 987	40 854	114 982
Marracuene	41 025	108 902	26 940	71 514
Costa do Sol	101 785	126 213	67 091	83 193
Infulene	100 168	170 887	66 811	105 590
Boane	378	1 734	401	1 837
<b>Total</b>	<b>294 516</b>	<b>551 723</b>	<b>202 097</b>	<b>377 115</b>

Relativamente aos efluentes tratados da ETAR, o seu potencial de utilização é também muito elevado, desde que seja garantida a adequada desinfecção. De facto, actualmente quase a totalidade do efluente tratado da ETAR do Infulene está a ser utilizada para fins agrícolas, embora sem as condições mínimas de segurança. A utilização destes efluentes tratados deve ser feita por motivos económicos, em áreas perto das ETAR. A oferta de efluente tratado é bastante inferior à procura actual mas a reutilização de apenas 25% do caudal de projecto poderá permitir aproximadamente irrigar 100 ha.

## REFERÊNCIAS

- [1]-Engidro/Hidra/Aquapor, Efficient use of wastewater and faecal sludge treatment resources. Sanitation and drainage Master Plan for the greater Maputo Metropolitan Area. Feasibility studies for priority solutions, Vol. A1, AIAS, (2016).
- [2]-FAO, Growing greener cities in Africa. First status report on urban and peri-urban horticulture in Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012).
- [3]-Metcalf, Eddy, and H. P. Eddy. "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse 3 (1991).
- [4]-WHO e UNICEF, Progress on sanitation and drinking-water. 2010 Update. World Health Organization and UNICEF (2010).
- [5]-WUP, Better water and sanitation for the urban poor - Good Practice from sub-Saharan Africa Water Utility Partnership for Capacity Building (WUP) (2003).