Interreg
España - Portugal
0029_SECASOL_5_E
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

UNIÓN EUROPEA
UNIÃO EUROPEIA

RELATÓRIO PP10
CONVERSÃO DE LEITOS DE SECAGEM EM LEITOS MACRÓFITAS PARA DESIDRATAR LAMAS DE DEPURAÇÃO NA ETAR DE ALCOUTIM

PROJETO SECASOL

ÍNDICE

1 RESUMO....3
2 DESCRIÇÃO DA ETAR DE ALCOUTIM....5
3 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DOS LEITOS MACRÓFITAS....8
4 FASE DE EXPLORAÇÃO....12
5 RESULTADOS....13
6 NOTAS FINAIS....17
7 BIBLIOGRAFIA....19

1 RESUMO

A fase do tratamento e desidratação de lamas tem revelado ao longo dos últimos anos ser uma das etapas chave do tratamento das águas residuais. Uma desidratação eficiente representa uma redução substancial dos custos operacionais globais de uma ETAR. Atualmente existem diversas tecnologias que permitem a obtenção de graus de desidratação elevados. No entanto, a aplicação de equipamento e a utilização de energia elétrica fazem aumentar os custos de investimento e exploração dos sistemas, podendo representar cerca de 20 a 60% dos custos operacionais (von Sperling e Gonçalves, 2007).

Por outro lado, numa sociedade onde aspetos como alterações climáticas, economia circular, descarbonização da economia e eficiência e sustentabilidade energética são cada vez mais prementes, designadamente no setor da água, interessa adotar novas soluções que vão de encontro a tais desígnios.

Na vertente das lamas de depuração é prioritário que as mesmas sejam produzidas com a melhor qualidade possível i.e., com elevados teores de matéria seca e cumprindo os níveis dos parâmetros estipulados para o respetivo destino, de modo a que possam ser valorizadas o mais próximo possível da origem, diminuindo assim a respetiva pegada de carbono. Atendendo à realidade nacional em que uma boa parte dos solos têm necessidades em termos de matéria orgânica e nutrientes, o destino preferencial das lamas de depuração, após serem submetidas a armazenamento temporário ou tratamentos por compostagem ou calagem, tem sido a valorização agrícola.

No entanto, e designadamente na região do Algarve, não existem centros de armazenagem e tratamento de lamas com capacidade para tratar este subproduto com vista à sua aplicação nas proximidades das instalações. Isto faz com que as lamas tenham que ser transportadas para vária centenas de quilómetros de distância da região para serem tratadas a nível da componente microbiológica e, somente após esse tratamento, serem utilizadas em solos agrícolas.

Neste contexto a aplicação de sistemas de secagem solar de lamas e de leitos de macrófitas surgem como alternativas viáveis, para determinadas situações, ao processo convencional de desidratação de lamas, permitindo reduzir consideravelmente o teor em humidade e aumentar a sua qualidade do ponto de vista microbiológico.

Através da implementação deste ensaio piloto pretende-se avaliar as potencialidades da desidratação solar das lamas de pequenas ETAR em leitos de macrófitas. Estudos realizados até ao momento têm evidenciado uma boa aplicabilidade desta tecnologia inovadora de

desidratação que alia as potencialidades do uso da energia solar e das macrófitas. Esta tecnologia possui baixos consumos energéticos, reduzidos custos de operação e manutenção, processo natural de fácil integração no sistema de tratamento e permite acumular lamas num período de referência mínimo de cerca de 3 a 5 anos, minimizando assim os transportes a realizar, para além de permitir melhorar a qualidade da lama final, designadamente a nível dos parâmetros microbiológicos (Uggetti et al., 2010, 2011)

A avaliação desta tecnologia faz parte integrante do projeto SECASOL Aplicação de tecnologias inovadoras para melhorar a eficiência dos processos de secagem de lamas de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos através da utilização de Tecnologias Solares nas regiões de Andaluzia-Algarve-Alentejo (http://www.diphuelva.es/secasolpt; Viegas e Martins, 2018), que é financiado pelo Programa POCTEP (2014-2020). O projeto SECASOL conta com os sete parceiros envolvidos no projeto: Diputación Provincial de Huelva (DIPHU, España), Agência Regional de Energia e Ambiente do Algarve (AREAL, Portugal), Gestão Ambiental e de Resíduos (GESAMB, Portugal), Águas do Algarve (AdA, Portugal), Centro Tecnológico Avanzado de Energias Renovables (CTAER, España), Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG, Portugal) e Fundación Centro de Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA, España).

O valor do Global do projeto é de 789 349,05 Euros sendo comparticipado em 75%. A despesa total aprovada por parte da Águas do Algarve é de 44 811,29 Euros.

Neste âmbito está em curso a conversão de um sistema de leitos de secagem tradicional da ETAR de Alcoutim num sistema mais eficiente e inovador através de leitos de macrófitas, analisando desta forma a sua viabilidade técnica, económica e ambiental, com vista à sua otimização e utilização noutros sistemas de tratamento de pequenos aglomerados da região do Algarve.

2 DESCRIÇÃO DA ETAR DE ALCOUTIM

O Sistema de Saneamento de Alcoutim serve a localidade sede de concelho, sendo que esta possui um sistema coletivo de drenagem de águas residuais domésticas, que drena para a atual instalação.

Figura 1. Localização da ETAR de Alcoutim no mapa do Algarve.

A ETAR de Alcoutim é constituída por uma obra de entrada com gradagem manual, um tanque de arejamento a funcionar em baixa carga, um decantador secundário e um sistema de desinfeção através de ultravioleta. As lamas são encaminhadas do poço de recirculação para um dos três leitos de secagem, mediante uma abertura de válvulas, onde são desidratadas as lamas produzidas.

A ETAR encontra-se dimensionada para uma servir uma população de 868 habitantes no horizonte de projeto em 2037, sendo a população servida atualmente de 540 habitantes equivalentes (Licença de descarga nº 018931.2017.RH7)

O caudal afluente à instalação é muito variável, aumentado significativamente em períodos de chuva, De uma forma geral, o caudal mantem-se abaixo do valor de projeto, apresentando alguns picos coincidentes, muito provavelmente, com períodos de chuva, como se pode verificar na Figura 2.

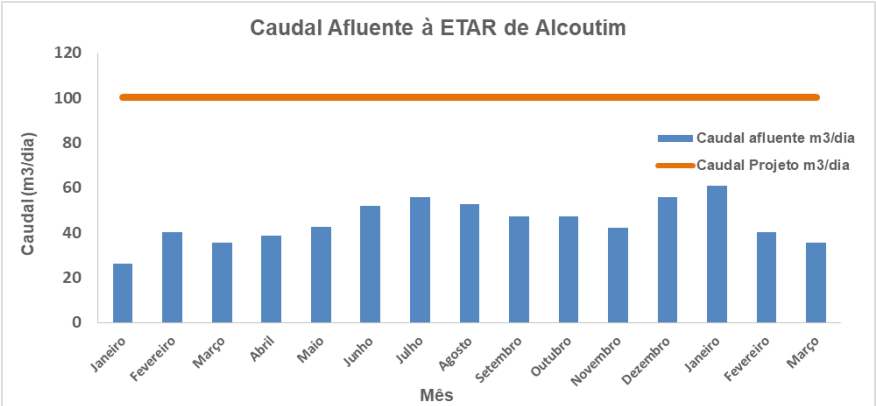

Figura 2. Caudal afluente à ETAR de Alcoutim em 2019 e inicio de 2020.

No entanto a carga orgânica afluente à instalação tem variações mais significativas, do que o caudal, chegando a ultrapassar os valores de projeto, como se pode verificar na Figura 3.

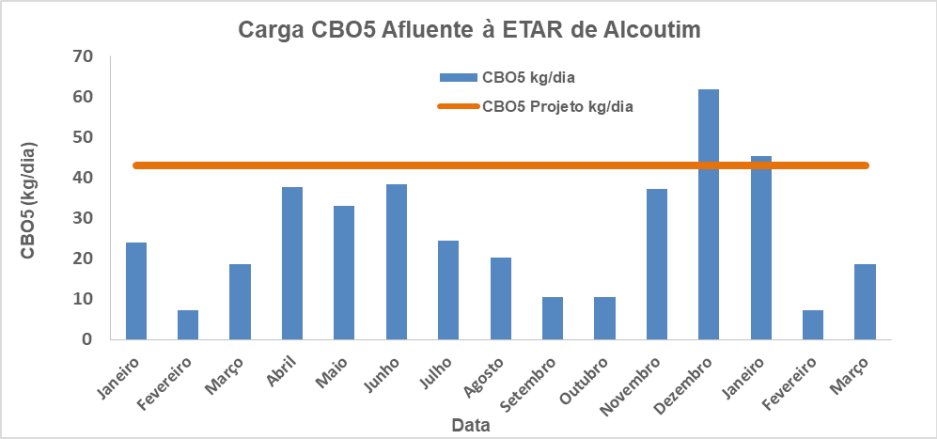

Figura 3. Carga de CBO5 afluente à ETAR de Alcoutim, em 2019 e início de 2020.

Ao analisar a evolução da carga orgânica afluente à ETAR de Alcoutim ao longo do ano, consta-se que há um aumento no período de Primavera, que antecede o Verão e ultrapassa os valores de projeto nos meses de Dezembro e Janeiro, coincidente com a altura das épocas festivas. Provavelmente, há um aumento da população flutuante nestes referidos períodos, justificando o aumento significativo da carga afluente.

No que se refere, à produção de lamas desidratadas da referida instalação ronda as 20 toneladas anuais.

Seguem-se, na Figura 4, algumas imagens da ETAR de Alcoutim, no que se refere ao tratamento biológico, com tanques de arejamento e do sistema de desidratação de lamas inicialmente implementado com 3 leitos de secagem.

Figura 4. Tanque de arejamento e leitos de secagem implementados na ETAR de Alcoutim.

No âmbito do projeto Secasol, procede-se à conversão de leitos de secagem existentes na ETAR de Alcoutim em sistemas de desidratação por leitos macrófitas.

Pretende-se, assim, melhorar a gestão de lamas desidratadas da ETAR de Alcoutim e restantes ETAR do concelho. As intervenções permitirão que as lamas se possam acumular nos leitos de macrófitas, num período de referência mínimo de cerca de 3 a 5 anos, minimizando, desta forma, os transportes a realizar, para além de permitir melhorar a qualidade da lama final designadamente a nível dos parâmetros microbiológicos.

As lamas poderão assim, cumprir os critérios, para aplicação direta em solos agrícolas nas proximidades, com valores de 1000 células de Escherichia coli /g de matéria fresca e ausência de Salmonella spp. em 50 g de matéria original (Decreto-Lei n.º 276/2009). Adicionalmente, as lamas desidratas provenientes de ETAR contêm uma concentração adequada de nutrientes, nomeadamente de azoto e fósforo, ideal para os solos agrícolas.

3 CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DOS LEITOS MACRÓFITAS

Um dos critérios de dimensionamento está relacionado com a carga de sólidos, que não deve ultrapassar os 60 kg MS/m2/ano. (Uggettti, 2011). Por outro lado, o número de leitos varia de sistema para sistema, embora nos pequenos aglomerados seja recomendado existir pelo menos 4 leitos de modo a garantir a rotação entre os mesmos durante a fase de enchimento.

Normalmente os leitos são retangulares e devem permitir uma distribuição uniforme pelos mesmos, ou seja o sistema de alimentação através de tubagens verticais permite uma distribuição mais uniforme do que o sistema que alimenta os leitos na extremidade.

Neste caso, os leitos de secagem da ETAR de Alcoutim são os 3 retangulares, com 6 metros de largura e 3 metros de comprimento cada.

Por outro lado, a inclinação do leito recomendada é de 1% de forma a permitir a drenagem e simultaneamente algum arejamento.

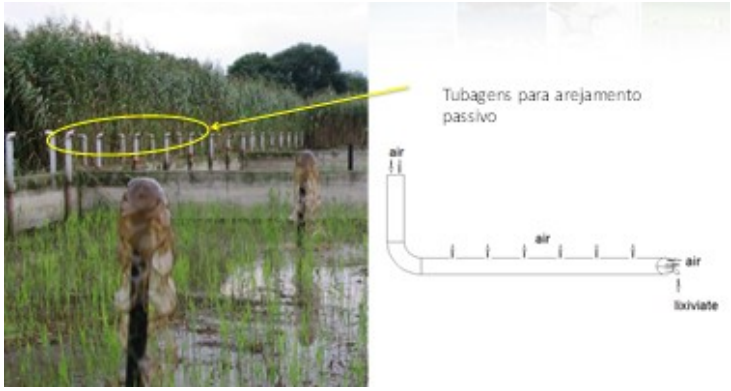

Figura 5.Exemplo do sistema de arejamento passivo. (Uggeti et. al, 2011)

O enchimento do leito deve conter entre 30 a 60 cm de altura e seguir as seguintes recomendações, em que cada camada deve conter os diferentes tipos de granulometria e respetivas espessuras. O fundo dos leitos deve ser constituído por 15 a 20 cm de pedras de Ø 5 cm, para proteção das tubagens (15-20 cm), deve seguir-se o enchimento com camada filtrante de gravilha Ø 2-10 mm (20-30 cm) e o topo deverá ser preenchido com camada de areia de Ø 0,5-1 mm (10-15 cm), como meio filtrante (melhor que composto) e de suporte para as plantas.

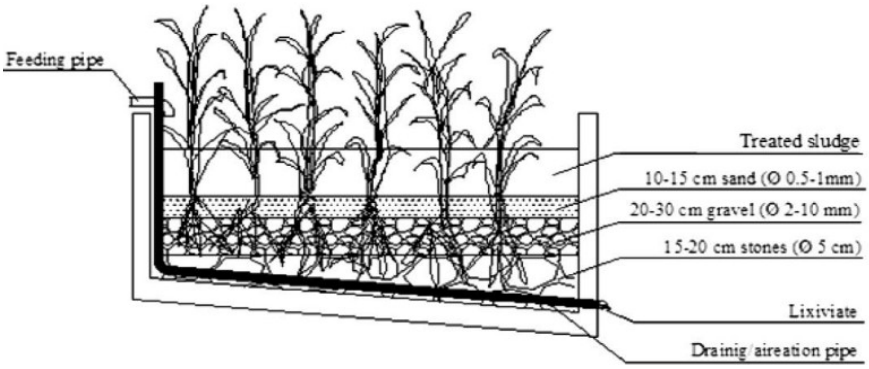

Figura 6. Disposição e constituição das várias camadas do meio de enchimento. (Uggeti et. Al, 2011)

Figura 7. Leitos macrófitas após colocação do meio de enchimento, em fase inicial de exploração.

Note-se que, as Águas do Algarve seguiu exatamente o tipo de enchimento proposto. No entanto, optou-se por converter apenas 2 dos 3 leitos de secagem em leitos macrófitas (com uma área de 60 m^2 cada), como se pode verificar na figura seguinte, ficando com um leito de secagem de como reserva.

Figura 8. Leitos macrófitas com inserção de tubagens de alimentação de lamas e de arejamento (Leito2) na ETAR de Alcoutim.

Desta forma, o sistema de desidratação da ETAR ficou com a seguinte configuração: o Leito 1 mantém-se como leito de secagem, o Leito 2 foi convertido em leito macrófita com sistema de arejamento passivo (tubagens castanhas) e o Leito 3 em leito macrófita sem sistema de arejamento.

A tubagem de alimentação constitui, em cada leito, quatro saídas verticais distribuídas uniformemente, pelas quais se fará a descarga do efluente para o interior dos leitos 2 e 3. No topo da tubagem de alimentação colocou-se um acessório em forma de chapéu ou cúpula, em aço inox – ver imagem abaixo – com o intuito de evitar que o fluido seja expelido num jato aberto.

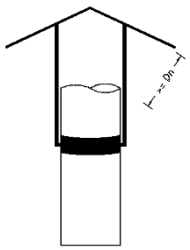

Figura 9. Tubagem de alimentação de lamas, em forma de chapéu no topo. (Memória descritiva AdA, 2017)

Por outro lado, foi ainda implementado um sistema de arejamento passivo, no leito 2, composto por uma tubagem assente no fundo, interligada a uma tubagem vertical distribuída pelo perímetro das paredes do leito, ligadas entre si.

Esta tubagem de arejamento é de PVC, pintada a cor castanha, para proteção face à ação dos Ultra Violetas e a meia cana superior com a tubagem do fundo perfurada, de forma a distribuir o ar e simultaneamente percolar as escorrências (Memória descritiva AdA, 2017)

Por fim, os leitos são plantados com plantas macrófitas, designadas por Phragmite australis com a densidade de 4 plantas/m2, como se pode verificar na figura seguinte.(Uggeti et. al, 2011)

As lamas são no fundo o substrato, para as plantas se desenvolverem, daí ser tão importante manter o equilíbrio entre a carga de lamas e o crescimento / estado das mesmas, neste caso das phragmite australis.

Figura 10. Leitos macrófitas após plantação das Phragmite australis na ETAR de Alcoutim, em fase de exploração.

Por fim, e uma vez os leitos macrófitas implementados, procede-se à fase de exploração dos mesmos, em que se efetua a alimentação periódica no topo em vários pontos dos leitos, equidistantes, de forma a evitar a alimentação em zonas preferenciais.

4 FASE DE EXPLORAÇÃO

Após a conversão dos 2 dos 3 leitos de secagem em leitos macrófitas, para desidratação de lamas na ETAR de Alcoutim, procedeu-se à sua exploração/ operacionalidade dos mesmos. A alimentação aos leitos deve ser monitorizada, de forma a evitar a sobrecarga dos leitos, devendo não ultrapassar o valor recomendado de 60 kg MS/m2/ano. (Uggeti et. al, 2011)

A alimentação deve ser alternada entre os leitos disponíveis, e com um intervalo de 2 a 3 dias, de forma a permitir a percolação dos leitos, bem como a manter o equilíbrio entre o desenvolvimento da plantas e a carga de lamas.

Desta forma, procedeu-se a alimentação dos leitos com intervalos de 4 a 7 dias, o que foi possível, devido ao facto de termos 2 leitos para alternar alimentação das lamas.

Assim evitou-se a colmatação dos leitos, que pode ser originada pela sobrecarga de enchimento dos leitos, acumulação de sólidos em ponto preferenciais do enchimento, causando inercia no fluxo de escoamento e na desidratação das lamas ao longo dos leitos. O crescimento do biofilme, a deposição de detritos das plantas, o crescimento de raízes, bem como, a precipitação química de compostos também podem estar na origem do processo de colmatação. (Pedescoll, 2010)

Após a operacionalidade dos leitos deverá manter-se um período de descanso de 4 a 6 meses, de forma a permitir o decaimento microbiológico e o aumento da matéria seca da lama. O ideal seria prever esse período de descanso em tempo seco. A evapotranspiração apresenta valores superiores no verão (cerca de 25 a 30 mm/d) e extremamente baixas no inverno (cerca de 2 a 10 mm/d), o que condiciona significativamente a eficiência de desidratação. (Pedescoll, 2010)

A monitorização da qualidade da lama pode ser efetuada ao longo do período de descanso, de forma a traçar a curva da qualidade da lama ao longo do tempo de secagem.

Relativamente á replicação deste tipo de desidratação a outros sistemas, deve comparar-se os custos de investimento vs custos de transportes e encaminhamento a destino final. Provavelmente poderíamos optar uma solução local algum tipo de parceria que permita incorporar as lamas na agricultura local, consoante a qualidade da lama obtida no presente estudo.

No entanto, e uma vez que ainda estamos na fase de enchimento/ exploração, não será, para já, possível estudar a qualidade do produto final e efetuar os cálculos que nos permitam comparar com outros tipos de desidratação, em termos de qualidade microbiológica da lamas final e custo de pegada de carbono, associados aos transporte das lamas.

5 RESULTADOS

A alimentação deve ser alternada entre os leitos disponíveis, devendo ser alimentado de 2 a 3 dias, de forma a permitir a percolação dos leitos, bem como a manter o equilíbrio entre o desenvolvimento das plantas e carga de lamas. Os leitos foram assim alimentados, de forma alternada, ora no Leito 2 (arejado), ora no Leito 3 (não arejado), com espaçamentos de 4 a 7 dias. Os tempos de alimentação mensal a cada leito encontra-se na tabela seguinte:

Carga aplicada aos Leitos macrófitas	Alimentação Leito 2 (min)	Alimentação Leito 3 (min)
Meses	min	min
Abril	16	16
Maio	20	20
Junho	24	24
Julho	36	56
Agosto	48	48
Setembro	48	56

Tabela 1. Tempos de alimentação aos leitos macrófitas.

Na Tabela 1, verifica-se que os tempos de alimentação de lamas aos leitos aumentaram significativamente a partir do mês de Julho.

Posteriormente, obtiveram-se os valores das cargas aplicadas a cada leito tendo em conta a capacidade da bomba de extração, uma concentração de sólidos suspensos totais na recirculação de lamas estimada, uma vez que, dispomos de poucos resultados, bem como dos tempos de alimentação, identificados na tabela 1.

Carga aplicada aos Leitos macrófitas	Carga média aplicada Leito 2 (com arejamento)	Carga média aplicada Leito 3 (sem arejamento)	Colmatação Leito 3	Colmatação Leito 2
Meses	kg/m2.ano		Sim/Alguma/Não	
Abril	42	42	Não	Não
Maio	53	53	Não	Não
Junho	63	63	Não	Não
Julho	95	148	Não	Alguma
Agosto	126	126	Não	Sim
Setembro	126	148	Não	Sim

Tabela 2. Carga aplicada a cada Leito de secagem, nos últimos meses e observação visual de algum tipo de colmatação.

Na Tabela 2, bem como na Figura seguinte, verifica-se que a carga que tem sido aplicada a cada leito tem vindo a aumentar, ultrapassando o valor máximo recomendado de 60 kg MS/m2/ano, em ambos os leitos a partir do mês de Junho.

O facto da carga de lamas aplicada aos leitos ter aumentado significativamente, pode originar um desequilíbrio entre o desenvolvimento da plantas e a carga de lamas, conduzindo à colmatação dos leitos, causando inercia no fluxo de escoamento e na desidratação comprometendo, ainda, o desenvolvimento das plantas.

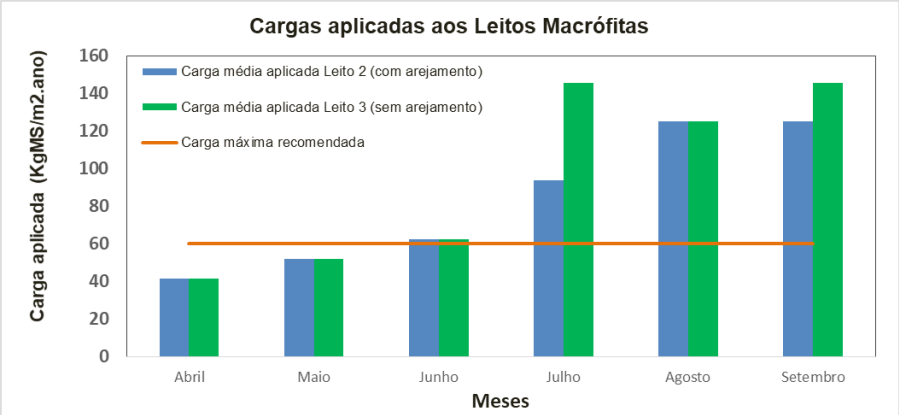

Figura 11: Cargas aplicadas aos leitos macrófitas (2 e 3) com plantação das Phragmite australis na ETAR de Alcoutim.

Ao analisar a Figura 11, não só é possível confirmar o aumento significativo da carga aplicada de lamas em ambos os leitos, mas também, constatar que o leito 3 (sem arejamento) tem sido mais sobrecarregado.

Na Figura 12, é possível, avaliar visualmente o desenvolvimento das plantas, bem como o respetivo equilíbrio entre o estado das mesmas e a respetiva percolação quer do Leito 2, quer do Leito 3, ao longo dos últimos meses

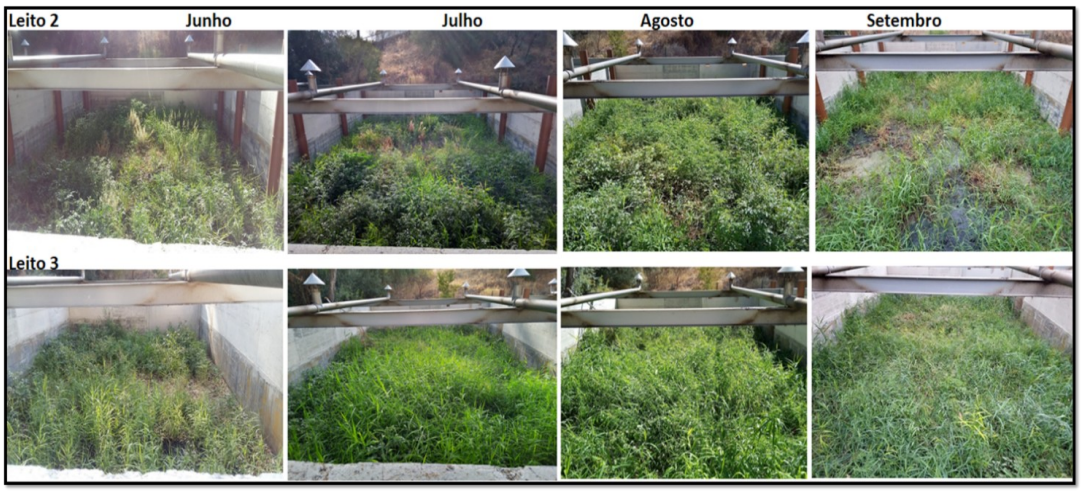

Figura 12. Evolução do Leitos macrófitas, ao longo dos últimos meses, em fase de exploração.

A evolução fotográfica de ambos os leitos, permite ainda efetuar a comparação entre o desempenho do leito arejado (2) e do não arejado (3), quer ao nível de percolação, bem como, no desenvolvimento e aspeto das plantas, face às respetivas cargas aplicadas.

Verifica-se, deste modo, que embora o Leito 2, disponha de um sistema de arejamento com tubagens perfurados na parte inferior de forma a permitir uma melhor percolação de escorrências, na prática é o que apresenta maiores problemas a nível do escoamento, colmatando mais facilmente. Por outro lado, o Leito 3, apesar de não ter qualquer arejamento e tubagens para percolação das escorrências, tem suportado cargas superiores, sem apresentar sinais de colmatação. Desta forma a implementação do sistema de arejamento, com tubagens perfuradoras para percolação, não demonstra ser eficaz.

Adicionalmente, constata-se que ocorreu um crescimento saudável das Phragmite australis entre os meses Junho e Agosto, principalmente no Leito 3 (não arejado), que tem apresentado uma melhor percolação das escorrências, bem como, um melhor equilíbrio no crescimento das plantas. No entanto, a partir do mês de Setembro, verifica-se além da significativa colmatação do Leito 2 (arejado), uma certa degradação das plantas, com as pontas amareladas, em ambos os leitos.

A sobrecarga de lamas aplicada aos leitos, superior aos valores recomendados (> 60 kg MS/m2.ano) está a comprometer o equilíbrio no desenvolvimento das Phragmite australis (Uggeti et. al, 2011).

Desta forma, devemos diminuir os tempos de extração para os leitos macrófitas, recorrendo por exemplo ao leito de secagem adicional na ETAR, não devendo ultrapassar os 22 min mensais de extração de lamas para cada leito macrófita.

Por outro lado, está a analisar-me melhor o sistema de espalhamento das lamas na parte superior dos leitos, de forma a evitar a acumulação de lamas em pontos preferenciais, neste caso, junto às tubagens de alimentação. O que se verifica atualmente, é que mesmo com a implementação dos cones em chapéu de forma a permitir uma dispersão da lama mais eficiente pelos leitos, o caudal de lama não é suficiente para atingir o chapéu superior, pelo que se está a avaliar uma alteração do mesmo ou, até mesmo, adotar um sistema alternativo, de forma a uma propagação da lama mais eficaz.

Uma vez que, por enquanto, ainda nos encontramos em fase de exploração, não é possível, para já, analisar a qualidade da lama final, nem o tempo de enchimento dos leitos macrófitas de forma comparar com outros sistemas, quer a nível da qualidade das lamas finais, e da possibilidade ou não de aplicação direta em terrenos agrícolas (com Ecoli<1000) e se a %MS atinge os valores preconizados de (>60%), assegurando um encaixe de uma maior quantidade de lamas por mais tempo, minimizando os transportes de lamas e as emissões de

carbono.

Após a operacionalidade dos mesmos e uma vez que as lamas atinjam determinada altura nos leitos, deve manter-se um período de descanso de 4 a 6 meses, de forma a permitir o decaimento microbiológico e o aumento da matéria seca da lama.

6 NOTAS FINAIS

Os objetivos globais da implementação de leitos macrófitas na ETAR em questão estão assim relacionados com a obtenção de um produto final (lama) que pode ser reciclado como fertilizante orgânico no solo, a baixos custos energéticos. Permitindo assim incrementar os níveis de eficiência na utilização dos recursos naturais para contribuir para o desenvolvimento da economia verde, bem como, fomentar tecnologias inovadoras no processo de secagem de lamas provenientes das ETAR e dos resíduos sólidos urbanos mediante o uso de tecnologias solares naturais.

Para já, ainda não é possível verificar a qualidade da lama final, quer a nível do possível aumento da % MS da lama final, permitindo assim um aumento da capacidade de armazenamento nos leitos, minimizando o número de transportes e consequentemente as emissões de carbono. Por outro lado, ainda não é possível obter qualquer resultado dos valores microbiológicos da lamas finais e se vão de encontro ao preconizado, em que se prevê um decaimento significativo, principalmente a nível da Escherichia coli 1000 células /g, permitindo desta forma a aplicação da lama diretamente em terrenos agrícolas nas proximidades, contribuindo igualmente para o desenvolvimento da economia verde (Decreto-Lei n.º 276/2009).

Desta forma, iremos continuar na fase de exploração, com alimentação alternada entre os 2 leitos macrófitas e tentando não ultrapassar os 22 minutos máximos mensais de alimentação em cada leito, de forma a não sobrecarregar os mesmos e assim não comprometer o equilíbrio entre a carga de lamas aplicada e o desenvolvimento das Phragmite australis.

Por outro lado, irá implementar-se uma melhoria no sistema de espalhamento da lama, de forma a permitir uma melhor distribuição da mesma, evitando que se acumule em pontos preferenciais, como tem vindo a acontecer, mesmo com os chapéus implementados superiormente à tubagem de alimentação de lama.

Há que igualmente, verificar quais as cargas máximas suportadas pelos leitos macrófitas, no período de inverno que se avizinha, com diminuição da temperatura e aumento da pluviosidade. A evapotranspiração apresenta valores superiores no verão (cerca de 25 a 30 mm/d) e extremamente baixas no inverno (cerca de 2 a 10 mm/d), o que condiciona significativamente a eficiência de desidratação (Pedescoll, 2010).

A evapotranspiração neste período é assim inferior, pelo que a eficiência de desidratação irá diminuir, bem como, as plantas terão menos necessidades, logo a carga que deverá ser aplicada deverá ser inferior. Desta forma deve proceder-se a uma monitorização mais

apertada, relativamente aos tempos de alimentação a cada leito, ao estado de colmatação dos mesmos, bem como, à saúde das plantas. Posteriormente poderemos estabelecer uma comparação, entre a eficiência de desidratação dos leitos macrófitas em período de verão (tempo seco e quente) e o período de inverno (tempo húmido e frio).

Adicionalmente, prevê-se um aumento da carga orgânica nos meses de Dezembro e Janeiro, pelo que deveremos ajustar o possível aumento da extração de lamas com a carga que os leitos macrófitas suportarão, principalmente no referido período.

Concluindo, e tendo em conta que o nível dos leitos atualmente encontra-se significativamente abaixo da capacidade máxima, só daqui a uns anos, poderemos estudar a qualidade da lama resultante findo esse período e respetivo descanso adicional recomendado de 4 a 6 meses, de preferência em tempo seco (primavera/ verão).

Por outro lado, a monitorização da qualidade da lama só pode ser efetuada, posteriormente, findo o período de exploração até que se atinja a capacidade máxima dos leitos e do consecutivo período de descanso recomendado, de forma a traçar a curva da qualidade da lama ao longo do tempo de secagem (dos referidos 4 a 6 meses).

Relativamente à replicação deste tipo de desidratação a outros sistemas, fica igualmente em aberto, uma vez que só se justifica se verificar que a redução dos custos de transporte e encaminhamento a destino final resultantes compensam face aos custos de investimento na implementação dos leitos macrófitas.

7 BIBLIOGRAFIA

- Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2 de Outubro. Diário da República, 1.ª série, N.º 192.
- Licença de descarga APA nº 018931.2017.RH7 Licença de Utilização dos Recursos Hídricos - Rejeição de Águas Residuais, 2018
- Memória descritiva para conversão dos leitos de secagem em leitos macrófitas, 2017
- Pedescoll, A., 2010, Clogging in Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands, Universidade Politécnica da Catalunya.
- Uggetti E, Ferrer I, Llorens E, García J. (2010) Sludge treatment wetlands: A review on the state of the art. Bioresource Technology 101 (2010): 2905-2912.
- Uggetti E, Ferrer I, Molist J., García J. (2011) Technical, economical and environmental assessment of sludge treatment wetlands. Water Research 45 (2011): 573-582.
- Viegas S., Martins A.M.P. (2018), Aplicação de tecnologias inovadoras para melhorar a eficiência dos processos de secagem de lamas de Águas Residuais e de Resíduos Sólidos Urbanos através da utilização de Tecnologias Solares nas regiões de Andaluzia-Algarve-Alentejo, Newsletter Marca d'água de Maio de 2018.
- Von Sperling M., Gonçalves R.F. (2007) Sludge characteristics and production. In: Cleverson V.A., von Sperling M., Fernandes F. (Eds.) Sludge Treatment and Disposal. IWA Publishing, London, UK.