



II-136 - TRATAMENTO COMBINADO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO E ESGOTO DOMÉSTICO EM REATORES BIOLÓGICOS

Carla Gislaïne de Barros Scarp dos Reis⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Severino Sombra (USS). Mestranda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Gabriel Dias Tavares⁽²⁾

Graduando em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Emily Mariele de Oliveira⁽³⁾

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Letícia Vasconcelos Kristen⁽⁴⁾

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Alexandre Lioi Nascentes⁽⁵⁾

Engenheiro Civil e Sanitarista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Doutor em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UERJ e Professor Associado da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Endereço⁽¹⁾: Rua Oscar Azevedo, nº50 - Purys – Três Rios – Rio de Janeiro - CEP: 25808-130 - Brasil - Tel: +55 (24) 988778640 - e-mail: carla_scarp@yahoo.com.br

RESUMO

O tratamento combinado é uma alternativa que vem sendo implantada em algumas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) no Brasil, no qual o objetivo se baseia em adicionar o lixiviado de aterro sanitário ao esgoto doméstico em unidades de tratamento convencionais existentes. O tratamento combinado de lixiviado e esgoto sanitário tem se mostrado uma alternativa viável, levando em conta a minimização dos efeitos adversos ao ambiente. Esta alternativa vem sendo estudada por diversos pesquisadores. O processo de tratamento de efluentes por lodo ativado é uma conceituada tecnologia. Porém, ao longo das últimas décadas, tem-se estudado técnicas para melhorar o desempenho de sistemas convencionais. Para que os processos biológicos ocorram com maior eficiência, tem-se utilizado novas alternativas, como a introdução de meios de suporte no reator biológico. Estes meios de suporte podem ser granulados bioclásticos, biomédias plásticas, carvão ativado, entre outros. A introdução dos meios de suporte tem como objetivo aumentar a concentração de biomassa, a adsorção dos compostos recalcitrantes e tóxicos. Os Granulados Bioclásticos marinhos são constituídos principalmente por algas calcárias, como exemplo, as espécies de alga *Lithothamnium Calcareum*, comumente encontradas no litoral brasileiro, é um dos principais constituintes dos recifes e corais marinhos desenvolvidos em diversas regiões oceânicas. São uma alternativa ao calcário continental muito utilizado no processo de tratamento de efluentes por apresentar elevado potencial de adsorção. Neste contexto, o estudo tem como objetivo avaliar a eficiência do tratamento de lixiviado e esgoto sanitário em diferentes reatores biológicos. Foram operados 2 reatores contínuos com volume útil de 2,5 L, sendo: reator de lodo ativado (RLA) e reator de lodo ativado com adição de granulado bioclástico (RLAGB), e avaliadas 3 misturas lixiviado/esgoto (0%, 0,5% e 1,0% (v/v)) para alimentação dos mesmos. Para cada condição foram monitorados os aspectos operacionais, visando o desempenho e eficiência dos reatores. Portanto, a presente pesquisa se propõe a avaliar a eficiência do tratamento de efluentes em reatores biológicos, que operam com essas duas tecnologias, tratando lixiviado de aterro sanitário combinado ao esgoto doméstico.

PALAVRAS-CHAVE: Granulado bioclástico, Lodo ativado, Aterro sanitário, Efluente

INTRODUÇÃO

O acelerado e contínuo aumento da população implicam diretamente no aditamento significativo da geração de resíduos sólidos e de águas residuárias. Entre 2010 e 2019, a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil registrou um aumento relevante, indo de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano (ABREPEL, 2020). A destinação final ambientalmente adequada prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, é uma das alternativas de disposição final dos resíduos, logo que sejam obedecidas as normas operacionais específicas de forma e a evitar riscos ou danos à segurança e à saúde pública, minimizando os impactos ambientais (BRASIL, 2010).

No Brasil, a maior parte dos resíduos sólidos urbanos coletados é disposta em aterros sanitários, tendo em registro um acréscimo de 10 milhões de toneladas na última década, passando de 33 milhões de toneladas por ano, para 43 milhões de toneladas, o que corresponde a 75,1% do total de resíduo coletado aproximadamente. No entanto, a quantidade de resíduos que são dispostos de forma inadequada, como em lixões e aterros controlados, também cresceu, passando de 25 milhões para aproximadamente 29 milhões de toneladas por ano. Ao longo de 10 anos, principalmente em resultado da implementação dos princípios e diretrizes da PNRS, que completou uma década de vigência em 2020, nota-se que ocorreram importantes modificações no setor de resíduos. Nesse período, a geração total de resíduos sólidos urbanos cresceu cerca de 19% no país, com um aumento de 9% no índice de geração per capita. Em uma análise regional, verifica-se que a região Sudeste contribui com a maior geração de resíduos em âmbito nacional (49,88%) (ABREPEL, 2020). Os aterros sanitários compreendem técnicas de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, de forma planejada, cuja finalidade é garantir a disposição correta dos resíduos, reduzindo impactos ambientais adversos. Este método de destinação final é projetado sobre critérios técnicos, para confinar os resíduos à menor área possível, onde o resíduo sólido é compactado e coberto com terra, formando diversas camadas (ABNT, 1984). Como principais vantagens à sua utilização, os aterros sanitários possuem simplicidade operacional, versatilidade quanto aos tipos de resíduos a ser tratados e ao baixo custo operacional (RUSSO, 2003).

O lixiviado, também chamado de chorume ou líquido percolado, é um dos efluentes gerados no aterro sanitário, sendo este originado por processos biológicos, químicos e físicos da decomposição bacteriana da matéria orgânica e inorgânica, além da infiltração da água de chuva nos resíduos, bem como os produtos da biodegradação. É um efluente complexo, de composição bastante variável e de alto potencial poluidor, possuindo difícil tratamento (PROSAB, 2009). O lixiviado gerado apresenta características como alta concentração de amônia, matéria orgânica e sais. É rico em compostos orgânicos, possui elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal, apresentam substâncias recalcitrantes, altos teores de demanda química de oxigênio e baixa biodegradabilidade (LACONI et al., 2011). Guo et al. (2010) verificaram que as características qualitativas do lixiviado dos aterros sanitários variam de acordo com o grau, tipo e estágio de decomposição dos resíduos, bem como a umidade e idade do aterro. Aterros sanitários jovens, com idade inferior a cinco anos, encontram-se na fase acidogênica, apresentam grande quantidade de matéria orgânica biodegradável, que possui mais facilidade na fermentação resultando em ácido graxo voláteis (AGV). Os aterros que ultrapassam os cinco anos, inicia-se a fase metanogênica, degradando os AGV e gerando dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), resultando na redução da biodegradabilidade da porção orgânica do lixiviado (LEITE et al., 2011).

Dentre as tecnologias de tratamento estudadas, o tratamento combinado é uma alternativa que vem sendo implantada em algumas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) no Brasil, no qual o objetivo se baseia em adicionar o lixiviado de aterro sanitário ao esgoto sanitário em unidades de tratamento convencionais existentes, reduzindo os custos do aterro sanitário em relação ao tratamento final do lixiviado. O tratamento combinado tem se mostrado uma alternativa viável, levando em conta a minimização dos efeitos impactantes ao ambiente. Entretanto, deve-se ponderar algumas questões para sua utilização, como a capacidade da estação de tratamento de assimilá-lo, a compatibilidade do processo de tratamento com as características do lixiviado, a viabilidade do transporte do lixiviado até as estações de tratamento e a possibilidade do manejo do lodo produzido (MANNARINO et al., 2011).

Para o tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico em ETEs, deve-se observar também as concentrações utilizadas, pois a presença de compostos tóxicos no lixiviado pode causar sobrecarga nas condições operacionais do sistema, inibindo a população de microrganismos do lodo biológico, e assim, podendo comprometer sua eficiência (BOCCHIGLIERI, 2010).

O processo de tratamento de efluentes por lodo ativado é uma conceituada tecnologia. Porém, ao longo das últimas décadas, tem-se estudado técnicas para melhorar o desempenho de sistemas convencionais no tratamento de efluentes por lodos ativados. Para que os processos biológicos ocorram com maior eficiência, tem-se utilizado novas alternativas, como a introdução de meios de suporte no reator biológico. Estes meios de suporte podem ser granulados bioclásticos, biomídias plásticas, carvão ativado granular, carvão ativado em pó, entre outros meios de suporte. A introdução dos meios de suporte tem como objetivo aumentar a concentração de biomassa, a adsorção dos compostos recalcitrantes e tóxicos, ou o processo de nitrificação e desnitrificação no biofilme.

Os Granulados Bioclásticos marinhos são constituídos por algas calcárias, areias e fragmentos de conchas, que servem de substrato para a fixação de algas foliares, como exemplo, as espécies de alga *Lithothamnium Calcareum*, comumente encontradas no litoral brasileiro, é um dos principais constituintes dos recifes e corais marinhos desenvolvidos em diversas regiões oceânicas (DIAS, 2000). Os também chamados calcários bioclásticos marinhos, são uma alternativa ao calcário continental muito utilizado no processo de tratamento de efluentes por apresentar elevado potencial de adsorção (VENEU, 2017). Em geral, o *Lithothamnium* possui aspecto calcário, já que carbonatos de cálcio e magnésio depositam-se na parede celular dessas algas na forma de cristais de calcita, o que representa cerca de 90% da biomassa, além de possuir mais de 20 micro e macroelementos, em quantidades variáveis, principalmente ferro, magnésio, boro, níquel, cobre, zinco, molibdênio, selênio e estrôncio (DIAS, 2000).

Os granulados bioclásticos já são muito consumidos em diversos países. Na França, o maior explorador para uso industrial, a alga fossilizada começou a ser utilizada como fertilizante. Na Itália, Inglaterra, Irlanda e Japão também já investem neste material, na implementação nas rações de animais (MELO & MOURA, 2009). O Granulado Bioclástico (GB) é um recurso importante devido a sua utilização como fertilizante, suplemento de ração animal, nutrição humana, farmacologia/cosmética, biotecnologia e, ainda, como filtros para tratamento de água e esgotos domésticos e industriais. Segundo Briand (1976), os granulados bioclásticos podem ser aplicados na agricultura, na potabilização de águas, na nutrição animal, na indústria de cosméticos, em procedimentos cirúrgicos, no tratamento de água e efluentes, na desnitrificação de águas, entre outros.

É de notória importância o desenvolvimento de pesquisa em novas tecnologias no tratamento adequado do lixiviado de aterro sanitário, visto que sua destinação final sem tratamento pode comprometer a disponibilidade e qualidade dos recursos naturais. Portanto, o presente trabalho se propõe a avaliar a eficiência do tratamento de efluentes em reatores biológicos, que operam com essas duas tecnologias, tratando lixiviado de aterro sanitário combinado ao esgoto doméstico.

OBJETIVO DO TRABALHO

Avaliar a eficiência do tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico nos diferentes reatores biológicos, em função da relação lixiviado/esgoto, avaliando as condições ótimas de operação.

METODOLOGIA UTILIZADA

Os experimentos foram realizados nas instalações do Laboratório de Monitoramento Ambiental I - Águas e Efluentes do Departamento de Engenharia (DE), pertencente ao Instituto de Tecnologia (IT) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) Campus Seropédica. O procedimento conta com a operação

simultânea de dois reatores contínuos em escala de bancada, sendo um de lodo ativado (RLA) e um de lodo ativado com adição de granulado bioclástico (RLAGB).

Os reatores foram alimentados com esgoto sintético e lixiviado, o qual foi coletado em aterro sanitário, acondicionado sob refrigeração até o devido uso. Os reatores possuem tanque de aeração com volume útil de 2L, e câmara de sedimentação de 0,5 L, sendo dotados de sistema de aeração composto por compressor de ar e difusores. A alimentação dos reatores se deu por bombas dosadoras com controle de vazão, de modo a se garantirem os tempos de retenção hidráulicos utilizados para cada reator, sendo estabelecido conforme literatura, TRH de 23 horas. A aeração dos reatores foi mantida com vazão em 2 L/min, controlado por meio de rotâmetro, necessárias para o revolvimento do granulado no reator.

Para a partida do sistema, os reatores foram inoculados com lodo proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE) do condomínio residencial Granja Brasil, em Petrópolis. Após a coleta, o lodo foi imediatamente transportado até o laboratório para inoculação e partida dos reatores. Cada reator recebeu 1L de lodo, posteriormente foram completados com esgoto sintético e iniciando a alimentação durante a etapa de aclimatação. O esgoto sintético foi preparado no laboratório, conforme recomendações de Bou et al. (2018), com objetivo de evitar variações em diferentes épocas do ano.

O reator de lodo ativado (RLA) operou com biomassa em flocos e, neste trabalho, funcionou como controle, por ser a tecnologia com ampla literatura técnico-científica disponível. O reator lodo ativado com adição de granulado bioclástico (RLAGB), recebeu 20 g/L de granulado bioclástico na faixa granulométrica de 0,3-0,6 mm, obtidas através de classificação, conforme descrito e utilizado nos ensaios de Caletti (2017).

Foram avaliadas misturas lixiviado/esgoto de 0%, 0,5% e 1,0% (v/v), de modo a abranger faixas de mistura já investigadas por diversos autores que pesquisaram o tratamento combinado de lixiviado e esgoto doméstico (MCBEAN et al., 1995; DEL BORGHI et al., 2003; MANNARINO, 2011; NASCENTES, 2013; BOU et al., 2015; BRENNAN et al., 2017; PEREIRA, 2018).

Nos reatores foram monitorados parâmetros como pH, Sólidos Suspensos Totais (SST), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fósforo Total, Cor, Turbidez, Temperatura, como pode ser observado na Tabela 1 que são apresentadas as metodologias analíticas para a determinação de cada parâmetro analisado.

Tabela 1 – Parâmetros e Técnicas Analíticas Utilizadas

Parâmetro	Unidade	Amostras	Método (APHA, 2012)	Equipamentos
DQO	m/L	Afluente e Efluente	5220-D	Espectrofotômetro
SST	mg/L	Licor misto	2540-D/E	Balança Analítica.
Turbidez	NTU	Afluente e Efluente	2130-B	Turbidímetro
Cor	mg PtCo/L	Afluente e Efluente	2120-C	Espectrofotômetro
P-Total	mg/L	Afluente e Efluente	4500P-C	Espectrofotômetro
OD	mg/L	Licor misto	-	Medidor de oxigênio dissolvido
pH	-	Afluente, Efluente e Licor misto	-	Peagâmetro
Temperatura	°C	Licor misto	-	Termômetro digital

As amostras coletadas no período de monitoramento nas etapas do processo, foram analisadas imediatamente pós coleta. As análises de DQO e P-total foram determinadas por método colorimétrico, através do uso de kits da marca Alforkit, obedecendo os procedimentos padrão de análise. Preliminarmente, foi estabelecida a curva-padrão de calibração de cada parâmetro. As curvas foram obtidas a partir de solução padrão conhecida, de

1000 mg/L, da marca Alfakit, para cada um dos parâmetros e foram preparadas soluções de diluição conforme estabelecidas no *Método SMEWW – Standart Methods for examination of water and wastewater* (2012), estabelecendo pontos de concentração de diluição dentro dos limites de quantificação inferior e superior. Com base na análise em espectrofotômetro da absorbância, pode-se realizar a análise gráfica verificando a linearidade do método e calcular o fator de conversão entre os valores de absorbância e concentração (mg/L). A partir dos dados experimentais foi possível determinar os parâmetros do modelo de ajuste linear.

RESULTADOS OBTIDOS

CARACTERIZAÇÃO DO LIXIVIADO E ALIMENTAÇÃO DOS REATORES

Na Tabela 2 são apresentados os resultados referentes à caracterização do lixiviado de aterro sanitário utilizado no experimento.

Tabela 2 – Caracterização do lixiviado de aterro sanitário

Parâmetro	Unidade	Resultado da análise
pH	-	8,15
Cor	mg Pt Co/L	11895
Turbidez	NTU	54
SST	mg/L	14320
DQO	mg/L	5168,75
P-total	mg/L	15,03

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da caracterização das alimentações utilizadas durante o experimento, referente a cada misturas de lixiviado e esgoto sintético.

Tabela 3 – Caracterização das misturas lixiviado/esgoto

Parâmetro	Unidade	0%	0,5%	1,0%
pH	-	7,39	7,40	7,56
Cor	mg PtCo/L	678	532	708
Turbidez	NTU	31,41	19,05	33,06
DQO	mg/L	618,50	635,94	801,50
P-total	mg/L	18,35	15,94	19,11

MONITORAMENTO DOS REATORES

O monitoramento dos reatores apresentou resultados satisfatórios de tratamento em diversos parâmetros analisados. Dentre eles, destaca-se a remoção de matéria orgânica e fósforo. Na Tabela 4, são apresentados os valores médios de concentração de fósforo na entrada e saída do RLA e do RLAGB, além da média das eficiências de remoção de fósforo.

Tabela 4 – Valores médios de concentração de fósforo na entrada e saída do RLA e do RLAGB e média das eficiências de remoção de fósforo

Análise	Unidade	Alimentação	Reatores (Saída)		Remoção %	
Fósforo	mg/L	Esgoto Sintético	16,04	RLA	12,26	23,57
				RLAGB	11,95	25,49
		Esgoto Sintético + 0,5% Lixiviado	15,81	RLA	14,21	10,12
				RLAGB	12,97	17,96
		Esgoto Sintético + 1,0% Lixiviado	19,11	RLA	12,73	33,39
				RLAGB	13,12	31,35

Na Figura 1 é apresentada a variação temporal das concentrações de fósforo da entrada e saída dos reatores RLA e RLAGB em cada fase de alimentação do experimento.

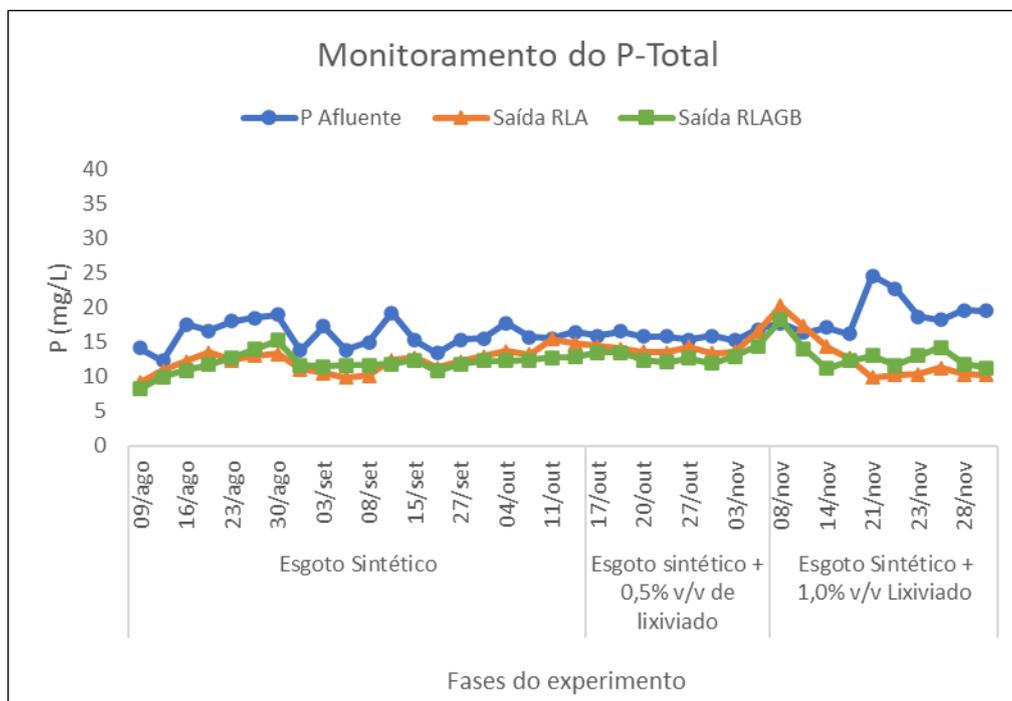


Figura 1 – Variação temporal das concentrações de fósforo da entrada e saída dos reatores RLA e RLAGB em cada fase do experimento

Na Tabela 5, são apresentados os valores médios de DQO e DBO na entrada e saída do RLA e do RLAGB, além da média das eficiências de remoção de matéria orgânica em cada reator.

Tabela 5 – Valores médios de concentração de matéria orgânica na entrada e saída do RLA e do RLAGB e média das eficiências de remoção de DQO e DBO

Análise	Unidade	Alimentação	Reatores (Saída)	Remoção %		
DQO	mg/L	Esgoto Sintético	597,02	RLA	54,30	90,90
			RLAGB	47,67	92,01	
		Esgoto Sintético + 0,5% Lixiviado	635,94	RLA	61,90	90,27
			RLAGB	52,54	91,74	
		Esgoto Sintético + 1,0% Lixiviado	801,50	RLA	67,91	91,53
			RLAGB	47,43	94,08	

Na Figura 2 é apresentada a variação temporal das concentrações de matéria orgânica da entrada e saída dos reatores RLA e RLAGB.

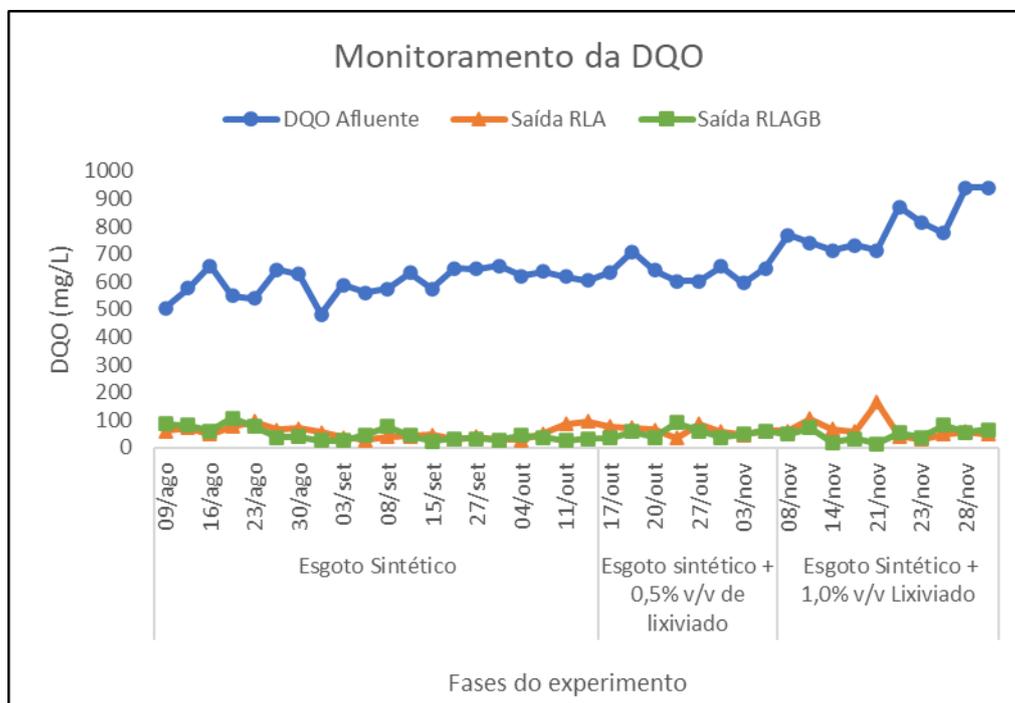


Figura 2 – Variação temporal das concentrações de DQO da entrada e saída dos reatores RLA e RLAGB em cada fase do experimento

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

REMOÇÃO DE FÓSFORO

O afluente utilizado apresenta média de 16,98 mg/L, sendo até mesmo acima da faixa usual para esgotos domésticos, de 4 a 15 mg/L, segundo Von Sperling (1996), podendo ser considerado um efluente sanitário forte com médias até 20 mg/L segundo Jordão e Pessoa (1995).

No monitoramento dos reatores, foi possível observar que a alimentação não apresentou diferenças significativas com a introdução de 0,5% de lixiviado na mistura afluyente, obtendo médias de concentração de fósforo semelhantes em ambas as fases. De outro modo, quando inserido maior percentual de lixiviado na alimentação (1,0% v/v), observou-se diferença nas concentrações de fósforo no afluyente.

De acordo com dados da Tabela 4, observa-se um decaimento na remoção do nutriente devido a introdução de 0,5% (v/v) de lixiviado nos reatores, onde foi reduzido a média de remoção. O mesmo não ocorreu quando aumentado o percentual de lixiviado na mistura da alimentação (1,0% v/v). Tal fato pode ser entendido como um reconhecimento da matriz do afluyente pelas bactérias existentes nos reatores, o que possibilitou um restabelecimento da remoção nos reatores. Podendo também ser justificado pela ausência de um período de aclimatação maior, que garantisse a observação da tendência de remoção durante o período monitorado.

Ainda assim, é possível observar, que o reator de lodo ativado com adição de granulado bioclástico, apresenta melhor comportamento mediante as fases de alimentação, demonstrando melhor remoção do nutriente fósforo. Pode ser visualizado na Figura 1, que demonstra a variação temporal das concentrações de fósforo, que os dois reatores apresentam comportamentos semelhantes com a alimentação contendo somente esgoto sintético, diferenciando-se minimamente na fase de alimentação com 0,5% de lixiviado do volume do reator, onde o RLAGB apresenta uma média de melhor remoção em relação ao RLA.

Quando inserido 1,0% (v/v) de lixiviado, os reatores apresentaram comportamentos distintos relativos à remoção, onde o RLA obteve vantagem sobre o tratamento no RLAGB, mostrando-se mais eficiente. Faz-se necessário a continuação do monitoramento das etapas, para a observação do comportamento dos reatores a longo prazo, para assim justificar e comprovar a eficácia do granulado bioclástico na remoção do fósforo com o aumento de lixiviado no afluyente.

Contudo, o presente trabalho demonstrou em seu monitoramento das concentrações de fósforo, que os reatores biológicos RLA e RLAGB, obtiveram eficiências significativas na remoção do nutriente, obtendo as melhores médias de remoção na fase de alimentação com 1,0% de lixiviado na mistura afluyente (lixiviado/esgoto sintético). Tal fato corrobora com o que é apresentado na literatura. De fato, o experimento mostrou-se eficaz, superando a faixa usual de remoção de fósforo, entre 10 e 20%, conforme descrito por Von Sperling (1996) para lodos ativados com aeração prolongada, obtendo remoção superior a 30% nesta fase.

REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

O valor médio do parâmetro DQO para este esgoto sintético é de 597,02 mg/L, o qual se encontra dentro da faixa usual descrita pela literatura para esgoto doméstico (DQO: 450-800 mg/L), ficando próximo do valor típico (600 mg/L) (VON SPERLING,1996). É possível observar na Figura 2, que o afluyente apresentou aumento significativo na carga orgânica quando recebeu lixiviado na mistura da alimentação. Na Tabela 5 pode-se observar que a média de DQO passou para 635,94 mg/L quando recebeu 0,5% (v/v) de lixiviado, e obteve ainda maior acréscimo quando em contato com 1,0% (v/v) de lixiviado, com média de 801,50 mg/L de carga orgânica.

Apesar disso, no monitoramento das saídas dos reatores, foi possível observar que o aumento de percentual de lixiviado não apresentou mudança significativa na remoção de DQO em todas as fases do experimento. Observa-se que o RLAGB apresentou melhor desempenho quando comparado ao RLA, com eficiências médias de remoção ligeiramente superiores, demonstrando que a utilização de granulado bioclástico influenciou na melhor remoção de matéria orgânica do efluyente tratado.

Tanto o RLA, quanto o RLAGB, em todas as fases do experimento, apresentaram remoção dentro da faixa estabelecida pela literatura para lodos ativados com aeração prolongada entre 90 e 95% de remoção de DQO no tratamento de esgotos sanitários (VON SPERLING,1996).

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Este trabalho analisou a influência do lixiviado de aterro sanitário em reatores biológicos em escala de bancada, a fim de verificar a inferência de granulados bioclásticos no incremento de tratamento de efluentes sanitários combinado ao lixiviado de aterro.

Na fase inicial, na ausência de lixiviado, os reatores obtiveram eficiências satisfatórias de remoção de matéria orgânica (DQO) e do nutriente fósforo. Sendo o RLAGB, o reator que apresentou melhor desempenho quando comparado ao tratamento tradicional de lodos ativados.

Com a adição de 0,5% (v/v) de lixiviado na mistura da alimentação, os reatores indicaram redução na eficiência, apresentando maiores concentrações de matéria orgânica e fósforo nas saídas de ambos os reatores. Contudo, demonstraram desempenho dentro das faixas de remoção estabelecidas pela literatura. Assim como na fase inicial, o RLAGB garantiu maior eficiência de remoção de DQO e fósforo em relação ao RLA.

Quando inserido 1,0% (v/v) de lixiviado na alimentação, os reatores demonstraram restabelecimento de eficiência, podendo ser justificado pelo tempo de aclimação e conhecimento da matriz da mistura. Da mesma forma, o RLAGB obteve melhor remoção dos parâmetros analisados. Sendo assim, a concentração de lixiviado utilizada nos reatores de lodo ativado, não comprometeu a qualidade do efluente tratado em relação aos parâmetros analisados neste trabalho.

Através das análises realizadas, pode-se concluir que a adição de granulados bioclásticos ao reator de lodo ativado com aeração prolongada, obteve melhor desempenho no tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico. O presente trabalho corrobora que o uso de novas alternativas quanto ao tratamento de efluentes apresenta eficácia, demonstrando desempenho dentro das faixas estabelecidas pela literatura, e melhores eficiências quando comparadas ao tratamento tradicional.

Necessita-se de maiores estudos com diferentes relações de volume entre esgoto sintético e lixiviado de aterro, bem como a adição de maiores concentrações de granulado bioclástico no reator, para constatar assim se a tecnologia apresenta de fato melhores desempenhos que as alternativas usuais.

O intuito do presente trabalho é agregar e contribuir para o aprimoramento de tecnologias já disponíveis, com a possibilidade de melhores resultados de tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos – Procedimento. NBR 8419, 1984.
2. ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2021. São Paulo: ABRELPE, 2021.
3. BRASIL. Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos
4. BRENNAN, R.B.; CLIFFORD, E.; DEVROEDT, C.; MORRISON, L.; HEALY, M.G. *Treatment of landfill leachate in municipal wastewater treatment plants and impacts on effluent ammonium concentrations. Journal of Environmental Management*, v. 188, p. 64-72, 2017.
5. BRIAND, X. *Lithothamne – Tradition from the past, to the future in the Agrochemistry*. S.E.M.A., B.P. 65, Pointrieux, França, 1976.
6. BOCCHIGLIERI, M.M. O lixiviado dos aterros sanitários em estações de tratamento dos sistemas públicos de esgotos. Tese de Doutorado em Saúde Pública. USP, 2010.
7. BOU, Á. S. F.; NASCENTES, A. L.; Pereira, B. C.; DA SILVA, L. D. B.; FERREIRA, J. A.; CAMPOS, J. C. *Mathematical modeling of COD removal via the combined treatment of domestic wastewater and landfill leachate based on the PACT process. Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 50, p. 378-384, 2015.

8. CALETTI, R. P. K., DE SANTANA, T. O. M., DA SILVA, L. D. B., DE OLIVEIRA, P. J., & NASCENTES, A. L. Caracterização do *Lithothamnium* e seu potencial na remoção de fósforo presente no lixiviado de aterro sanitário, 2017.
9. DEL BORGHI, A.; BINAGHI, L.; CONVERTI, A.; DEL BORGHI, M. *Combined Treatment of Leachate from Sanitary Landfill. Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, v. 17, n. 4, p. 277-283, 2003.
10. DIAS, C.T.M. Granulados bioclásticos: algas calcárias. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.18, 2000.
11. GUO, J. S.; ABBAS, A. A.; CHEN, Y. P.; LIUA, Z. P.; FANG, F.; CHEN, P.; *Treatment of Landfill Leachate Using a Combined Stripping, Fenton, SBR, and Coagulation Process, Journal of Hazardous Materials*, vol. 178, n. 1-3, 2010, p 699–705.
12. JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. Tratamento de esgotos domésticos. Rio de Janeiro: ABES, 1995.
13. LACONI, C., ROSSETTI, S., LOPES, A., RIED, A.; *Effective Treatment of Stabilized Municipal Landfill Leachates, Chemical Engineering Journal*, v. 168, 2011, p. 1085–1092.
14. LEITE, V.D; PEARSON, H.W; SOUSA, J.T; LOPES, W.S. *The Removal of Ammonia from Sanitary Landfill Leachate Using a Series of Shallow Waste Stabilization Ponds. Water Science & Technology*, v.63, n. 4, 2011, p. 666 - 670.
15. MELO, T. V.; MOURA, A. M. A. Utilização da Ferinha de Algas Calcárias na Alimentação Animal. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, 2009.
16. MANNARINO, C. F., FERREIRA, J. A., MOREIRA, J. C.; Tratamento Combinado de Lixiviado de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos e Esgoto Doméstico como Alternativa para a Solução de um Grave Problema Ambiental e de Saúde Pública – Revisão Bibliográfica, *Caderno de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, 2011, p. 11-9.
17. McBEAN, E.A.; ROVERS, F.A.; FARQUHAR, G.J. *Solid wasteland fill engineering and design. New Jersey: Prentice Hall*, 1995.
18. NASCENTES, A.L. Tratamento Combinado de Lixiviado de Aterro Sanitário e Esgoto Doméstico. Tese de Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. EQ/UFRJ, 2013.
19. PEREIRA, B.C. Tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto sanitário com lodos ativados e monitoramento de emissão de óxido nitroso. 2018. 85 p. Dissertação (Mestrado Ciências, Meio Ambiente). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.
20. PROSAB 5. Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
21. RUSSO, M.A.T. Tratamento de resíduos sólidos. Dissertação de Mestrado. Universidade de Coimbra, 2003.
22. VENEU, D.M. Granulados Bioclásticos (*Lithothamnium Calcareum*) para a Remoção de Chumbo, Cádmio ou Níquel de Soluções Aquosas. Tese de Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Escola de Química, Rio de Janeiro, 140 p., 2017.
23. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG. v. 1, 452 p., 1996.]