

Agregados geopoliméricos artificiais para utilização no tratamento de águas residuais

Geopolymeric artificial aggregates for using in wastewater treatment

Isabel Castanheira e Silva

Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária. Castelo Branco, Portugal
icastanheira@ipcb.pt



Abstract

Geopolymeric binders are artificial materials obtained by alkaline activation of aluminosilicate materials. Several geopolymeric artificial aggregates (AGA) were developed, using waste mud from Panasqueira's mines and the most stable in water was selected to be used as a fixed-film wastewater

treatment processes The AGA's physical and chemical properties have been analyzed and they were shown adequate for wastewater treatment processes. Following that, the AGA were put on a biological filter, that filtrates through submerged packed bed, in order to evaluate its efficiency in removing specific pollutants of urban residual waters. The artificial materials through alkaline activation of waste mud present itself as viable solution to compete with the traditionally used materials.

Keywords: Geopolymeric artificial aggregates, waste mud, wastewater treatment

Resumo

A água é um recurso natural imprescindível a qualquer forma de vida, desempenhando um papel fundamental no seu desenvolvimento e de todo o seu meio envolvente. É, assim, um elemento de primordial importância na regulação do funcionamento dos ecossistemas e fundamental para a qualidade do ambiente.

O clima e a eventual afluência de água, proveniente de bacias hidrográficas, são fatores determinantes na disponibilidade de recursos hídricos existentes numa região, sendo essa mesma disponibilidade variável ao longo do ano. As necessidades de água para a atividade humana também não são constantes e dependem do crescimento populacional, da crescente urbanização, do desenvolvimento industrial, agrícola e turístico. As limitações ao aproveitamento de alguns recursos hídricos decorrentes da degradação da qualidade das águas naturais, resultado do insuficiente controlo da poluição de origem antropogénica, acentuam os desequilíbrios entre a procura e a disponibilidade de água.

As políticas internacionais em matéria de prevenção da poluição da água e do solo, centram-se na busca de soluções que sejam eficientes e duráveis e que envolvam a minimização do impacte ambiental, diminuição do consumo de energia, redução da emissão de gases com efeito de estufa e proteção da saúde pública. As soluções mais recentemente preconizadas, envolvem o tratamento e reutilização de águas residuais e de resíduos, minimizando a sua descarga no ambiente, de preferência utilizando soluções sustentáveis e de baixo custo.

Na última década, Portugal registou um avanço notável na infraestruturização do sector de serviços de águas, com um aumento significativo no que respeita à população servida com redes de drenagem e com Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

Em áreas de baixa densidade populacional e com aglomerados abaixo

dos 5000 habitantes, os sistemas de tratamento têm privilegiado soluções como os leitos percoladores, biofiltros, leitos filtrantes e leitos de macrófitas, que em comum, apresentam a utilização de um meio de enchimento (sistemas de tratamento de filme-fixo ou por filtração). O meio de enchimento clássico contempla material natural (e.g. brita, seixo rolado, areão grosso ou areia), cuja superfície específica não é muito elevada e que tem apresentado problemas de colmatação. Existem no mercado material sintético (e.g. poliestireno e PEAD) e agregados artificiais (e.g. LECA), que constituem uma alternativa ao material natural. Embora estes materiais tenham conseguido prolongar a vida útil do enchimento e apresentem uma superfície específica muito elevada, têm custos muito elevados. Por outro lado, a elevada superfície específica do material pode levar à diminuição da dimensão das estruturas de tratamento, o que se traduz na diminuição dos custos de investimento. Para as entidades gestoras de serviços de saneamento (EG) interessa utilizar materiais de elevada superfície específica e durabilidade, e com um índice de vazios apropriado para minimizar a colmatação e que tenham baixo custo.

Nos sistemas de tratamento por filtração é comum ocorrer colmatação. Este fenómeno está associado à conjugação dos seguintes principais fatores: características da água residual, características do material de enchimento (diâmetro efetivo da partícula, capacidade de absorção de água, resistência à compressão, porosidade intrínseca, superfície específica e índice de vazios), crescimento excessivo de biomassa, acumulação de matéria sólida, formação de precipitados e desenvolvimento de rizomas e raízes (Tchobanoglous et al. (2002), Albuquerque (2003), Ha et al. (2010)). Assim, a procura de materiais de enchimento alternativos, que promovam condições para uma elevada remoção de poluentes e cuja produção envolva custos reduzidos, baixo consumo energético e reduzida emissão de gases de estufa, é um dos desafios para a investigação neste sector.

O desenvolvimento de novos materiais para meio de enchimento de sistemas de tratamento de águas, é uma área de investigação em grande desenvolvimento, se bem que, na maioria dos estudos encontrados, visa a utilização direta de novos zeólitos (naturais ou sintéticos) ou de subprodutos de atividades industriais e agrícolas. O Centro de Investigação C-MADE do Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura (DECA) da Universidade da Beira Interior (UBI) tem desenvolvido um material artificial, designado comumente por geopolímero, que resulta da ativação alcalina de lamas residuais das Minas da Panasqueira, para aplicações na construção (Pacheco-Torgal (2006)). Este material apresenta durabilidade elevada, elevada resis-

tência mecânica, boa resistência à abrasão e a soluções ácidas, assim como uma reduzida emissão de gases com efeito de estufa, pelo que parece apresentar características adequadas para ser usado em contacto com a água. A utilização de geopolímeros para o tratamento de efluentes, além de poder acrescentar inovação neste tipo de tecnologias, permitiria a preservação de materiais naturais e a reutilização e reciclagem de resíduos (lamas) sendo, no entanto, necessário avaliar o seu comportamento na água, e verificar se conduz a eficiências de remoção de poluentes, comparáveis com as verificadas em sistemas onde são utilizados materiais de enchimento convencionais.

Foram efetuados estudos com o objectivo de desenvolver os agregados geopoliméricos artificiais (AGA), avaliar a sua estabilidade em água ao longo do tempo e em diferentes condições de cura (Silva (2012a, 2012b)), estudar as suas propriedades físicas e químicas (Silva (2011a, 2011b)) e, ainda, avaliar a sua capacidade para a remoção de azoto, fósforo e matéria orgânica, poluentes típicos das águas residuais urbanas, utilizando para o efeito um filtro biológico de fluxo vertical e descendente (Silva (2013)).

Parte deste trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto EVAWET (Avaliação do funcionamento hidrodinâmico e ambiental de leitos de macrófitas para tratamento e reutilização de águas residuais, PTDC/AMB/73081/2006), financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), desenvolvido no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA) DECA-UBI, que previa o desenvolvimento de AGA para utilização em leitos de macrófitas.

De forma a atingir os objectivos foi elaborado um plano experimental apresentado na tabela seguinte (Tabela 1).

Os materiais artificialmente produzidos por ativação alcalina, das lamas residuais de minas de volfrâmio, mostraram maior estabilidade em água quando curados a 20°C (temperatura ambiente) durante um período mínimo de 28 dias. Estes apresentaram resistência mecânica à compressão, após períodos de imersão em água até 3 meses, superiores à resistência apresentada por outros agregados artificiais (Silva (2012a, 2012b)), como é o caso da LECA, e ainda, boa resistência a soluções ácidas (Silva (2011a)). A caracterização física dos AGA mostra que a sua densidade, teor de absorção de água e superfície específica são adequados para o desenvolvimento de biofilme, sendo mesmo superiores aos de outros materiais utilizados para meio de enchimento, como a pozolana. O teste de durabilidade de Slake, que estuda o desgaste em meio húmido, classificou os AGA com durabilidade média-alta (Silva 2011b)).

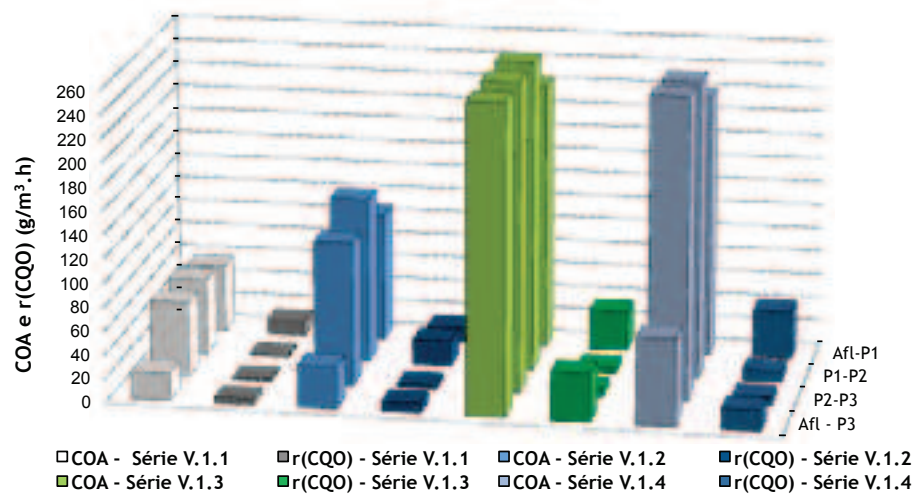
Tabela 1. Plano experimental e objetivos (Silva (2013))

Fases experimentais	Série de Ensaios	Objetivos
Desenvolvimento e caracterização do geopolímero		
I. Ensaios preliminares	1, 2	Produção de várias misturas geopoliméricas e seleção da mistura com a melhor estabilidade em água.
II. Ensaios de caracterização do material geopolimérico	1, 2, 3, 4, 5	Produção do AGA, determinação das suas características físicas e químicas e do seu comportamento em água em diferentes condições de cura e acidez.
Aplicação do geopolímero		
III. Ensaios de traçagem	1, 2	Avaliação das características hidrodinâmicas do filtro na presença e ausência de biomassa.
IV. Ensaios de sorção	1	Avaliação da capacidade de sorção dos AGA na presença de amônio, nitrato, nitrito e fósforo através de ensaios em coluna.
V. Ensaios de biodegradação	1, 2	Avaliação da capacidade dos AGA para a remoção microbiológica de matéria orgânica, amônio, nitrato e fósforo.

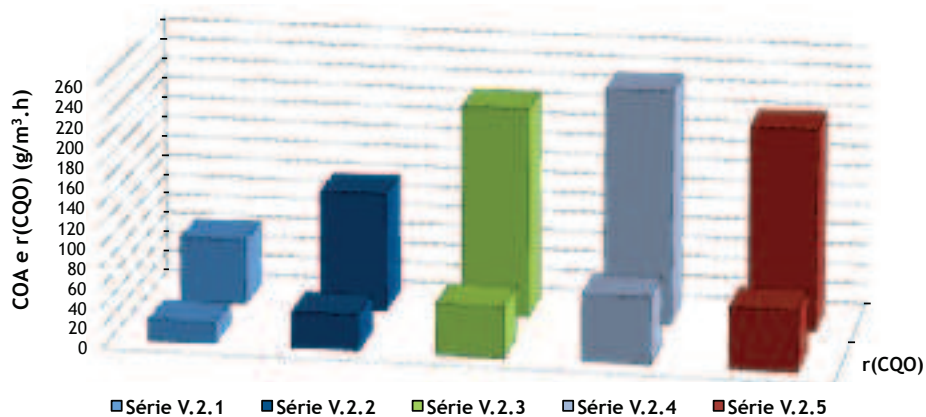
Os AGA utilizados no filtro permitiram, independentemente das condições de operação (em contínuo ou em descontínuo), a remoção de fósforo por sorção e a remoção simultânea de matéria orgânica, amônio (Figuras 1 e 2) e nitrato, através de mecanismos de biodegradação, a taxas e eficiências próximas das observadas em estudos similares realizados com diferentes agregados.

Independente da constituição da alimentação, nos ensaios de biodegradação em descontínuo (Figuras 1b e 2b) a remoção de matéria orgânica e amônio foi muito mais elevada do que nos ensaios em contínuo (Figuras 1a e 2a), o que estará relacionado com a ocorrência de um tempo de retenção muito superior e mais propício para a difusão de compostos para o interior do biofilme.

Os ensaios de traçagem detetaram a ocorrência de dispersão longitudi-

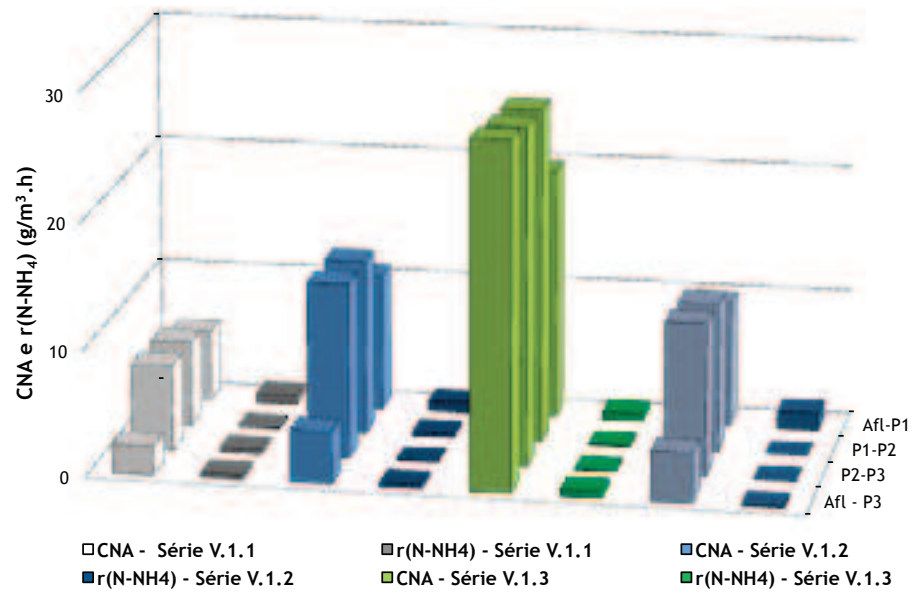


a) Ensaio em contínuo

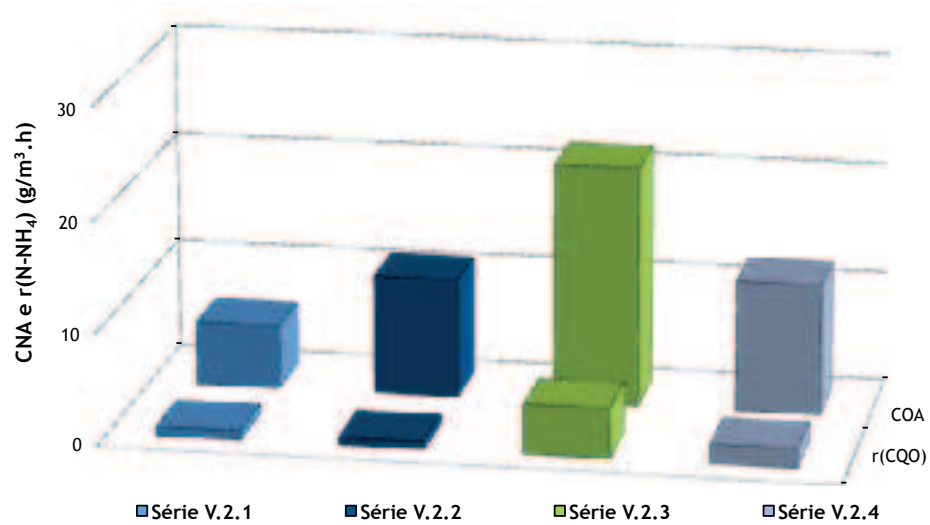


b) Ensaio em descontínuo

Figura 1 - Cargas orgânicas aplicada e removida de CQO (Silva (2013))



a) Ensaios em contínuo



b) Ensaios em descontinuo

Figura 2 - Cargas aplicada e removida de amónia (Silva (2013))

nal forte no filtro, que poderá prejudicar a remoção de compostos em alimentação contínua, se o tempo de retenção hidráulico for baixo, bem como a retenção de soluto na parte superior do filtro, o que poderá ser positivo para a remoção de compostos.

O desenvolvimento de materiais artificiais por ativação alcalina de lamas residuais para utilização como meio de enchimento de sistemas de tratamento por filtração, apresenta-se assim como uma solução viável para competir com os materiais tradicionalmente utilizados (Silva (2013)).

Bibliografia

- Albuquerque, A. 2003. Contribuição para o estudo da remoção de residuais de carbono em filtros biológicos de leito imerso e fluxo descendente. Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 469.
- Ha, J., Ong, S., Surampalli, R. 2010. Impact of media type and various operating parameters on nitrification in polishing biological aerated filters. *Environ. Eng. Res.*, 15(2), 79-84.
- Pacheco-Torgal, F. 2006. Desenvolvimento de Ligantes Obtidos por Ativação Alcalina de Lamas Residuais das Minas da Panasqueira. Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Covilhã.
- Silva I., Castro-Gomes J. e Albuquerque A. 2011a. Effect of acid conditions on the structural stability of mine waste mud-based geopolymeric artificial aggregates for wastewater treatment. *Proceedings of 4th International Congress on Energy and Environment Engineering and Management (4 th CIEEM)*, 25 a 27 de Maio de 2011, Mérida, Espanha, 4 pp (editado em CD-Rom)
- Silva I., Castro-Gomes J., Albuquerque A. 2011b. Properties of Geopolymeric Artificial Aggregates obtained from Tungsten Mine Waste Mud, for Wastewater Treatment Processes. *Proceedings of COST Action C25 FINAL CONFERENCE Sustainability of Constructions Integrated Approach to Life-time Structural Engineering*, 03rd – 05th FEBRUARY 2011, University of Innsbruck, Austria.
- Silva I., Castro-Gomes J. and Albuquerque A. 2012a. Mineral wastes geopolymeric artificial aggregates as alternative materials for wastewater-treatment processes - Study of structural stability and pH variation in water. *Journal of Materials in Civil Engineering*, V. 24, N° 6, 623-628.
- Silva I., Castro-Gomes J. and Albuquerque A. 2012b. Effect of immersion in water partially alkali-activated materials obtained of tungsten mine waste mud. *Construction and Building Materials*, V. 35, 117-124.
- Silva I. 2013. Desenvolvimento de Agregados Artificiais por Ativação Alcalina de Lamas Residuais para Utilização no Tratamento de Águas Residuais Tese de Doutoramento, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 211
- Tchobanoglous, G., Burton, F., Stensel, H. 2002. *Wastewater engineering. Treatment and reuse*. McGraw Hill, 1819.