

Tratamento Anaeróbico de Lodos: um estudo prospectivo

Anaerobal Treatment of Sluds and Seeds: a prospective study

Paula Marques Borges Vinhas Porto¹

Silvana Sandes Tosta²

Cristina M. Quintella²

Thaison Monteiro de Jesus¹

Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha¹

¹Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA, Brasil

²Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil

Resumo

Os lodos provenientes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) são considerados como um promissor meio de geração e aproveitamento de biogás, e o tratamento anaeróbico é amplamente aplicado como etapa de tratamento biológico de águas residuais domésticas. A elevada eficiência de degradação da matéria orgânica e a menor produção de lodo residual são algumas das principais vantagens desse processo e também os responsáveis pela promoção de seu uso. Nesse contexto, o objetivo geral do presente trabalho é identificar as tecnologias empregadas para o tratamento anaeróbico de lodos, com foco na produção de energia. Para tanto, utilizam-se técnicas bibliométricas e patentométricas como ferramentas, a saber: os *softwares* VOSviewer® e Questel Orbit®. A análise dos mapas e dos gráficos gerados mostrou-se eficiente no estudo exploratório da evolução científica e tecnológica do biogás a partir do tratamento de anaeróbico de lodos, possibilitando-se indicar novos estudos e a produção de novas patentes, que envolvem, por exemplo, os códigos de Classificação Internacional de Patentes (IPC) C12M-001/107, C12P-005/02 e C12M-001/02.

Palavras-chave: Estação de Tratamento de Esgoto. Tratamento Anaeróbico. Prospecção Bibliométrica e Tecnológica.

Abstract

Sludge from Sewage Treatment Plants (TEEs) is considered a promising medium for the generation and use of biogas. Anaerobic treatment is widely applied as a biological treatment step for domestic wastewater. The high efficiency of degradation of organic matter in this type of process and the lower production of residual sludge are some of the main advantages that have promoted the increasing use of this process. The general objective of the present work is the identification of the technologies used for the anaerobic treatment of sludge with focus on energy production. For that, bibliometric and patentometric techniques are used, using as tools VOSviewer® and Questel Orbit® software. After analyzing the maps and graphs generated, it is concluded that it is efficient to make a recent exploratory study of the scientific and technological evolution on biogas, directing new studies and production of new patents, involving, for example, the following IPC codes C12M-001/107, C12P-005/02 and C12M-001/02.

Keywords: Sewage Treatment Station. Anaerobic Treatment. Bibliometric and Technological Research.

Áreas tecnológicas: Biotecnologia. Engenharia Ambiental e Química.



1 Introdução

A água é um recurso natural essencial à vida humana e seu uso, de forma sustentável, é uma necessidade inquestionável (BRASIL, 2017). Porém, diversas fontes de contaminação de origem antrópica vêm ameaçando a conservação da qualidade da água, fazendo com que esse recurso natural se torne cada vez mais escasso e comprometido. Com isso, demanda-se uma maior atenção para formas de minimizar os problemas antrópicos relacionados com a poluição dos corpos de água, como é o caso do lançamento de efluentes não adequados (esgoto) nesses corpos. O esgoto, sem tratamento, em corpos d'água gera uma série de inconvenientes, como a presença de matérias orgânicas solúveis, materiais refratários, matérias em suspensão, produção de odores, alteração de cor e turbidez, entre outros. Subprodutos na forma líquida, semissólida e sólida são gerados durante os processos de tratamento do esgoto em unidades de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), tornando necessário o emprego de procedimentos específicos antes do seu envio à uma adequada disposição final. Entre os subprodutos citados, o que apresenta grande parcela de incidência e importância é o lodo (JORDÃO; PESSOA, 2006).

Em unidades de Estação de Tratamento de Água (ETA) também há geração de lodos, em decorrência da reciclagem da água existente nas correntes residuais do processo, principalmente lamas dos decantadores e águas de lavagem dos filtros. Segundo Libânio (2010), principalmente nas unidades de maior porte, há a necessidade do acondicionamento e/ou tratamento desse lodo e dessas águas de lavagem, de sorte à não contaminação do curso d'água a jusante. Um dos destinos possíveis para esse lodo é uma ETE. Essa reciclagem pode acarretar problemas operacionais de importância crescente como a reintrodução de contaminantes e o aumento de valor dos custos operacionais (APPELS *et al.*, 2008; MAIÉ, 2008). Ao buscar maior sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos, os produtos gerados por uma ETA estão sendo consideradas mais como um recurso do que como um resíduo, principalmente como insumo agrícola e fonte de produção de energia, já que é um lodo com uma composição melhor do que o lodo de uma ETE (MCCARTY; BAE; KIM, 2011).

A composição do lodo influencia diretamente o tipo de tratamento pelo qual o lodo passará; e uma das possibilidades de tratamento é o anaeróbio – amplamente aplicado como etapa de tratamento biológico de águas residuais industriais. Desse modo, a elevada eficiência de degradação da matéria orgânica, o menor custo operacional, a obtenção de biogás como subproduto e a menor produção de lamas residuais para esse tipo de processo, comparativamente com a dos processos convencionais de tratamento aeróbio, representam as principais vantagens da implementação do tratamento anaeróbico e têm promovido o crescente interesse em seu desenvolvimento (SOARES, 2014).

Entre os artigos publicados na *Revista Cadernos de Prospecção*, no período compreendido de 2008 a 2018, foram encontrados sete artigos que mantinham alguma relação com o tema abordado (Quadro 1). A análise conjuntural desses artigos denotou que o interesse no tema está em franco crescimento e que o presente trabalho complementa as abordagens até então realizadas.

Com base no exposto, destaca-se como objetivo geral deste estudo a identificação das tecnologias empregadas para o tratamento anaeróbio de lodos, com foco na produção de energia. De forma específica, busca-se proceder um mapeamento exploratório recente sobre a temática, utilizando-se a patentometria e a bibliometria como estratégias de análise.

Quadro 1 – Artigos publicados na *Revista Cadernos de Prospecção* (2008 a 2018) que abordam o tema do presente estudo

RELAÇÃO	AUTOR (ES)	CONTEÚDO
Direta	Matos e Paternostro (2018)	Os autores abordam a oportunidade de negócio que está configurada para estações de tratamento de esgoto como ambiente de geração de energia e uso do mercado de crédito de carbono, diante da crise energética nacional.
	Cardoso, Bomtempo e Borschiver (2017)	Os autores, ao apresentarem um <i>roadmap</i> tecnológico para a produção de biogás a partir da vinhaça, realçam a interdisciplinaridade existente entre as áreas de Gerenciamento de Resíduos, Energias Renováveis e Geração de Fertilizantes Orgânicos. Sabe-se que a composição do biogás é basicamente metano e que sua produção se dá por meio de tratamento anaeróbico específico, que produz, além de biogás, fertilizante orgânico.
	Ferreira, Hasner e Santos (2016)	Os autores identificaram um baixo número de documentos de patentes para o período estudado, o que impediu de fazer uma avaliação da dinâmica das patentes verdes no setor de produção de energias alternativas e de conservação de energia; contudo, identificaram a existência de interesses de empresas e investidores com uma dependência grande nas oportunidades de mercado, sem haver ligação direta com demandas e políticas governamentais de incentivo. Desse modo, os inventores tendem a proteger as tecnologias visando à garantia de mercado futuro, o que tem gerado um descompasso entre as demandas da sociedade e as tendências tecnológicas no Brasil e no mundo.
	Azevedo <i>et al.</i> (2015)	Os autores observaram um crescimento do número de artigos científicos sobre biogás no período de 2005 a 2014, sendo os Estados Unidos da América (EUA) o país com mais publicações, seguido pela Alemanha, Itália e China, nessa ordem. Em contrapartida, ao realizar a análise patentária, essa ordem não se manteve em sua totalidade. Para o período de 2005 a 2015 (incluindo o mês de março), as quatro primeiras colocações de países, com primeira prioridade, ficaram os EUA, a China, a Coreia e a Rússia, denotando serem estes os locais onde há provável mercado consumidor. Para essa pesquisa, o código IPC C02F obteve 15 documentos de patentes, ficando em segundo lugar entre os códigos mais utilizados.
	Chagas <i>et al.</i> (2013)	Os autores abordam os avanços tecnológicos em reatores anaeróbios, identificando as características, as potencialidades e a avaliação das competências tecnológicas, via análise dos depósitos de patentes.
Indireta	Dos Santos e Dos Santos (2018)	Os autores afirmam que, entre as solicitações de patentes por tecnologias verdes no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), a área de Gerenciamento de Resíduos é a que deteve o maior número de depósitos, perfazendo um total de 219, sendo seguida por 117 depósitos envolvendo a tecnologia verde da energia alternativa.
	Santos e Hanna (2017)	Os autores, ao realizarem um estudo prospectivo acerca da produção de bioinoculantes e biofertilizantes, reconhecem que o código IPC C04F-001/04 é um dos mais frequentes entre as patentes estudadas e que, no Brasil, o cenário é incipiente, ainda que promissor.

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2018)

2 Metodologia

Este trabalho propôs-se a abordar as tecnologias aplicáveis ao tratamento de lodos, com foco em geração de metano/biogás, fazendo-se uso de análises métricas circunstanciadas a partir do levantamento de dados da literatura técnica revisada por pares e de patentes.

Metodologicamente, este trabalho foi estruturado em três fases: pré-prospectiva (fase 1), prospectiva (fase 2) e pós-prospectiva (fase 3), nessa ordem. A **fase 1** envolveu as seguintes etapas: conhecimento teórico sobre ferramentas empregadas em estudos métricos, optando-se pelo uso da base de dados Scopus®, do *software* de análise bibliométrica VOSviewer® e do *software* Questel Orbit®; aliado a isso, fez-se uma análise da forma como o uso de tais ferramentas poderia ser estrutural ao estudo tecnológico proposto – a escolha dos conectores booleanos a serem empregados (*and* e *or*), a definição de palavras-chave (*treatment, sewage, sludge, biological* e *anaerobic*), a leitura de artigos já publicados sobre o tema, entre outros. A opção pela base Scopus® se deu pelo fato de esta ser a maior base de dados de resumos e citações de literatura técnica (artigos, livros, etc.), contendo a revisão por pares, além de ter a facilidade de integração com o *software* VOSviewer®, que é gratuita, de fácil uso e permite uma análise conjunta consistente dos dados. O *software* Questel Orbit®, por sua vez, é um robusto sistema de busca e análise de informações oriundas de patentes.

A **fase 2** da metodologia envolveu o emprego prático das informações coletadas na **fase 1**. Na base Scopus®, foram utilizados os seguintes termos de busca: *treatment and sewage or sludge and biological and anaerobic*. Feita a busca, gerou-se o arquivo para exportação no formato CSV que alimentou o *software* VOSviewer®. Para construir os mapas, o *software* utiliza a técnica de visualização por similaridade e tem como principais etapas a identificação de termos, a filtragem de termos mais relevantes, o mapeamento e o agrupamento de termos, além do agrupamento e da visualização do mapa (VAN ECK; WALTMAN, 2011; VAN ECK; WALTMAN, 2007). Por meio desse *software*, foram gerados diferentes panoramas de visualização científica; e mapas, analisados. Optou-se pelo uso dos seguintes tipos de mapas: rede por coautoria, rede por cocitação e rede citação por documento.

A etapa posterior da fase 2 consistiu no levantamento das informações patentárias. Para essa análise prospectiva, em um primeiro momento, buscou-se estudar qual é o código da Classificação Internacional de Patentes (CIP), ou International Patent Classification (IPC), mais adequado ao tema em estudo. Para tal, utilizou-se a base de dados da World Intellectual Property Organization (WIPO), via portal do INPI, identificando-se o código C02F-011/04 (Quadro 2). Por meio do sistema de busca e análise de informações contidas em patentes conhecido como Questel Orbit®, buscou-se encontrar o número de famílias de patentes correspondentes ao citado código nos seguintes menus, respectivamente: “*advanced search*”, “*classifications*”, “*technology domain*” e “*IPC*”. Obtiveram-se 11.530 famílias de patentes na pesquisa realizada no dia 7 de julho de 2018.

3 Resultados e Discussão

Como estratégia de análise, buscou-se proceder um mapeamento exploratório recente sobre a temática, utilizando-se as ferramentas bibliometria e patentometria. A seguir, essas análises serão apresentadas detalhadamente.

3.1 Análise Bibliométrica

Os mapas bibliométricos, além de serem de cunho quantitativo, são dotados de dois atributos fundamentais: distância e dimensão. A **distância** refere-se ao comprimento da linha contínua

que une itens, indicando o grau de proximidade entre dois ou mais itens; já a **dimensão** caracteriza-se pelo tamanho do item, o qual expressa proporcionalmente sua importância, dada pelo número de ocorrência. As distâncias e as dimensões dos itens representados produzem diferentes agrupamentos no mapa. Também denominados *clusters*, essas concentrações expressam níveis de similaridade, que normalmente são representados por esferas.

Na Figura 1, encontra-se o mapa intitulado “Coautoria de no mínimo cinco publicações por país em escala temporal”, no qual as **esferas** representam os países onde a literatura técnica revisada por pares é desenvolvida e tem sua publicação feita; **as cores das esferas** indicam uma escala de tempo (constante em uma legenda no próprio mapa), e a **linha que une as esferas** indica o nível de proximidade entre as pesquisas feitas. A escala de tempo compreendeu um período de pouco mais de dez anos, envolvendo trabalhos publicados um pouco antes do ano de 2002 (indicado pela cor azul) e um pouco depois do ano de 2012 (indicado pela cor amarela).

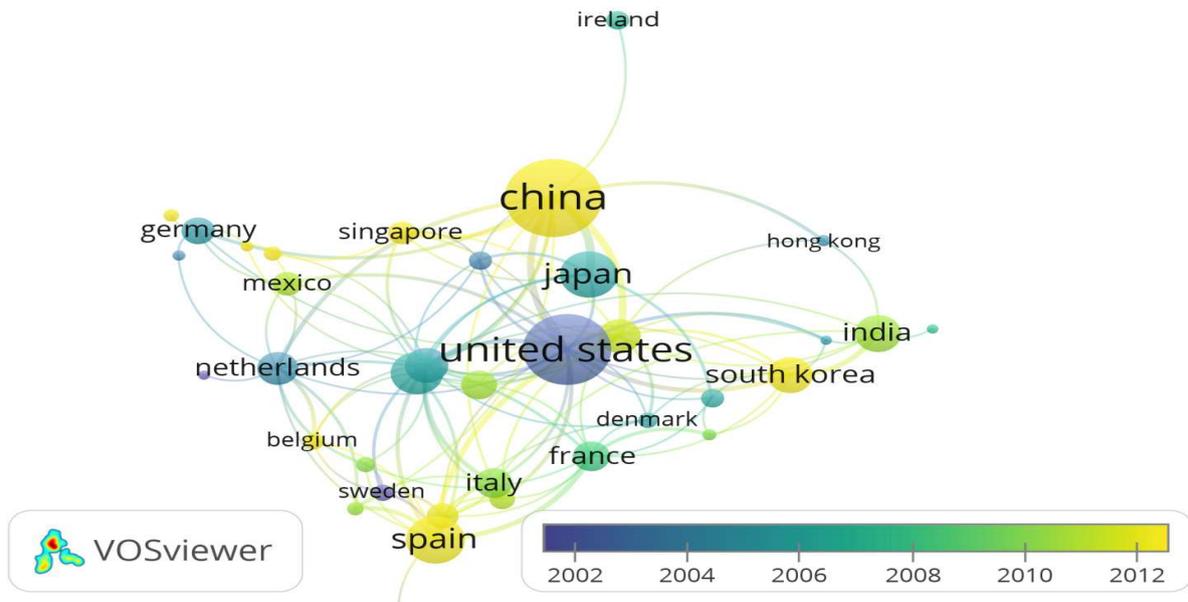
A análise ilustrada na Figura 1 mostra que países como os EUA, a Rússia e Hong Kong possuem interesse em publicações sobre o tema há mais tempo que os demais, contudo, com o passar dos anos, esses países foram sendo ultrapassados, em termos de número de publicações feitas, pelos estudos desenvolvidos na China. Nos últimos anos, os países que têm se destacado em publicações sobre o tema são China, Espanha, Coreia do Sul, Singapura e Brasil.

A variedade de países presentes nesse mapa (30 países) indica que o tema “tratamento anaeróbio de lodos” é de amplo interesse mundial, encontrando-se trabalhos a seu respeito em todos os continentes do mundo. Nessa perspectiva, a liderança em número de pesquisadores publicantes certamente se concentra nos EUA e na China, sendo os EUA os precursores no estudo desse tema e a China o país onde muitas pesquisas estão sendo feitas e muitos trabalhos, publicados. Sabe-se que os EUA é um país referência em pesquisa e ensino; e que os chineses, atualmente, lideram tanto a métrica da publicação em literatura técnica quanto a produção de patentes, com um forte investimento do governo local.

Ao se analisar o comprimento das linhas que unem as esferas, sabe-se que a distância entre essas esferas é inversamente proporcional à conexão entre si, indicando o grau de proximidade que duas ou mais esferas possuem entre si, ou seja, quanto mais próximos autores de um país x estiverem de autores de um país y, maior será a tendência em surgirem novas publicações técnicas, fortalecendo o grau de conexão científico entre os países representados. Temas comuns envolvem autores da mesma área de pesquisa ou áreas muito próximas, tendendo a ficarem próximos em uma determinada porção do mapa. No caso específico do Brasil, analisando-se o mapa, percebe-se que é crescente o número de publicações do tema em análise, que há muita parceria estabelecida com pesquisadores da Espanha e que é um tema atual.

Na Figura 2, tem-se a rede de coautoria de no mínimo cinco publicações por autor; nesta, encontram-se representados os nomes de 12 autores que discutem o tema de tratamento anaeróbio de lodos, indicando que esses pesquisadores publicam bastante sobre o assunto. Observa-se que esses nomes estão contidos em esferas de diferentes escalas de cores. Quanto mais próximo da cor amarela um autor estiver, maior será o número de artigos publicados por ele; e a proximidade entre os autores é dada pela colaboração dos artigos em conjunto.

Figura 1 – Coautoria de no mínimo cinco publicações por país em escala temporal

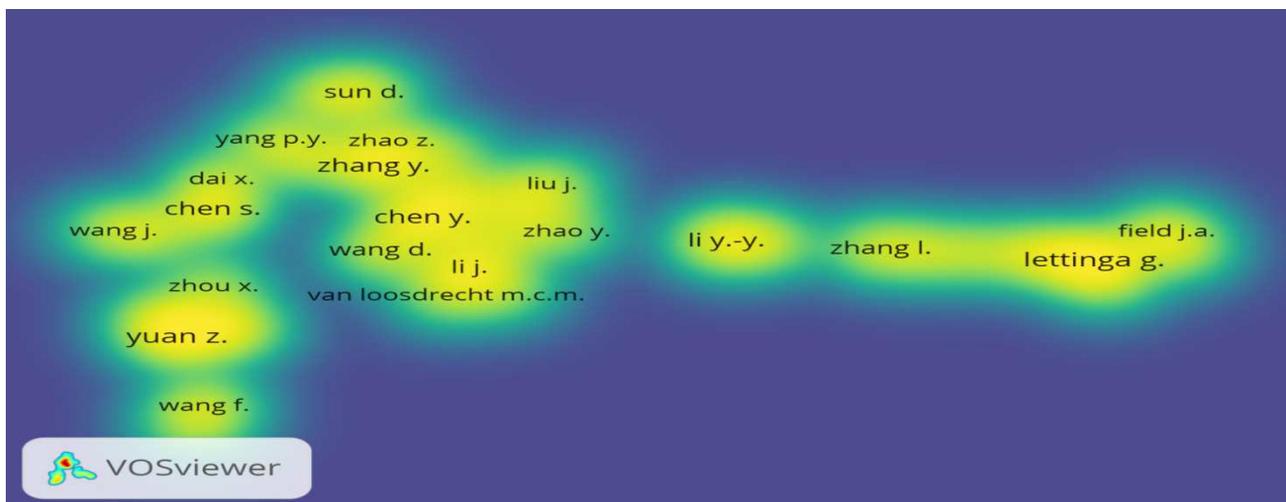


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no software VOSviewer® (2018)

A análise feita a partir da Figura 2 permite verificar que existem dois grupos de autores que publicam bastante sobre tratamento anaeróbico de lodos, com foco em geração de metano/biogás, a saber: Yuan Z., Wang J. e Wang F. formam um grupo e Chen S. e Zhang Y. formam outro grupo.

Pode-se observar ainda a formação de dois grupos de pesquisa cujos autores que mais contribuíram para o tema em estudo estão conectados formando um grande grupo com três pesquisadores centrais, os quais concentram o maior número de citações (Chen S., Zhang Y., Chen Y.), e um grupo periférico, com maior contribuição de outros dois pesquisadores (Yuan Z. e Wang J.). Um fato interessante a observar é que o primeiro grupo de pesquisadores citados tem linhas de pesquisas diferentes dos demais pesquisadores, já que estes não se citam entre si.

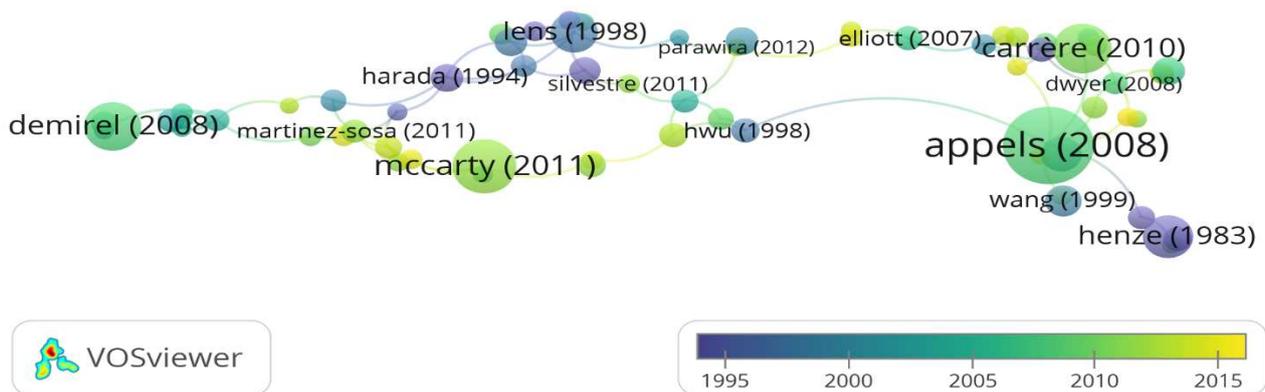
Figura 2 – Rede de coautoria de no mínimo cinco publicações por autor



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no software VOSviewer® (2018)

A Figura 3 apresenta os autores dos documentos que mais contribuíram sobre a temática, sendo estes aqueles que possuem o maior número de citações e que também se conectam a um maior número de outros documentos. Embora a Figura 2 apresente os autores que possuem maior número de publicações sobre a temática, a Figura 3 destaca os autores dos documentos mais citados, portanto os que se sobressaem nessa rede não são os mesmos da rede de coautoria. Os documentos mais citados estão representados no mapa da Figura 3 pelos autores Appels (2008) e McCarty (2011). A partir dos metadados dessa rede, disponíveis no ambiente do VOSviewer®, pode-se extrair as informações de número de citações e conexões estabelecidas por esses documentos, os quais revelam que o maior nó, que representa o documento do autor Appels (2008), foi citado 1.120 vezes e possui conexões formadas com 52 outros documentos diferentes; já o segundo maior nó dessa rede, McCarty (2011), foi citado 562 vezes e possui 22 documentos diferentes conectados.

Figura 3 – Rede de citação de no mínimo cinco publicações por autor



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no *software* VOSviewer® (2018)

Ainda sobre a Figura 3, o trabalho de Appels (2008) aborda os princípios e potenciais gerados por meio do tratamento anaeróbio de água residual, destacando o potencial do biogás como fonte de energia; e o de McCarty (2011), a produção de energia a partir do tratamento anaeróbio de águas residuais, ressaltando que processos de membrana e tratamento anaeróbico completo de efluentes juntos oferecem o potencial necessário para que o tratamento de águas residuais se torne um gerador de energia, em vez de ser o grande consumidor de energia que é hoje.

3.2 Análise de Patentes

Conforme explicitado na metodologia, buscou-se estudar qual é o código IPC com o maior nível de detalhamento para o tema em estudo, sabendo-se que outros códigos, que tivessem algum tipo de similaridade com o tema, poderiam também ser utilizados; entretanto, como a proposta deste estudo é ter um primeiro contato com o assunto, levantamentos mais detalhados

poderão ser feitos em um outro momento. Como resultado da busca, foi escolhido o código IPC C02F 11/04, e o Quadro 2 apresenta a descrição desse código.

Foram encontradas 11.530 famílias de patentes no levantamento de dados realizado no dia 7 de julho de 2018.

Quadro 2 – Detalhamento do código IPC C02F 11/04

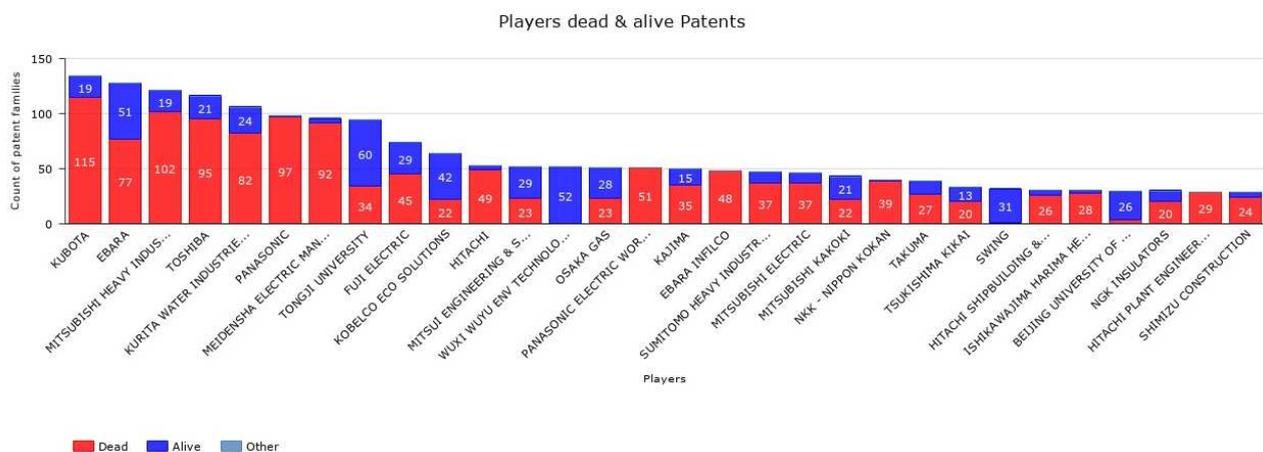
CÓDIGO	SIGNIFICADO
	SEÇÃO C — Química; Metalurgia
C02	Tratamento de Água, de Águas Residuais, de Esgotos ou de Lamas e Lodos
C02F	Tratamento de Água, de Águas Residuais, de Esgotos ou de Lamas e Lodos
C02F 11/00	Tratamento de Lamas e Lodos
C02F 11/04	Tratamento Anaeróbico; Produção de Metano por tais Processos

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2018)

Conforme ilustra a Figura 4, a seguir, entre os 30 primeiros titulares de patentes, muitos apresentam famílias de patentes não válidas; são cerca de 1.300 famílias de patentes nessa situação, denotando que existe (ou existiu) algum fator exógeno que levou grandes empresas como a Panasonic a não manterem viáveis quase que a integralidade de suas famílias de patentes aprovadas. Essa situação pode configurar uma oportunidade de desenvolvimento de mais pesquisas sobre o tema e de soluções para os motivos que levaram essas famílias de patentes a não se manterem viáveis.

Das duas universidades presentes entre os 30 primeiros titulares (Tongji University e Beijing University of Technology) que mais lançaram patentes, a Tongji University se sobressai. São 94 famílias de patentes concedidas, com 60 viáveis (correspondendo a 64%) e 34 não viáveis (correspondendo a 36%). De toda sorte, já se sabe que os maiores pesquisadores sobre o tema, que elaboram patentes e estão sediados na China, também atuam nessas universidades.

Figura 4 – Titulares de patentes *versus* patentes válidas e não válidas

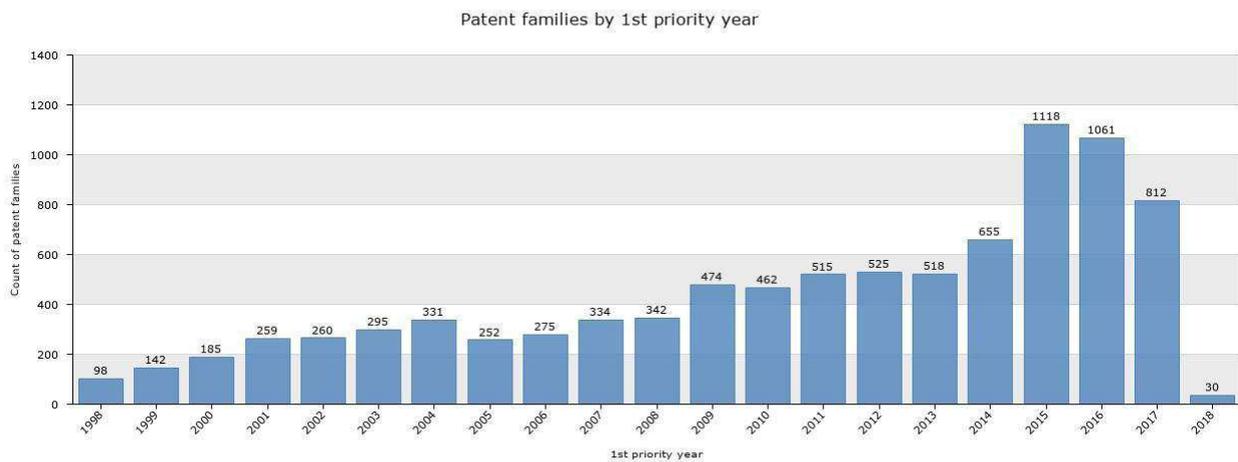


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no software VOSviewer® (2018)

A análise ilustrada na Figura 5 mostra dados envolvendo os anos de 1998 a 2018 que demonstram que o estudo de tecnologias voltadas aos tratamentos anaeróbios de lodos é algo relativamente recente e em franco crescimento. A análise do gráfico pode ser dividida em duas fases: a primeira, centrada nos primeiros dez anos, mostra que a produção de patentes teve um crescimento positivo, suave e relativamente homogêneo; a segunda, referente aos dez anos seguintes, revela que o crescimento apresentou uma tendência forte de ascensão, destacando-se o ano de 2015 com 1.118 famílias de patentes. Ressalta-se que os anos de 2017 e 2018 apresentam informações ainda subdimensionadas, em razão do período de graça.

Ao se contrapor a Figura 5 com a Figura 4, pode-se inferir que existe a possibilidade de que, com o grande número de famílias de patentes presentes em um único ano (2015), conferindo um grande salto na quantidade de famílias de patentes, aos poucos, o número de patentes válidas aumente. Talvez, o motivo exógeno citado anteriormente possa ter sido captado por grandes pesquisadores que investem em pesquisas tecnológicas e, assim, o quadro de viabilidade das famílias de patentes existentes venha a ser alterado.

Figura 5 – Famílias de patentes por primeiro ano de prioridade



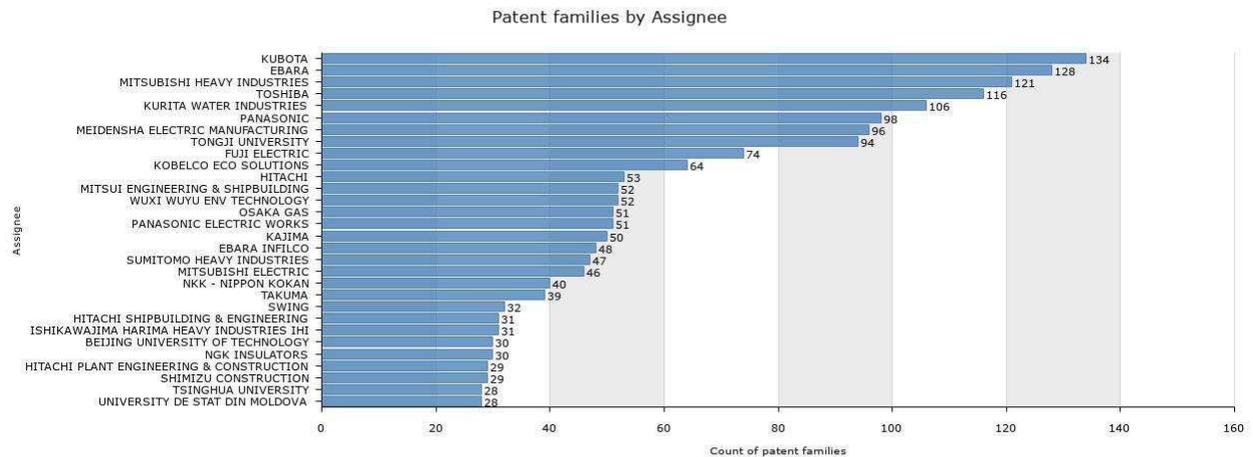
© Questel 2018

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no *software* Questel® (ORBIT INTELLIGENCE, 2018)

Na Figura 6, percebe-se que, para o quantitativo total de 11.530 famílias de patentes, o quantitativo individual de cada titular guarda certa uniformidade entre os oito primeiros, todos com valores em torno das 100 famílias de patentes. A análise ilustrada na Figura 4 ajuda a esclarecer o real entendimento da Figura 6: ter um número elevado de famílias de patentes depositadas e/ou concedidas não significa dizer que todas estejam válidas.

Além das duas grandes universidades chinesas já citadas, verifica-se a existência de outros centros de excelência, como a Tsinghua University e a University of Science and Technology of China, esta última localizada fora da China (Figura 6). Com os levantamentos bibliométricos estabelecidos anteriormente, entende-se mais claramente o motivo de ter um número bem superior de universidades chinesas envolvidas com pesquisas sobre o tema, na atualidade.

Figura 6 – Famílias de patentes por titulares

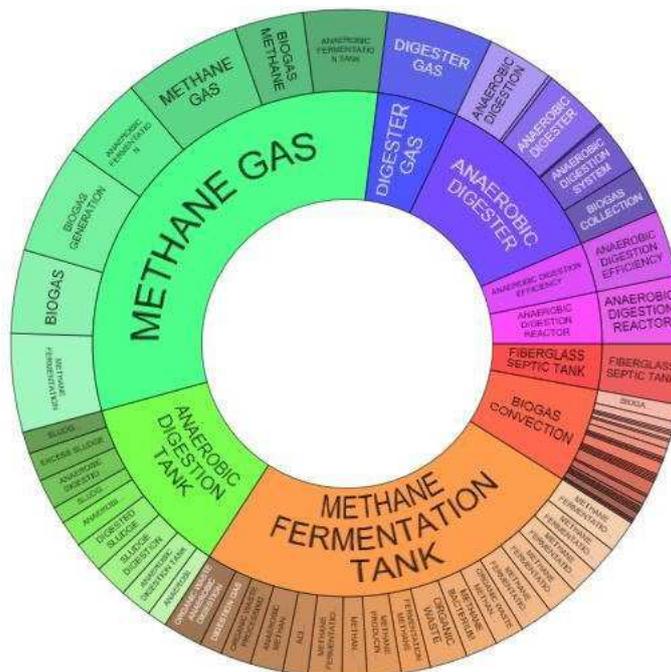


© Questel 2018

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no software Questel® (ORBIT INTELLIGENCE, 2018)

Na Figura 7, as 11.530 famílias de patentes estão classificadas em nove categorias e sub-classificadas em um grande número de outras categorias inferiores, denotando o amplo espectro de famílias de patentes já existentes. Majoritariamente, a categoria **gás metano** se sobressai em detrimento das demais, a saber: digestor de gás, digestor anaeróbico, eficiência de digestor anaeróbico, reator de digestão anaeróbica, tanque séptico de fibra de vidro, convecção de biogás, tanque de fermentação de metano e tanque de digestão anaeróbica. Com o auxílio do software Questel Orbit®, pode-se clicar sobre cada uma das categorias apresentadas e ter acesso às patentes a elas relacionadas, ficando mais fácil desenvolver novos estudos.

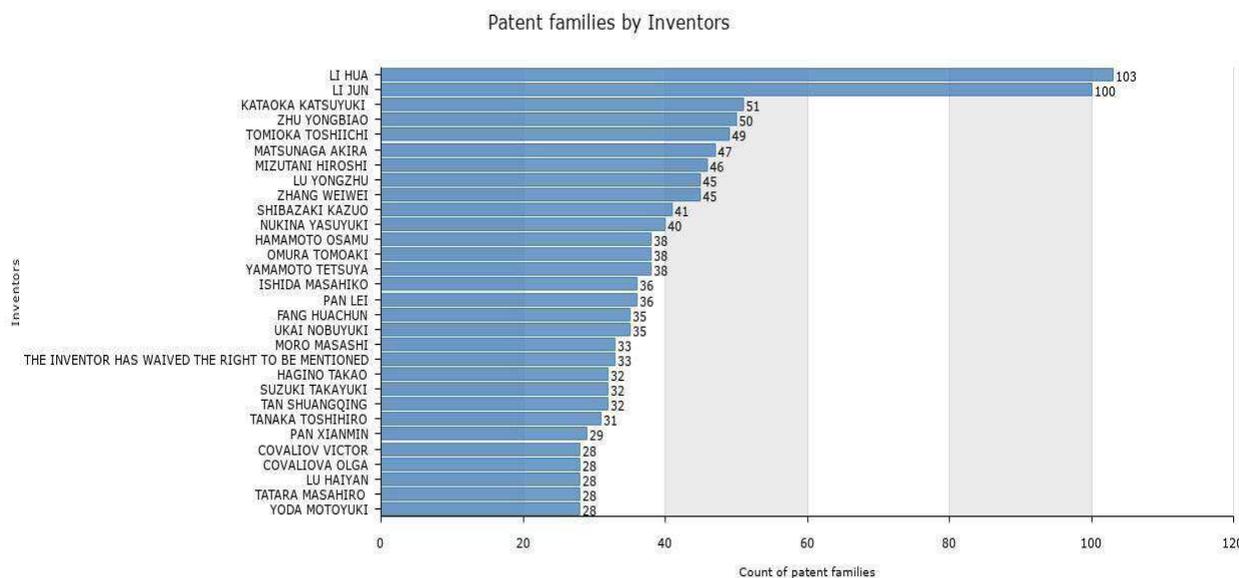
Figura 7 – Famílias de patentes organizadas por áreas de pesquisa dentro do tema em estudo



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no software Questel® (ORBIT INTELLIGENCE, 2018)

A análise apresentada na Figura 8 corrobora o que já foi colocado com as análises dos gráficos anteriores. A grande predominância de inventores de origem asiática reafirma a probabilidade de os inventores citados estarem vinculados às grandes universidades chinesas referendadas anteriormente.

Figura 8 – Famílias de patentes por inventores

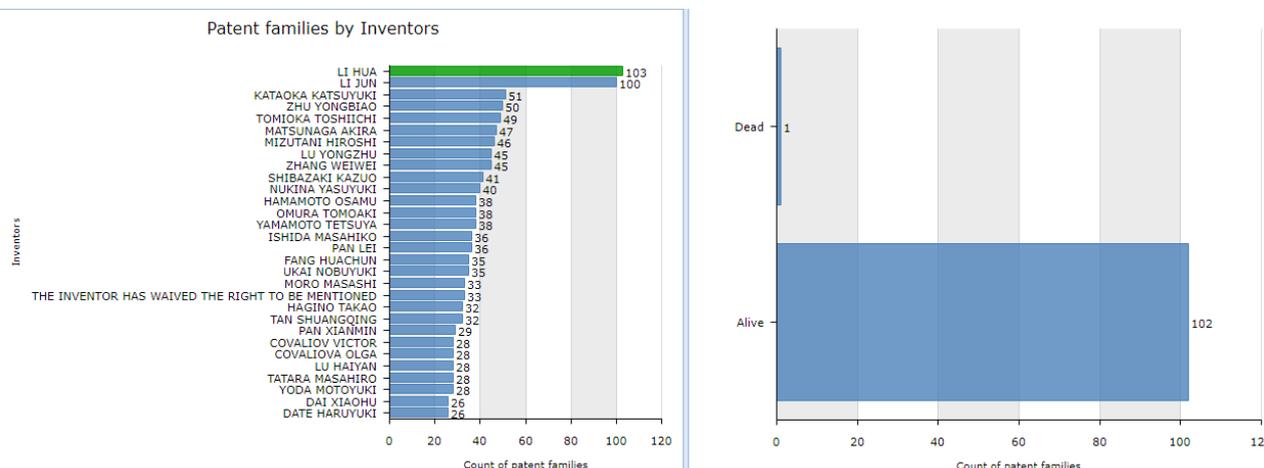


© Questel 2018

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no software Questel® (ORBIT INTELLIGENCE, 2018)

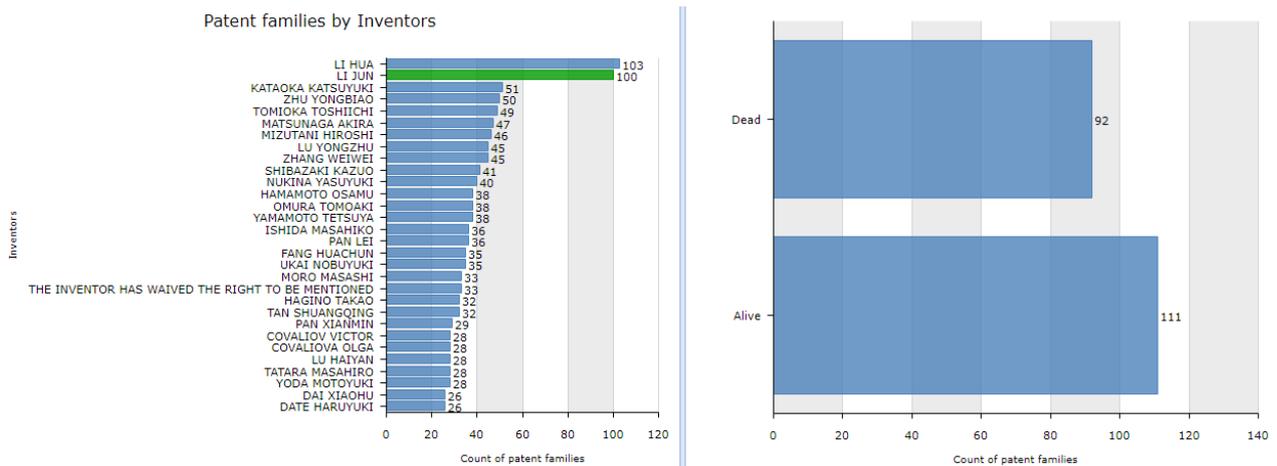
Individualmente, os inventores Li Hua e Li Jun são os mais produtivos e isso é uma verdade absoluta quando se analisa friamente os números da Figura 8, ou seja, percebe-se que ter um grande número de famílias de patentes não significa que todas estejam válidas. Ao clicar sobre a barra correspondente de cada um dos autores, o software Questel Orbit® consegue gerar uma nova figura, esta mais de acordo com a realidade. Assim, a relação de proporcionalidade estabelecida entre família de patente válida e família de patente não válida para o inventor Li Hua é de 102/1 e para o inventor Li Jun é de 9/91 (Figuras 9 e 10, respectivamente).

Figura 9 – Status legal para as famílias de patentes do inventor Li Hua



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no software Questel® (ORBIT INTELLIGENCE, 2018)

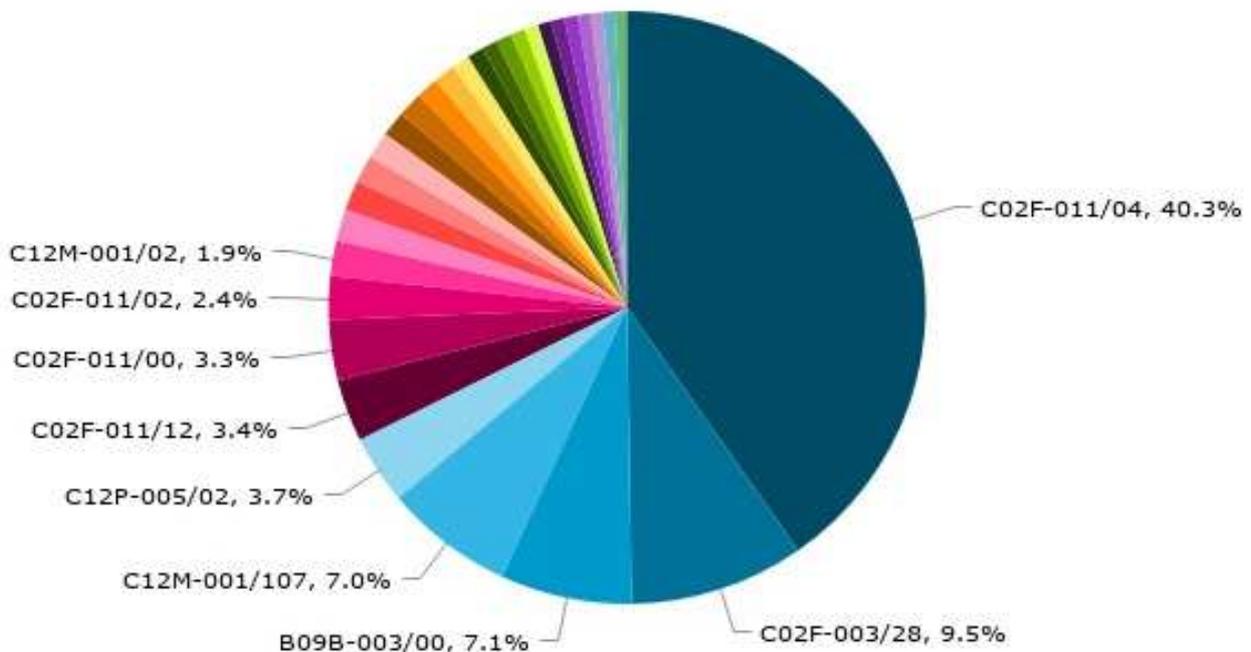
Figura 10 – Status legal para as famílias de patentes do inventor Li Jun



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no software Questel® (ORBIT INTELLIGENCE, 2018)

O gráfico da Figura 11 apresenta os códigos de classificação internacional das famílias de patentes presentes na base de dados levantada, dos quais 40,3% referem-se a C02F-011/04; código utilizado para refinamento da pesquisa. Entre os códigos apresentados em menor porcentagem e que versam sobre técnicas específicas de aproveitamento do biogás, tem-se: C12M-001/107, sobre aparelhos para enzimologia ou microbiologia com meios para recolher os gases de fermentação, por exemplo, metano (produção de metano por tratamento anaeróbico de lodos); C12P-005/02, sobre preparação de hidrocarbonetos acíclicos; C12M-001/02, sobre aparelhos para enzimologia ou microbiologia com meios de agitação e de troca de calor.

Figura 11 – Famílias de patentes por códigos de IPC



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, gerada no software Questel® (ORBIT INTELLIGENCE, 2018)

4 Considerações Finais

O presente estudo envolveu o uso das bases de dados Scopus® e Questel Orbit®. Na primeira, resgataram-se 986 trabalhos publicados e, na segunda, 11.530 famílias de patentes, ambos os levantamentos realizados em 7 de julho de 2018, constituindo uma base consistente para pesquisa dos dados correlatos como a que foi feita neste artigo.

A análise dos dados permitiu verificar que há um franco crescimento de pesquisas e depósitos de patentes sobre biogás a partir do ano de 2008 e que há espaço para estudos mais detalhados sobre essa temática, como abordagens sobre projetos de ETE com melhoria de eficiência na produção de biogás que objetivem seu reaproveitamento como fonte de energia.

Como este trabalho possui cunho exploratório e tem como foco o mapeamento da evolução científica e tecnológica do biogás de forma abrangente, pode ser usado como um estudo norteador para pesquisas correlatas posteriores. Nesse sentido, como seu desdobramento, podem ser realizadas pesquisas mais refinadas sobre tecnologias de reaproveitamento do biogás de ETE que analisem questões específicas como a utilização dos códigos IPC apresentados na Figura 11, e atualmente pouco explorados, a saber: C12M-001/107, C12P-005/02, C12M-001/02, possibilitando, assim, a continuidade desta investigação.

Agradecimentos

À Axonal Consultoria Tecnológica, representante no Brasil do sistema de dados franco-americano Questel Orbit®, e ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação, Ponto Focal UFBA, pelo acesso gratuito ao referido sistema de dados; ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e Meio Ambiente, pela parceria e pelo apoio dedicado; e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de mestrado a um dos autores.

Referências

- APPELS, L. *et al.* Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. **Progress in Energy And Combustion Science**, [S.l.], v. 34, n. 6, p. 755–781, dez. 2008. Elsevier BV. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pecs.2008.06.002>>. Acesso em: 28 dez. 2018.
- AZEVEDO, R. S. O. *et al.* Monitoramento tecnológico dos processos de aproveitamento do biogás como fonte de energia renovável. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 8, n. 4, p. 720–730, out./dez. 2015. Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/nit/article/view/13326>>. Acesso em: 11 ago. 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional das Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Brasília, DF: ANA, 2017. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/relatorio-conjuntura-2017.pdf>>. Acesso em: 11 ago. 2018.
- CARDOSO, F.; BOMTEMPO, J. V.; BORSCHIVER, S. Elaboração de roadmap tecnológico para a produção de biogás a partir de vinhaça. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 3 p. 495–509, jul./set. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.9771/cp.v10i3.22929>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

CHAGAS, R. R. A. *et al.* Avaliação de tecnologias em reatores anaeróbios para tratamento de efluentes a partir da análise dos pedidos de patentes. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 6, n. 4, p. 500–507, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.9771/S.CPROSP.2013.006.053>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

DOS SANTOS, N. J. B.; DOS SANTOS, M. J. C. Mapeamento do desenvolvimento tecnológico de patentes verdes relacionadas ao gerenciamento de resíduo. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 1, p. 17–25, jan./mar. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.9771/cp.v11i1.23201>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

FERREIRA, P. S.; HASNER, C.; SANTOS, D. O potencial e o perfil das patentes verdes em conservação e renovação de energia no Brasil. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 9, n. 1, p. 111–120, jan./mar. 2016. Disponível em: <[10.9771/S.CPROSP.2016.009.013](http://dx.doi.org/10.9771/S.CPROSP.2016.009.013)>. Acesso em: 11 ago. 2018.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. [S.l.]: [s.n.], 2006. 491 p.

LIBANIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

MAIÉ, D. F. S. **Caracterização das Águas Residuais do Processo de Tratamento na ETA de Tavira e Otimização das Condições Operacionais e Tecnológicas do Densadeg**. 2008. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica) – Faculdade de Engenharia dos Recursos Naturais, Universidade do Algarve, Faro, 2008. Disponível em <<https://sapiencia.ualg.pt/bitstream/10400.1/432/1/Caracterização%20das%20águas%20residuais%20do%20processo%20de%20tratamento.pdf>>. Acesso em: 7 jul. 2018.

MATOS, M. D. D.; PATERNOSTRO, A. G. Pesquisa exploratória de tecnologias para geração de energia a partir do tratamento de efluente líquido. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 1, p. 114–126, jan./mar. 2018. Disponível em: <[10.9771/cp.v11i1.23199](http://dx.doi.org/10.9771/cp.v11i1.23199)>. Acesso em: 11 ago. 2018.

MCCARTY, P. L.; BAE, J.; KIM, J. Domestic wastewater treatment as a net energy producer—can this be achieved? **Environmental Science & Technology**, [S.l.], v. 45, n. 17, p. 7100–7106, set. 2011. American Chemical Society (ACS). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/es2014264>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

ORBIT INTELLIGENCE. **Questel software**. [2018]. Disponível em: <<https://www.questel.com/>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

SANTOS, A. F. J.; HANNA, S. A. Prospecção tecnológica de patentes na produção de bioinoculantes e biofertilizantes. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 10, n. 2, p. 300–314, abr./jun. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.9771/cp.v10i2.20719>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

SOARES, S. P. S. **Estudo sobre o Tratamento Anaeróbio de Águas Residuais Urbanas em Reator de Leito de Lamas de Fluxo Ascendente em Escala Piloto**. 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2014. Disponível em <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/71818/2/27051.pdf>> Acesso em: 7 jul. 2018.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. Text mining and visualization using VOSviewer. **ISSI Newsletter**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 50–54, 2011.

_____. VOS: A new method for visualizing similarities between objects. **Advances in Data Analysis**, [S.l.], p. 299–306, 2007.

VAN LIER, J. B. *et al.* New perspectives in anaerobic digestion. **Water Science and Technology**, [S.l.], 43. n. 1, pp 1–18, 2001. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_57-58/010024947.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2018.

VOSVIEWER. **VOSviewer software**. [2018]. Disponível em: <<http://www.vosviewer.com/>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

Sobre os Autores

Paula Marques Borges Vinhas Porto

E-mail: paulaporto24@yahoo.com.br

Formação: Mestranda, pelo Programa de Pós-Graduação em Modelagem de Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS); e bacharela em Química, pelo Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Endereço profissional: Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Ciências da Terra e do Ambiente. Avenida Transnordestina, s/n., Novo Horizonte – Feira de Santana, BA. CEP: 44036-900.

Silvana Sandes Tosta

E-mail: siltosta@hotmail.com

Formação: Mestranda, pelo Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação pelo Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia (FORTEC) e Universidade Federal da Bahia (UFBA); mestra em Meio Ambiente, Águas e Saneamento, pela Escola Politécnica da UFBA; especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, pela Escola Politécnica da UFBA; e bacharela em Engenharia de Alimentos, pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Endereço profissional: Universidade Federal da Bahia, Núcleo de Ações Ambientais (NAAMB) vinculado a Coordenação de Meio Ambiente (CMA) da Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura (SUMAI) da UFBA. Campus Ondina, Rua Barão de Jeremoabo, Pav. 1 e 2, s/n., Ondina – Salvador, Ba. CEP: 40170-117.

Cristina M. Quintella

E-mail: cris5000tina@gmail.com

Formação: Doutora interdisciplinar em Ciências Moleculares, pela University of Sussex, UK; mestra em Físico-Química, pelo Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); e bacharela em Física, pela UFRJ.

Endereço profissional: Universidade Federal da Bahia, Departamento de Química Geral e Inorgânica, Laboratório de Cinética e Dinâmica Molecular, Instituto de Química. Campus Ondina, s/n., Ondina – Salvador, BA. CEP: 40170-290.

Thaison Monteiro de Jesus

E-mail: thaysonmont@gmail.com

Formação: Mestrando, pelo Programa de Pós-Graduação em Modelagem de Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS); e bacharel em Engenharia Florestal, pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB).

Endereço profissional: Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Ciências da Terra e do Ambiente. Avenida Transnordestina, s/n., Novo Horizonte – Feira de Santana, BA. CEP: 44036-900.

Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha

E-mail: wrocha@uefs.br

Formação: Doutor em Geologia, pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) com estágio em Geographical Information System no Geological Survey of Canada; mestre em Geologia Econômica, pelo Instituto de Geociências da UFBA; e bacharel em Geologia, pela UFBA.

Endereço profissional: Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Departamento de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente. Avenida Transnordestina, s/n., Novo Horizonte – Feira de Santana, BA. CEP: 44036-900.