

## USO DA MICROALGA *Chlorella vulgaris* NO TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

**Izis Palilla Pereira de Sena Carvalho** – [izis.carvalho76@gmail.com.br](mailto:izis.carvalho76@gmail.com.br)

*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de Sergipe*

**Sheila Silva de Oliveira** – [oliv.s.sheila@gmail.com](mailto:oliv.s.sheila@gmail.com)

*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de Sergipe*

**Cristina Ferraz Silva** -- [ferrazcristina@ufs.br](mailto:ferrazcristina@ufs.br)

*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal de Sergipe*

**Resumo**—A liberação de resíduos tóxicos provenientes de processos industriais representa a principal causa do cenário de poluição em mananciais, contribuindo para o agravamento do efeito estufa e para o desequilíbrio da fauna e flora. Os desastres causados pela eutrofização e liberação de dióxido de carbono despertaram interesse na busca por soluções mais sustentáveis. Nesse sentido, o uso de microalgas para o tratamento de efluentes tem crescido significativamente nos últimos anos devido a sua boa adaptação em ambientes adversos e alta eficiência em transformar CO<sub>2</sub> e compostos orgânicos e inorgânicos em biomassa de alto valor agregado. Para analisar esses estudos, o presente trabalho realizou uma prospecção tecnológica acerca do uso desses organismos no tratamento de efluentes industriais utilizando bases de dados de patentes, teses e artigos. Para isso, foram utilizadas as principais plataformas nacionais e internacionais com as palavras-chaves que mapeiam o tema proposto no estudo. A plataforma Periódicos Capes abrangeu os resultados mais expressivos, totalizando 99,88% de artigos e teses publicados para o termo “tratamento de efluentes com microalgas”. Dois e quatro registros de patentes foram encontrados nas plataformas Spacenet e WIPO com o mesmo termo, respectivamente. Para o “tratamento de efluentes com *Chlorella vulgaris*” nenhuma patente foi encontrada. Os resultados demonstram uma escassez de registros, inferindo-se que o tema ainda é inovador e representa um vasto campo a ser estudado.

**Palavras-chave**— Microalga, *Chlorella vulgaris*, Tratamento de efluente.

**Abstract**— The release of toxic waste from industrial processes is the main cause of the pollution scenario in water sources, contributing to the worsening of the greenhouse effect and the imbalance of fauna and flora. Disasters caused by eutrophication and carbon dioxide release sparked interest in the search for more sustainable solutions. In this sense, the use of microalgae for wastewater treatment has grown significantly in recent years due to its good adaptation in adverse environments and high efficiency in transforming CO<sub>2</sub> and organic and inorganic compounds into high value-added biomass. To analyze these studies, the present work carried out a technological prospection about the use of these organisms in the treatment of industrial effluents using databases of patents, theses and articles. For this, the main national and international platforms were used with the keywords that map the theme proposed in the study. The Capes Periodical platform covered the most expressive results, totaling 99.88% of articles and theses published for the term “effluent treatment with microalgae”. Two and four patent filings were found on the Spacenet and WIPO platforms with the same term, respectively. For the “effluent treatment with *Chlorella vulgaris*” no patent was found. The results show a scarcity of records, inferring that the theme is still innovative and represents a vast field to be studied.

**Keywords**— Microalgae, *Chlorella vulgaris*, Wastewater Treatment.

### 1. INTRODUÇÃO

A utilização de microalgas para tratamento de efluentes tem sido amplamente explorada por pesquisadores. Esses microrganismos tornaram-se uma alternativa de estudo por seu potencial de remover

algumas substâncias existentes nos efluentes. Além disso, sua alta capacidade de crescimento propicia a produção de biomassa que posteriormente pode ser destinada a outros fins econômicos. Muitos resíduos industriais, principalmente biológicos, têm os componentes cruciais para o crescimento de microalgas, dentre os quais estão fósforo, nitrogênio e carbono, os quais favorecem a reprodução celular de forma natural (MUKHERJEE et al., 2016).

As microalgas representam grande diversidade, sendo mais de 40.000 espécies já conhecidas que se reproduzem durante todo o ano, o que torna seu cultivo atrativo. O cultivo de microalgas pode ser realizado em diversos meios de cultura; no entanto, o custo de reagentes químicos para o cultivo em meio sintético ainda é muito alto, podendo alcançar 60% do custo total, tornando-se um fator limitante para o processo. Por isso, por serem capazes de sobreviver em ambientes adversos, absorvendo gases e nutrientes poluentes, o uso de efluentes industriais representa uma alternativa econômica e ambientalmente interessante para o desenvolvimento de microalgas (BAUMGARTNER et al., 2013).

Dentre as diversas espécies de algas estudadas, a *Chlorella vulgaris* apresenta amplo potencial de aplicação em bioprocessos devido a seu fácil cultivo, alta produtividade e presença de compostos bioativos de alto valor agregado (WEBER et al. 2017). A *C. vulgaris* também apresenta boa adaptação em tratamentos de efluentes residuais agrícolas e de esgoto, podendo diminuir significativamente a demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio, dióxido de carbono e fósforo (SAFI et al., 2013).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo buscar informações acerca do uso da microalga *C. vulgaris* em processos de tratamento de efluentes industriais com base em patentes, teses e artigos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 MICROALGAS

As microalgas compreendem um grupo heterogêneo de microrganismos, predominantemente microscópicos unicelulares, autótrofos e assexuados que vivem na forma de colônia em ambientes aquáticos. Esses organismos são de fundamental importância no meio ambiente, sendo responsáveis por 90% do processo de fotossíntese no mar, reduzindo o dióxido de carbono do planeta de forma significativa (DERNER et al., 2006).

Os fatores que influenciam o crescimento de microalgas podem ser biológicos, físicos e químicos. Os biológicos envolvem as taxas metabólicas das espécies cultivadas e organismos contaminantes. Os físico-químicos compreendem a temperatura, a luminosidade e os nutrientes disponíveis. Ainda que seu conhecimento seja limitado, as algas são consideradas o maior grupo de organismos vivos devido a sua multiplicidade. Sua classificação baseia-se na comparação do RNAr de diversos organismos, estimando que existam mais de 50.000 espécies, sendo apenas 30.000 estudadas e descritas na literatura (ANDRADE FILHO, 2014).

O interesse de pesquisadores em cultivar microalgas surgiu no ano de 1919 com a espécie *Chlorella* sp devido a sua velocidade de reprodução e à descoberta do alto teor de proteína presente em sua matéria seca. O cultivo em larga escala se deu durante a segunda guerra mundial, sendo estudada por pesquisadores alemães, e por volta dos anos 1980 passou a ser produzida por 46 indústrias na Ásia (VIEIRA, 2013). No Brasil, as primeiras técnicas implantadas para o cultivo de microalgas ocorreram no ano de 1977, sendo uma junção de diversas técnicas voltadas para o fitoplâncton marinho já utilizadas em outros países. A partir desse primeiro estudo, outras técnicas foram registradas em ambientes aquáticos de água doce, salobra e marinha (RIOS et al., 2018).

As aplicações da biomassa de microalgas têm sido direcionadas para diferentes fins de interesse, como por exemplo na alimentação animal, na extração de compostos bioativos, como fonte de biocombustíveis, produção de cosméticos, tratamento de águas residuais, indicadores ambientais, fixação de CO<sub>2</sub> atmosférico, como suplemento alimentar de alto valor nutricional, entre outros (DERNER, 2006). Na alimentação humana, a *Chlorella vulgaris* é uma das poucas espécies que pode ser encontrada na forma de

suplemento alimentar ou aditivos e corantes, podendo ser encontrada comercialmente na forma de cápsulas, extratos ou em pó (ASSUNÇÃO, 2014).

Muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos no intuito de buscar meios diversificados que contenham nutrientes para o crescimento de microalgas. O cultivo desses microrganismos em meio residual, seja esgoto sanitário ou efluentes industriais, representa uma evolução para remediação de componentes agressivos ao meio ambiente (SAFI et al., 2014). Mukherjee et al. (2016) e Talec et al. (2013) estudaram a aplicação de cepas de microalgas, incluindo a *Chlorella vulgaris* para o tratamento de efluentes de indústria de arroz e cimento, respectivamente.

## 2.2 EFLUENTES

Nas últimas décadas, diversas catástrofes ambientais têm sido acompanhadas em todo o mundo, mais especificamente em países em desenvolvimento. O descarte de gases tóxicos na atmosfera e de resíduos industriais em córregos e lagos provocam o desequilíbrio do ecossistema, intensificando as mudanças climáticas e de mananciais (ASSAD e MAGALHÃES, 2014).

O aumento acentuado da industrialização resulta em muitos fatores que afetam diretamente o meio ambiente. O despejo de águas residuais em corpos d'água causam o processo de eutrofização, o que provoca o desequilíbrio da fauna e flora aquática devido à grande quantidade de nitrogênio e fósforo. Para minimizar esses efeitos nocivos, o tratamento de efluentes é de fundamental importância para que haja a remoção desses nutrientes. No entanto, a remoção de fósforo usada nos processos convencionais envolve o uso de etapas químicas e físicas, gerando grandes volumes de resíduos que, na maioria das vezes, não possuem uma destinação útil e adequada (SINGH, 2017).

O uso de organismos microalgais representa uma alternativa na redução de gases e nutrientes de efluentes, sem mudanças radicais na atividade produtiva. O efluente deve suprir as necessidades nutricionais dos microrganismos fora de seu ambiente natural, viabilizando a produção de metabólitos de interesse industrial. Vários efluentes estão sendo estudados para estabelecer substratos adequados e menos dispendiosos. A vantagem de utilizá-los se deve ao fato de serem produzidos em larga escala e quando descartados provocarem impactos ambientais negativos (ANDRADE; FILHO, 2014).

Nesse cenário, as microalgas representam uma alternativa econômica e ambientalmente atrativa, considerando sua capacidade de absorver gás carbônico e nutrientes (nitrogênio e fósforo) transformando-os em biomassa (DERNER, 2006).

## 2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTE COM MICROALGAS

O cultivo de microalgas em resíduos urbanos ou efluentes industriais é um método eficaz para reduzir custos e evitar poluição secundária. Os efluentes representam meios enriquecidos com os nutrientes necessários ao desenvolvimento das microalgas, dispensando a utilização de aditivos e água doce, o que garante um cultivo sustentável (SINGH et al. 2017).

Talec et al. (2013) estudaram o crescimento de quatro espécies de microalgas com resíduo gasoso industrial composto por dióxido de carbono e poeira. Os resultados demonstraram que, mesmo em condições severas, esse meio não afetou a reprodução dos microrganismos. Mukherjee et al. (2016) observaram alta eficiência na remediação de efluente industrial de arroz parboilizado com *Chlorella vulgaris*, alcançando mais de 90% de absorção de nitrogênio, fósforo e redução na demanda química de oxigênio, demonstrando a viabilidade dessa microalga em se desenvolver nesse meio.

Yadavalli et al. (2014) cultivaram as microalgas *Chlorella pyrenoidosa* e *Euglena gracilis* em efluente lácteo e verificaram que, junto ao crescimento das mesmas, houve a remoção/redução da carga orgânica do efluente. O estudo relatou também que quando comparadas a remoção dos nutrientes orgânicos, diminuição da demanda química de oxigênio e demanda biológica de oxigênio, os resultados foram bastante semelhantes para as duas microalgas cultivadas, sendo que a composição celular da *Chlorella pyrenoidosa* apresentou um teor maior de proteínas e a *Euglena gracilis* um maior teor de lipídeos. De acordo com a

composição das respectivas biomassas, essas podem ser direcionadas para a fabricação de ração animal e produção de biodiesel.

Li et al. (2013) avaliaram a remoção de nutrientes por *Chorella vulgaris* em efluente de ácido cítrico, constatando a remoção de 90% de nutrientes orgânicos e concentrações altas de lipídeos e proteínas da biomassa colhida. Os autores afirmaram se tratar de um processo com duplo benefício, podendo converter o efluente de ácido cítrico em subprodutos lucrativos. Kumar et al. (2011) estudaram o cultivo de cepas de *C. vulgaris* em efluente industrial de confeitaria e observaram que as mesmas sobreviveram em variações extremas de pH. Os autores também analisaram a biomassa produzida, a qual apresentou alto teor de atividade antioxidante, evidenciando a capacidade das microalgas em se desenvolver em diferentes meios e gerar compostos de grande interesse, possuindo aplicação nos diversos segmentos industriais.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa de prospecção tecnológica do tratamento de resíduos industriais com microalgas foi fundamentada na metodologia de busca em plataformas nacionais e internacionais. Para observar a relevância do tema, foram pesquisados os registros de patentes, teses e artigos.

O rastreamento de patentes foi realizado nas plataformas do banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), no *European Patent Office* (Espacenet) e no *World Intellectual Property Organization* (WIPO). A pesquisa foi realizada usando palavras-chave considerando o tema de forma mais ampla e posteriormente foram utilizadas palavras-chave com maior refinamento. O mesmo procedimento foi realizado para a busca de teses e artigos usando as plataformas Periódicos Capes e Scielo.

As palavras-chave em inglês foram utilizadas para as plataformas internacionais e em português para as nacionais. As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram *microalgas*, *Chlorella vulgaris*, *tratamento de efluentes industriais*, *tratamento de efluentes industriais com microalgas*, *tratamento de efluentes industriais com Chlorella vulgaris*.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os dados obtidos nas plataformas INPI, Espacenet e WIPO. Foram contabilizadas um total de 14.092 patentes depositadas nas três bases de dados pesquisadas. A Espacenet foi a plataforma com maior volume de documentos, ultrapassando a marca de 7.000 depósitos disponíveis, correspondendo a 53,58% do total (Figura 1A). Esses resultados podem ser justificados pelo número de países englobados nessa plataforma, somando mais de setenta, enquanto o INPI por ser uma base nacional apresenta menos depósitos. Apesar dos números expressivos, não foram encontradas patentes para o termo tratamento de efluente industrial com *Chlorella vulgaris*.

Tabela 1-Número de patentes encontradas por palavras-chave nas plataformas nacional e internacionais pesquisadas

Palavra-chave	INPI	Espacenet	WIPO	Total
Microalgas	98	5817	4855	10770
<i>Chlorella vulgaris</i>	1	236	226	463
Tratamento de efluente industrial	5	1495	1353	2853
Tratamento de efluente industrial com microalgas	0	2	4	6
Tratamento de efluente industrial com <i>Chlorella vulgaris</i>	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>7550</b>	<b>6438</b>	<b>14092</b>

Fonte: Autor.

Na busca pelo termo “*Chlorella vulgaris*” na plataforma do INPI foi obtido apenas um resultado. O documento é de 2013 e descreve o processo de obtenção de enzima fibrinolítica a partir da microalga *C. vulgaris* com a finalidade de reduzir os custos do uso do fármaco no tratamento de trombose.

O termo “tratamento de efluente industrial” está associado a cinco patentes, do ano de 1993 a 2009. A primeira, em 1993, trata de uma planta de tratamento de água para remoção de matéria orgânica, sólidos suspensos e outros poluentes com o uso de uma câmara de pré-tratamento, uma câmara de aeração-biofilme e uma câmara de sedimentação. A publicação de 1995 tem como estudo um equipamento para tratamento de efluente industrial e sanitário. Em 1996, a patente tem ênfase na adição de um sal de metal com hidróxido insolúvel para separar substâncias orgânicas hidrofóbicas do efluente industrial aquoso. Em 2002, a patente refere-se à invenção de um processo catalítico para atuar em efluentes industriais contendo poliorganossiloxanos de baixa degradabilidade, envolvendo uma reação catalítica e uma separação física dos resíduos sólidos resultantes. A patente publicada em 2009 trata de um processo de tratamento de efluente tendo como base uma empresa modelo, em que óleos vegetais, combustíveis, álcool, entre outras matérias-primas passam por um processo de separação através de métodos físico-químicos e biológicos.

Para o termo “tratamento de efluente industrial com microalgas” foram encontrados dois registros na plataforma Espacenet. O primeiro, patenteado no ano de 2009, aborda o método de remoção de poluentes de efluente de uma indústria petroleira com microalgas, no qual estas passam por um processo de seleção natural e são adaptadas ao ambiente hostil da água produzida. O segundo, em 2011, tem ênfase na obtenção de gordura e óleo de resíduos industriais, se destinando como matéria-prima na produção de combustíveis. Esses resíduos passam por diferentes processos de tratamento, dentre eles o cultivo de microalgas.

Na plataforma WIPO, foram encontrados quatro registros para “tratamento de efluente industrial com microalgas”, sendo dois registros de patente em 2009, um em 2011 e outro em 2014. Os dois registros de 2009 e do ano de 2014 retornam ao mesmo resultado encontrado na base Espacenet, tendo o mesmo tema, inferindo-se que houve apenas incrementação na publicação da patente. O registro encontrado em 2011 também retorna um resultado encontrado no Espacenet.

Nenhuma patente foi encontrada para tratamento de efluentes industriais com *Chlorella vulgaris* nas três plataformas escolhidas, o que pode indicar o caráter inovador do tema.

A Tabela 02 apresenta os dados obtidos para artigos e teses, em que mais de 150.000 títulos foram encontrados, com destaque para o Periódico Capes que comporta 99,88% (Figura 1B) desse número total, o que se deve ao grande número de países englobados nesse banco, resultando em um número expressivo de trabalhos publicados.

Tabela 2-Número de teses e artigos encontrados por palavras-chave nas plataformas selecionadas

Palavra-chave	Periódicos Capes	SciELO	Total
Microalgas	56649	174	56.823
<i>Chlorella vulgaris</i>	15909	8	15.917
Tratamento de efluente industrial	76206	5	76.211
Tratamento de efluente industrial com microalgas	2744	0	2.744
Tratamento de efluente industrial com <i>Chlorella vulgaris</i>	1325	0	1.325
<b>Total</b>		187	153.02
	152.833		0

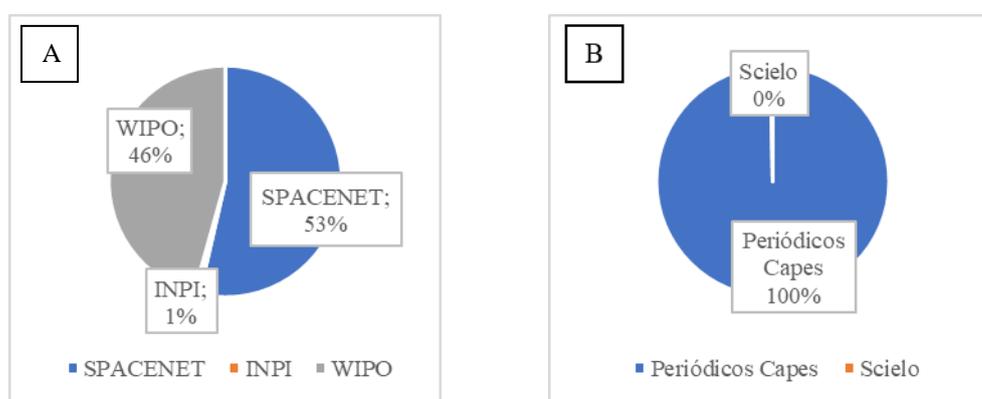
Fonte: Autor.

Os dados da Tabela 2 mostram que o número de publicações encontradas para o termo “Microalgas” se destaca nas duas plataformas de busca, representando 37,13% do total. Para o termo “tratamento de efluente com microalgas” essa porcentagem diminui significativamente para menos de 2%. Os resultados mais expressivos foram encontrados no Periódico Capes, sendo o tema “tratamento de efluente industrial com *Chlorella vulgaris*” o que apresentou menor registro. Na plataforma SciELO não foram encontrados documentos para o tratamento de efluente industrial com microalgas e tratamento de efluente industrial com *Chlorella vulgaris*.

A distribuição percentual de patentes e artigos científicos e teses por base de dados é representada percentualmente nas Figuras 1A e 1B, respectivamente. O banco Periódicos Capes abrange quase 100% dos trabalhos publicados referentes a artigos e teses encontrados, no qual a maior parte das publicações aborda a

remediação de nutrientes orgânicos para o termo “tratamento de efluente industrial com microalgas”. Das publicações encontradas, Souza et al. (2015) estudaram o uso de microalgas *Desmodesmus subspicatus* e planta *Zantedeschia aethiops spreng* para o tratamento de esgoto, atingindo 90% de remediação de nutrientes orgânicos. Já Vieira et al. (2012) estudaram o tratamento de águas residuais de leite utilizando cianobactérias *Aphanothece microscopica Nägeli*, removendo fosfato até taxas de 3,77 mg/L.h. Maroneze e Zepka (2014) classificaram o tratamento com microalgas como um processo de elevada eficiência na remoção de fósforo em águas residuais industriais, sendo possível a destinação da biomassa como fonte de proteína, gordura e pigmentos naturais.

Figura 1-Distribuição percentual de patentes (A) e de teses e artigos científicos (B) encontradas nas plataformas nacionais e internacionais considerando o resultado total da busca por palavras-chave.



## 5. CONCLUSÃO

A partir das pesquisas realizadas, foi possível verificar os panoramas nacional e mundial do uso de microalgas e suas aplicações no tratamento de efluentes industriais. A plataforma Periódicos Capes apresentou os maiores resultados de busca para documentos científicos, compreendendo teses e artigos. A pesquisa para a palavra-chave tratamento de efluentes industriais com microalgas retornou dados que incluíram outros organismos como o uso de plantas e cianobactérias, sem conformidade com o tema proposto.

O tema tratamento de efluentes industriais com microalgas ainda é algo novo, conforme mostraram os dados com o refinamento da pesquisa, mais especificamente no tratamento de efluentes industriais com *Chorella vulgaris*, demonstrando que o tema tem possibilidade de ser bastante inovador.

## AGRADECIMENTOS

Os autores do presente trabalho agradecem à Universidade Federal de Sergipe (UFS), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PEQ) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. S., FILHO, A. C. Microalgas de Águas Continentais: Potencialidades e Desafios do Cultivo. Instituto Agrônomo do Paraná, Londrina, 2014.
- ASSAD, E.D., MAGALHÃES, A. R. Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014
- ASSUNÇÃO, A. F. G. Pesquisa de compostos bioativos em microalgas da Algoteca de Coimbra (ACOI). 137f. **Dissertação**- Universidade de Coimbra, 2014.

- BAUMGARTNER, T. R. S., BURAK, J. A. M., KOGIKOSK, M. E., SEBASTIEN, N. Y., ARROYO, P. A. Avaliação da produtividade da microalga *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat em diferentes meios de cultivo. **Revista Brasileira de Biociências**, v.11, n. 2, p. 250-255, 2013.
- DERNER, R. B., OHSE, S. VILLELLA, M., CARVALHO, S. M., FETT, R. Microalgas, produtos e aplicações. **Ciência Rural**, 36, 6, p. 1959-1967, 2006.
- Kumar, R. R., Rao, P. H., Subramanian, V. V., Sivasubramanian, V. Enzymatic and non-enzymatic antioxidant potentials of *Chlorella vulgaris* grown in effluent of a confectionery industry. **Journal of Food Science and Technology**, 51, 322–328, 2011.
- LI, C., YANG, H., XIA, X., LI, Y., CHEN, L., ZHANG, M., WANG, W. High efficient treatment of citric acid effluent by *Chlorella vulgaris* and potential biomass utilization. **Bioresource Technology**, 127, 248–255, 2013.
- MUKHERJEEA, C., CHOWDHURYA, R., SUTRADHARA, T., BEGAM, M., GHOSH, S. M., BASAKB, S. K., RAY. K. Parboiled rice effluent: A wastewater niche for microalgae and cyanobacteria with growth coupled to comprehensive remediation and phosphorus biofertilization. **Algal research**, n.19, 225-236, 2016.
- SAFI, C., ZEBIB, B., MERAH, O., PONTALIER, P.-Y., VACA-GARCIA, C. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 35, 265–278, 2014.
- SINGH, R., BIRRU, R., SIBI, G. Nutrient Removal Efficiencies of *Chlorella vulgaris* from Urban Wastewater for Reduced Eutrophication. **Journal of Environmental Protection**, 8, 1-11, 2017.
- SINGH, R., BIRRU, R., SIBI, G. Nutrient removal efficiencies of *Cchlorella vulgaris* from urban wastewater for reduced eutrophication. **Journal of Environmenal Protection**, n.8, 1-11, 2017.
- SOUZA, C. F., BASTOS, R. G., GOMES, M. P. D. M., & PULSCHEN, A. A. Eficiência de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reuso agrícola. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, 10, 2015.
- TALEC, A., PHILISTIN, M., FERREY, F., WALENTA, G., IRISSON, J. -O., BERNARD, O., SCIANDRA. Effect of gaseous cement industry effluents on four species of microalgae. **Bioresource Technology**, 143, 353–359, 2013.
- VIEIRA, J.G., LOPES, E., MANETTI, A. G. S., QUEIROZ, M. I. Influência da temperatura na remoção de fosfato por microalgas em biorreatores heterotróficos. **Rev. Ambient. Água**, 7, 101-109, 2012.
- VIEIRA, T. Q. Uso de resíduos líquidos no cultivo de microalga *Chlorella* sp com potencial para produção de biocombustíveis. **Trabalho de Conclusão de Curso**, UEPB, Campina Grande, 2013.
- WEBER D. P., CAETANO, P., FERNANDES, A. S., JACOB-LOPES, E., ZEPKA, L. Q. Perfil de carotenoides da microalga *cChlorella vulgaris* em cultivo fototrófico. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, UFSCAR, São Carlos, 2017.
- YADAVALLI, R., RAO, C. S., RAO, R. S. POTUMARHTratamento de efluentes e produção de lipídios por *Chlorella pyrenoidosa* e *Euglena gracilis*: estudo em sistemas abertos e fechados. **Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering**, 9, 2014.