

II-336 - CULTIVO DE MICROALGAS EM FOTOBIORREATOR MISTO EM ESCALA PILOTO EM ÁGUA RESIDUÁRIA URBANA: BIORREMEDIAÇÃO COM POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Marcondes M. Pacheco⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Mestre em Tecnologia Ambiental pela UNISC.

Rosana de C. de S. Schneider

Química pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Doutorado em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Maria S. A. Moraes

Química pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). Doutora em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pós-doutoranda na Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC).

Michele Hoeltz

Bióloga pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). Doutora em Microbiologia Agrícola e do Ambiente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pós-doutoranda na UNISC.

Danielle Kochenborger John

Graduanda em Química na Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC).

Endereço⁽¹⁾: Rua Imperatriz Maria Leopoldina, nº 122, Apto 202, Bl. D – Bairro Independência – Santa Cruz do Sul – Rio Grande do Sul - CEP: 96.816-204 - Brasil - Tel: +55 (51) 4444-3333 - e-mail: macopacheco@gmail.com.

RESUMO

No presente trabalho, buscou-se avaliar o potencial de emprego de tecnologia envolvendo microalgas no tratamento de efluente urbano secundário e os efeitos da suplementação com CO₂ no desempenho da técnica para esta aplicação. A utilização de CO₂ possibilitou melhor desempenho na biorremediação do efluente urbano secundário, destacadamente para DBO₅ (54,34%), fósforo total (92,4%), nitrogênio amoniacal (97,1%) e nitrogênio total Kjeldahl (92,8%).

PALAVRAS-CHAVE: *Scenedesmus* sp., Fotobiorreator, Aporte de CO₂, Água residuária, Biorremediação.

INTRODUÇÃO

A elevada taxa de crescimento da população urbana vem gerando grandes quantidades de resíduos, dentro os quais, as águas residuárias e os efluentes gasosos estão entre os principais tipos de rejeitos que desafiam a sustentabilidade ambiental das atividades antrópicas (Arbib et al., 2014), provocando profundas modificações nas estruturas e funcionamento dos mais diferentes ecossistemas (Smith et al., 1999).

Embora atualmente a importância estratégica da água doce seja universalmente reconhecida, e embora as questões relativas à gestão sustentável da água possam ser encontradas em quase todas as agendas científicas, sociais e/ou políticas, o aumento da poluição, a industrialização e o rápido desenvolvimento econômico impõem riscos graves à disponibilidade e à qualidade dos recursos hídricos em todo o mundo (Abdel-Raouf et al., 2012). Não obstante, o aquecimento global tem atingido níveis alarmantes em virtude das crescentes concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, dentre os quais, o dióxido de carbono (CO₂), considerado um dos mais importantes (Kumar et al., 2011).

Processos biotecnológicos envolvendo microalgas oferecem novas oportunidades para o tratamento de águas residuárias e efluentes gasosos devido à sua grande eficiência na remoção de poluentes (Cea-Barcia et al., 2014; Granados et al., 2012).

A utilização de microalgas no tratamento e reciclagem de águas de despejo tem atraído grande interesse em virtude da possibilidade de geração de quantidades substanciais de biomassa a custo relativamente baixo, eliminando a necessidade de fornecimento de nutrientes e água potável. Águas residuárias constituem, portanto, um meio de crescimento sustentável para a produção de microalga (Kothari et al., 2013; Osundeko &

Pittman, 2014). A integração da produção de biomassa com o tratamento de águas residuárias permite alcançar vantagens econômicas e ambientais que viabilizam explorações em larga escala de microalgas (Ramos Tercero et al., 2014).

No presente trabalho, objetivou-se a produção de microalgas em efluente urbano secundário em escala piloto visando avaliar o potencial de fitorremediação deste efluente, bem como investigar os efeitos do uso de CO₂ suplementar no desempenho da técnica para esta aplicação.

MATERIAIS E MÉTODOS

PRODUÇÃO DE MICROALGA EM FOTOBIORREATOR MISTO EM ESCALA PILOTO COM E SEM SUPLEMENTAÇÃO COM CO₂

O efluente utilizado como meio de cultivo para o crescimento de microalgas foram coletados na estação de tratamento de efluentes da Universidade de Santa Cruz do Sul (ETE-UNISC), que recebe em torno de 90 m³ d⁻¹ de efluente urbano dos sanitários do campus. Os efluentes utilizados são classificados como efluente urbano doméstico e o ponto exato de coleta foi a saída do reator anaeróbico de fluxo ascendente (RAFA), após tratamento em nível secundário.

A identificação da(s) espécie(s) de microalga(s) prevalente(s) no efluente foi realizada através de microscopia óptica no Laboratório de Limnologia da Universidade de Santa Cruz do Sul.

Os inóculos foram produzidos utilizando efluente bruto da unidade de tratamento anaeróbico (reator anaeróbico de fluxo ascendente) a partir do crescimento espontâneo das microalgas de ocorrência natural neste meio. A quantidade de inóculo utilizada foi determinada com base na sua densidade celular, sendo utilizada a mesma concentração inicial de trabalho utilizada por Gressler et al. (2014) de 4,75 x 10⁶ cel mL⁻¹.

O cultivo das microalgas em meio efluente, foi realizado em escala piloto, com um sistema de produção de microalgas combinando formas abertas e fechadas de cultivo (Figura 1), com incidência de luz solar. O fotobiorreator é composto de uma unidade do tipo coluna de bolhas vertical (Figura 1 (A)), representando as formas fechadas de biorreatores, por um tanque aberto (Figura 1 (B)) e um sistema *turf scrubber* (Figura 1 (C)), ambos representando, por sua vez, as formas abertas de biorreatores. A unidade correspondente ao sistema de tanque (Figura 1 (B)) possui a função de reservatório a partir do qual o meio de cultivo é recalado através de uma bomba submersa com vazão de 15 L min⁻¹ e introduzido na base dos tubos verticais (colunas) dispostos paralelamente ao longo dos quais segue em fluxo ascendente. O meio de cultivo que aflui dos tubos é conduzido por tubulação e lançado sobre o sistema *turf scrubber*, cuja função é a de reduzir o fluxo de escoamento em direção ao tanque reservatório e oferecer condições para o desenvolvimento de uma comunidade microbiana fixa, bem como permitir o arrefecimento do sistema. O sistema de colunas foi concebido de forma a maximizar o aproveitamento da incidência luminosa e, por conseguinte, melhorar a atividade fotossintética das microalgas. Um conjunto de 3 compressores diafragmáticos (VigoAr® 300) foi responsável pela injeção de ar atmosférico através de um difusor localizado no centro da base cônica dos tubos, a uma vazão de 0,22 vvm cada compressor, de modo a promover a homogeneização do meio de cultivo e as trocas gasosas.

Nos experimentos de produção de microalgas com aporte de CO₂ foi realizada a introdução deste gás puro (100%) em intervalos programados de 12 horas (7:00 às 19:00 horas) nos tubos utilizando um cilindro de CO₂ e injeção controlada por uma válvula solenóide com uma vazão de 3 L h⁻¹ no mesmo ponto de difusão do ar atmosférico. Os experimentos foram realizados entre os meses de setembro de 2013 e março de 2014.



Figura 1. Fotobiorreator em escala piloto do tipo misto (A) colunas verticais (B) tanque aberto (C) *turf scrubber*.

A Densidade Celular (DC) de microalgas foi determinada indiretamente por meio da média das medidas de absorvância diária em triplicata de cada alíquota de cultivo coletada em 682 nm usando um espectrofotômetro da marca Spectrum, modelo SP 2000 (Gressler et al., 2014). A densidade celular foi padronizada para ser utilizada como medida de crescimento de microalgas podendo ser interpretada como sendo o incremento celular diário dos cultivos.

A relação entre a densidade celular e a DO_{682} foi pré-determinada através da regressão linear dos valores de absorvância correspondente a dez diluições partindo de uma concentração inicial de referência obtido por contagem em câmara de Neubauer.

A densidade celular máxima (DCM) foi definida como sendo a máxima concentração celular em células por mililitro de cultivo quando a cultura atinge a fase estacionária de crescimento. O tempo de cultivo corresponde ao tempo em dias transcorrido do início do cultivo até o dia em que foi alcançada a DCM.

No monitoramento do cultivo determinou-se também a taxa de crescimento (R , dia), sendo expressada pela equação (1), onde N representa a densidade celular (cel mL^{-1}), e N_0 a densidade celular (cel mL^{-1}) no tempo t_0 , e também as duplicações diárias (k , dia) obtidas a partir da divisão por r de logaritmo neperiano de 2 ($k = \ln 2 / r$) (Fogg, 1987).

$$R = (\ln(N/N_0)) / (t - t_0)$$

equação (1)

ESTUDO DA FICORREMEDIAÇÃO DE EFLUENTE URBANO DO EXPERIMENTO EM ESCALA PILOTO

Para avaliar o potencial de ficorremediação do efluente urbano secundário através dos cultivos de microalgas em escala piloto foram realizadas análises deste antes do início do cultivo e do efluente resultante após transcorrido o período de cultivo e a recuperação da biomassa. As amostras de efluente foram enviadas para análise na Central Analítica da Universidade de Santa Cruz do Sul, empresa certificada pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – FEPAM como Laboratório de Análises Ambientais. Para tanto, foram solicitadas análises dos seguintes parâmetros de qualidade do efluente: alcalinidade de bicarbonatos, carbonatos, hidróxidos total, DBO₅, DQO, fósforo total, nitrogênio total Kjeldahl.

ANÁLISE DE DADOS

Todos os experimentos foram realizados em triplicata ($n=3$) e os valores expressos como média \pm desvio-padrão destas repetições. Foi adotado o teste de Mann-Whitney para comparar os efeitos no crescimento microalgal e na fitorremediação do efluente nos experimentos em que se fez uso de CO_2 a um nível de significância de 5% ($p < 0,05$) e utilizando o software Graph Pad InStat® (v. 3, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

PRODUÇÃO DE MICROALGA EM FOTOBIOREATOR MISTO EM ESCALA PILOTO COM E SEM SUPLEMENTAÇÃO COM CO_2

As amostras analisadas apresentaram homogeneidade para a alga clorofícea *Scenedesmus sp.*, representante do nível trófico dos produtores, pertencente à ordem Chlorococcales, divisão Chlorophyta e família Chlorophyceae. O gênero *Scenedesmus* Meyen é comum em ambientes aquáticos continentais, caracterizando-se como pioneiros na colonização destes ambientes (Bicudo & Menezes, 2006). De acordo com Damiani et al. (2014), algumas espécies de *Scenedesmus* demonstram uma notável capacidade de crescer em águas residuárias, sendo assim exploradas simultaneamente para fitorremediação e produção de energia.

Através das curvas de crescimento (Figura 2) é possível observar que entre o 1º e o 3º dia para os cultivos sem aporte de CO_2 e entre o 1º e o 2º dia para os cultivos suplementados com CO_2 ocorre inicialmente uma fase de indução ao crescimento, caracterizada por um crescimento lento devido à adaptação da cultura às condições do meio, a partir do qual o crescimento passa a exibir um comportamento exponencial (fase log). As taxas de crescimento mais elevadas observadas nesta fase foram de $0,499 \text{ cel dia}^{-1}$ entre os dias 3 e 4 para os cultivos sem suplementação de CO_2 , período esse em que as duplicações se deram em média a cada 1,38 dias. Nos cultivos suplementados com CO_2 , as taxas de crescimento mais elevadas ocorreram no intervalo entre o 2º e 3º dia, a um valor médio de $0,788 \text{ cel dia}^{-1}$, com duplicações em média a cada 0,87 dias.

A DCM média utilizando suplementação com injeção de CO_2 ocorreu entre o 4º e 5º dias de cultivo, com um valor máximo médio de $1,887 \times 10^7 \text{ cel mL}^{-1}$, valor este significativamente maior ($p < 0,05$) do que a média de DCM de $1,473 \times 10^7 \text{ cel mL}^{-1}$ alcançada pelos cultivos sem aporte de CO_2 , onde os maiores valores observados ocorreram no 8º dia de cultivo. Isto significa que a suplementação com CO_2 na concentração aplicada favorece o crescimento microalgal, uma vez que torna possível a obtenção de DCM mais elevadas em um menor espaço de tempo. Estes resultados de crescimento de microalgas em efluente urbano foram superiores aos $3,6 \times 10^6$ e $1,9 \times 10^6 \text{ células mL}^{-1}$ obtidos por Zhang et al. (2014c) cultivando *Scenedesmus sp.* Z TY 1 em efluentes primários e secundários, respectivamente, após 21 dias de cultivo.

Em média, entre o 4º e 6º dia para os cultivos que receberam aporte de CO_2 e entre 5º e 8º dia para os cultivos que não o receberam, observa-se uma redução das taxas de crescimento, tendendo a uma diminuição nos valores das densidades celulares, efeito que pode ser atribuído à depleção de nutrientes do meio, consumidos para suportar o crescimento e a multiplicação celular às taxas observadas e também em função da limitação de luz provocada pelo auto-sombreamento das culturas (Gressler et al., 2014).

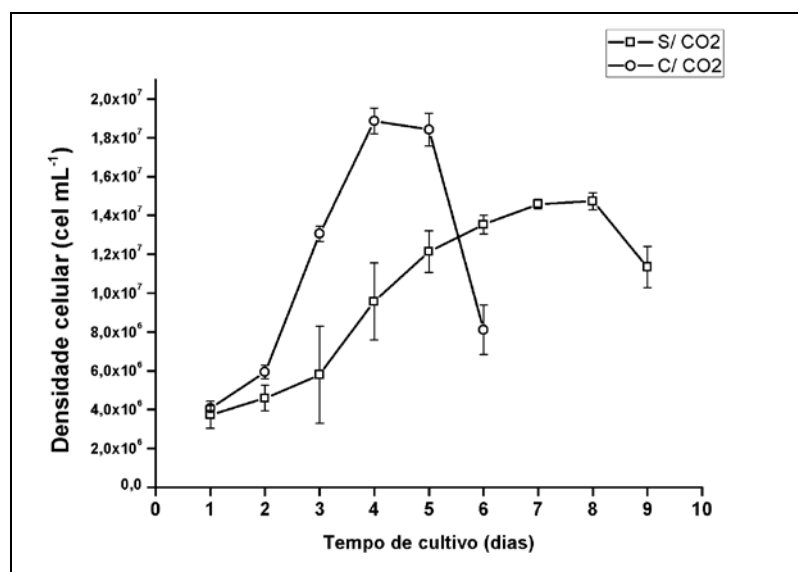


Figura 2. Curvas de crescimento de *Scenedesmus* sp. em efluente urbano secundário com e sem aporte de CO₂.

Além do estresse induzido pela suplementação com CO₂, fatores como luminosidade e, consequentemente, temperatura, coincidentemente ambos mais elevados durante os períodos em que realizaram-se os cultivos com aporte de CO₂ (dezembro a março) demonstraram desempenhar papel importante nas taxas de crescimento. A temperatura exerce efeito benéfico nas reações envolvidas na fotossíntese, mas principalmente catalisando reações metabólicas de respiração celular que também ocorrem em condições de mixotrofia, e em geral, temperaturas mais elevadas ocorrem como consequência de irradiação solar intensa.

Segundo Krzemińska et al. (2014), a intensidade da luz e o fotoperíodo são um dos mais importantes fatores que influenciam a taxa de crescimento e a composição da biomassa de uma grande variedade de espécies de algas. O crescimento celular e as taxas de produção tendem a ser proporcionais à disponibilidade de luz até determinado limite, e à duração do período de incidência luminosa. Ainda de acordo com os mesmos autores, as espécies podem ser classificadas em dois grupos: as que crescem mais intensamente em fotoperíodos de 12 h de luz:12 h de escuro; e aquelas que crescem mais eficientemente em condições de luminosidade contínua, dentre elas, a espécie *Scenedesmus obliquus*.

A espécie em estudo, *Scenedesmus* sp., demonstrou responder à intensidade luminosa e ao fotoperíodo em termos de crescimento e também às temperaturas mais elevadas, haja visto o tempo necessário para atingir a DCM nos cultivos com aporte de CO₂, realizados em épocas do ano de maior incidência de radiação solar e em dias com a duração da fase clara maior do que a fase escura. Os resultados obtidos indicam que é possível produzir biomassa da microalga *Scenedesmus* sp. em meio efluente e que o aporte de CO₂ é uma variável a ser controlada de modo a incrementar o crescimento da microalga.

ESTUDO DA FICORREMEDIAÇÃO DE EFLUENTE URBANO DO EXPERIMENTO EM ESCALA PILOTO

A Figura 3 apresenta as porcentagens de remoção dos parâmetros de qualidade do efluente após o tratamento com microalgas com e sem suplementação com CO₂.

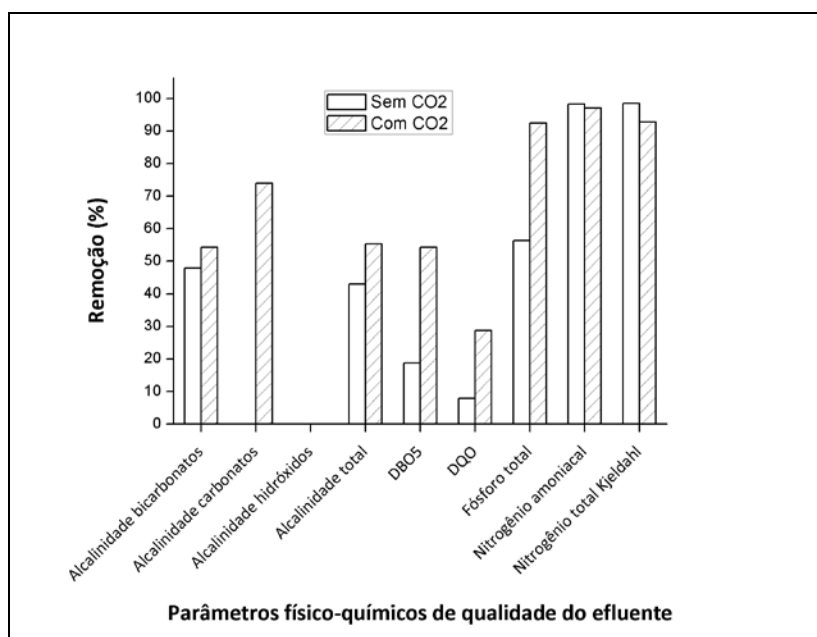


Figura 3. Percentagens de remoção dos parâmetros do efluente bruto secundário pelos cultivos de microalgas sem e com aporte de CO₂.

Para o parâmetro alcalinidade carbonato verificou-se um aumento na sua concentração na condição sem adição de CO₂, enquanto que para condição que recebeu aporte de CO₂ foi observado diminuição na sua concentração. Embora o bicarbonato seja preferencialmente assimilado, segundo Park et al. (2010), além de apresentar maior capacidade de remoção do íon carbonato em relação ao controle, a atividade fotossintética na condição em que se efetuou suplementação com CO₂ demonstrou preferência por este último, assimilando-o em maior quantidade do que o íon bicarbonato. No presente estudo, verificou-se consumo de bicarbonato em ambas as condições de cultivo, estando de acordo com Park et al. (2010), sendo mais intensa na condição em que houve suplementação com CO₂. Em relação à alcalinidade total, observou-se uma maior remoção deste parâmetro do meio nos cultivos suplementados com CO₂ com diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao controle (sem aporte de CO₂), provavelmente como consequência do crescimento microalgal mais intenso observado sob esta condição. Não existem limites permissíveis estabelecidos de alcalinidade representados pelos analitos em questão na legislação brasileira em efluentes para o lançamento em águas superficiais. O que se verifica é que as concentrações destes analitos não podem conferir ao efluente uma alcalinidade mensurável como potencial hidrogeniônico (pH) superior a 9 da Resolução CONAMA n° 430/2011.

A Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) explora a capacidade de microrganismos oxidarem a matéria orgânica em dióxido de carbono e água usando oxigênio molecular como agente oxidante, sendo, portanto, uma medida de demanda respiratória de bactérias presentes nessas águas residuárias (Abdel-Raouf et al., 2012). A eficiência de remoção utilizando o tratamento com microalgas suplementado com CO₂ foi significativamente maior ($p < 0,05$), sendo em média 35,55% superior àquela observada nos cultivos de controle (sem CO₂). Isto indica que uma maior concentração de CO₂ no meio, ao influenciar favoravelmente o crescimento fotoautotrófico, intensifica também a assimilação heterotrófica de formas orgânicas de carbono e, ao gerar maior quantidade de O₂ *in situ*, acelera o processo de oxidação bioquímica destes compostos orgânicos por outros microrganismos. A Resolução CONSEMA n° 128/2006, que fixa critérios e padrões de emissão de efluente líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul, estabelece o limite de DBO₅ em efluente de 80 mg L⁻¹ para uma faixa de vazão $100 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1} \leq Q \leq 1.000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. Considerando que a vazão de lançamento da ETE-UNISC é de 670 m³ dia⁻¹, estando, portanto, dentro desta faixa de vazão, e que os resultados do referido parâmetro de 55,03±36,94 e de 26,63±26,82 mg L⁻¹ para os cultivos sem e com aporte de CO₂, respectivamente, a carga de DBO₅ do efluente final, após ambos os tratamentos, o tornaria apto para o lançamento em corpos d'água superficiais de acordo com a legislação em vigor.

A demanda química de oxigênio é definida como a quantidade de oxidante que reage como uma amostra sob condições controladas, sendo a quantidade de oxidante consumido expressa em termos de oxigênio

equivalente. Este parâmetro químico é uma medida da quantidade de poluentes presentes em águas residuárias e águas naturais (Federation & American Public Health, 2005). A avaliação feita no presente estudo permite concluir que a condição de cultivo com melhor desempenho na remoção de DQO foi aquela utilizando suplementação com CO₂, com eficiência de 28,8%, aproximadamente 20% superior àquela em que não se realizou esta suplementação. Considerando que a vazão de lançamento da ETE-UNISC é de 670 m³ dia⁻¹ e que as concentrações obtidas nos efluentes tratados foram de 166,00 ± 29,46 e 102,33 ± 20,65 mg L⁻¹ de O₂ para os tratamentos sem e com CO₂, respectivamente, a qualidade final do efluente para o parâmetro em questão permitiria seu lançamento em corpos d'água superficiais em atendimento à Resolução CONSEMA n° 128/2006 que fixa o valor limite de lançamento para uma vazão de referência na faixa de 100 m³ dia⁻¹ ≤ Q ≤ 1.000 m³ dia⁻¹ em 300 mg L⁻¹ de O₂ na DQO.

Comparando os resultados percentuais de remoção de fósforo total do efluente bruto em relação ao tratado entre os dois regimes de cultivo sem aporte de CO₂ e com aporte de CO₂, pode-se observar uma melhora na performance de remoção em mais de 40% ao se aplicar suplementação com CO₂ aos cultivos, resultando em uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre estas condições. A Resolução CONSEMA n° 128/2006 estabelece o limite de carga de fósforo em efluente de 4 mg L⁻¹ para uma faixa de vazão 100 m³ dia⁻¹ ≤ Q ≤ 1.000 m³ dia⁻¹ ou remoção de 75% do referido parâmetro para lançamento em corpos hídricos superficiais mediante aplicação de alguma forma de tratamento. Considerando a vazão de lançamento da ETE-UNISC e os percentuais de remoção atingidos com o tratamento, superiores a 90% para ambos as condições de cultivo, a qualidade final do efluente possibilitaria o seu lançamento em corpos de água superficiais.

O nitrogênio total *Kjeldahl* é a soma do nitrogênio orgânico e o amoniacal. Em ambos os experimentos houve redução nestes dois (nitrogênio e fósforo) parâmetros muito próxima aos 100% com pouca diferença entre os cultivos, sendo levemente superior e com diferenças não significativas ($p > 0,05$) para aqueles cultivos que não receberam aporte de CO₂, indicando que a suplementação com carbono inorgânico não influencia a eficiência de remoção destes parâmetros. De acordo com a Resolução CONSEMA n° 128/2006, o limite de carga de nitrogênio amoniacal, bem como nitrogênio total Kjeldahl para uma faixa de vazão 100 m³ dia⁻¹ ≤ Q ≤ 1.000 m³ dia⁻¹ não deve ser superior a 20 mg L⁻¹ para descarga em corpos hídricos superficiais, sendo permitido o lançamento do efluente com concentração superior a este valor somente no caso em que o tratamento aplicado tenha removido a carga do parâmetro NTK em no mínimo 75%.

A utilização de águas residuárias como substrato prontamente disponível e rico em nutrientes como nitrogênio e fósforo para a produção de microalgas oferece, portanto, a possibilidade de aliar a viabilização econômica pela dispensa de uso de águas de boa qualidade e nutrientes sintéticos com o benefício ambiental adicional representado pela remoção destes elementos do meio líquido, evitando assim os riscos eventuais de eutrofização dos mananciais hídricos.

CONCLUSÕES

O cultivo de *Scenedesmus* sp. para a fitorremediação de efluente urbano secundário oriundo da Universidade de Santa Cruz do Sul foi eficiente uma vez que reduziu as taxas dos principais parâmetros físicos de qualidade testados. O aporte de CO₂ ao sistema demonstrou ser uma vantagem na remoção de alcalinidade total, DBO₅, DQO e fósforo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDEL-RAOUF, N., AL-HOMAIDAN, A.A., IBRAHEEM, I.B.M. Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences*, V. 19, n 3, p. 257-275. 2012.
2. ARBIB, Z., RUIZ, J., ÁLVAREZ-DÍAZ, P., GARRIDO-PÉREZ, C., PERALES, J.A. Capability of different microalgae species for phytoremediation processes: Wastewater tertiary treatment, CO₂ bio-fixation and low cost biofuels production. *Water Research*, V.49, p. 465-474. 2014.
3. BICUDO, C.E., MENEZES, M. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. 2006.
4. BRASIL. Res. CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005 (Ed.) CONAMA, Vol. 430. Diário Oficial da União.

5. CEA-BARCIA, G., BUITRÓN, G., MORENO, G., KUMAR, G. A cost-effective strategy for the bio-prospecting of mixed microalgae with high carbohydrate content: Diversity fluctuations in different growth media. *Bioresource Technology*, V.163, p. 370-373, 2014.
6. DAMIANI, M.C., POPOVICH, C.A., CONSTENLA, D., MARTÍNEZ, A.M., DORIA, E., LONGONI, P., CELLA, R., NIELSEN, E., LEONARDI, P.I. Triacylglycerol content, productivity and fatty acid profile in *Scenedesmus acutus* PVUW12. *Journal of Applied Phycology*, V. 26, n 3, p. 1423-1430. 2014.
7. FEDERATION, W.E., American Public Health, A. Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA*. 2005.
8. GRANADOS, M.R., ACIÉN, F.G., GÓMEZ, C., FERNÁNDEZ-SEVILLA, J.M., MOLINA GRIMA, E. Evaluation of flocculants for the recovery of freshwater microalgae. *Bioresource Technology*, V. 118, p. 102-110. 2012.
9. GRESSLER, P., BJERK, T., SCHNEIDER, R., SOUZA, M., LOBO, E., ZAPPE, A., CORBELLINI, V., MORAES, M. Cultivation of *Desmodesmus subspicatus* in a tubular photobioreactor for bioremediation and microalgae oil production. *Environmental technology*, V. 35, n. 2, p. 209-219. 2014.
10. KOTHARI, R., PRASAD, R., KUMAR, V., SINGH, D.P. Production of biodiesel from microalgae *Chlamydomonas polypyrenoideum* grown on dairy industry wastewater. *Bioresource Technology*, V. 144, 499-503. 2013.
11. KRZEMIŃSKA, I., PAWLIK-SKOWROŃSKA, B., TRZCIŃSKA, M., TYS, J. Influence of photoperiods on the growth rate and biomass productivity of green microalgae. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, V. 37, n. 4, p. 735-741. 2014.
12. KUMAR, K., DASGUPTA, C.N., NAYAK, B., LINDBLAD, P., DAS, D. Development of suitable photobioreactors for CO₂ sequestration addressing global warming using green algae and cyanobacteria. *Bioresource Technology*, V. 102, n. 8, p. 4945-4953. 2011.
13. OSUNDEKO, O., PITTMAN, J.K. Implications of sludge liquor addition for wastewater-based open pond cultivation of microalgae for biofuel generation and pollutant remediation. *Bioresource Technology*, V.152, p. 355-363. 2014.
14. PARK, J., JIN, H.F., LIM, B.R., PARK, K.Y., LEE, K. Ammonia removal from anaerobic digestion effluent of livestock waste using green alga *Scenedesmus* sp. *Bioresource Technology*, V. 101, n.22, p. 8649-8657. 2010.
15. RAMOS TERCERO, E.A., SFORZA, E., MORANDINI, M., BERTUCCO, A. Cultivation of *Chlorella protothecoides* with Urban Wastewater in Continuous Photobioreactor: Biomass Productivity and Nutrient Removal. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, V. 172, n. 3, p. 1470-1485. 2014.
16. RIO GRANDE DO SUL. Res. CONSEMA n° 128/2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul (Ed.) C.E.D.M. AMBIENTE, Vol. 128. Porto Alegre.
17. SMITH, V.H., TILMAN, G.D., NEKOLA, J.C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, V. 100, n. 1-3, p. 179-196. 1999.
18. ZHANG, T.Y., WU, Y.H., HU, H.Y. Domestic wastewater treatment and biofuel production by using microalga *Scenedesmus* sp. ZTY1. *Water Science and Technology*, V. 69, n. 12, p. 2492-2496. 2014.