

## **POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA MICROALGA *SYNECHOCOCCUS NIDULANS* PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS ÁCIDAS DE DRENAGEM DA REGIÃO DE MINERAÇÃO EM CANDIOTA – RS**

### ***BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF MICROALGA SYNECHOCOCCUS NIDULANS FOR TREATMENT OF ACID WATERS OF DRAINAGE OF THE REGION OF MINING IN CANDIOTA – RS***

Paulo Fernando Marques Duarte Filho<sup>1</sup>, Paulo Fernando Marques Duarte Filho<sup>2</sup>, Candice Soares Dias<sup>3</sup>

**RESUMO:** O Brasil dispõe de uma das maiores reservas de carvão da América. A mais importante é a jazida de Candiota, situada na Borda Sul da Bacia do Paraná, localizada no município de Candiota RS, por possuir cerca de 12 bilhões de toneladas, contribui com 37,9% do total das reservas nacionais. Contudo, a atividade mineradora pode causar impacto ambiental, no que tange as águas de drenagens, as quais podem conter metais pesados, resultando em danos inevitáveis ao meio ambiente prejudicando a qualidade da água e o desenvolvimento da fauna e flora local, bem como as culturas agropastoris. A biorremediação, captação e retenção de uma substância por um organismo a partir de qualquer fonte é uma alternativa. Nesse âmbito, esse trabalho teve por objetivo o cultivo da microalga *Synechococcus nidulans* em águas de drenagem da região de mineração do município de Candiota a fim de demonstrar seu potencial biotecnológico para o tratamento deste tipo de efluente. Foram realizados experimentos preliminares com a microalga *Synechococcus nidulans* para avaliar seu metabolismo favorável a biorremediação de águas ácidas de drenagem, avaliando seu crescimento em diferentes valores de pH e diferentes concentrações de cádmio. Foi realizada coleta da água de drenagem em uma área da Companhia Riograndense de Mineração, denominada “malha I” que possui problemas com Drenagem Ácida de Mineração. Submeteu-se a água de drenagem a microalga *Synechococcus nidulans* em condições de laboratório para verificar seu

crescimento e por consequência sua potencialidade no tratamento de efluente proveniente da atividade de mineração. Os experimentos foram realizados utilizando três meios diferentes, empregando somente efluente autoclavado como meio, efluente autoclavado com adição de Nitrato de Sódio e Bicarbonato de Sódio como meio e somente meio Zarrouk (controle) em estufas do tipo BOD não estéril a  $28\pm 1^\circ\text{C}$  com fotoperíodo de 12h por 20 dias. Constatou-se o crescimento e a alcalinização do meio de cultivo para os experimentos com diferentes valores de pH quando iniciados em 6,0, para 4,0 não houve crescimento expressivo, já no pH 1,5 a microalga não sobreviveu. No experimento com concentrações diferentes de cádmio observou-se que os valores de biomassa obtidos ao final do cultivo tanto para os cultivos realizados somente com meio Zarrouk, quanto para os realizados com cádmio foram semelhantes. Pode-se inferir que de alguma forma a microalga assimilou o metal pesado presente no meio de cultivo. Quando cultivadas no efluente da Malha I a concentração celular final obtida para os cultivos utilizando o efluente suplementado com  $\text{NaHCO}_3$  e  $\text{NaNO}_3$  obtiveram maior valor quando comparado com os cultivos utilizando somente o efluente. Isso foi devido ao baixo valor de pH que este tipo de efluente possui, o que está fora da faixa do metabolismo da microalga. Através dos experimentos realizados com o efluente gerado pela drenagem ácida de mineração pode-se concluir que a microalga apresenta crescimento limitado em águas de drenagens ácidas mesmo suplementadas com  $\text{NaHCO}_3$  e  $\text{NaNO}_3$ . A utilização desse efluente para o crescimento da microalga requer uma nova abordagem para tornar-se talvez uma alternativa biotecnológica para o tratamento do mesmo. É necessária a obtenção de informações que permitam avaliar e comprovar através de análise de absorção atômica a capacidade de retenção de metais pesados pela microalga, também caracterização do efluente quanto a presença de metais pesados.

Palavras-chave: efluente, microalga, metais pesados.

**ABSTRACT:** *Brazil has one of the largest coal reserves of America, the most important is the field of Candiota, located on the southern edge of the Paraná Basin, located in Candiota RS, because it has about 12 billion tons, contributes 37.9% of total national reserves. However, mining activities may cause environmental impact, regarding the drainage of water, which may contain heavy metals, resulting in inevitable damage to the environment harming water quality and the development of local fauna and flora, as well as the cultures agropastoral. Biological processes have appropriate characteristics to aid in waste water treatment. Bioremediation, attraction and retention of a substance by a body from any source is an alternative. In this context, this work aimed at the cultivation of microalgae *Synechococcus nidulans* in drainage waters of Candiota county mining region in order to demonstrate their biotechnological potential for the treatment of this type of*

*effluent. Preliminary experiments were carried out with the microalgae Synechococcus nidulans to assess its favorable metabolic bioremediation of acid drainage waters, evaluating their growth at different pH values and different concentrations of cadmium. Drain water sample was taken in an area of Riograndense Mining Company, called "mesh I" that has problems with Acid Drainage Mining. He underwent drainage water microalgae Synechococcus nidulans under laboratory conditions to verify their growth and consequently its potential in the treatment of effluent from the mining activity. The experiments were performed using three different means, using only autoclaved as effluent medium, autoclaved effluent with addition of Sodium Nitrate and Sodium Bicarbonate as a means and only half Zarrouk (control) in greenhouses BOD not sterile at  $28 \pm 1$  ° C with photo-period of 12 hours for 20 days. It was found growth and alkalization of the medium for the experiments with different pH values when started at 6.0 to 4.0 there was no significant growth, as the pH 1.5 to microalgae did not survive. In the experiment with different concentrations of cadmium was observed that the biomass values obtained at the end of cultivation for both cultures performed only by means Zarrouk, as for the cadmium were conducted with similar. It can be inferred that somehow the microalgae assimilated the heavy metal present in the culture medium. When grown in the effluent from the final lattice I cell concentration obtained for the effluent using cultures supplemented with  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$  obtained a higher value compared with the crops using only the effluent. This was due to the low pH that this type of effluent has, which is out of the microalgae metabolism range. Through experiments carried out with the acid mine drainage effluents generated by mining can be concluded that the limited growth of microalgae present in acid drainage waters even  $\text{NaHCO}_3$  and supplemented with  $\text{NaNO}_3$ . The use of this effluent to the growth of microalgae requires a new approach to possibly becomes a biotechnological alternative for the treatment thereof. Obtaining information to assess and demonstrate through analysis of atomic absorption retention capacity of heavy metals by microalgae, also characterize the effluent for the presence of heavy metals is required.*

**Keywords:** wastewater, microalgae, heavy metals

## INTRODUÇÃO

A geração de energia utiliza o carvão mineral como alternativa em regiões como o sul do país, visto que nestas regiões concentram as reservas de carvão do Brasil. Devido a qualidade do carvão gaúcho é ideal sua utilização em termoelétricas.

Dentre as reservas de carvão do Brasil, a mais importante é a jazida de Candiota, situada na Borda Sul da Bacia do Paraná, localizada no município de Candiota - RS, cujas coordenadas geográficas são  $31^{\circ} 33'51,8''$  de latitude sul e  $53^{\circ} 43' 28,1''$  de longitude oeste, está situado a 400 km da cidade de Porto Alegre. Por possuir cerca de 12 bilhões de toneladas, contribui com 37,9% do total das reservas nacionais, e sendo também o maior jazimento do gênero da América Latina (BRASIL, 1996).

A poluição hídrica é muito frequente na região carbonífera, causada pela drenagem ácida, é provavelmente o impacto ambiental mais significativo das operações de mineração e beneficiamento do carvão mineral. A extração do carvão em minas a céu aberto, além da destruição pela retirada do solo da cobertura superficial, leva a uma acidificação do sistema hídrico regional. Processos químicos e biológicos controlam a solubilidade, disponibilidade e mobilidade dos metais presentes no solo. A mineração junto com o intemperismo, a lixiviação do solo, e a acidificação hídrica fazem com que a poluição do solo e de sistemas aquáticos por metais pesados, sejam fatores que afetam a qualidade do meio ambiente e constitui um risco eminente de intoxicação ao homem( LEFFA, 2008). A busca de alternativas que contemplem processos e técnicas eficientes no combate da poluição torna-se de extrema relevância para que a atividade de mineração seja menos impactante possível ao meio ambiente. Uma das alternativas é a biorremediação, na qual tem por objetivo a captação e retenção de uma substância (contaminante) por um organismo a partir de qualquer fonte (água, sedimento, entre outros).

São necessários estudos que avaliem a contaminação dos recursos hídricos da região do entorno da área de mineração da CRM, e buscar alternativas para minimizar a contaminação das águas ácidas da mineração, através de tratamentos como a biorremediação, que neutralizem a acidez e minimizem a mobilização de metais pesados nas águas ácidas da mineração.

A utilização de microalgas para remoção de metais pesados em corpos hídricos apresenta-se com uma alternativa biotecnológica para o tratamento de efluentes oriundos do processo de mineração. Nesse contexto, esse trabalho teve por objetivo avaliar o potencial da microalga *Synechococcus nidulans* para remoção de metais pesados e alcalinização das águas superficiais encontradas na região de Candiota, município do Rio Grande do Sul, evitando assim a dissolução de metais pesados e posterior lixiviação para os aquíferos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Micro-organismo**

O micro-organismo utilizado nesse estudo foi a microalga *Synechococcus nidulans* LEB 52, gentilmente cedida pelo Laboratório de Engenharia Bioquímica da Universidade Federal do Rio Grande - FURG. As microalgas foram mantidas em meio Meio Zarrouk

(Zarrouk, 1966), em estufa tipo BOD, não estéril a temperatura de  $28\pm 1^{\circ}\text{C}$  com fotoperíodo de 12 h.

### **Cultivo da microalga em diferentes valores de pH**

A Drenagem ácida de mineração (DAM) ocasionam quedas drásticas do pH nas águas encontradas em áreas onde ocorreu atividade de mineração. Para avaliar o comportamento da microalga *Synechococcus nidulans* realizou-se o cultivo da mesma em diferentes valores de pH. Os valores de pH iniciais utilizados foram, 1,5, 4,0, 6,0 e 9,3 (controle: pH do Meio Zarrouk). Os cultivos foram realizados em erlenmeyers de 1000 mL com volume útil aproximado de 500 mL em estufa do tipo BOD não estéril a temperatura de  $28\pm 1^{\circ}\text{C}$  com aeração, em duplicata. Foi utilizado fotoperíodo de 12 h. Para a correção do pH ao valor desejado, foi utilizado ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  P. A.). Durante o período de cultivo (aproximadamente 10 dias), foram avaliados o crescimento celular através de densidade ótica e o acompanhamento de pH sempre no horário de troca do fotoperíodo de 12 h da fase clara para fase escura.

### **Cultivo de microalga em diferentes concentrações de metal pesado – Cádmi**

A Tabela 1 apresenta os valores de concentração de cádmio utilizados no cultivo da microalga.

Tabela 1. Concentrações de Cádmio utilizadas nos cultivos da microalga *Synechococcus nidulans*.

<b>Experimentos</b>	<b>Concentrações de cádmio (mg.L-1)</b>
1	0
2	0,2
3	0,4
4	0,8
5	1,6

Os experimentos foram conduzidos em duplicata. Os cultivos foram realizados em estufa do tipo BOD não estéril a  $28\pm 1^{\circ}\text{C}$  com foto-período de 12 h por 10 dias. Foram utilizados erlenmeyers de 500 mL contendo 250 mL de solução (Meio Zarrouk + Inóculo +Cádmio), sem aeração, apenas agitação manual duas vezes ao dia.

## **Caracterização do efluente**

O efluente obtido da região de mineração, denominado de malha 1, foi caracterizado quanto as análises de pH (phmetro), turbidez (turbidímetro), oxigênio dissolvido (oxímetro), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), alcalinidade (neutralização), dureza (complexação), cloretos (precipitação) e fósforo (colorimetria).

## **Cultivo da Microalga *Synechococcus nidulans* em efluente do processo de mineração**

O efluente coletado na área de mineração foi armazenado em galões de 5 L e após a caracterização em laboratório, foram esterilizados para a adição de inóculo em concentração conhecida de aproximadamente 0,1 g/L.

Foi delineado três ensaios com o efluente coletado. O primeiro usou somente o efluente, o segundo utilizou-se o efluente suplementado com  $\text{NaHCO}_3$  e  $\text{NaNO}_3$  nas mesmas concentrações encontradas no meio Zarrouk, e o terceiro utilizou-se somente meio Zarrouk (controle).

Os experimentos foram realizados em duplicata em estufa do tipo BOD não estéril a  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  com foto-período de 12 h por 20 dias. Foram utilizados erlenmeyers de 2000 mL com volume útil de 1000 mL e aeração suprida por compressores de ar.

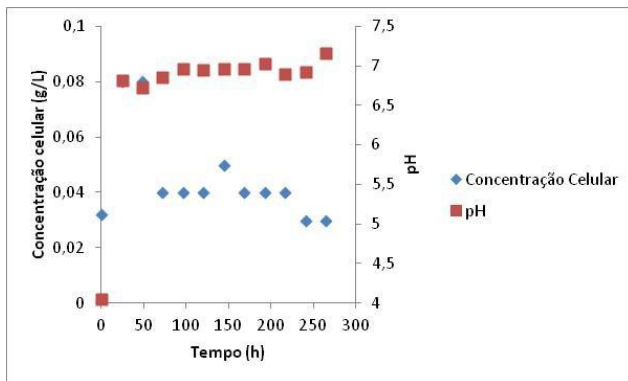
## **Tratamento dos dados**

Nos cultivos realizados, foram determinados os parâmetros cinéticos tempo de geração (Tg, h) e velocidade específica máxima de crescimento ( $\mu_{\text{max}}$ ,  $\text{h}^{-1}$ ) na fase logarítmica de crescimento ( $\Delta\text{Log}$ ). Posteriormente, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ( $p < 0,05$ ).

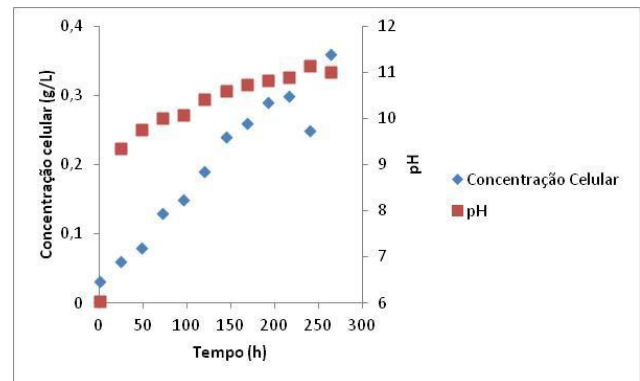
# **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## **Cultivo da microalga em diferentes valores de pH**

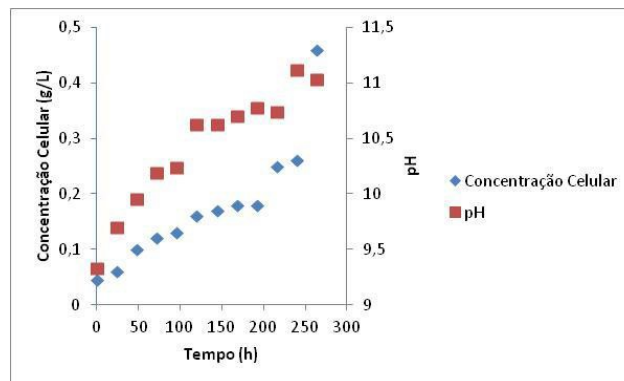
O Meio Zarrouk possui pH em torno de 9,0, nesse sentido, houve a necessidade de averiguar o comportamento da microalga *Synechococcus nidulans*, e verificar o crescimento e desenvolvimento em meios mais ácidos com pH inferior a 7,0. Nestes experimentos foi possível verificar o crescimento da microalga em diferentes valores de pH, para que fosse diagnosticado os valores tolerados pela mesma e verificar o seu potencial de crescimento e alcalinização quando submetida a um efluente ácido. A Figura 1 mostra o crescimento da microalga em meio Zarrouk em diferentes valores de pH.



(a)



(b)



(c)

Figura 1. Gráfico da concentração celular e variação de pH da microalga *Synechococcus nidulans* cultivada em meio Zarrouk sob diferentes valores de pH: (a) pH=4,0; (b) pH= 6,0; (c) pH = 9,0

Conforme pode-se observar na Figura 1, foi possível constatar crescimento e a alcalinização do meio no cultivo que utilizou o pH 6,0, chegando ao pH de 11,13. No experimento que utilizou o pH de 1,50, a microalga não apresentou crescimento por isso o resultado não foi apresentado.

No experimento que foi utilizado pH 4,0, apesar de não ter apresentado um crescimento expressivo, o pH do meio foi alterado atingindo valores de pH próximo a 7,0. Este dado se torna importante porque indica que em pH ácido a microalga pode vir a alcalinizar o meio e reduzindo a disponibilidade de metais pesados no mesmo.

No experimento com pH 6,0 a microalga apresentou um crescimento bastante próximo ao obtido com meio Zarrouk, apresentando velocidade específica máxima de crescimento superior ao controle como podemos ver na Tabela 2.

Tabela 2. Concentração celular final, tempo de geração (Tg), velocidade específica máxima de crescimento ( $\mu_{max}$ ) e intervalo da fase logarítmica de crescimento para os experimentos realizados com diferentes pH.

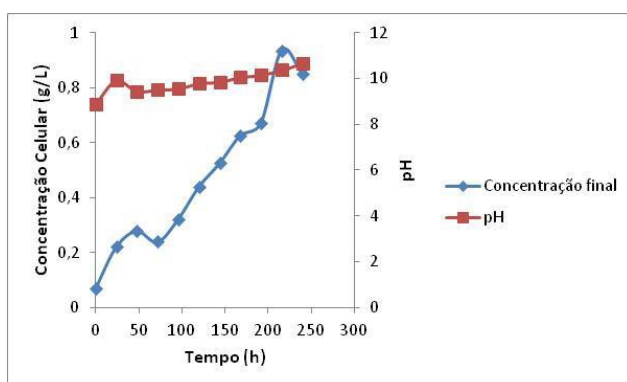
pH	Concentração celular (g.L <sup>-1</sup> )	Tg (h)	$\mu_{max}$ (h <sup>-1</sup> )	$\Delta$ Log (h)
4,0	0,03±0,01	150,58	0,005	48
6,0	0,37±0,05	37,07	0,019	72
9,0	0,46±0,02	42,78	0,016	48

No que se refere a concentração celular obtida em cada experimento, através da análise de variância, o pH influenciou nas respostas obtidas ( $p < 0,05$ ).

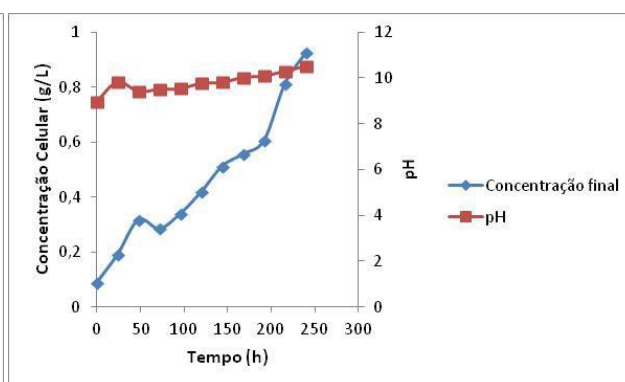
### Cultivo da microalga em diferentes concentrações de cádmio

Analisando a Figura 2, pode-se observar que não houve variação de concentração de biomassa e pH entre os cultivos para as diferentes concentrações de cádmio utilizadas.

Nas figuras 2a, 2b, 2c, 2d e 2e estão representadas a concentração celular e o pH para o cultivo da microalga *Synechococcus nidulans* em meio Zarrouk sem adição de cádmio, em meio Zarrouk com adição de 0,2 mg.L<sup>-1</sup> de cádmio, em meio Zarrouk com adição de 0,4 mg.L<sup>-1</sup> de cádmio, em meio Zarrouk com adição de 0,8 mg.L<sup>-1</sup> de cádmio, e em meio Zarrouk com adição de 1,6 mg.L<sup>-1</sup> de cádmio, respectivamente.

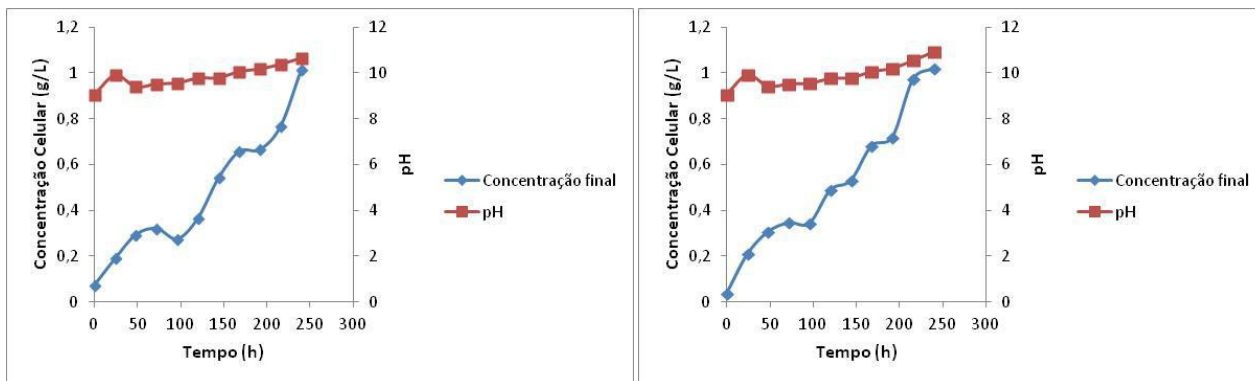


(a)



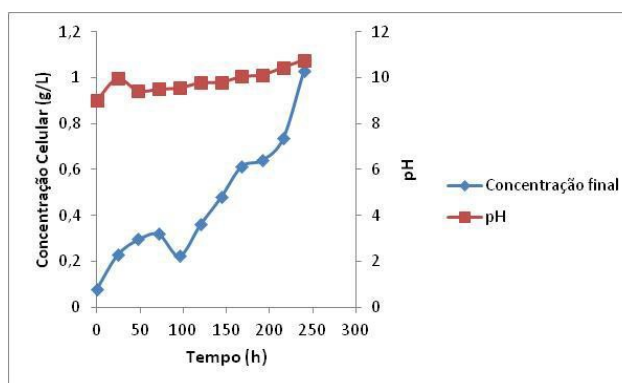
(b)





(c)

(d)



(e)

Figura 2. Cultivo de *Synechococcus nidulans* em diferentes concentrações de Cádmi: (a) Somente Meio Zarrouk. (b) adição de 0,2 mg.L<sup>-1</sup> de Cádmi. (c) adição de 0,4 mg.L<sup>-1</sup> de Cádmi. (d) adição de 0,8 mg.L<sup>-1</sup> de Cádmi. (e) adição de 1,6mg.L<sup>-1</sup> de Cádmi.

A Tabela 3 apresenta a concentração celular final, tempo de geração (T<sub>g</sub>), velocidade específica máxima de crescimento ( $\mu_{\max}$ ) e intervalo da fase logarítmica ( $\Delta\text{Log}$ ) de crescimento para os experimentos realizados com diferentes concentrações de cádmio.

Tabela 3. Concentração celular final, tempo de geração (T<sub>g</sub>), velocidade específica máxima de crescimento ( $\mu_{\max}$ ) e intervalo da fase logarítmica de crescimento ( $\Delta\text{Log}$ ) para os experimentos realizados com diferentes concentrações de cádmio.

Concentração de cádmio (mg.L <sup>-1</sup> ) <sup>1)</sup>	Concentração celular final (g.L <sup>-1</sup> )	T <sub>g</sub> (h)	$\mu_{\max}$ (h <sup>-1</sup> )	$\Delta\text{Log}$ (h)
0	0,86±0,180	68,63	0,010	96
0,2	0,94±0,180	84,53	0,010	72

0,4	0,90±0,004	55,45	0,013	72
0,8	1,02±0,002	77,88	0,010	72
1,6	0,89±0,054	50,23	0,014	72

Ao realizar uma análise dos parâmetros cinéticos apresentados na Tabela 3, não se pode traçar um perfil do comportamento da microalga frente ao seu crescimento em diferentes concentrações de cádmio. Observa-se que a maior  $\mu_{\max}$  foi obtida no cultivo realizado com maior concentração de cádmio. Contudo, a maior biomassa final foi obtida no experimento realizado com 0,8 mg.L<sup>-1</sup> de cádmio.

Observa-se que os valores de biomassa obtidos ao final do cultivo tanto para os cultivos realizados somente com meio Zarrouk, quanto para os realizados com cádmio foram semelhantes. Através de análise de variância, foi verificado que as diferentes concentrações de cádmio utilizadas não afetaram ( $p>0,05$ ) os valores finais de biomassa obtidos.

Pode-se inferir que de alguma forma a microalga assimilou o metal pesado presente no meio de cultivo, pois há naturalmente uma adsorção rápida quando micro-organismos são expostos a metais livres, ou uma acumulação lenta no interior da célula. Entretanto, é necessário que se realize análises no meio logo após o cultivo para determinação de quanto foi efetivamente adsorvido e acumulado de cádmio pela microalga.

O cádmio é um metal pesado com alto potencial toxicológico encontrado na composição das cinzas do carvão que forma o rejeito, depositado nas cavas de mineração. A presença natural de cádmio no meio ambiente, aparentemente, não tem causado problemas significativos para a saúde humana, pois encontra-se em baixas concentrações. Porém, a DAM em áreas de mineração torna o cádmio um dos mais frequentes contaminantes do meio ambiente. Para os seres humanos, os efeitos adversos causados pela exposição aos metais pesados estão relacionados mais com a exposição funcional do que com os níveis gerais de metais no ambiente. Isto se aplica tanto aos trabalhadores do setor de mineração, industrial ou agrícola, quanto às pessoas que utilizam compostos de metais pesados diretamente em suas ocupações (JEFFERY, 2001).

Por não apresentar cádmio na composição do Meio Zarrouk e pelo seu potencial toxicológico, foi realizado o experimento para detectar o crescimento e desenvolvimento da microalga *Synechococcus nidulans* em concentrações conhecidas do metal cádmio e superiores a concentração permitida baseadas na Resolução CONAMA n.º. 430 de

2011. Essa resolução dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes, onde determina que o padrão de lançamento de efluentes para o Cádmiu seja no máximo de  $0,2\text{mg.L}^{-1}$  e testado a tolerância até oito vezes o permitido.

A capacidade das algas para absorver altas concentrações de metais pesados apresenta-se como uma possibilidade para a remoção desses íons das águas residuais. Isto será possível pelo desenvolvimento de tecnologias eficazes envolvendo a utilização algas e tornar viável comercialmente através do conhecimento da metalssorção por algas (CRITICAL REVIEWS, 2005).

### **Caracterização do efluente**

Os efluentes oriundos de sistemas de disposição final de resíduos sólidos de qualquer origem devem atender às condições e padrões definidos no artigo 16 da Resolução 430, de 13 de maio de 2011 do CONAMA que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Foram realizadas análises quantitativas de fósforo, nitrogênio, ferro, alcalinidade, dureza, cloretos e a avaliação da demanda química de oxigênio (DQO) e a demanda biológica de oxigênio (DBO) em cinco dias.

Para lançamento de efluente a legislação permite pH em torno de 5 a 9, porém este efluente não é lançado, mas sim e o resultado da lixiviação do depósito de sólidos gerados durante o processo de mineração e que apresentou pH de 3,12 condutividade  $424\mu\text{S/cm}$ , Oxigênio dissolvido  $12,5\text{ mg.L}^{-1}$  e turbidez 2,62 UNT.

Não ha vazão de lançamento do efluente, são lagoas formadas pelo acúmulo da chuva, drenagem do solo e relevo do terreno, portanto os valores de DBO e DQO não podem ser avaliados conforme a legislação. Os valores de DBO e DQO encontrados foram DBO5  $8,5\text{ mg.L}^{-1}$ , DQO  $33,0935\text{ mg.L}^{-1}$ , sendo que a legislação apenas fala em remoção mínima de 60% de DBO para o corpo receptor.

Para nitrogênio amoniacal e para ferro dissolvido a legislação permite  $20,0\text{ mg.L}^{-1}$  N e  $15,0\text{ mg.L}^{-1}$  Fe. Foram encontrados através dos métodos utilizados os valores de  $0,42\text{ mg.L}^{-1}$  de N e  $0,25\text{ mg.L}^{-1}$  de Fe, para fósforo foi encontrado  $0,013\text{ mg.L}^{-1}$  de P, enquanto que a legislação fala em padrões de lançamento de fósforo conforme parâmetros de

ecotoxicidade. A Tabela 4 apresenta os valores encontrados para a caracterização do efluente.

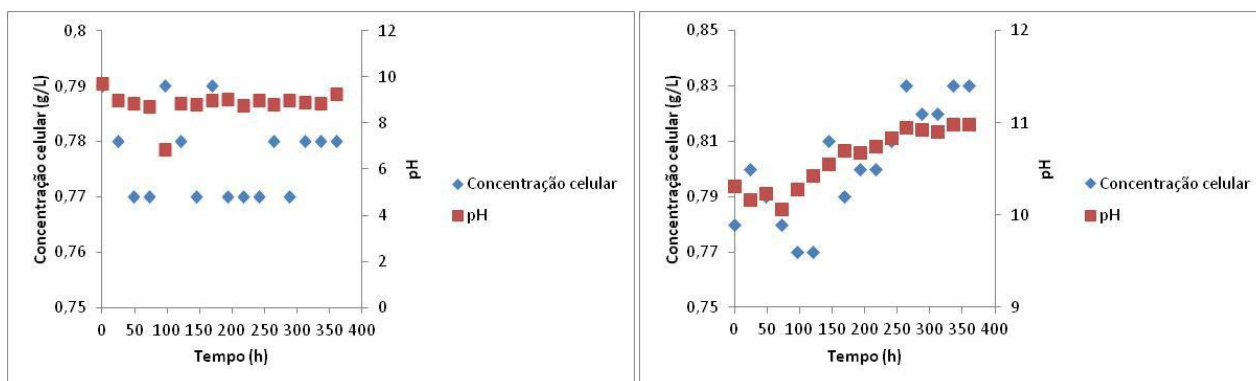
Tabela 4. Caracterização do efluente do processo de mineração e valores exigidos segundo a legislação.

Padrões	Efluente	Legislação para águas classe 3	Legislação efluentes de mineração
pH	3,12	6,0 a 9,0	5,0 a 9,0
Condutividade	424 $\mu$ S/cm	-	-
Oxigênio dissolvido	12,5mg.L <sup>-1</sup>	4 mg.L <sup>-1</sup>	-
Turbidez	2,62 UNT	100 UNT	-
DBO	8,5 mg.L <sup>-1</sup>	10mg.L <sup>-1</sup>	-
DQO	33,09mg.L <sup>-1</sup>	-	-
Ferro dissolvido	0,25mg.L <sup>-1</sup>	5,0mg.L <sup>-1</sup>	-
N amoniacal	0,42 mg.L <sup>-1</sup>	13,3 mg.L <sup>-1</sup>	20mg.L <sup>-1</sup>
Fósforo	0,013 mg.L <sup>-1</sup>	0,05 mg.L <sup>-1</sup>	-

### Cultivo da microalga em efluente da mineração

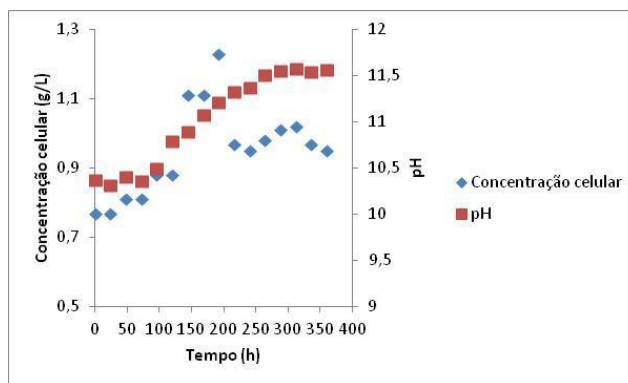
Através dos resultados obtidos, pode-se verificar que a microalga apresentou crescimento bastante limitado nos experimentos em que foram utilizadas somente o efluente, bem como o efluente suplementado com os nutrientes NaHCO<sub>3</sub> e NaNO<sub>3</sub>.

A Figura 3 apresenta o cultivo da Microalga *Synechococcus nidulans* e a variação de pH quando cultivada no efluente (malha 1), efluente (malha 1 suplementado com NaHCO<sub>3</sub> e NaNO<sub>3</sub>) e no meio Zarrouk.



(a)

(b)



(c)

Figura 3. Cultivo da microalga *Synechococcus nidulans* em efluente de mineração: (a) microalga no efluente, (b) microalga no efluente suplementado e (c) microalga em meio Zarrowk.

A tabela 5 apresenta a concentração celular final, tempo de geração ( $T_g$ ), velocidade específica máxima de crescimento ( $\mu_{max}$ ) e intervalo da fase logarítmica de crescimento ( $\Delta\text{Log}$ ) para os experimentos realizados com efluente do processo de mineração.

Tabela 5. Concentração celular final, tempo de geração ( $T_g$ ), velocidade específica máxima de crescimento ( $\mu_{max}$ ) e intervalo da fase logarítmica de crescimento para os experimentos realizados com efluente do processo de mineração.

Meio de cultivo	Concentração celular (g.L <sup>-1</sup> ) <sup>1)</sup>	$T_g$ (h)	$\mu_{max}$ (h <sup>-1</sup> )	$\Delta\text{Log}$ (h)
Malha 1	0,78±0,003	693,15	0,001	48
Malha 1 + NaHCO <sub>3</sub> + NaNO <sub>3</sub>	0,83±0,007	693,15	0,001	48
Zarrowk	0,95±0,001	138,62	0,005	72

A concentração celular final obtida para os cultivos utilizando o efluente suplementado com NaHCO<sub>3</sub> e NaNO<sub>3</sub> obtiveram maior valor quando comparado com os cultivos utilizando somente o efluente. Contudo, as  $\mu_{max}$  foram idênticas. Pode-se afirmar que a microalga não apresenta crescimento adequado utilizando somente o efluente. Faz-se necessário um novo estudo sobre a composição de nutrientes a serem adicionados ao efluente para que a mesma consiga obter maior crescimento.

Ao se realizar a análise de variância, pode-se verificar que os diferentes meios de cultivo influenciaram ( $p < 0,05$ ) na resposta concentração celular final obtida pela microalga.

O mesmo foi observado nos cultivos realizados em efluente de mineração da malha I, apresentando depósito no fundo do frasco, fato provavelmente ocorrido devido ao baixo pH de 3,5 do efluente, fora da faixa de metabolismo das microalgas utilizadas.

Quando o efluente teve o pH alterado com adição de  $\text{NaHCO}_3$  e  $\text{NaNO}_3$  também apresentou crescimento limitado. O experimento foi realizado com fotoperíodo de 12 h, em trabalhos realizados por Benchraka (2014), foram monitorados os valores diário do pH e a taxa de luminosidade, onde o pH foi aumentado quando maior era a incidência de luz, ou seja quando a microalga realiza fotossíntese tende a aumentar o pH do meio, sugere-se como alternativa utilização de incidência de luz 24 h.

### **CONCLUSÃO**

Quanto a tolerância das microalgas aos metais pesados, a *Synechococcus nidulans* apresentou crescimento em soluções de cádmio em concentrações de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $1,6 \text{ mg.L}^{-1}$ . No que se refere ao seu metabolismo, a microalga apresentou crescimento a partir de pH 6,0. Através dos experimentos realizados com o efluente gerado pela DAM pode-se concluir que a microalga apresenta crescimento limitado em águas de drenagens ácidas mesmo suplementadas com  $\text{NaHCO}_3$  e  $\text{NaNO}_3$ . A utilização desse efluente para o crescimento da microalga requer uma nova abordagem para torna-se talvez uma alternativa biotecnológica para o tratamento do mesmo.

### **REFERÊNCIAS**

BENCHRAKA C.; Algae Removal of Heavy Metals from Mining Wastewaters Bachelor's thesis 40 pages, appendices 4 pages March 2014 Finlândia.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. Informativo Anual da Indústria Carbonífera, DNPM, Brasília, 1996.

CRITICAL REVIEWS IN BIOTECHNOLOGY 2005, Vol. 25 Issue 3, p113-152-152, <http://content.epnet.com/> (acessado em: 06 de setembro de 2017).

JEFFERY, W.G. A world of metals: finding, making and using metals. 2nd ed. Ottawa: ICME, 2001. 60 p.

LEFFA, D. D.; ANDRADE, V. M. Potencial genotóxico de metais em areias mineradas de carvão. Revista de Pesquisa e Extensão em Saúde, Vol. 4, Nº 1. UNESC: 2008. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/index.php/saude/article/viewFile/141/146>

ZARROUK, C. Contribution à l'étude d'une cyanophycée: influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et photosynthèse de *Spirulina maxima* Geitler. 1966. Thesis (Ph.D.) - University of Paris, Paris, 1966.