UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CCT/UEPB
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

YOHANNA JAMILLA VILAR DE BRITO

ESTUDO DA POTENCIALIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DA MICROALGA *Scenedesmus acuminatus* EM DIFERENTES MEIOS DE CULTIVO

CAMPINA GRANDE, PB
2017

YOHANNA JAMILLA VILAR DE BRITO

ESTUDO DA POTENCIALIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DA MICROALGA *Scenedesmus acuminatus* EM DIFERENTES MEIOS DE CULTIVO

Artigo apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Sanitarista e Ambiental.

Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira.

CAMPINA GRANDE, PB
2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

B862e Brito, Yohanna Jamilla Vilar de.
Estudo da potencialidade de produção de biocombustíveis a partir da microalga *Scenedesmus acuminatus* em diferentes meios de cultivo [manuscrito] : / Yohanna Jamilla Vilar de Brito. - 2017.
22 p. : il. colorido.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.
"Orientação : Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."

1. Microalga. 2. Biocombustíveis. 3. Scenedesmus acuminatus.

21. ed. CDD 662.88

YOHANNA JAMILLA VILAR DE BRITO

ESTUDO DA POTENCIALIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DA MICROALGA *Scenedesmus acuminatus* EM DIFERENTES MEIOS DE CULTIVO

Artigo apresentado como trabalho de Conclusão de Curso ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Sanitarista e Ambiental.

Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovado em: 12/12/2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Gleydson Kleyton Moura Nery
Ms. Gleydson Kleyton Moura Nery
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

A Deus e minha família, sobretudo, pelo alicerce concreto que muito contribuiu em minha formação pessoal.

Ao meu companheiro, Rogério, por tantas experiências felizes e significantes, ao compartilhar de sentimentos que harmonizam a plenitude de viver.

Aos meus padrinhos, pela experiência de vida incrível.

Aos amigos da graduação, pela convivência nessa caminhada e também por persistirem nesta conquista, que é nossa.

A Weruska, minha professora e orientadora, pela dedicação, pela atenção e oportunidades, pela confiança, pelo compartilhar de conhecimentos que engradeceram este relato.

A Janiele, por toda presteza e prontidão, pelos ensinamentos e auxílio para que a construção deste trabalho se tornasse possível

Aos demais professores do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, que acreditaram e contribuíram para minha formação acadêmica.

Aos colegas de laboratório, em especial Thiago, Olga, Binha, André e Andreia, por toda ajuda para realização deste estudo

A concretização deste trabalho agradeço a todos que estiveram comigo e contribuíram para sua construção de maneira direta ou indireta, ao compartilhar deste contexto.

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	**05**
1.1	Microalgas.....	08
1.2	*Scenedesmus*.....	09
2	***MATERIAL E MÉTODOS*****.....**	**09**
2.1	*Scenedesmus acuminatus*.....	09
2.2	Desenho Experimental……...……	10
2.3	Parâmetros avaliados….....……..……...……..……	10
2.4	Tratamento estatístico dos dados …...……..…...……...….	12
3	**RESULTADOS E DISCUSSÃO**.....	**12**
4	**CONCLUSÃO**.....	**17**
5	**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**.....	**18**

ESTUDO DA POTENCIALIDADE DE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DA MICROALGA *Scenedesmus acuminatus* EM DIFERENTES MEIOS DE CULTIVO

*Yohanna Jamilla Vilar de Brito

RESUMO

O aumento populacional tem intensificado a busca por tecnologias mais limpas para a redução de emissões de poluentes oriundas da queima dos combustíveis fósseis. Uma alternativa promissora é a produção de biocombustíveis. Neste contexto, as microalgas apresentam-se por possuírem elevado teor lipídico, grande produtividade de biomassa e fácil adaptação. Dentre deste contexto as espécies de microalgas existentes a *Scenedesmus acuminatus* se destaca potencializando a produção de biocombustíveis. Porém, o elevado preço de produção dificulta o seu processo. Então, buscou-se estudar a possibilidade do uso de um meio de cultivo alternativo, um efluente doméstico, para minimizar os custos aliando ao alto poder de depuração da água residuária e redução do CO_2. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento da microalga *Scenedesmus acuminatus* em três meios de cultivo, dois deles sintéticos BBM (*Bold's Basal Medium*) e WC (*Wright's Cryptophyte)* e o outro meio, o efluente doméstico UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), viabilizando a produção de biocombustíveis. O cultivo utilizando o meio UASB obteve a maior densidade celular, mas não apresentou diferenças estatisticamente significativas comparado aos outros meios do estudo. Em relação a velocidade de crescimento e tempo de geração, a *Scenedesmus acuminatus* se desenvolveu melhor no meio WC. Entretanto, os três meios de cultivo são considerados viáveis para a produção de biocombustíveis, visto que não foram apresentadas diferenças significativas entre os parâmetros. Porém, ao se levar em consideração ao custo, o meio de cultivo UASB é considerado mais viável.

Palavras – chave: Microalga; Biocombustíveis; *Scenedesmus acuminatus;*

1 INTRODUÇÃO

A crescente evolução da sociedade tem vindo a acentuar cada vez mais a procura de soluções energéticas e tecnológicas para satisfazer as necessidades de cada nação e de cada indivíduo. A procura de recursos limpos que permitam assegurar as necessidades energéticas futuras constitui um dos maiores desafios da atualidade. Os impactos gerados pelas emissões de gases conduz à procura de recursos renováveis e desenvolvimento de tecnologias alternativas e mais verdes que suportem a indústria e as necessidades do mercado mundial (SANTOS, 2013).

---

*Aluna de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I. Email: yohannajvb@gmail.com

Os biocombustíveis são recursos biodegradáveis, não-tóxicos e renováveis, e apresentam vantagens ambientais pela sua imensa contribuição na redução de emissões de poluentes, pelo que representam uma alternativa energética cada vez mais explorada (SANTOS, 2013).

A produção de biocombustíveis é uma boa alternativa aos combustíveis fósseis devido ao seu grande impacto social, uma vez que vincula alguns dos aspectos mais importantes da sociedade moderna, a segurança energética, fornecendo-se como alternativa para os combustíveis fósseis não renováveis, a proteção ambiental, ajuda especificamente a combater os efeitos do superaquecimento global, reduzindo os gases de efeito estufa e o desenvolvimento econômico, uma vez que cria novas oportunidades para a agricultura e o setor de energético(CHEN, 2008).

Existe uma nova alternativa, além dos biocombustíveis de segunda geração obtidos a partir de resíduos agrícolas, que são os biocombustíveis de terceira geração obtidos a partir de microalgas. Esses biocombustíveis de terceira geração possuem vários benefícios, entre os quais destacam-se o alto rendimento por hectare, o baixo custo de manutenção e o rápido crescimento. As microalgas aparecem como uma das matérias-primas mais promissoras devido à sua disponibilidade, variedade e alto rendimento de produção de lipídios (VALDERRAMA *et al.*, 2002).

As microalgas podem crescer de maneira autotrófica, pressupondo que as microalgas utilizem a luz como fonte de energia e o CO_2 como fonte de carbono inorgânico, heterotrófica, eliminam a necessidade da luz e necessitam de carbono orgânico, ou mixotrófica, processo metabólico em que a fotossíntese é a principal fonte de energia, embora a presença de compostos orgânicos seja essencial (PEREZ-GARCIA *et al.*, 2011). Dentre eles, o cultivo mixotrófico apresenta diversas vantagens, incluindo melhor redução de CO_2, ausência de fotoinibição, maior crescimento celular e menor dificuldade para coleta de biomassa, produzindo entre 3 e 10 vezes mais biomassa do que os sistemas autotróficos (CHANDRA *et al.*, 2014, KIRROLIA *et al.*, 2013).

Segundo Chisti (2007) as microalgas são responsáveis pela produção primária de pelo menos 60% de oxigênio da Terra. Ao realizar fotossíntese produzem lipídios de maneira mais eficiente que as plantas terrestres, transformando a energia solar em matéria orgânica (RAVEN *et al.*, 2005). O número exato de espécies microalgais ainda é desconhecido, no

entanto, pesquisas indicam que podem existir cerca de 200.000 até alguns milhões (PULZ, 2004).

Assim como as oleaginosas, muitas microalgas são ricas em triacilglicerídeos, os quais podem ser convertidos em ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME - Fatty Acids Methyl Esters) para produção de biodiesel. Adiciona-se ainda o fato de que estudos demonstram que a composição química de ácidos graxos presentes em algumas microalgas é similar às oleaginosas atualmente utilizadas para a produção de biodiesel, tais como soja e canola (MENEZES *et al*, 2013).

Vários estudos utilizando-se algas para tratar águas residuárias domésticas, gerando água limpa, além da posterior utilização da biomassa das algas para a produção de energia estão sendo realizados. Este processo de tratamento avançado tem inúmeros benefícios diferenciais em relação a outros processos de tratamento de esgoto, produção de combustível e cultivo de algas. Para demonstrar a viabilidade deste processo em escala comercial, foi implantado um piloto em Daphne, Alabama (EUA), capaz de tratar 189,2 mil litros por dia de efluentes em 4.046,8 m2 de fotobiorreatores offshore. A planta piloto recebe CO2 e águas residuais municipais em estado bruto, resultando em água limpa, combustível líquido e, adicionalmente, condicionador de solo (SUNDSTROM *et. al*, 2015).

A escolha adequada da espécie de microalga envolve diversas variáveis, a exemplo da velocidade de crescimento, e da sua composição química. O meio de cultura, a idade do cultivo, a intensidade luminosa, a temperatura, a salinidade, pH e o fotoperiodo são fatores que influenciam diretamente nestas variáveis (CAMPOS, *et al*., 2010).

Alguns fatores são importantes e devem ser considerados nos estudos da utilização das microalgas para produção de biocombustíveis. De acordo com Sutherland, *et al*. (2015) a luz desempenha um papel central na produtividade de microalgas uma vez que fornece a energia necessária para as reações fotossintéticas, promovendo a conversão de nutrientes inorgânicos, dissolvidos no meio, em biomassa orgânica. A utilização de luz é, portanto, fundamental para o elevado rendimento da biomassa microalgal. O pH está diretamente ligado com o bom funcionamento celular das microalgas, por isso o seu controle é de vital importância para o melhor desenvolvimento dos cultivos. O pH do meio de cultura é conhecido por ter grande influência no crescimento e na produção da biomassa de microalgas, uma vez que seu pH citosólico é neutro, ou ligeiramente alcalino, e suas enzimas celulares são sensíveis ao pH e podem se tornar inativas em condições ácidas (TRIPATHI *et al*., 2015).

Muitas microalgas são utilizadas no tratamento de águas residuárias por promoverem a depuração das águas quando absorvem os contaminantes e os nutrientes solúveis em quantidades maiores do que precisam para seu crescimento, resolvendo assim os problemas de acumulação de biomassa do processo e de eutrofização (MULBRY, 2008; MUNOZ, 2006).

1.1 Microalgas

Andrade et al. (2008) e Chisti (2007) caracterizam as microalgas como micro-organismos fotossintéticos, que combinam água e dióxido de carbono atmosférico com luz solar para produzirem várias formas de energia para produzirem biomassa (polissacarídeos, proteínas, lipídios e hidrocarbonetos), que pode ser utilizada na produção de biocombustíveis e suplementos alimentares, e também podem ser empregados na captura de dióxido de carbono da atmosfera. As microalgas produzem mais oxigênio de que todas as plantas juntas existentes no mundo, sendo responsáveis por pelo menos 60% da produção primária da Terra.

Esses microrganismos podem crescer rapidamente e vivem em condições adversas porque possuem estruturas unicelulares ou multicelulares simples, incluindo as microalgas procarióticas, como as Cyanobacteria (Cyanophyceae), microalgas eucarióticas, por exemplo, algas verdes (Chlorophyta) e diatomáceas (Bacillariophyta) (WANG *et al.*, 2008). Por este motivo, as microalgas estão presentes em todos os ecossistemas existentes na Terra, e não apenas aquáticos, mas também terrestres, representando uma grande variedade de espécies vivendo em uma ampla gama de condições ambientais. São principalmente encontradas no meio marinho, em água doce e no solo, sendo consideradas responsáveis por pelo menos 60 % da produção primária da Terra. Estima-se a existência de mais de 50 mil espécies, mas apenas um número limitado, cerca de 30 mil, foram estudadas e analisadas (CHISTI, 2008; MATA *et al.*, 2010).

Segundo Baumgartner et al. (2013) muitos meios de cultura têm sido desenvolvidos para diferentes cultivos de algas. Quando se trata de meio de cultura sintético, o alto custo dos nutrientes pode representar fator limitante para a produção, os custos com reagentes químicos, para a elaboração do meio de cultura, constituem um dos maiores problemas do cultivo de microalgas. Assim, o meio de cultivo é desenvolvido para se adaptar às necessidades nutricionais das algas a serem cultivadas e às condições econômicas do momento.

1.2 *Scenedesmus*

Segundo Rosenberg *et al*. (2008), as algas verdes ou clorofíceas são as mais promissoras para a produção de biodiesel, sendo os gêneros *Chlorella, Chlamydomonas* e *Dunaliella* os mais amplamente utilizados. Todavia, as espécies de *Scenedesmus* e *Chlorella* vem sendo apontadas nos últimos anos como as mais eficientes no processo de fixação de CO_2 acoplado ao tratamento de águas residuais e à síntese de lipídeos para a produção de biodiesel (BLERSCH et *al.*, 2013; TANG et *al.*, 2012; XIN *et al.*, 2010).

A *Scenedesmus* constitui uma fonte de óleo extremamente promissora para a produção de biodiesel, devido a sua elevada atividade metabólica (10 a 25% de óleo). Este gênero pertence à família Scenedesmaceae, Ordem Chlorococcales, Clase Chlorophyceae e divisão Chlorophyta (LEE et *al.*, 2008). Possui clorofila a e b, xantofilas (luteína e prasinoxantina) e os carotenóides α, β e γ. O produto fotossintético de armazenamento é o amido, que é composto de amilose e amilopectina e, ao contrário de outras algas, é formado dentro do cloroplasto (REYNOLDS, 2006).

Segundo Miranda (2011), a Scenedesmus é uma microalga de fácil obtenção e tem sido utilizada para produção de biomassa, tratamento de águas em lagoas de oxidação e já foi estudada a possibilidade da sua utilização no tratamento de efluentes de lagares (fabricas de extração de azeite) e de águas residuárias.

Neste contexto, o artigo tem como objetivo avaliar o desempenho da microalga S*cenedesmus acuminatus* em três meios de cultivos diferentes BBM, WC e UASB, utilizando como parâmetros o crescimento microalgal, a produtividade, a velocidade específica e o tempo de geração.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 *Scenedesmus acuminatus*

A cepa de microalga utilizada no presente estudo foi a *Scenedesmus acuminatus* presente no Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) da cidade de Campina Grande, Estado da Paraíba. As culturas de microalgas eram mantidas em frascos Erlenmeyers sob condições favoráveis de crescimento e semanalmente eram repicadas em novos cultivos de maneira a não haver perda da atividade celular devido o envelhecimento das células, escassez de nutrientes e acúmulo de metabólitos no substrato.

2.2 Desenho experimental

Os cultivos foram realizados em triplicata variando-se os meios de cultura, BBM, WC e UASB, submetidos às mesmas condições de iluminação, controle de temperatura e aeração, com intuito de viabilizar a adaptação das microalgas em diferentes meios.

Os cultivos foram incubados a uma temperatura de 26 °C ± 2 °C, agitados por meio de injeção direta de ar comprimido e iluminados por lâmpadas fluorescentes de 40 W que proporcionaram uma iluminação de 4 klux expostas em um período de 12 h diárias.

O crescimento da microalga foi determinado a partir de contagens com câmara de Neubauer em microscópio óptico e, também foram determinados a velocidade específica de crescimento, tempo de geração e produtividade.

Um dos meios de cultivo utilizado para manutenção de estoque e para o crescimento da microalga *Scenedesmus acuminatus* foi o *Bold´s Basal Medium* (BBM) que é recomendado pelo Centro de cultura de Algas e Protozoários de Cambridge (CCAP) com suplementação de 0,30 $g.L^{-1}$ de extrato de levedura.

O meio sintético *Wright's Cryptophyte* (WC) também foi utilizado para o desenvolvimento da microalga *Scenedesmus* sp, desenvolvido por Guillard e Lorenzen (1972).

Também foi utilizado um resíduo líquido de grande impacto ambiental – efluente de tratamento anaeróbio de esgoto sanitário proveniente do reator tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), como meio de cultivo, fornecido pela Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários. Para melhor avaliação, devido as grandes quantidades utilizadas, o efluente foi filtrado, retendo sólidos suspensos, e armazenado sob refrigeração.

2.3 Parâmetros avaliados

O crescimento microalgal foi estimado com a densidade celular em função do tempo de cultivo. A densidade celular da biomassa, cultivada em laboratório, foi determinada a cada 24h através da microscopia óptica com aumento de 400x por contagem de células em câmara de Neubauer e expressa em número de células por mililitro de cultivo (células.mL^{-1}).

Esse procedimento foi repetido a cada 24 horas da inoculação e para uma melhor compreensão do crescimento da Scenedesmus *acuminatus*, a contagem diária das células foi

realizada em triplicata. O tempo de cultivo, expresso em dias, foi definido como o número de dias passados desde o início da inoculação que corresponde ao início da fase lag, período em que as células estão se adaptando ao meio, até atingir a fase estacionária, na qual é alcançado o número máximo da densidade celular.

A velocidade de crescimento é diretamente proporcional à concentração de microrganismos em um dado instante. A fração pela qual a população cresce na unidade de tempo é dada por $\mu_{máx}$, que representa a velocidade específica de crescimento e tem unidade de tempo h^{-1}. Na fase exponencial (ou logarítmica) a velocidade específica de crescimento é constante e máxima, sendo μ_x igual a $\mu_{máx}$. A velocidade de crescimento foi calculada através da Equação (1).

$$\ln(x) = \mu_{máx}\,(t - t_i) + \ln(x_i) \qquad (1)$$

A representação de ln(x) versus o tempo de cultivo, na fase exponencial, resulta em uma reta com coeficiente angular igual à velocidade específica máxima de crescimento $\mu_{máx}$.

A fase exponencial também é caracterizada pelo tempo de geração (t_g), que é o tempo necessário para dobrar o valor da concentração celular ($x = 2x_i$). O tempo de geração foi calculado através da Equação (2).

$$tg = \frac{\ln 2}{\mu_{máx}} = \frac{0{,}693}{\mu_{máx}} \qquad (2)$$

As análises de produtividade da biomassa cultivada em laboratório foram realizadas em triplicata no início e fim dos cultivos. Uma amostra de 50mL de cultivo foram separadas e centrifugadas, descartando o sobrenadante, e a biomassa resultante foram transferidas para cápsulas de evaporação secas e pesadas em estufa a 105ºC.

Logo em seguida, as cápsulas foram postas para secagem em estufa na temperatura de 60°C até atingir peso constante e posterior pesagem da biomassa seca. A produtividade foi determinada por meio da equação (3), onde a biomassa seca inicial corresponde à quantidade de biomassa no início do cultivo e a biomassa seca final corresponde à quantidade de biomassa ao término do cultivo.

$$Produtividade = \frac{biomassa\ seca_{final} - biomassa\ seca_{inicial}}{tempo\ de\ cultura_{final} - tempo\ de\ cultura_{inicial}} \qquad (3)$$

2.4 Tratamento estatístico dos dados

Os dados foram expressos com média e desvio padrão. As comparações entre os meios de cultivo foram realizadas por uma análise de variância (ANOVA) e testes posteriores de Turkey, todos realizados no software Statistica 7 (R).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 descreve o crescimento das microalgas durante o tempo de cultivo, nos três meios BBM, WC e UASB, as microalgas chegam ao ponto máximo de crescimento celular. Os dados experimentais da microalga em estudo, demostra a curva de crescimento da *Scenedesmus acuminatus*, cultivada no meio BBM, apresentando uma rápida adaptação e uma média de densidade celular máxima de $1{,}94x10^7$cel.mL^{-1} no oitavo dia de cultivo, partindo de uma população de $7{,}28x10^5$ cel.mL^{-1}.

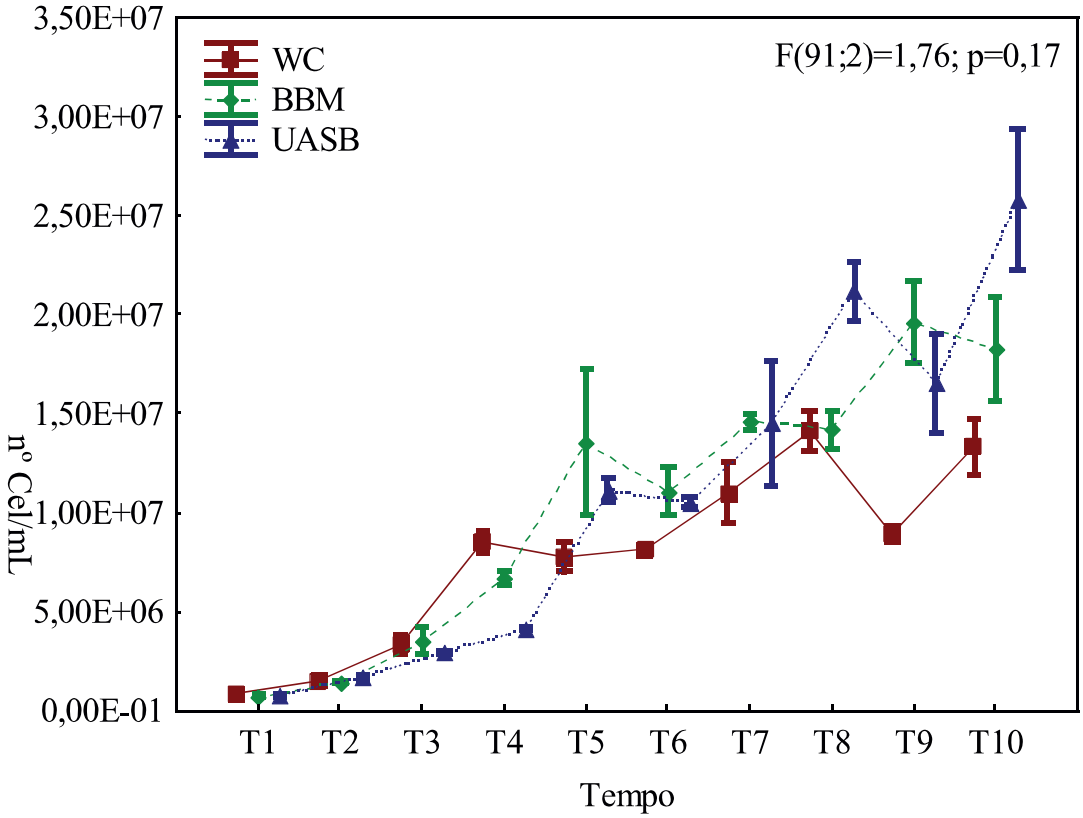
Observando o comportamento temporal do desenvolvimento da *Scenedesmus acuminatus* no meio WC, pode-se verificar que o número máximo de células alcançado foi de $1{,}49x10^7$cel.mL^{-1}, no sétimo dia. O cultivo apresentou, no início, concentração celular de $8{,}66x10^5$ cel.mL^{-1}.

A curva de crescimento do meio de cultivo UASB iniciou com uma densidade celular de $7{,}97x10^5$cel.mL^{-1} e no nono dia apresentou $2{,}54x10^7$cel.mL^{-1}, constatando uma boa adaptação e taxa de crescimento.

De acordo com experimento conduzido por Sebastien e Granja (2005), observou-se que o gênero *Scenedesmus* não desenvolve um estágio estacionário. Ou seja, ela passa da fase de crescimento linear diretamente para a fase de morte celular. Este acontecimento pode ser observado nos cultivos, ocorrendo picos de produção celular seguidas de um decaimento na densidade.

Em estudos realizados por Menezes *et al.* (2009), cultivos de cepas de *Scenedesmus sp.* foram realizados em diferentes meios de cultura e atingiram no décimo dia de cultivo densidade máxima de $6x10^6$cel.mL^{-1} no meio LC Olico e $3{,}8x10^6$cel.mL^{-1}no meio WC. Valores menores aos encontrados nos meios do presente estudo.

Figura 1 - Curvas de crescimento da microalga *Scenedesmus acuminatus* nos meios sintéticos BBM, WC e UASB.



Fonte: Autora (2017).

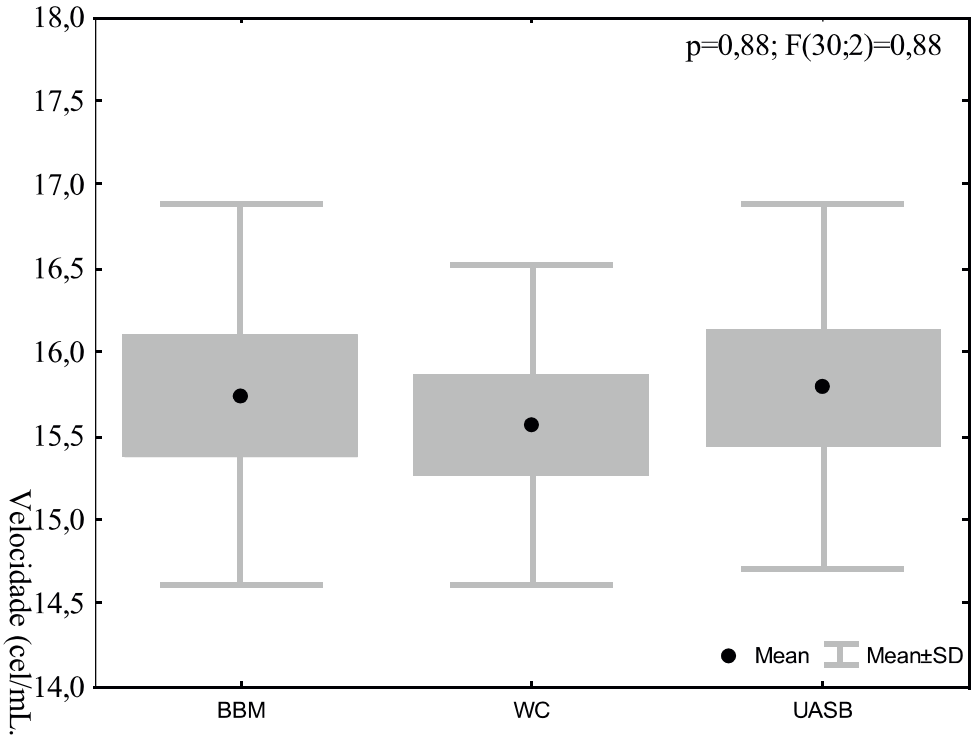
O crescimento microalgal apresentou maiores valores quando o meio de cultivo foi o UASB, contudo não foram observadas diferenças significativas, p-valor igual a 0,17 e F(91,2) equivalente a 1,76, para o número de células produzidos e os meios de cultura utilizados (FIGURA 1). Segundo Lúcio (2013) o efluente doméstico mostrou-se como um meio alternativo para a *Chlorella vulgaris*, devido haver um aumento significativo na densidade celular comparado ao meio sintético, devido a maior disponibilidade de nutrientes.

Segundo Franco *et al*. (2013), as microalgas têm vantagens consideráveis em comparação com os cultivos convencionais utilizados para a produção de biocombustíveis, com potencial de minimizar o uso e os impactos ambientais adversos nos recursos naturais e no solo. São consideradas, em sua diversidade, como organismos flexíveis quanto ao habitat, sendo encontradas tanto em ambientes úmidos terrestres, quanto em ambientes aquáticos de água doce, salobra e salgada. Confirmando a adaptação da *Scenedesmus acuminatus* em efluentes, sem o uso de meios sintéticos, minimizando os custos do cultivo.

A densidade microalgal está diretamente relacionada a velocidade específica de crescimento. Estudos realizados por Chiranjeevi e Mohan (2016), afirmam que quanto maior a velocidade específica máxima de crescimento e a produtividade de biomassa menor será o tempo de geração.

Na Figura 2 descreve a velocidade específica de crescimento da micoalga. Verifica-se que não houveram diferenças significativas para a velocidade de crescimento celular entre os três meios de cultura utilizados.

Figura 2 – Velocidade específica de crescimento da microalga *Scenedesmus acuminatus* nos diferentes meios de cultivo



Fonte: Autora (2017).

De acordo com Pereira (2016) cada elemento tem uma importância relativa para o desenvolvimento microalgal, não há um número exato de elementos químicos essenciais, pois certos elementos são essenciais para determinadas espécies e não o são para outras. O meio de cultivo WC apresentou uma combinação de nutrientes que favoreceram o crescimento da microalga *Scenedesmus acuminatus* em um tempo menor, podendo viabilizar uma produção em larga escala, quando se deseja grandes quantidades de biomassa no menor tempo possível. Desta maneira, pode-se concluir que o meio WC apresentou a melhor relação entre a biomassa produzida e o tempo de cultivo. Morais & Costa (2007) quando cultivaram

Scendesmus oblíquus em três fotobiorreatores conectados em série, utilizando o meio MC no cultivo obtiveram a velocidade de crescimento máxima para *Scenedesmus oblíquus* igual a $0{,}006h^{-1}$.

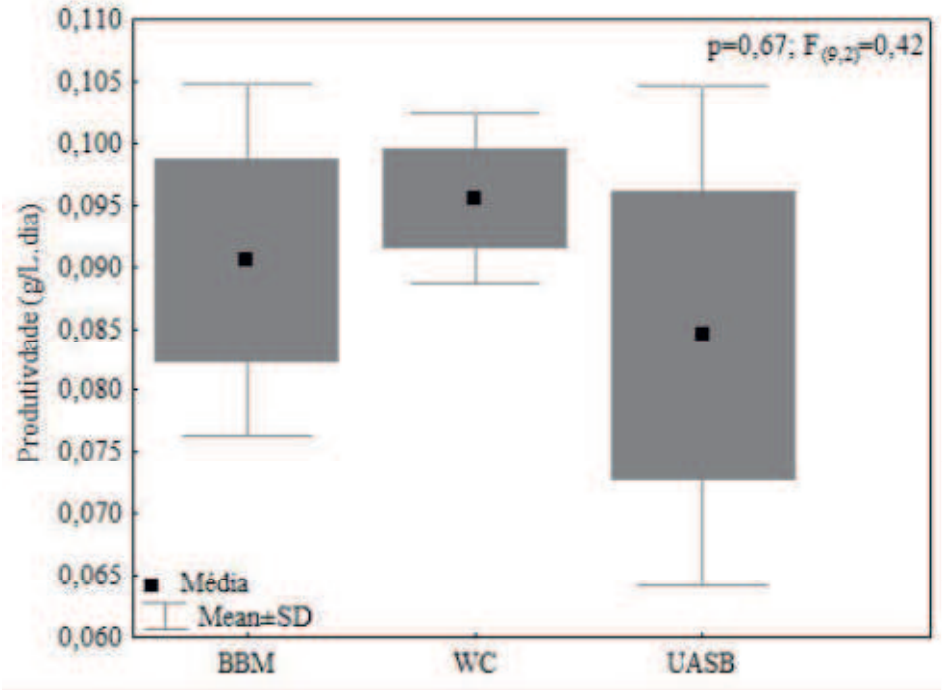
A velocidade específica de crescimento encontrou-se na mesma faixa quando comparadas com os valores reportados na literatura, para a velocidade específica de crescimento da *Chlorella vulgaris* em águas residuais, que se situam entre 0,0045 e $0{,}057h^{-1}$ (SYDNEY, *et al*. 2011, ABOU-SHANAB, *et al*. 2012).

Fazendo uma comparação dos experimentos com a espécie *Scenedesmus acuminatus* nos meios BBM, WC e UASB, observa-se que o cultivo no meio WC produziu mais biomassa que os demais cultivos. De acordo com Hu et al. (2008), em condições ótimas de crescimento as microalgas sintetizam principalmente lipídeos de membranas, a maioria ácidos graxos poli-insaturados derivados da dessaturação aeróbica e da elongação de um ácido graxo palmítico ou oleico precursor. Santos (2013) aponta que no momento em que há privação de nutriente, ocorre uma situação de estresse alterando a via de biossíntese de lipídeos para formação e acúmulo de lipídeos neutros, principalmente triacilglicerídeos (TAG), que estão relacionados com o armazenamento de carbono como fonte de energia.

Segundo Erazo (2017) a biomassa derivada de microalgas apresenta um grande potencial devido a sua sustentabilidade e alta produtividade, sendo possível extrair lipídios para produção de biodiesel. No contexto de biocombustíveis, o interesse pelas microalgas está na alta concentração de lipídios em certas espécies e, também, pelo fato de que a síntese de triacilgliceróis (TAG) não polares, principal componente do óleo, pode ser modulada por meio de variações nas condições de cultura (RODOLFI *et al*., 2009).

Em relação a produtividade da *Scenedesmus acuminatus* os três meios de cultura não apresentaram diferenças significativas. Este comportamento é descrito na Figura 3. A Figura 3 permite identificar que o cultivo realizado com o meio UASB obteve uma maior produtividade, apresentando, desse modo, um valor máximo na produtividade de biomassa algácea igual a $0{,}108g.L^{-1}.dia^{-1}$, enquanto que nos meios BBM e WC os maiores valores obtidos foram $0{,}106g.L^{-1}.dia^{-1}$ e $0{,}102g.L^{-1}.dia^{-1}$ e, respectivamente. Não foram apontadas diferenças significativas entre os meios de cultivo para produtividade da microalgas *Scenedesmus acuminatus*, apresentando o p-valor igual a 0,87 e F(9,2) igual a 0,42.

Figura 3 – Produtividade da microalga *Scenedesmus acuminatus* nos três meios de cultivo.



Fonte: Autora (2017).

Baugarther *et. al.* (2013) cultivaram a *Scenedesmus acuminatus* em diferentes meios de cultivo sendo eles MC, DM e NPK e obteve melhor produtividade de biomassa no meio MC, atingindo 0,0811 $g.L^{-1}.d^{-1}$. Já Oliveira (2013) estudou a produtividade de biomassa da *Scenedesmus sp*. cultivada em meio Chu e atingiu valores de 0,0618 $g.L^{-1}.d^{-1}$. Sousa (2014) fez um ensaio com *Scenedesmus obliquus* em águas residuárias com duração de 13 dias, tendo sido feita uma alimentação no 8º dia da experiência, obtendo uma produtividade máxima para o *S. obliquus* de 0,44$g.L.^{-1}dia^{-1}$. Em comparação com este estudo, os valores encontrados relacionados a produtividade de biomassa algácea nos três meios de cultivo foram superiores as referências citadas.

Dentre os principais desafios, os custos de produção possuem destaque especial. Do valor total do custo da produção de biomassa, aproximadamente 35% é gasto para produzir o meio de cultivo (GRIMA *et al*., 2003). Diante disso, o uso de águas residuárias surge como uma alternativa de baixo valor econômico capaz de substituir meios de cultivos sintéticos. Segundo Rawat et al. (2011) as águas residuárias podem conter nutrientes abundantes, como o ferro, nitrogênio e fósforo, os quais são necessários para o crescimento das microalgas.

Para melhor análise da influência dos três meios de cultivo sobre a microalga *Scenedesmus acuminatus* os valores médios da produtividade, da velocidade especifica e do tempo de geração foram descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios da produtividade, velocidade específica e tempo de geração da microalga *Scenedesmus acuminatus* nos meios de cultivo BBM, WC e UASB.

Meio	Produtividade de biomassa ($g.L^{-1}.d^{-1}$)	Velocidade específica $\mu_{máx}$ (h^{-1})	Tempo de geração (h)
BBM	0,09052	0,03	23,10
WC	0,09556	0,036	19,25
UASB	0,08444	0,0254	27,29

Fonte: Autora (2017).

O cultivo utilizando o meio WC apresentou melhor produtividade média de biomassa, melhor velocidade especifica de crescimento e consequentemente menor tempo de geração. No entanto, muitos meios de cultura têm sido desenvolvidos para diferentes cultivos de algas. Quando se trata de meio de cultura sintético, o alto custo dos nutrientes pode representar fator limitante para a produção (MULITERNO et *al.* 2005, BAUMGÄRTNER 2011). Desse modo, a produtividade elevada da biomassa de microalgas a partir de águas residuárias sugere que este método de cultivo é viável para geração de biocombustível, avaliado como uma das muitas abordagens utilizadas para produção de energia sustentável e renovável (PITTMAN et al., 2011).

4 CONCLUSÃO

Diante do estudo para o desenvolvimento da microalga, *Scenedesmus* sp, pelos meios de cultivo BBM, WC e UASB, visando a produção de biocombustíveis, pode-se concluir que: o meio que obteve melhor densidade microalgal e a produtividade máxima foi o UASB atingindo $2{,}54x10^{7}cel.mL^{-1}$. Já para os dados de velocidade máxima de crescimento e tempo de geração os valores obtidos foram $0{,}036h^{-1}$e 19,25h, respectivamente, para o meio WC.

É importante ressaltar que todos os meios de cultivo propiciaram o crescimento da microalga *Scenedesmus acuminatus* podendo qualquer um ser utilizado para a produção de biocombustíveis. Visando a viabilidade econômica o UASB exprime um ótimo crescimento

das microalgas, mostrando que com apenas os nutrientes presentes no efluente é possível ocorrer o desenvolvimento microalgal.

Neste sentido, pode-se afirmar que há possibilidade de integração do saneamento ambiental no uso do efluente UASB com o cultivo de microalgas visando a produção de biocombustíveis.

STUDY OF THE POTENTIALITY OF BIOFUEL PRODUCTION FROM THE MICROALGAE *Scenedesmus acuminatus* IN DIFFERENT CULTURE MEDIA

ABSTRACT

The increase in population has intensified the search for cleaner technologies in order to reduce emissions of pollutants from burning fossil fuels. A promising alternative to reduce the use of fossil fuels is the production of biofuels. In this context, microalgae are characterized by high lipid content, high biomass productivity and easy adaptation. Among the species of microalgae existing, *Scenedesmus acuminatus* stands out due to its high lipid and biomass productivity, which boosts the production of biofuels. However, the high production price hampers its process, so it was sought to study the possibility of one of the means of cultivation, a domestic effluent, reduce costs by combining the high purifying capacity of wastewater and reducing CO2. This study aimed to evaluate the growth of the microalga *Scenedesmus acuminatus* in three cultivation media, two of them synthetic BBM (Bold's Basal Medium) and WC (Wright's Cryptophyte) and the other medium, the domestic effluent UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) , enabling the production of biofuels. The culture using the UASB medium had the highest cell density, but did not present significant differences compared to the other media of the study. In relation to growth speed and generation time, *Scenedesmus acuminatus* developed better in WC medium. However, the three culture media are considered viable for the production of biofuels, since there were no significant differences between the parameters. However, when taking into account the cost, the UASB culture medium is considered more viable.

Keywords: Microalga; Biofuels; Scenedesmus *acuminatus*;

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMGARTNER, T. R. S. 2011. **Cultivo e extração de óleo das microalgas *Scenedesmus sp.* e *Spirulina sp.* para a síntese de ésteres visando à produção de biodiesel.** 124 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Maringá- PEQ/UEM, Paraná, 2011.

BAUMGARTNER, Tatiana Rodrigues da Silva et al. **Avaliação da produtividade da microalga *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat em diferentes meios de cultivo.** Porto Alegre, 2013.

BLERSCH, D.M.; KANGAS, P.C.; MULBRY, W.W. (2013). Turbulance and nutrient interactions that control benthic algal production in an engineered cultivation raceway**. *Algal Research***, v. 2, p. 107-112.

CAMPOS, Viviane Borges, BARBARINO, Elisabete e LOURENÇO, Sergio de Oliveira. 2010. Crescimento e composição química de dez espécies de microalgas marinhas em cultivos estanques. Tomar: s.n., 22 de fevereiro de 2010.pp. 339-347.

CHANDRA, Rashmi et al. Regulatory function of organic carbon supplementation on biodiesel production during growth and nutrient stress phases of mixotrophic microalgae cultivation. **Bioresource technology**, v. 165, p. 279-287, 2014.

CHEN, S., Industrial Biosystmes Engineering and Biorefinery Systems. *Chin J Biotech*, Vol. 24, No. 6, pp 940-945, 2008.

CHIRANJEEVI, P.; MOHAN, S. Venkata. Critical parametric influence on microalgae cultivation towards maximizing biomass growth with simultaneous lipid productivity. **Renewable Energy**, 2016.

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. ***Biotechnology Advances*,** v. 25, p. 294-306, 2007.

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae beats bioethanol. **Trends in Biotechnology***,* v. 26, n. 3, p. 126-131, 2008.

ERAZO, R.G.T.P. **Isolamento, seleção e cultivo em meio sintético e vinhaça de microalgas com potencial para produção de biodiesel**. Dissertação (Engenharia Mecânica), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2017.

FRANCO, A.O.C. et al. Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, 2013. ISSN 0100-4042.

GRIMA, E. M. et al. Recovery of microalgal biomass and metabolites: process options and economics. **Biotechnology advances**. v. 20, p. 491 – 515, 2003.

GUILLARD, Robert RL; LORENZEN, Carl J. YELLOW-GREEN ALGAE WITH CHLOROPHYLLIDE C1, 2. **Journal of Phycology**, v. 8, n. 1, p. 10-14, 1972.

Hu Q., Sommerfeld M., Jarvis E., Ghirardi M., Posewitz M., Seibert M., Darzins A. (2008) Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances**. The Plant Journal,** v. 54, 621–639

KIRROLIA, A., BISHNOI, N.R., SINGH, R. (2013); Microalgae as a boon for sustainable energy production and its future research & development aspects; **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 20: 642-656

LAM, M.K. e LEE, K.T. (2012); Microalgae biofuels: A critical review of issues, problems and the way forward**, *Biotechnology Advances,*** 30: 673-690.

LÚCI, M.J. **Cultivo de microalgas Chlorella Vulgaris com efluentes doméstico como meio de cultura alternativo.** Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MATA, T. M.; MARTINS, A. A.; CAETANO, N. S. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 1, p. 217- 232, 2010.

MENEZES, F.D. et al. **Isolamento da Scenedesmus capitaus para aplicação em ensaios ecotoxicológicos nos ecossistemas aquáticos da bacia do rio cocó.** In: IV CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. Anais do VI CONNEPI. Belém: Pará, 2009.

MENEZES, Rafael Silva et al. Avaliação da potencialidade de microalgas dulcícolas como fonte de matéria-prima graxa para a produção de biodiesel. **Química Nova**, v. 36, n. 1, p. 10-15, 2013.

MIRANDA, J.R.P.C. **Produção de Bioetanol a partir da Microalga *Scenedesmus obliquus***. Dissertação (Energia e Bioenergia), Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica ,2011.

MORAIS, M. G. & COSTA, J. A. V. 2007. Biofixation of carbon dioxide by *Spirulina sp*. and *Scenedesmus obliquus* cultivated in a three-stage serial tubular photobioreactor. J. **Biotechnol**., 129: 439–445.

MULBRY, W., KONDRAD, S., PIZARRO, C. & KEBEDE-WESTHEAD, E. 2008. Treatment of dairy manure effluente using freshwater algae: algal productivity and recovery of manure nutrients using pilot-scale algal turf scrubbers. **Bioresource Technology,** *99*: 8137-8142.

MULITERNO, A., MOSELE, P. C., COSTA, J. A. V., HEMKEMEIER, M., BERTOLIN, T. E. & COLLA, L. M. 2005. Cultivo mixotrófico da microalga Spirulina platensis em batelada alimentada. **Ciênc. Agrotec**., 29(6): 1132-1138.

MUNOZ, R.; GUIEYSSE, B. (2006). Algal-bacterial processes for the tretment of hazardous contaminants: a review. **Water Research**, v. 40, p. 2799-2815.

OLIVEIRA, A.C. DE. **Produção de biomassa de microalgas Scenedesmus sp. em efluente de bovinocultura biodigerido**. Dissertação (Engenharia e Ciência dos Materiais), Universidde Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PEREIRA, S.F.L. **Cultura de Microalga para remoção de azoto de lixiviados de aterro.**2016. Tese de Doutorado. Universidade do Porto.

PEREZ-GARCIA, O.; ESCALANTE, F. M. E.; DE-BASHAN, L. E.; BASHAN, Y. Heterotrophic cultures of microalgae: Metabolism and potential products**.** ***Water Research***, Oxford, v. 45, p. 11-36, 2011.

PIRES, J.C., ALVIM-FERRAZ, M.C., MARTINS, F.G. e SIMÕES, M. (2012); Carbon dioxide capture from flue gases using microalgae: Engineering aspects and biorefinery concept, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 16: 3043-3053.

PITTMAN, J. K.; DEAN, A. P.; OSUNDEKO, O. (2011). The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources**. Bioresource Technology**, v. 102, p. 17-25.

PULZ, O.; GROSS, W. Valuable products from biotechnology of microalgae. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 65, p. 635-648, 2004.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F;. EICHHORN, S.E. **Biology of Plants**. 7ª ed. Worth Publishers. New York, 2005.

RAWAT, I.; RANJITH, Kumar et al. Dual role of microalgae: Phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production .**Applied Energy**, v. 88, p. 3411–3424, 2011.

REYNOLDS C. S. (2006). Ecology of Phytoplankton - Ecology, Biodiversity and Conservation. Cambridge.

RODOLFI, L. et al. Microalgae for oil: strain selection, induction of lipid synthesis and outdoor mass cultivation in a low-cost photobioreactor. Biotechnology and Bioengineering, Hoboken, v. 102, n. 1, p. 100-112, 2009.

SANTOS, M.M. **Novas tecnologias de colheita de microalgas para produção de biodiesel**. Dissertação (Engenharia da Energia e do Ambiente), Universidade de Lisboa, 2013.

SEBASTIEN, N. Y.; GRANJA, R. P. Cultivo de Scenedesmus: alimento vivo para a manutenção de organismos planctônicos e implementação na dieta humana**. Revista Varia Scientia**, v. 05, n. 10, p. 113-121, 2005.

SOUSA, C.V. **Microalgas: do tratamento de efluente a biorrefinaria.** Dissertação (Energia e Bioenergia), Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica, 2014.

SUNDSTROM, Eric et al. **Avaliação de tratamento avançado de esgoto por algas como alternativa sustentável às tecnologias estabelecidas**, ABES, 2015.

SUTHERLAND, Donna L. et al. The effects of CO_2 addition along a pH gradient on wastewater microalgal photo-physiology, biomass production and nutrient removal. **Water research**, v. 70, p. 9-26, 2015.

TANG, D.; HAN, W.; LI, P.; MIAO, X.; ZHONG, J. (2011). CO2 Fixation and fatty acid composition of *Scenedesmus obliquus* and *Chorella pyrenoidosa* in response to different CO2 levels. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 3071-3076.

TRIPATHI, Ritu; SINGH, Jyoti; THAKUR, InduShekhar.Characterization of microalga Scenedesmus sp. ISTGA1 for potential CO_2 sequestration and biodiesel production.**Renewable Energy**, v. 74, p. 774-781, 2015.

VALDERRAMA, L.T., CAMPO, C.M.D., RODRIGUEZ, C.M., LUZ, E., de-BASHANA, B, BASHAN, Y., Treatment of recalcitrant wastewater from ethanol and citric acid production

using the microalga Chlorella vulgaris and the macrophyte Lemna minuscula. ***Water Res***., Vol. 36, pp 4185–4192, 2002.

WANG, B.; LI, Y.; WU, N.; LAN, C. CO2 bio-mitigation using microalgae. **Applied Microbiology and Biotechnology***,* v. 79, n. 5, p. 707-718, 2008.

XIN, L.; YING, H.H.; KE, G.; XUE, S.Y. (2010). Effects of different nitrogen and phosphorus concentrations on the growth, nutrient uptake, and lipid accumulation of a freshwater microalga *Scenedesmus* sp. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 5494–5500.