



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E
RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS
RENOVÁVEIS**



LAURA COSTA DOS ANJOS RODRIGUES

**ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA VINHAÇA COMO MEIO DE
CULTIVO DE MICROALGAS PARA PRODUÇÃO ENERGÉTICA A
PARTIR DA BIOMASSA.**

JOÃO PESSOA-PB 2020

PPGER / MESTRADO ACADÊMICO / N° XX

LAURA COSTA DOS ANJOS RODRIGUES

**ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA VINHAÇA COMO MEIO DE
CULTIVO DE MICROALGAS PARA PRODUÇÃO ENERGÉTICA A
PARTIR DA BIOMASSA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba, do Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energias Renováveis

Orientador (a): Dra. Riuzuani Michelle Bezerra Pedrosa Lopes.

Coorientador interno: Raphael Abrahão.

Coorientador externo: Dr. Darlan Azevedo Pereira

JOÃO PESSOA-PB

2020

LAURA COSTA DOS ANJOS RODRIGUES

**ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA VINHAÇA COMO MEIO DE
CULTIVO DE MICROALGAS PARA PRODUÇÃO ENERGÉTICA A
PARTIR DA BIOMASSA**

Dissertação apresentada em: 08/09/2020

Riuzuani Michelle B. Pedrosa Lopes

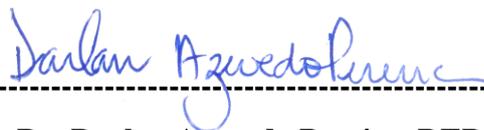
Professora. Dra. Riuzuani Michelle Bezerra Pedrosa Lopes.

Orientadora



Professor Dr. Raphael Abrahão -DEER/CEAR/UFPB

Coorientador Interno



Professor Dr. Darlan Azevedo Pereira. DEP/CT/UFPB

Coorientador externo



Professor Dr. Kelson Carvalho Lopes-DTS/CTDR/UFPB

Avaliador Externo



Professora Dra. Silvia Layara Floriani Andersen -DEER/CEAR/UFPB

Avaliadora Interna

Catálogo na publicação Seção de Catálogo e Classificação

Elaborado por MARILIA RIANNY PEREIRA COSMOS - CRB-15/862

R696e Rodrigues, Laura Costa Dos Anjos.

Estudo do aproveitamento da vinhaça como meio de cultivo de microalgas para produção energética a partir da biomassa / Laura Costa Dos Anjos Rodrigues. - João Pessoa, 2020.

70 f.

Orientação: Riuzuani Michelle Bezerra Pedroza Lopes. Dissertação (Mestrado) - UFPB/CEAR.

1. Energias renováveis. 2. Biomassa algal. 3. Sustentabilidade. 4. Vinhaça. I. Lopes, Riuzuani Michelle Bezerra Pedroza. II. Título.

UFPB/BC

CDU 620.91(043)

Tudo posso naquele que me fortalece
(Filipenses 4;13)

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar a Deus, pois sem Ele nenhuma conquista em minha vida seria possível, é Ele que concede a mim todas as realizações alcançadas.

Ao melhor esposo do mundo Everson Rodrigues, pelo valioso e incansável apoio em todos os momentos da minha vida, por me ajudar a ser cada vez melhor, por renovar minhas forças, e me possibilitar caminhar me reinventando a cada dia.

A minha mãe Augusta da Costa exemplo de mulher, de superação e por me ajudar cuidando da minha filha para que eu possa estudar e ao meu pai José Henrique pelo apoio e compreensão.

A minhas irmãs que sempre me apoiaram e incentivaram para realização dos meus objetivos, amo vocês!

A minha orientadora Riuzuani Michelle e ao meu coorientador externo professor Darlan e ao meu segundo orientador o professor Raphael Abrahão pela oportunidade e a dedicação em todo tempo. Muito obrigada pelo apoio e incentivo, por buscar tirar o melhor de mim para a realização de um trabalho excelente.

A professora Cristiane Sassi e ao LARBIM, a Jordana Kaline, a Evandro Bernardo e a todos do LARBIM, pelo apoio e por fornecer as condições para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos Professores Kelson Carvalho e Márcia Pontieri pelo apoio na realização deste trabalho e por todas as oportunidades que me concederam ao longo da minha jornada acadêmica.

Ao engenho triunfo na pessoa da senhora Maria Julia pelo apoio para a realização deste trabalho.

As minhas amigas irmãs Raquel Santos, Paula Ribeiro e Gessica Moraes que estão sempre dispostas a me ajudar na realização dos meus trabalhos.

Aos meus colegas de mestrado, vocês foram os melhores parceiros que eu poderia ter nessa jornada, em especial a Habilla Hyoussuf, Rênner Ribeiro, Isaac Souza, Edson de Jesus, Alex de Deus e Arturo Dias, pela ajuda incessante durante todo o mestrado, que venham muitas outras de preferência regada a muita cachaça.

RESUMO

O potencial para a utilização de resíduos como fonte alternativa para a composição dos meios de cultivo de microalgas é vasto e diversificado, inclui desde efluentes agroindustriais a rejeitos da produção de biocombustíveis. Os benefícios técnicos e econômicos variam de acordo com a origem do resíduo e tendem a ser uma opção ecologicamente sustentável. Considerando que o Brasil é um importante produtor de cana-de-açúcar, a indústria sucroalcooleira deve buscar sempre por uma melhor eficiência. Uma oportunidade de melhoria está na aplicação da vinhaça para outros fins, como a produção de meio alternativo para cultivo de microalgas. Os desafios para este uso estão presentes na minimização da característica tóxica, intensidade de cor e turbidez que podem reduzir a fotossíntese e consequentemente a produção da biomassa de microalgas. Para viabilizar sua aplicação na biotecnologia com microalgas, vários processos e materiais de baixo custo foram testados e utilizados com o intuito de melhorar a coloração e reduzir a toxicidade deste efluente, entre eles estão o pó das conchas de marisco *Anomalocardia brasiliiana* e o coagulante orgânico TANFLOC SL. Neste trabalho testou esses dois materiais no tratamento da vinhaça de forma a viabilizar técnica e economicamente sua aplicação para a produção de biomassa de microalgas, na geração de um meio de cultivo com turbidez, pH e concentração de nutrientes para espécies selecionadas. O pó da casca de marisco foi preparado e adicionado as amostras de vinhaça junto com o coagulante TANFLOC SL. Em seguida, as amostras foram filtradas e medidos o pH e a turbidez. Os maiores valores de pH e menores valores de turbidez foram obtidos para as alíquotas cuja quantidade de pó de casca de marisco foi menor (0,5g), TANFLOC SL maior (0,3g). Após o tratamento da vinhaça, várias cepas de microalgas foram inoculadas com diluição de 20%, 30% e 40% de vinhaça num período de quinze dias sendo que apenas a cepas (*Chlorella sp*), (*Selenastrum graciles*), (*Clorococcum sp*) e (*Coelastrum microporum*) apresentaram crescimento quando cultivadas na vinhaça obtendo resultados significantes no crescimento de células e na produção de biomassa. O desenvolvimento dos cultivos foi acompanhado por meio da contagem de células e através de medidas da fluorescência *in vivo*. Para o cultivo de microalgas os resultados mostraram que a diluição de 20% e 30% vinhaça são mais eficientes. A viabilidade energética foi determinada através das análises bioquímica da biomassa. Os resultados demonstraram que todas as espécies demonstraram ser viáveis para o objetivo energético em termos de lipídios e carboidratos e mostraram também com a redução de DBO 77,6%, DQO 90% excelentes resultados na biorremediação do efluente.

Palavras chaves: Biomassa algal, sustentabilidade, vinhaça.

ABSTRACT

The potential for using waste as an alternative source for the composition of microalgae culture media is vast and diversified, ranging from agro-industrial effluents to waste from biofuel production. The technical and economic benefits vary according to the source of the waste and tend to be an ecologically sustainable option. Considering that Brazil is an important producer of sugarcane, the sugar and alcohol industry must always seek better efficiency. An opportunity for improvement is in the application of vinasse for other purposes, such as the production of an alternative medium for cultivating microalgae. The challenges for this use are present in minimizing the toxic characteristic, color intensity and turbidity that can reduce photosynthesis and, consequently, the production of microalgae biomass. To make its application in biotechnology with microalgae viable, several low-cost processes and materials were tested and used in order to improve the color and reduce the toxicity of this effluent, among them the powder of the shellfish *Anomalocardia brasiliiana* and the organic coagulant TANFLOC SL. In this work, he tested these two materials in the treatment of vinasse in order to make their application technically and economically feasible for the production of microalgae biomass, in the generation of a culture medium with turbidity, pH and concentration of nutrients for selected species. The shellfish powder was prepared and added to the vinasse samples along with the coagulant TANFLOC SL. Then, the samples were filtered and the pH and turbidity were measured. The highest pH values and the lowest turbidity values were obtained for aliquots whose amount of shellfish powder was lower (0.5g), TANFLOC SL higher (0.3g). After vinasse treatment, several strains of microalgae were inoculated with dilution of 20%, 30% and 40% vinasse in a period of fifteen days, with only strains (*Chlorella* sp), (*Selenastrum graciles*), (*Clorococcum* sp) and (*Coelastrum microporum*) showed growth when grown in vinasse obtaining significant results in cell growth and biomass production. Cultivation development was monitored by cell counting and in vivo fluorescence measurements. For the cultivation of microalgae, the results showed that the dilution of 20% and 30% stillage are more efficient. The energetic viability was determined through the biochemical analysis of the biomass. The results showed that all species proved to be viable for the energy objective in terms of lipids and carbohydrates and also showed with the reduction of BOD 77.6%, COD 90% excellent results in the effluent bioremediation.

Key words: algal biomass, sustainability, vinasse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1 - Consumo final de energia por fonte.....	24
Figura 5-2 - Participação das fontes renováveis na matriz energética no Brasil, Mundo, OCDE.	24
Figura 5-3 -Produção de biodiesel no Brasil em 2020.....	26
Figura 5-4 - Evolução do Etanol brasileiro por região.....	30
Figura 5-5 - Conchas de marisco da espécie <i>Anomalocardia brasiliiana</i>	34
Figura 5-6 - TANFLOC SL.....	37
Figura 9-1 - Pó de marisco obtido por trituração em moinho de bolas	58
Figura 10-1 - Amostras de vinhaça antes e após o tratamento antes de verificar as variáveis.	62
Figura 10-2 - Superfície de resposta e sua respectiva curva de nível para o modelo ajustado aos valores de pH.....	63
Figura 10-3 - Superfície de resposta e sua respectiva curva de nível para o modelo ajustado aos valores de Turbidez em função do Tanfloc SL e casca de marisco.	64
Figura 15-1 - Número de células da cepa D359WC <i>Chlorella sp.</i>	78
Figura 15-2 - Número de células da cepa D458WC <i>Selenastrum Graciles</i>	78
Figura 15-3 - Número de células da cepa D106Z <i>Chlorococcum sp.</i>	79
Figura 15-4 - Número de células da cepa D111RAO'S <i>Coelastrum Microporum</i>	79
Figura 15-5 - Curva de crescimento da espécie D359WC <i>Chlorella sp</i> em vinhaça.	80
Figura 15-6 - Curva de crescimento da espécie D458WC <i>Selenastrum Graciles</i> em vinhaça.	80
Figura 15-7 - Curva de crescimento da espécie D106Z <i>Chlorococcum sp.</i> em vinhaça.	81
Figura 15-8 - Curva de crescimento da espécie D111Z (RAO'S) <i>Coelastrum microporum</i> em vinhaça.	81
Figura 15-9 - Componentes bioquímicos das quatro espécies cultivadas no meio vinhaça.	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1 - Principais parâmetros de qualidade do biodiesel.	28
Tabela 5-2 - Características qualiquantitativa do esgoto doméstico bruto	32
Tabela 5-3 - Características qualiquantitativa da vinhaça proveniente do caldo da cana-de-açúcar.	33
Tabela 5-4 - Produtos de alto valor agregados derivado de microalgas	40
Tabela 5-5 - Produtividade em biodiesel de matérias-primas em comparação ao potencial de produção das microalgas.	43
Tabela 9-1 - Planejamento fatorial 2^2 com ponto central	59
Tabela 10-1 - Resumo do planejamento fatorial 2^2 e os resultados obtidos para as variáveis pH e turbidez	61
Tabela 10-2 - Efeitos dos fatores individuais e interações para a variável pH.	62
Tabela 10-3 - Efeitos dos fatores individuais e interações para a variável Turbidez.	64
Tabela 15-1 - Análises físico-químico da vinhaça antes e depois do cultivo.	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 5-1 - Produção de Biodiesel B100 de sete em sete anos de 2005 a 2018, e percentual acumulado de 2017/2018(m ³).....	29
Quadro 14-1 - Descrição das espécies.	72

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

REN 21: *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*;

CO₂: Dióxido de carbono;

ANP: Agência Nacional de Petróleo;

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento;

pH: escala numérica adimensional utilizada para especificar a acidez ou basicidade de uma solução aquosa;

IEA: Agência Internacional de Energia;

GEE: Gases e efeito estufa;

UNICA: União da indústria de cana-de-açúcar;

PNPB: Programa nacional de produção e uso do biodiesel;

INPM: Fração em massa;

K: Potássio;

Ca: Cálcio;

Mg: Magnésio;

FAU: Unidade de Atenuação da Formazina;

MAPA: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento;

EPE: Empresa de Pesquisa Energética;

DBO: Demanda bioquímica de oxigênio;

DQO: Demanda química de oxigênio;

LARBIM: Laboratório de Ambientes Recifais e Biotecnologia com Microalgas;

UFPB: Universidade Federal da Paraíba;

k: Velocidade de crescimento;

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	28
1 INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO 2	18
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos específicos	19
CAPÍTULO 3	20
3 INTRODUÇÃO	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 Bioenergia	22
5.2 Biomassa	25
5.3 Biocombustíveis	26
5.4 Biodiesel	27
5.5 Etanol	30
5.6 A vinhaça	31
5.7 Conchas de marisco	34
5.8 Coagulante orgânico TANFLOC SL.	36
5.9 Microalgas	38
5.9.1 Características das microalgas	38
5.9.2 Biomassa de alga	39
5.9.3 Cultivo de microalgas	40
5.9.4 Biocombustível de algas	42
5.10 Bioremediação	Erro! Indicador não definido.
6 CONCLUSÃO	47
7 REFERÊNCIAS	48
CAPÍTULO 4	53
8 INTRODUÇÃO	55
9 MATERIAIS E MÉTODOS	57
9.1 Materiais para tratamento da vinhaça	57
9.2 Planejamento experimental e ensaios	58
10 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61

10.1	Análises dos parâmetros físico químicos das conchas do marisco e resultados do planejamento experimental.	61
11	CONCLUSÕES	66
12	REFERÊNCIAS	67
	CAPÍTULO 05	69
13	INTRODUÇÃO	71
14	MATERIAIS E METODOS	72
14.1	Espécies selecionadas de microalgas	72
14.1.1	Detalhamento taxionômico das espécies selecionadas	72
14.2	Preparação do meio de cultura	75
14.3	Cultivo	75
14.4	Obtenção da Biomassa	76
14.5	Análises bioquímicas da biomassa.	76
14.6	Bioremediação da vinhaça.	76
15	RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
15.1	Crescimento das microalgas selecionadas em vinhaça, parâmetros cinéticos de crescimento nas diluições de 20%, 30% e 40%	77
15.2	Obtenção da biomassa	82
15.3	Composição bioquímica da biomassa	83
15.4	Bioremediação da vinhaça.	85
16	CONCLUSÕES	87
17	REFERÊNCIAS	88

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO GERAL

As ações antrópicas e o crescimento de demanda de energia geram impactos ao meio ambiente muitas vezes irreversíveis e outras consequências graves como o aumento dos gases de efeito estufa proveniente do uso de combustível fóssil. Diante disso, busca-se o suprimento energético através de outros recursos, com tecnologias limpas, tal como a biomassa (SILVA, 2015).

A biomassa é considerada mundialmente como uma importante fonte renovável de geração de energia, incluindo energia elétrica e combustíveis veiculares além de ser fonte de calor para equipamentos industriais (REN 21 **Renewable Energy Policy Network for the 21st Century**, 2017). De acordo com o REN 21 (2017) as culturas comuns atualmente usadas para produção de biocombustíveis a partir da biomassa são: cana-de-açúcar, milho, grãos, beterraba e algas. Existem fatores fundamentais que definem quando uma cultura é propícia para o processo: bom rendimento de matéria seca por unidade de terra (ton. seca/hectare), baixa necessidade de área para cultivo e baixos custos de produção de energia pela biomassa.

Segundo Pinto Junior (2016) os biocombustíveis têm recebido cada vez mais atenção, não somente por serem renováveis e se mostrarem muito promissores, mas também porque são biodegradáveis e produzem menores quantidades de emissões de dióxido de carbono. Existe também o benefício tecnológico, os biocombustíveis que podem ser produzidos a partir de biomassa e outras fontes de energias renováveis utilizando as tecnologias já existentes e podem ser distribuídos também pelo sistema logístico já existente.

De acordo com Moazami et al. (2012) as fontes de biocombustíveis derivados de culturas terrestres tais como soja, algodão e girassol, têm pressionado cada dia mais o mercado alimentício, contribuindo também para a escassez da água potável e uma maior destruição de vegetação nativa. Nesse sentido as microalgas, vêm se destacando com um grande potencial de substituição a essas fontes no que diz respeito a produção de biocombustíveis, com várias vantagens, como por exemplo, maior sequestro de dióxido de carbono e maior rendimento de óleo por área cultivada.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (2020), o etanol é um biocombustível da indústria sucroalcooleira e, uma forma de energia renovável que tem recebido muita atenção por ser biodegradável e representar uma diminuição nas emissões de dióxido de carbono. Mas mesmo sendo renovável, sua produção gera resíduos que impactam o meio ambiente, dentre os resíduos gerados pela indústria sucroalcooleira, a vinhaça é o mais

importante, devido ao grande volume produzido, na produção de um litro de etanol, são gerados cerca de 13 litros de vinhaça.

A alternativa mais utilizada nas usinas para descartar a vinhaça é a aplicação desta nos solos cultivados com cana-de-açúcar por meio da fertirrigação, esta é uma alternativa tecnológica bem conhecida, existindo inúmeros ensaios que comprovam os resultados positivos obtidos na produtividade agrícola, e associados à economia dos adubos minerais. Porém ainda existe uma grande preocupação com a alteração de pH e salinidade do solo e de maneira especial com a contaminação dos lençóis freáticos (ROLIM et al., 2013). Segundo Oliveira (2011) uma possibilidade para o uso da vinhaça é o cultivo de microalgas, porém pelas características tóxicas e intensidade de cor e turbidez podem impedir a fotossíntese das mesmas, tornando a utilização da vinhaça inviável sem que haja um tratamento prévio. Em sistemas de tratamento de efluentes, é comum a utilização de coagulantes para auxiliar na remoção de sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e partículas coloidais que conferem turbidez e cor à água. Os coagulantes mais utilizados tanto em tratamento doméstico como industrial, são sulfato de alumínio e cloreto férrico que, ao final do tratamento, dão origem a uma lama contendo grande quantidade de metais, esta lama acaba sendo um novo efluente indesejado dificultando o descarte (CORAL et al., 2009). Os agentes coagulantes orgânicos são uma alternativa aos coagulantes inorgânicos, estes coagulantes são biodegradáveis, não geram resíduos metálicos e apresentam boa eficiência e vários trabalhos têm sido feitos utilizando coagulantes orgânicos produzidos a partir da Acácia Negra (*Acaciamearnsii*). (CORAL et al., 2009) BONGIOVANI et. al., 2010); (BOMFIM, 2015); (NEPOMUCENO, 2016) ;(RÔLA et al., 2016).

Além de tratamento de águas para fins de abastecimento urbano, estes coagulantes também são utilizados para tratamentos de efluentes industriais, tais como efluentes de galvanoplastia (VAZ et al., 2010), efluentes têxteis (STRÖHER et al., 2013) e efluentes de indústria de cosméticos (MARCHETTI, 2014).

O TANFLOC SL é um polímero orgânico-catiônico de baixo peso molecular, de origem essencialmente vegetal, não altera o pH, por não consumir a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo em uma faixa de pH de 4,5 a 8,0 (TANAC SA, 2013).

Outro resíduo que tem gerado preocupação por não ter um destino adequado são as conchas de mariscos. A pesca e comercialização de marisco estão presentes de forma significativa na região litorânea do estado da Paraíba. O beneficiamento destes moluscos gera uma grande quantidade de conchas cujo descarte inadequado pode provocar um desequilíbrio ambiental. As conchas de marisco, são ricas em carbonato de cálcio na sua composição. Este

fato tem inspirado vários estudos sobre a utilização deste resíduo para produção direta de carbonato de cálcio (HAMESTER E BECKER, 2010), ou para correção de pH de solo (COSTA et al., 2012) ou ainda, utilizando-os como filtro em tratamentos de efluentes de caprino cultura (SILVA NETO et al., 2012) e até mesmo a utilização para elevar o pH da vinhaça.

Segundo Costa et al. (2012) a alta porosidade da casca de marisco contribui para o aumento da solubilidade do pó, podendo ser utilizado com sucesso em situações em que é necessário a correção do pH, mesmo quando utilizado em pequenas quantidades.

Candido (2015) utilizou a vinhaça filtrada para cultivo de *Chlorella vulgaris*. A filtração em tipo esmectita e carvão ativado reduziu a turbidez da vinhaça em 65% e elevou o pH de 4,5 para 5,4.

Bonini (2012) utilizou a vinhaça como meio de cultivo amiotrófico e heterotrófico da cianofíceia *Aphanothece microscopica Nāgeli* e da *Chlorella vulgares*, onde demonstrou que a vinhaça como meio de cultivo de ambas as microalgas com alta conversão em biomassa pela *Aphanothece*. Nestas condições verificaram-se remoções de 55,5% de glicose, 60,8% da DQO e 13% de Potássio para a cianobactéria, e de 83,7% de glicose, 25% de DQO e 13,8% de potássio para *Chlorella vulgares*.

Como objetivo deste estudo temos a correção do pH e da turbidez da vinhaça utilizando o pó da concha do marisco *Anomalocardia Brasiliana* para aumentar o pH e o coagulante orgânico TANFLOC SL para diminuir a turbidez, cultivar espécies de microalgas docíolas da região nordeste utilizando a vinhaça como meio de cultivo, avaliar a biomassa algal obtida para saber sua composição bioquímica para produção energética e se as microalgas são capazes de biorremediar parâmetros físico-químicos da vinhaça após o cultivo.

Este trabalho foi estruturado por capítulos, no primeiro capítulo apresentamos a introdução geral, no segundo capítulo os objetivos deste trabalho, no terceiro capítulo o referencial teórico sendo uma revisão bibliográfica que correspondente a todos os capítulos do trabalho, no quarto capítulo a adequação dos parâmetros de pH e turbidez da vinhaça e no quinto capítulo apresentamos as espécies selecionadas, cultivo, produção da biomassa, análises energéticas e biorremediação da vinhaça.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- ✓ Cultivar microalgas utilizando a vinhaça como meio de cultivo, avaliar o potencial energético a partir da biomassa das microalgas cultivadas.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Fazer o tratamento da vinhaça com o pó da casca de marisco e o TANFLOC SL para correção do pH e da turbidez, adequados para a produção do meio de cultura alternativo;
- ✓ Fazer a bioprospecção das diferentes espécies de microalgas e cultivar as que melhores se adéquam ao meio de cultivo para obtenção da biomassa;
- ✓ Avaliar a composição bioquímica da biomassa produzida para saber se ela é rica para fins energéticos como produção de biocombustíveis;
- ✓ Avaliar a biorremediação da vinhaça após o cultivo.

CAPÍTULO 3

ARTIGO 01(REVISÃO DE LITERATURA)

3 INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se em expansão no que diz respeito ao aproveitamento dos recursos renováveis para produção de bioenergia e é rico em biomassa como principal matéria para produção de biocombustíveis o que está em plena ascensão e tal situação foi fortalecida desde o Proálcool, em 1975, com o incentivo à produção e uso de biocombustíveis e dentre estes está o etanol, na qual o seu desenvolvimento deixa o Brasil como segundo maior produtor do mundo, no Brasil a cultura mais explorada para produção de etanol é a cana-de-açúcar, matéria-prima que fortalece o agronegócio, bem como a indústria sucroalcooleira tendo como um dos principais produtos o etanol (TOLMASQUIM, 2016).

Apesar de o etanol ser considerado um combustível limpo, seu processo produtivo acaba gerando descargas ambientais negativas, principalmente as provenientes dos resíduos, que podem ser altamente impactantes ao meio ambiente. De acordo com Ferreira (2009) para cada tonelada de cana utilizada para produção de etanol, tem-se em média 800 a 1000L de vinhaça numa proporção de para cada litro de etanol são geradas aproximadamente 13 litros de vinhaça, sendo a vinhaça rica em nutrientes ela poderia ter várias utilizações além da que tem atualmente mais para isso precisa haver correção de seus parâmetros para que ela seja adequada para outras utilizações como o cultivo de microalgas que é uma promissora matéria prima para produção de biocombustíveis sem competir com a indústria alimentícia. Pensando em nisso este trabalho fez uma compilação de informações sobre a bioenergia e suas fontes, os principais biocombustíveis produzidos no Brasil, um estudo sobre a vinhaça e matérias para corrigir seus parâmetros e sobre o cultivo e utilizações das microalgas dulcícolas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas consultas bibliográficas nas bases de dados da plataforma Capes, “ScienceDirect” e “SciELO”, Scopus e Web science nos quais foram levantados aspectos da:

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho foram abordados sob a luz de alguns aspectos como:

5.1 Bioenergia

A bioenergia no mundo hoje é responsável por cerca de 14% do suprimento mundial de energia primária. Muito mais do que qualquer outro tipo de energia, a bioenergia está fortemente relacionada ao sistema de uso da terra da agricultura e da silvicultura sendo estas as produções que compõem a bioeconomia global (IEA, 2015). A bioenergia é uma opção de geração de energia abundantemente sustentável, sendo capaz de permitir que a transição energética ocorra sem prejuízo e permitindo a diversificação da matriz energética e, portanto, a segurança no abastecimento energético, bem como o desenvolvimento do setor de transportes movido por biocombustíveis, como o etanol e biodiesel (PINTO JR. et al., 2016). No Cenário de Políticas Declaradas, a quantidade de renováveis (excluindo o uso tradicional de biomassa) no consumo final de energia aumentará de mais de 990 Mtep que é hoje para quase 2 260 Mtep em 2040. Enquanto isso, a contribuição das energias renováveis para o setor de transportes triplica para cerca de 300 Mtep, três quartos dos quais provenientes de biocombustíveis (IEA, 2015)

No Brasil a busca por outras fontes de energias renováveis teve início em meados de 2004 com o esgotamento progressivo das vazões de águas dos reservatórios das hidrelétricas causando uma serie de apagões pelo país. Mas, sobretudo, esta busca é devido ao contexto mundial que coloca como uma das prioridades fundamentais a necessidade de enfrentarmos as mudanças climáticas, como compromisso conjunto de todas as nações no sentido de tentar mitigar os efeitos da poluição ambiental, e estas fontes vem tendo maior participação na matriz energética a cada ano como mostra a *Figura 5-1* (GOLDENBERG; LUNCON, 2012). Ao longo do tempo a bioenergia tem um papel essencial a desempenhar em um sistema energético de baixa emissão de carbono, por exemplo, a bioenergia moderna no consumo final global de energia aumentará quatro vezes até 2060 no cenário de 2 °C da IEA, que procura

limitar as temperaturas médias globais de mais de 2 °C até 2100 para evitar alguns dos piores efeitos das alterações climáticas.

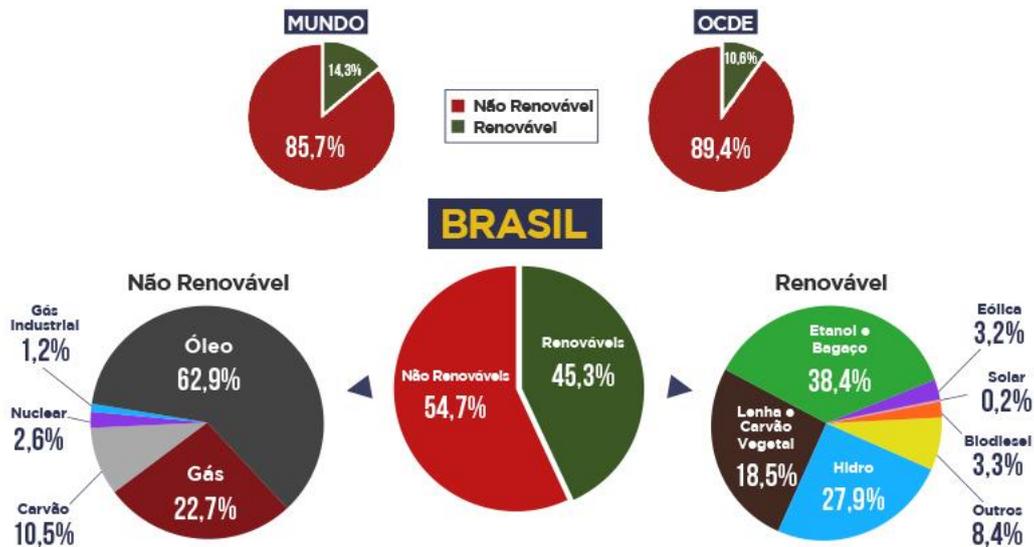
Figura 5-1 - Consumo final de energia por fonte.



Fonte: BEN (2020).

Segundo Berndes et al. (2016) a sustentabilidade das cadeias de suprimento de bioenergia é uma consideração muito importante, mostrado abaixo está a participação renovável na matriz energética na Figura 5-2, porém, incentivos dos governos são necessários para garantir que a bioenergia proporcione os benefícios ambientais e sociais. Como tal, há um crescente reconhecimento de que apenas a bioenergia fornecida e usada de maneira sustentável pode desempenhar um bom papel no futuro.

Figura 5-2 - Participação das fontes renováveis na matriz energética no Brasil, Mundo, OCDE.



Fonte: Ministério de Minas e Energias (2018).

5.2 Biomassa

A biomassa é considerada uma importantíssima fonte renovável de geração de energia, incluindo energia elétrica e combustíveis, além de ser fonte de calor para equipamentos industriais. A biomassa é considerada renovável porque o carbono(C) é retirado da atmosfera e reabastecido mais rapidamente em escala humana, do que os milhões de anos que são necessários para a formação de combustíveis fósseis (OMER ,2012).

Segundo o IEA (2015) a biomassa já é uma significativa fonte de energia, representando mais de 70% de toda a produção de energia renovável, e fazendo uma contribuição para o consumo final de energia em 2015. A biomassa é uma das maiores fonte de energia para geração de eletricidade pois há inúmeras fontes de biomassa desde a mais conhecida como a biomassa lenhosa como a mais recente estudada biomassa algal, tendo em vista que pode ser produzida com diversas outras bases orgânicas.

Segundo Coelho (2012) a biomassa pode ser definida por diversos conceitos, porém, basicamente, biomassa se trata de todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica que pode ser utilizado para produção de energia no que inclui matérias primas derivadas de animais ou plantas, como madeira e culturas agrícolas e resíduos orgânicos de diversas fontes.

O consumo de biomassa e os recursos de resíduos por uso final das culturas mais comum usadas são oleaginosas (girassol, soja etc.), óleos usados, gorduras animais; açúcar e culturas de amido; Lignocelulósico: biomassa (madeira, palha, cana-de-açúcar, milho etc.); MSW biodegradável (lodo de esgoto, estrume, resíduos úmidos (fazenda e resíduos alimentares); macroalgas; fotossintético, microrganismos, como por exemplo, microalgas e bactérias (DERMIBAS, 2009).

As rotas de conversão de biomassa podem ser realizadas de diversas formas, desde a transesterificação ou a hidrogenação, a hidrólise, a fermentação, processo microbiano, a gaseificação, digestão anaeróbica, as rotas de biofotoquímico até as outras rotas químicas (REN 21, 2017).

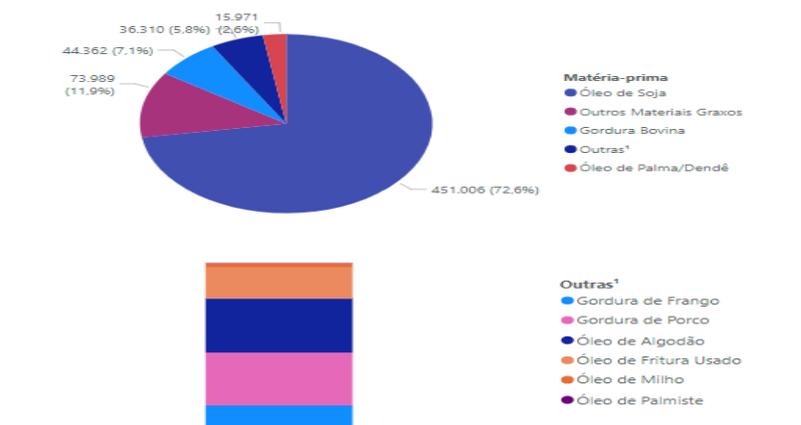
5.3 Biocombustíveis

Segundo a ANP (2018) biocombustíveis são derivados de biomassa renovável que podem substituir, parcial ou totalmente, combustíveis derivados de petróleo e gás natural em motores a combustão ou em outro tipo de geração de energia.

Os dois principais biocombustíveis líquidos usados no Brasil são o etanol obtido a partir de cana-de-açúcar e, em escala crescente, o biodiesel, que é produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais e adicionado ao diesel de petróleo em proporções variáveis.

De acordo com Rodrigues (2010) a necessidade de diminuição de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), e a tentativa da substituição do petróleo por combustíveis sustentáveis e ainda a busca da minimização dos efeitos das emissões veiculares na poluição regional, principalmente nas grandes cidades; vem fazendo com que a produção de biocombustíveis seja mundialmente cada vez mais incentivada. A demanda mundial por processos mais limpos e viáveis nos aspectos econômicos, sociais e ambientais, faz com que o mercado de biocombustíveis no Brasil também se expanda, na Figura 5-3 podemos ver uma mostra do quanto de biodiesel foi produzido no Brasil.

Figura 5-3 -Produção de biodiesel no Brasil em 2020.



Fonte: ANP 2020.

Os biocombustíveis têm recebido cada vez mais atenção, não somente por serem renováveis e se mostrarem muito promissores, mas também porque são biodegradáveis e produzem menores quantidades de emissões de CO₂ para a atmosfera. Por serem produzidos principalmente de biomassa ou fontes de energia renováveis eles podem ser produzidos e serem distribuídos pelo sistema de distribuição á existente sem que tenha mais custos para o produtor (MATA et al., 2010).

Segundo a UNICA (2019) os biocombustíveis líquidos podem ser utilizados para descarbonizar o setor de transporte, que ainda é mais de 90% dependente do petróleo. Em 2016, os biocombustíveis para transporte responderam por 4% da demanda mundial por combustíveis para transporte rodoviário, sendo os Estados Unidos e o Brasil os maiores produtores.

A produção de biocombustíveis acelera o desenvolvimento econômico e social de vários países, como é o caso do etanol, que contribui para a solução do grande problema do fornecimento energético que sola todo o mundo e colabora com o avanço da agricultura e da indústria, sobretudo nos países em desenvolvimento (RODRIGUES, 2010).

5.4 Biodiesel

De acordo com a Legislação Federal, nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, conceitua-se o biodiesel como “um combustível derivado de biomassa renovável para a utilização em motores de combustão interna por ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” (BRASIL, 2005, art. 6º).

O primeiro registro do termo biodiesel na literatura científica data da década de 1980, onde foi citado no *Chemical Abstracts*, e popularizando-se a partir de então. Embora o termo seja novo, a história da utilização de óleos vegetais e gorduras como matérias-primas para a produção de combustível remonta o final do século XIX, quando pesquisas foram iniciadas com o intuito de utilizar diferentes combustíveis em motores na indústria automobilística (BORUGADDA; GOUD, 2012). Segundo Leite et al. (2013) desde a década de 1920, o Brasil vem desenvolvendo pesquisas sobre a utilização de óleos vegetais como combustível, que foram intensificadas após os choques do petróleo em 1973 e 1979. Foi implementado o Programa Nacional de Óleos Vegetais para Produção de Energia (Pro óleo) e seus subprogramas, sendo descontinuado em meados da década de 1980. Somente na segunda metade da década de 2000 o interesse em biodiesel foi retomado devido à reestruturação da matriz energética brasileira. Dez anos após o lançamento do PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel), o programa alavancou o número de investimentos privados no setor de biodiesel em praticamente todo o Brasil e o mercado brasileiro deste biocombustível deixou de ser quase inexistente para figurar entre os maiores do mundo conjuntamente os Estados Unidos e Alemanha (EIA, 2015). A transesterificação alcalina é o processo químico

geralmente mais utilizado no Brasil para produção do biodiesel, mas outros processos também podem ser empregados como craqueamento, esterificação, entre outros. O produto final (Biodiesel B100) deve cumprir as especificações físico-químicas determinadas pela ANP para que possa substituir total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclo diesel automotivos (de caminhões, tratores, camionetas). No Brasil, o biodiesel puro (B100) é adicionado obrigatoriamente ao diesel de petróleo em proporções de acordo com a legislação em vigor a *Tabela 5-1* mostra os principais parâmetro de qualidade do biodiesel (IEA 2015).

Tabela 5-1 - Principais parâmetros de qualidade do biodiesel.

Parâmetros	Descrição
Viscosidade	Propriedade importante para o funcionamento de motores de injeção por compressão, que influencia na circulação e injeção de combustível fluido ao escoamento.
Índice de Cetano	Estabelecido para descrever a qualidade de ignição, se assemelha a escala de octanagem da gasolina. O número de cetano no combustível favorece o bom funcionamento do motor.
Ponto de Fulgor	Indica em qual temperatura o biodiesel tem que ser Aquecido gerar quantidades de vapores que propaguem cama a partir de uma fonte ignição.
Ponto de Fluidez e de Névoa líquido	O ponto de fluidez consiste na menor temperatura em que o líquido escoava livremente. E o ponto de névoa que o estipula quando os sólidos e cristais formados com diminuição da temperatura causam problemas na operacionalidade do motor.
Poder Calorífico	É determinado pela quantidade de energia produzida por unidade de massa do combustível durante a combustão. Quanto maior poder calorífico, maior a energia liberada pela queima de combustível.

Fonte: Adaptado de Melo 2018.

Em 2008, a mistura de biodiesel puro (B100) ao óleo diesel passou a ser obrigatória visto no *Quadro 5-1* e na Figura 5-3. Entre janeiro e junho de 2008, a mistura foi de 2%. Entre julho de 2008 e junho de 2009 foi de 3%. Entre julho e dezembro de 2009 foi de 4%.

Entre julho e outubro de 2014 o teor de mistura de biodiesel ao óleo diesel foi de 6% e entre novembro de 2014 e fevereiro de 2017 foi de 7%. A partir de março de 2017 a mistura passou a ser de 8%, em volume, conforme Lei 13.263/2016, em agosto de 2020 a mistura é 12% do (B12) no diesel.

Quadro 5-1 - Produção de Biodiesel B100 de sete em sete anos de 2005 a 2018, e percentual acumulado de 2017/2018(m³).

Dados	Ano 2005	2011	2018	Variação do acumulado 2018/2017(%)¹
Janeiro	-	186.327	337.818	32,3
Fevereiro	-	176.783	338.420	31,3
Março	8	233.465	452.310	32,7
Abril	13	200.381	446.137	31,5
Maio	26	220.484	383.291	24,9
Junho	23	231.573	467.077	25,9
Julho	7	249.897	489.776	26,0
Agosto	57	247.934	486.156	25,3
Setembro	2	233.971		
Outubro	34	237.855		
Novembro	281	237.1189		
Dezembro	285	216.870		
Total do ano	736	2.672,760	3.400,985	

Fonte: Adaptado da ANP, conforme Resolu

Notas: (m³) = metro cúbicos.

Segundo a ANP (2018) a comercialização do biodiesel é feita por meio de leilões públicos organizados pela Agência Nacional de Petróleo (ANP). Os leilões de biodiesel visam à aquisição de biodiesel pelos adquirentes (refinarias e importadores de óleo diesel) para atendimento ao percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel e para fins de uso voluntário, cujo volume deve ser entregue pelas unidades produtoras de biodiesel. O edital padrão do leilão vigente estabelece que o processo do certame seja composto de oito etapas.

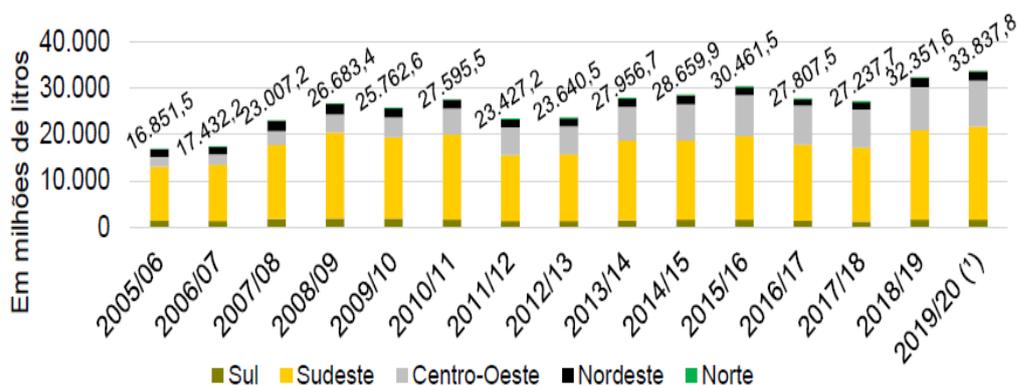
5.5 Etanol

Atualmente, o Brasil produz etanol de 1ª geração e 2ª geração. Estando entre os maiores produtores de etanol do mundo, o etanol desempenha papel importante na economia brasileira, pois é utilizado como combustível nos veículos *flexfuel* (hidratado), misturado com a gasolina, com vista a baratear o combustível, aumentar sua octanagem e reduzir a emissão de poluentes (anidro), o etano anidro apresenta um teor alcoólico mínimo de 99,3°INPM grau que se refere a fração ou ao percentual em massa de álcool no total da mistura hoje são misturados cerca de 27% de etano anidro à gasolina de acordo com a lei 13.033/2014, além da utilização na fabricação de tintas, vernizes, solventes e outros (CONAB, 2018).

De acordo com a CONAB (2019) a principal diferença entre as plantas de 1º e 2º geração é que as de segunda geração incluem etapas de pré-tratamento e hidrólise da celulose antes de iniciada a fermentação. O bagaço de cana-de-açúcar apresenta quantidade significativa de celulose em sua composição, o que favorece o uso dessa matéria-prima lignocelulósica no processo. Nos processos de 1ª e 2ª geração, pode-se obter etanol hidratado, consumido puro em motores desenvolvidos para este fim, e etanol anidro, obtido após um processo de desidratação ou retirada de água. Este último é misturado à gasolina, sem prejuízo para os motores, em proporções variáveis.

Segundo a CONAB (2019) a produção do etanol vem aumentando ao longo do tempo como mostra a Figura 5-4, e a estimativa de produção de etanol para a safra 2019/2020 é de cerca de 35,5 bilhões de litros de etanol. Isso se deve ao melhor fluxo da produção do etano frente ao açúcar.

Figura 5-4 - Evolução do Etanol brasileiro por região.



Fonte: CONAB

5.6 A vinhaça

Apesar de o etanol ser considerado um combustível limpo por apresentar balanço zero na produção de dióxido de carbono, principal gás de efeito estufa, sua produção gera resíduos que podem ser altamente impactantes ao meio ambiente, o de maior relevância é a vinhaça.

A vinhaça é um efluente de destilarias, formado pela mistura da primeira parte da coluna de destilação mais a flegmaça que é o resíduo da retificação da torre de destilação.

Segundo Freire e Cortez (2000) o poder poluente da vinhaça é cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico, a características químicas dos esgotos domésticos está mostrada na Tabela 5-2, onde devido à alta concentração de matéria orgânica, possui pH baixíssimo, elevada corrosividade, altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e, na saída dos destiladores sua temperatura é muito alta. É considerada altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces.

Porém grande valor fertilizante, por apresentar um alto teor de potássio e de outros nutrientes importantes a vinhaça é empregada como fertilizante na plantação da cana-de-açúcar. Entretanto, a vinhaça possui propriedades antioxidantes e recalcitrantes, persistindo no solo, provoca a salinização e a lixiviação de nitratos e causa problemas estruturais de permeabilidade e a contaminação das águas subterrâneas (FERREIRA,2009; PREZOTTO,2009; UYEDA 2009).

Com relação às águas superficiais, quando a vinhaça é lançada em rios, lagos reservatórios ela pode elevar a concentração de nutrientes e causar o um aumento excessivo de algas, fenômeno chamado de eutrofização, a eutrofização esse fenômeno reduz o oxigênio dissolvido disponível no meio aquático, provocando a morte de organismos anaeróbios (FREIRE e CORTEZ, 2000).

A principal constituição da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como o K, Ca e Mg, sendo que sua riqueza nutricional vem da origem do mosto. Quando vem de mosto de melaço, apresenta maiores concentrações em matéria orgânica, potássio, cálcio e magnésio, sendo que esses elementos caem bastante quando se trata de mosto direto do caldo de cana de açúcar, como é o caso que ocorre nas destilarias autônomas (ROSSETTO, 1987). As características qualitativas e quantitativas de vinhaça provenientes do caldo, estão descritas na Tabela 5-3.

Tabela 5-2 - Características quali-quantitativa do esgoto doméstico bruto

parâmetro	CPC (g/ha. d)		Concentração(mg/L)	
	Faixa	Típico	Faixa	Típico
Nitrogênio total	6,0-112,0	8,0	35-70	50
Nitrogênio orgânico	2,5-5,0	3,5	15-30	20
Amônia	3,5-7,0	4,5	20-40	30
Nitrito	0	0	0	0
Nitrato	0,0-0,5	0	0-2	0
Fósforo	10-4,5	2,5	5-25	14
Fósforo orgânico	0,3-1,5	0,8	2-8	4
Fósforo inorgânico	0,7-3,0	1,7	4-17	10
pH	0	0	6,7-7,5	7,0
Alcalinidade	20-30	25	20-50	35
Cloretos	4-8	6	20-50	35
Óleos e graxas	10-30	20	55-170	110
DBO	40-60	50	200-500	350
DQO	80-130	100	400-800	700

Fonte: Adaptado de SILVA (2012).

Segundo Freire e Cortez (2000) desde a década de 40 a comissão de proteção aos cursos de água de Pernambuco mencionava cinco diferentes métodos para o tratamento e aproveitamento da vinhaça: evaporação ou incineração, destilação destrutiva, tratamento químico combinado com centrifugação, processo biológico de depuração e processo de decantação e irrigação, mais só a fertirrigação foi bastante pesquisada onde concluiu-se que a vinhaça proporciona inúmeros benefícios nas características físicas, químicas e biológicas do solo.

Tabela 5-3 - Características quali quantitativa da vinhaça proveniente do caldo da cana-de-açúcar.

Parâmetro	caldo
Turbidez (FTU)	4 300
Cor (mg Pt Co L ⁻¹)	32 900
pH	3,7 - 4,6
Temperatura(°C)	80-100
DBO (mg/L O ₂)	6.000 - 16.500
DQO (mg/L O ₂)	15.000 - 33.000
Sólidos totais (mg/L)	23.700
Sólidos voláteis (mg/L)	20.000
Sólidos fixos (mg/L)	3.700
Nitrogênio (mg/L N)	150 – 700
Fósforo (mg/L P ₂ O ₅)	10-210
Potássio (mg/L K ₂ O)	1.200 - 2.100
Cálcio (mg/L CaO)	130-1.540
Magnésio (mg/L MgO)	200-490
Sulfato (mg/L SO ₄)	600-760
Carbono (mg/L C)	5.700-13.400

Fonte: Adaptado de ELIAS NETO (2016).

De acordo com Camhi (1979) que estudou alternativas de aproveitamento e disposição da vinhaça as novas propostas de disposição da vinhaça foram: concentração da vinhaça mediante evaporação ou secagem, fermentação aeróbia e fermentação anaeróbia.

Além destes estudos também tem o de Rolim (1996) que estudou a utilização de misturas de solo arenosos e argilosos com vinhaça concentrada para a fabricação de tijolos.

Segundo a CONAB (2017) a expectativa da produção brasileira para o etanol total, nesse segundo levantamento da safra 2019/2020, é de 35,5 bilhões de litros, isso significa que se para cada litro de etanol são gerados aproximadamente 13 litros de vinhaça serão gerados cerca de 461,5 bilhões de litros de vinhaça. Para tanto é necessário buscar novos trabalhos para utilização da vinhaça para que além da utilização na fertirrigação ela venha a ter outras utilizações, já que é um resíduo gerado em grande escala e a redução do volume de vinhaça gerado na produção é uma problemática que demanda de grandes gargalos tecnológicos.

5.7 Conchas de marisco

O termo marisco engloba uma grande variedade de animais marinhos possuidores de uma concha rígida externa ao corpo e são um tipo de família pertencentes aos moluscos. Os animais do *filo mollusco* (latim *Mollis*, Moles) que têm o corpo mole, contém a classe *Pelecypoda* também chamada de Bivalvia e é formada por moluscos, tais como ostras, mexilhões, vieiras, que possuem duas conchas (valvas) simétricas ligadas por uma articulação elástica. O nome comum para bivalve é “marisco” (RUPPERT et al., 2005).

As três espécies de mariscos mais exploradas no Brasil são: ostra (*Crassostrea Rhizophora*), marisco (*Anomalocardia brasiliiana*) e o sururu (*Mutella Falcata*) sendo o primeiro o de maior valor comercial (PEDROSA, COZZOLINO, 2001). O *Anomalocardia brasiliiana* conhecido como marisco pedra, é um molusco muito abundante ao longo de toda costa brasileira. Áreas protegidas da ação das ondas e das correntes são seu habitat, por isso se enterram em solos arenosos e areno-lodosos de ambientes marinhos e estuarinos. Os mariscos alimentam-se de vegetais minúsculos e animais aquáticos que constituem o plâncton (RUPPERT et al., 2005).

As conchas dos mariscos (Figura 5-5) são ricas em carbonato de cálcio, que após extração pode ser utilizado na indústria farmacêutica, de papel, como também na produção de medicamentos indicados na reposição de cálcio e corrigir problemas de osteoporose (PEDROSA, COZZOLINO, 2001). Pode também ser associado a material betuminoso e usado como enchimento de estradas, em pastas de papel, na indústria cerâmica, como material impermeabilizante e na correção da acidez do solo (LIMA et al., 2000).

Figura 5-5 - Conchas de marisco da espécie *Anomalocardia brasiliiana*



Fonte: A autora

A mariscagem é uma categoria de pesca artesanal normalmente exercida por mulheres que se ocupam da coleta de moluscos e/ou crustáceos. Esta atividade contribui para a redução da pobreza gerando renda as comunidades costeiras (COSTA et al., 2012).

A maior produtora mundial desta atividade aquícola é a China, responsável por 83% do total de ostras produzidas no mundo (COSTA et al., 2012). No Brasil, o estado de Santa Catarina destaca-se como o segundo maior produtor de moluscos bivalves da América Latina (SILVA, 2004).

Ao longo do litoral da Paraíba existem várias comunidades pesqueiras que sobrevivem da catação do marisco, molusco bivalve *Anomalocardia brasiliiana*. O descarte das conchas, proveniente desta atividade, é feita, na maioria destas comunidades, de forma inadequada provocando, com isso, diversos problemas ambientais tais como: sufocamento do mangue, assoreamento de rios, presença de animais nocivos à saúde e mal cheiro (SILVA, 2004).

A busca de formas de descarte mais adequado ou aproveitamento do resíduo é de fundamental importância para a diminuição dos impactos ambientais. Hamester e Becker (2010) pesquisaram a possibilidade de utilização das conchas de marisco para produção direta de Carbonato de cálcio.

Costa et al. (2012) estudaram a viabilidade de correção de pH de solo utilizando conchas de marisco, Silva Neto et al. (2012), compararam a eficiência da casca de marisco em comparação a um substrato comercial como filtro em tratamentos de efluentes.

Segundo Silva Neto et al. (2012) que utilizou as conchas do marisco *Anomalocardia brasiliiana* como substratos de biofiltro no tratamento de efluentes de cultivo heterotrófico de camarão marinho no laboratório, o substrato natural da concha do marisco obteve níveis de redução de amônia com a mesma eficiência que o anel de cerâmica, sendo de grande importância com relação à economia de material que compõe o biofiltro.

O carbonato de cálcio presente nas conchas de marisco pode atuar na correção de pH de soluções com alto índice de acidez. Também podendo ser utilizada para remoção de fosfato em águas residuárias, para o controle de eutrofização destas águas. Em determinadas concentrações ele eleva o pH deixando neutro sem alterar outras características (SILVA NETO et al., 2012).

5.8 Coagulante orgânico TANFLOC SL.

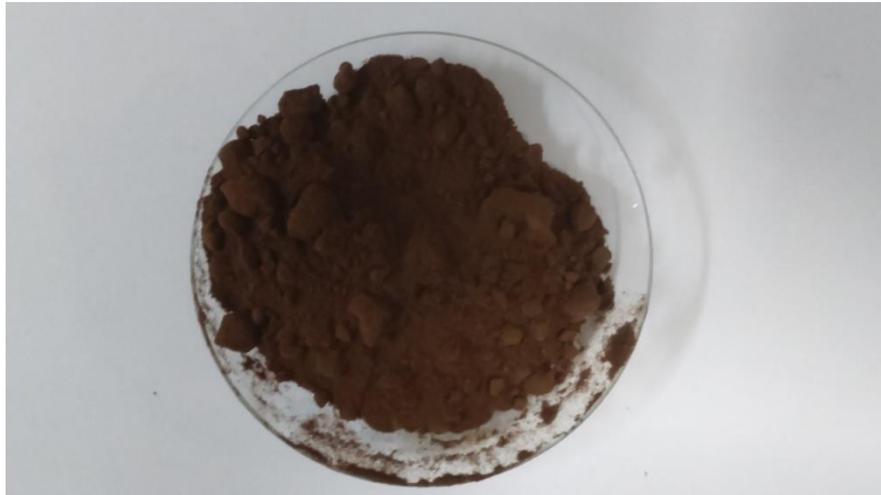
Efluentes industriais e domésticos podem ter a carga de material em suspensão diminuída quando tratados com um coagulante. De forma geral, coagulantes inorgânicos tais como sulfato de alumínio e cloreto férrico são empregados para a clarificação destes efluentes. Porém, o processo de clarificação gera uma lama de fundo cujo descarte inapropriado pode causar consequências indesejadas ao meio ambiente (PELEGRINO, 2011).

Uma alternativa à utilização de coagulantes inorgânicos, são os orgânicos de origem vegetal. Estes coagulantes são compostos principalmente de tanino que segundo Pelegrino (2011) é um termo técnico que se refere a compostos orgânicos vegetais, formados por substâncias fenólicas que possuem uma estrutura molecular complexa, constituídos por polifenóis simples, carboidratos, aminoácidos e gomas hidroxidolodais. Os taninos estão divididos em dois grandes grupos entre hidrolisáveis e condensados, de acordo com suas características químicas. Os hidrolisáveis possuem uma estrutura de poliéster que se hidrolisam com facilidade. Os condensados são constituídos por unidades de flavonoides, com diferentes graus de condensação; possuem ligações C – C que são mais difíceis de serem rompidas. Os taninos apresentam um potencial alternativo de coagulação para a substituição dos sais metálicos tais como sulfato de alumínio e cloreto férrico, principalmente por se tratar de compostos biodegradáveis com elevado grau de pureza, e se adéquam aos princípios da química verde (MANGRICH et al., 2014).

O tanino consiste num polímero catiônico de baixa massa molecular, extraído da casca de vegetais, atua em sistemas coloidais neutralizando cargas e formando pontes entre as partículas. De acordo com Thompson (2013), as características dos coagulantes estão diretamente correlacionadas com o fator estabilidade de sistemas coloidais. Uma característica do tanino é a capacidade de adsorver metais dissolvidos em água que, ao se aglutinarem, precipitam, podendo ser removidos.

Outro fator importante no emprego dos coagulantes biodegradáveis é a redução do odor desagradável das estações de tratamento de efluentes, causados pela ação dos microrganismos, associados ao sulfato no processo de coagulação, a Acácia Negra (*Acacia Mearnsii*), é um vegetal do qual pode-se obter o tanino, entre os coagulantes orgânicos comerciais produzidos a partir da Acácia Negra está Tanfloc SL (THOMPSON 2013), como mostra a Figura 5-6.

Figura 5-6 - TANFLOC SL



Fonte: A autora

O TANFLOC SL é um polímero sólido orgânico-catiônico de baixo peso molecular, de origem essencialmente vegetal e que atua como, coagulante, floculante e auxilia de coagulação no tratamento de águas em geral, ele é capaz de atuar em um amplo espectro de aplicações, atua em partículas coloidais, neutralizando cargas e formando pontes entre estas partículas, sendo este processo responsável pela formação de flocos e consequentemente sedimentação (TANAC AS, 2013).

TANFLOC SL não altera o pH, por não consumir a alcalinidade do meio, ao mesmo tempo em que é efetivo em uma faixa de pH de 4,5 a 8,0. Pode ser aplicado diretamente, quando na fórmula líquida, ou sob a forma de uma solução diluída, sozinho ou em combinação com outros agentes como sulfato de alumínio, cloreto férrico etc.

Vaz et al. (2010) testaram vários coagulantes orgânicos para o tratamento de efluente de galvanoplastia. Neste trabalho, os autores encontraram que uma concentração de 400ppm de Tanfloc SL consegue remover 96,77% de cor e 99,38% de turbidez, com um tempo de sedimentação de 50 min.

Ströher et al. (2013) testaram coagulantes orgânicos para tratamento de efluentes têxteis, onde coletaram efluentes em tanques de equalização de uma lavanderia industrial de jeans e fizeram a caracterização deste efluente antes e depois do tratamento. Utilizaram o coagulante orgânico para remover a cor e a turbidez e como resultados obtidos observaram que as melhores remoções ocorreram para a concentração de 100 mg/L. Nessa concentração foi possível remover 95,2% de cor, 98,4% de turbidez.

Girard (2009) utilizou vários coagulantes orgânicos para tratar a vinhaça os resultados mostraram que os coagulantes removeram até 98% da turbidez da vinhaça.

5.9 Microalgas

5.9.1 Características das microalgas

De acordo com Zhu et al. (2013) as microalgas constituem a base das cadeias tróficas aquáticas. Suas características taxonômicas e a dinâmica espaço-temporal são estabelecidas pelo regime meteorológico, circulação e características geomorfológicas regionais, podendo ser alteradas por impactos antropogênicos e por fatores biológicos. Dois tipos de estruturas celular podem ser definidas como: procariótica, com representantes Cyanophyta e Prochlorophyta; e eucariótica, com representantes nas divisões Chlorophyta, Euglenophyta, Rhodophyta , Haptophyta, Heterokontophyta (Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Xantophyceae etc.), Cryptophyta e Dinophyta. (BAWEJA e SAHOO, 2015).

Segundo Brennan e Owende (2010) as diversas espécies de microalgas podem ser autotróficas ou heterotróficas; as primeiras requerem apenas compostos inorgânicos, como CO₂, sais e luz (fonte de energia) para o crescimento; enquanto as últimas não são fotossintéticas. Por conseguinte, requerem nutrientes e compostos orgânicos externos como fonte de energia. Algumas microalgas são ainda, mixotróficas, ou seja, têm a capacidade tanto de realizar a fotossíntese quanto de assimilar nutrientes orgânicos exógenos. Apesar da classificação das microalgas em diferentes divisões devido às diferenças estruturais e morfologias, deve-se ressaltar que estes organismos são fisiologicamente similares e apresentam um metabolismo análogo ao das plantas, além disso, são responsáveis pela maior parte da produção de oxigênio molecular disponível no planeta a partir da fotossíntese (BARSANTI e GUALTIERI 2014).

5.9.2 Biomassa de alga

De acordo com Mata et al. (2010) as microalgas são organismos fotossintéticos que podem atingir até 2 mm de diâmetro e são consideradas mais promissoras quando comparados às macroalgas para a produção de óleo, pois, possuem uma estrutura menos complexa, maior taxa de crescimento e as técnicas de cultivo de microalgas mais utilizadas atualmente são as lagoas aeradas que é mais simples e viável economicamente. Elas podem ser construídas de plástico ou concreto e apresentam uma pá de agitação que evita a sedimentação das células, as lagoas abertas são apropriadas para microalgas que sobrevivem em condições extremas com elevado pH e salinidade, ou que crescem rapidamente, e fotobioreatores que podem ser planejados como sistemas abertos (tanques aerados), elípticos (como *raceway ponds*), ou sistemas fechados (que podem ser helicoidais, tubulares ou em placas), ou reator tipo fermentador, onde a luz é obtida internamente. Os fotobioreatores fechados são mais indicados para o cultivo de algas sensíveis a contaminação (BRENNAN & OWENDE 2010); (HARUN *et al.*, 2010); (CHEN *et al.*, 2011); (SINGH *et al.*, 2011).

Segundo Mata et al. (2010) microalgas ocorrem em todos os ecossistemas da terra, não somente nos aquáticos, mas também terrestres, e englobam uma grande variedade de espécies que vivem em condições ambientais amplamente variáveis. Elas fixam CO₂ da atmosfera através do processo de fotossíntese e suas taxas, são, até 10 vezes superior à das plantas terrestres (RAMALHO, 2013). A biomassa de algas contém basicamente três componentes: proteínas, carboidratos e óleos naturais. Algumas espécies podem apresentar diferentes composições, sendo que algumas espécies apresentam até 40% de sua massa total como lipídeos. Estes óleos podem ser posteriormente extraídos e convertidos em biocombustíveis (UM; KIM, 2009).

De acordo com Harel e Clayton (2004) diversas são as aplicações biotecnológicas e industriais de alto valor agregado das microalgas, como por exemplo, na alimentação, indústria farmacêutica e cosmética, e aplicações ambientais, como por exemplo, o tratamento de águas residuais, fixação de CO₂ e a produção de biocombustíveis. A biomassa microalgal constitui uma das fontes de energia mais promissoras, uma vez que é renovável e neutra em termos de emissões (JORQUERA et al., 2010), a Tabela 5-4, exemplifica alguns produtos de alto valor agregado e suas possíveis aplicações.

Tabela 5-4 - Produtos de alto valor agregados derivado de microalgas

Produtos	Aplicações
Alimentos	Suplemento proteico em alimentação de adultos e crianças
Pigmentos	produção de pigmentos para reagentes
Combustíveis	Extração de lipídios para a produção de biodiesel, biogás, hidrogênio.

Fonte: Modificado de SCHERER (2015).

Segundo Lee (2011) as microalgas apresentam muitas vantagens sobre as fontes convencionais, incluindo a soja, óleo de girassol e óleo de milho e podem ser cultivadas em água salobra e em terrenos não cultiváveis apresentando-se como uma opção atraente como uma fonte de matéria-prima.

5.9.3 Cultivo de microalgas

JUNEJA et al. (2013) afirma que o cultivo de microalgas constitui processo tecnológico que utiliza o rápido crescimento celular para produzir biomassa, assim, tanto no ambiente natural quanto em cultivos controlados, o crescimento de uma população de microalgas é resultado da interação entre fatores biológicos, químicos e físicos, os fatores biológicos estão relacionados às próprias taxas metabólicas da espécie cultivada, a possível influência de outros organismos e a idade do inoculo, quanto aos fatores físicos e químicos são principalmente reportados estudos sobre luz, temperatura, aeração, disponibilidade de nutrientes, salinidade e pH. Esses fatores podem vir a influenciar tanto no valor nutricional das microalgas, incluindo forma e tamanho, quanto na composição bioquímica (nutrientes, enzimas, toxinas, lipídeos, etc).

Segundo Lourenço (2006) a luz é um dos principais parâmetros de influência no desenvolvimento das microalgas por ser esta a responsável direta pela fotossíntese, em termos gerais a luz tem influência sobre o crescimento das espécies quanto a diversos parâmetros que devem ser monitorados dentre estes destacam-se a intensidade, o fotoperíodo, a intensidade, a qualidade e o tipo de luz.

A temperatura é considerada outro fator interferente no desenvolvimento microalgal, exercendo forte influência sobre as reações metabólicas, sobre a taxa de fixação de CO₂ e respiração, e conseqüentemente sobre a taxa de crescimento, muitas microalgas podem tolerar facilmente temperaturas de 8 a 15 °C mais baixas do que a sua temperatura ótima de crescimento, no entanto, elevações de temperaturas, de aproximadamente 4°C acima do ponto ótimo de crescimento podem resultar na perda da cultura, a movimentação e aeração constituem outro parâmetro importante, por proporcionar a homogeneização do cultivo, do calor, e dos metabólitos, além de facilitar a transferência de gases, prevenir a sedimentação e ajudar para um melhor contato entre as células e os nutrientes (BROCK, 2012); (DERNER, 2004).

O cultivo monoespecífico de microalgas consiste na adição de um inóculo puro (unialgal) de microalga a um meio de cultivo, podendo este, ser artificial ou alternativo como a utilização de resíduos da agroindústria (OLIVEIRA et al., 2013), agropecuária (KUMAR, MIAO; WYATT, 2010), de águas residuais de estações de tratamento de esgoto doméstico (BHATNAGAR et al., 2011) e de dejetos de suínos (ABOU-SHANAB et al., 2013); (OLGUÍN et al., 2015), entre outras fontes de nutrientes, aliado a indução artificial de condições eutróficas que levam a um crescimento profuso.

De acordo com Chisti (2007), um cultivo em condições adequadas pode dobrar o volume de biomassa em um período de no máximo 24h, porém, durante a fase de crescimento exponencial as microalgas podem completar um ciclo de vida dentro de 2 a 4h.

Segundo Lourenço (2006) para avaliar o crescimento populacional das microalgas em cultivo, podem ser aplicados alguns parâmetros dentre os quais pode-se destacar a densidade celular máxima, a velocidade de crescimento e o tempo de cultivo, sendo determinados por representações gráficas a exemplo da curva de crescimento que ilustra o desenvolvimento das culturas a partir de: a) contagem direta por microscopia utilizando hemocitômetros que irá quantificar o número de células microalgal por mililitro de cultivo; b) fluorescência “in vivo”, avaliando a intensidade de fluorescência nas moléculas de clorofila, expressa em “unidade arbitraria de fluorescência”; e c) densidade óptica em espectrofotômetro realizada no comprimento de onda de 570 nm, tendo em vista que esse comprimento de onda situa-se numa faixa distante da absorção máxima de luz pelos pigmentos (clorofilas e carotenoides), atribuindo assim, o valor de absorvância à obstrução física da passagem de luz pelas células em suspensão.

Segundo Chen et al. (2011) as microalgas podem ser cultivadas por meio de processos autotróficos, que utilizam luz e carbono inorgânico para obtenção de energia química através da fotossíntese, quando heterotróficas, obtêm energia e carbono através de carbono orgânico, as fotos heterotróficas necessitam de luz quando sua fonte de carbono é um composto orgânico e as mixotróficas utilizam compostos orgânicos e dióxido de carbono.

As microalgas são organismos fotossintéticos que podem atingir até 2mm de diâmetro e são consideradas mais promissoras quando comparados às macroalgas para a produção de óleo, pois, possuem uma estrutura menos complexa, maior taxa de crescimento e as técnicas de cultivo de microalgas mais utilizadas atualmente são as lagoas aeradas que é mais simples e viável economicamente (CARDOSO; VIEIRA; MARQUES, 2011).

As microalgas podem ser construídas de plástico ou concreto e apresentam uma pá de agitação que evita a sedimentação das células, as lagoas abertas são apropriadas para microalgas que sobrevivem em condições extremas com elevado pH e salinidade, ou que crescem rapidamente, e fotobioreatores que podem ser planejados como sistemas abertos (tanques aerados), elípticos (como *raceway ponds*), ou sistemas fechados (que podem ser helicoidais, tubulares ou em placas), ou reator tipo fermentador, onde a luz é obtida internamente. Os fotobioreatores fechados são mais indicados para o cultivo de algas sensíveis a contaminação (BRENNAN & OWENDE (2010); HARUN *et al.* (2010); CHEN *et al.*, (2011); SINGH *et al.*, (2011) *apud* CARDOSO MARQUES E VIEIRA (2011)).

5.9.4 Biocombustível de algas

Segundo Gazzoni (2016) a utilização de algas para a produção de biocombustíveis já era proposta em 1960, mais, foi só na década de 1970, com a crise do petróleo, que foram impulsionados os estudos na área de fontes alternativas e renováveis de combustíveis e iniciaram-se as pesquisas e os projetos voltados para a produção de microalgas com fins energéticos. Estas pesquisas possibilitaram a identificação e a seleção de espécies de microalgas com alto potencial de lipídeos. Onde a Tabela 5-5 mostra que o teor lipídico das microalgas e sua produtividade estão muito superiores a algumas oleaginosas tradicionalmente utilizadas para a obtenção de biodiesel.

O uso de microalgas para a produção de biocombustíveis tem ganhado destaque nos últimos dez anos, a quantidade lipídios que algumas espécies já estudadas contem, chega a representar cerca de 75-80% da biomassa seca (WANG et al., 2008).

Tabela 5-5 - Produtividade em biodiesel de matérias-primas em comparação ao potencial de produção das microalgas.

Matéria-prima	Teor de óleo (%)	Produtividade em óleo (L. ha⁻¹.ano-1)	Área necessária * (m². ano-1.kg⁻¹ biodiesel)	Produtividade em biodiesel (kg. ha⁻¹ano⁻¹)
Milho	44	172	66	152
Soja	18	636	18	562
Pinhão-	28	741	15	656
Manso	41	1.190	12	862
Canola	40	1.070	11	946
Girassol	48	1.307	9	1.156
Mamona	36	5.366	2	4.747
Palma				
Microalgas	10	19.566	0,6	17.309
	30	58.700	0,2	51.927
	50	96.800	0,1	86.515
	70	136.900	0,1	121.104

Fonte: Adaptado de Mata et al. (2010).

Nota: * área em m² necessária para produção de 1 kg de biodiesel por ano.

Chen et al. (2011) afirma que sendo uma das mais promissoras fontes de matérias-primas para a produção de biocombustíveis, as microalgas possuem grande potencial de produção de óleos em áreas reduzidas e não são utilizadas em apenas uma forma e sim tem diversas aplicações sem que possa competir com outras utilizações. Elas utilizam a energia solar para converter o CO₂ e água em biomassa.

De acordo com Brennan e Owende (2010) atualmente existem várias espécies de algas que são usadas comercialmente, mas ainda é pouco conhecido todas as formas que a biomassa de algas pode ser usada para a produção de biocombustíveis.

De acordo com Gazzoni (2016) as microalgas possuem um potencial para a redução dos gases responsáveis pelo efeito estufa devido ao sequestro de dióxido de carbono, para produzir biomassa em grande escala é necessária uma elevada quantidade de dióxido de

carbono, sendo consumido aproximadamente 1,8 toneladas de gás para a produção de 1 tonelada de biomassa de algas, portanto seria interessante que o cultivo de microalgas fosse feito perto de grandes empreendimentos que emitam elevadas concentrações de gás carbônico, como termelétricas ou grandes indústrias.

A produção de biodiesel a partir de algas tem sido pesquisada por uma centena de laboratórios e empresas no mundo. Empresas tais como Chevron, Exxon, NASA, USdoe, Honeywell, Boeing, Oilfox, têm anunciado instalações comerciais. Nos últimos anos, com o intuito de contornar essas barreiras, pesquisas relacionadas ao uso de microalgas para a produção de biodiesel vêm ganhando espaço. Além da grande produtividade de biomassa e capacidade de acúmulo de triacilgliceróis que muitas espécies possuem, o cultivo destas necessita de menor volume de água e espaço quando comparado a culturas agrícolas (GAZZONNI, 2016).

Outro ponto de destaque envolve a fonte de carbono utilizada, por ser derivada quase que exclusivamente do dióxido de carbono presente na atmosfera, fato que contribui para a contenção do aumento do efeito estufa. Em relação ao rendimento de óleo por hectare (GAZZONI, 2016). A produtividade das microalgas em relação a outras espécies oleaginosas produtoras de biodiesel é muito superior, pois, conforme Galadima e Muraza (2014) apud Oliveira et al. (2014), utilizando-se oleaginosas é possível produzir, em áreas de mesma proporção, aproximadamente 1000 litros de óleo vegetal por hectare, porém, quando se utiliza as algas como matéria-prima, pode-se obter em média 5000 litros.

Entretanto, atualmente o seu custo de produção é de 4 a 10 vezes maior do que os combustíveis derivados de petróleo e do biocombustível proveniente das plantas oleaginosas (CHISTI, 2007), porém as microalgas produzem até 30 vezes mais quantidade de óleo por unidade de área de terra quando comparadas às plantas terrestres (HUNTLEY e REDALJE, 2007), o que compensa o alto custo de produção.

Esses dados demonstram que mesmo com as dificuldades de manejo das práticas produtivas empregadas nos cultivos desses organismos o processo é extremamente promissor. Considerando que até 90% do peso da microalga é proveniente do consumo de CO₂ nos cultivos fotoautototróficos, a produção em larga escala de microalgas reduziria as concentrações de carbono na atmosfera (BROWN e ZEILER, 1993).

Entretanto, não são todas as espécies que produzem óleo em abundância, razão pela qual é necessária a procura por novas espécies, dentre a enorme diversidade que existe na natureza, e o estudo das condições de cultivo e capacidade de armazenar óleo.

Pesquisas sobre esses assuntos poderiam resultar em agregação de valor na cadeia produtiva de biodiesel derivado das microalgas, minimizando assim os custos de produção. Terpenóides, xantofilas, carotenoides, polissacarídeos, vitaminas, clorofila, ácidos graxos saturados e aminoácidos, acetogeninas, poliinsaturados, antioxidantes, tais como alcaloides, polifenóis, compostos halogenados diversos são apenas alguns outros exemplos de metabólitos secundários que podem ser obtidos a partir de microalgas (CEN-PACHECO et al., 2010); (KELLMANN et al., 2010); (GUVEN, et al., 2010). De acordo com Sassi et al. (2016), biorremediação faz a remoção de contaminantes do ambiente, utiliza microrganismos vivos para fazer a degradação biológica de poluentes e reduzir sua concentração a níveis aceitáveis, alguns compostos orgânicos são rapidamente biodegradáveis já outros são recalcitrantes, a biorremediação se comparada a outras técnicas de tratamento tem seu custo em inferior.

5.10 Biorremediação

De acordo com Sassi et al. (2016), biorremediação faz a remoção de contaminantes do ambiente, utiliza microrganismos vivos para fazer a degradação biológica de poluentes e reduzir sua concentração a níveis aceitáveis, alguns compostos orgânicos são rapidamente biodegradáveis já outros são recalcitrantes, a biorremediação se comparada a outras técnicas de tratamento tem seu custo em inferior.

Samori et al. (2013) disseram que as microalgas têm alto potencial para remover nutrientes de águas residuais e de acumular biomassa que pode ser usada para a produção de biocombustíveis

A utilização de fungos para realizar a biodegradação vem se destacando nas últimas décadas pelo seu potencial degradativo e os mecanismos de resistência para diversas condições ambientais. Muitos fungos e bactérias têm sido utilizados na remoção de metais pesados de efluentes industriais e do ambiente (ALINE et al., 2012).

Na literatura vem se encontrando muito a utilização de microalgas para biorremediação de efluentes ultimamente pois esses organismos utilizam compostos orgânicos simples para sua produção e a luz solar para o seu crescimento além de apresentar crescimento muito rápido se comparada a outras plantas (ALINE et al., 2012).

De acordo com Lozano (2005) diversas técnicas têm sido aplicadas na biorremediação, a exemplo do bioaumento, que consiste na adição de organismos capazes de degradar hidrocarbonetos presentes e que utilizam bactérias autóctones e exógenas; no bioestimulo, há

adição de nutrientes ou fontes de nitrogênio e fósforo para ativar o metabolismo dos microrganismos presentes, sendo que esta técnica pode ser utilizada conjuntamente com a anterior; na bioventilação injeta-se oxigênio no solo, promovendo o arraste do contaminante para fora; na fitorremediação utiliza-se plantas que absorvem o contaminante, mantendo o composto na estrutura da planta para depois degradá-lo; a fito filtração, em que as raízes de plantas aquáticas absorvem os contaminantes transportando os por sua estrutura e por meio das folhas os volatilizam, mantendo assim os aquíferos limpos; e a atenuação natural, em que a água se recupera por si mesmo com o tempo.

Um grande problema que vem afetando em particular os ecossistemas aquáticos diz respeito à entrada de nutrientes nesses ambientes através de efluentes domésticos, industriais e agrícolas. O excesso de nutrientes em corpos hídricos leva a eutrofização, alterando as redes tróficas, favorecendo a proliferação de bactérias e outros organismos planctônicos muitas vezes com espécies indesejáveis, e promovendo uma elevada demanda de oxigênio. A perda de qualidade da água inviabiliza outros usos nobres da água, a exemplo do consumo humano e dessedentação de animais, com graves prejuízos também a pesca e à biodiversidade local (CHEN; ZHAO; QI, 2015)

6 CONCLUSÃO

Diante do exposto neste trabalho podemos concluir que nas últimas décadas a bioenergia vem ganhando grande destaque no cenário mundial com a biomassa como uma das principais matérias prima para produzir bioenergia e a partir da biomassa são produzidos os principais biocombustíveis como biodiesel e etanol e na produção destes biocombustíveis mesmo sendo uma produção limpa há a geração de resíduos que causam grandes impactos ao meio ambiente mais também são ricos em nutrientes que podem ser utilizados para destinos diversos como o cultivo de microalgas gerando outras fontes de biocombustíveis e biorremediando os contaminantes, dando novos destinos a cadeia produtiva industrial e com baixo custo.

7 REFERÊNCIAS

ABOU-SHANAB, R.A.I.; JI, M.K.; KIM, H.C.; PAENG, K.J.; JEON, B.H. Microalgal species growing on piggery wastewater as a valuable candidate for nutrient removal and biodiesel production. *J. Environ. Manage*, v.115, p.257–264, 2013.

ALINE, R. B.P; DIEGO, A. F. F. Uso de microrganismos para a biorremediação de ambientes impactados. Pereira & Freitas, v (6), nº 6, p. 975 – 1006, 2012. *Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* (e- ISSN: 2236-1170).

ANP, Produção e fornecimento de biocombustíveis, biodiesel B100, disponível em www.anp.gov.br, pesquisado: em 20 de outubro de 2018.

BARSANTI, L. & GUALTIERI, P. *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*, Instituto de Biofisica Pisa, Italy, p1-34, 2015.

BEN, Balanço Energético Nacional, disponível em <http://ben.epe.gov.br>, pesquisado em outubro de 2019.

BRASIL. Lei nº. 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e dá outras providências.

Bhatnagar A, Chinnasamy S, Singh M, Das. K, C. Renewable biomass production by mixotrophic algae in the presence of various carbon sources and wastewaters. *Appl Energy* 88(10):3425–3431, 2011.

BRENNAN, L. & OWENDE, P. 2010. Biofuels from microalgae – A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 557-577.

BERNDES, G. et al. (2016a), “Matéria-prima para bioenergia produção em pastagens e pastagens: experiências e visão global”, TR 2016: 06, IEA Tarefa de Bioenergia 43.

BORUGADDA, Venus B.; GOUD, Vaibhav V. Biodiesel production from renewable feedstocks: Status and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, p. 4763-4784, 2012.

BROCK, T.D. *Thermophilic microorganisms and life at high temperatures*. Springer Science & Business Media, 2012.

BROWN, L.M., ZEILER, K.G. Aquatic biomass and carbon dioxide trapping. *Energy Conv. Manage*. 34, 1005–1013, 1993.

CEN-PACHECO, F.; NORDSTROM, L.; SOUTO, M.L.; MARTIN, M.N.; FERNANDEZ, J.J.; DARANAS, A.H. Studies on polyether produced by red algae. *Mar. Drugs*, v 8, p.1178–1188, 20

CAMHI, J.D Tratamento do vinhoto, subproduto da destilação de álcool. Brasil Açucareiro,94(1): 18-23,1979.

CHISTI, Yussef. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, [s. l.], v. 25, n. 3, p.294-306, maio 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001>. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975007000262?via=ihub>>. Acesso em: 04 ago. 2019.

CHEN, G.; ZAO, L.; QI, Y. Enhancing the productivity of microalgae cultivated in wastewater toward biofuel production: A critical review. *Applied Energy*, v.137, p. 282-291, 2015.

COELHO, S. Biomassa como fonte de energia. In: *Energias Renováveis*. José Goldemberg, Francisco Carlos Paletta [et al] (Orgs.). São Paulo: Blucher, 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. Levantamento safra brasileira de cana, v. 4 - Safra 2017/18, n. 1 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-57, abril 2017. pesquisado em 20 de abril de 2017 e acompanhamento da safra 2020/21 pesquisado em agosto de 2020, em Conab.gov.br.

CORAL, L. A.; BERGAMASCO R., R.; BASSETI, F. J. Estudo de viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. In: *international workshop advances in Cleaner production*, 2., p.1-9 São Paulo, 2009.

COSTA, A. R. S Viabilidade do uso de conchas de mariscos como corretivo de solos. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiânia, GO, nov 2012.

DEMIRBAS, A. "Progress and recent trends in biodiesel fuels." *Energy Conversion and Management* v.50(1): p14-34,2009.

DERNER, R. Cultivo de plantas aquáticas. In: VINATEA ARANA, L. (ed.) *Fundamentos de Aqüicultura*. Florianópolis: UFSC, p. 85-10, 2004.

ELIA NETO, A. O estado da arte da vinhaça. União da Indústria de Cana-de-açúcar - UNICA Piracicaba, SP, 2016.

FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. Vinhaça de cana-de-açúcar. Guaíba: Agropecuária, 203p, 2000.

GAZZONI, Décio Luiz. Os desafios do biodiesel de algas. 2016. Disponível em: <<http://www.gazzoni.eng.br/pagina40.htm>>. Acesso em: 14 outubro de 2018.

GIRARD.F. Tratamento de vinhaça utilizando coagulantes naturais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, 2009.

GUILLARD R. R. L.; LORENZEN C. J. Yellow-green algae with chlorophyllide c. *J. Phycology*, v. 8, p. 10-14, 1972.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. *Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento*. 3.ed. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

HAREL, M., CLAYTON, D. Feed formulation for terrestrial and aquatic animals. US Patente 20070082008 (WO/2004/080196), 2004.

HAMESTER, M. R. R. e BECKER D. Obtenção de carbonato de cálcio a partir de conchas de mariscos. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – CBECiMat, Campos do Jordão, SP, Brasil, 2010.

HUNTLEY, M., REDALJE, D. CO₂ mitigation and renewable oil from photosynthetic microbes: a new appraisal. *Mitig. Adapt. Strategies Glob. Change* 12, 573–608, 2007.

IEA, World Energy Investment 2017, OCDE / IEA, Paris, 2017.

JORQUERA, O., KIPERSTOK, A., SALES, E. A., EMBIRUÇU, M., GHIRARDI, M. L.. Comparative energy life-cycle analyses of microalgal biomass production in open ponds and photobioreactors. *Bioresource Technol*, 101, p. 1406-1413. *Journal of Hydrogen Energy*, v. 31, p. 1563-1573, 2006.

JUNEJA, A.; CEBALLOS, R.M.; MURTHY, G.S. Effects of environmental factors and nutrient availability on the biochemical composition of algae for biofuels production: a review. *Energies*, v.6, n.9, p 4607-4638, 2013.

LEE, D. Algal biodiesel economy and competition among bio-fuels. *Bioresource Technol*, 102(1), p. 43-49, 2011.

LEITE, J. G. D. B.; BIJMAN, J.; GILLER, K.; SLINGERLAND. M. Biodiesel policy for family farms in Brazil: One-size-fits-all? *Environmental Science & Policy*, v. 27, p. 195-205, mar. 2013.

LIMA, H. C.; BARBOSA, J. M.; CORREIA, D. S., Extração de mariscos por moradores da comunidade de Beira-mar 2, *Manqueizais*, p 108, 2000.

LOURENÇO.S. O. Cultivo de Microalgas Marinas -Princípio e aplicação. 2006. 606 ISBN 97885765632.

LOZANO, N.P.P. Biorremediación de ambientes contaminados con petróleo. LU, W.; WANG, Z.; WANG, X.; YUAN, Z. Cultivation of *Chlorella* sp. using raw dairy wastewater for nutrient removal and biodiesel production: Characteristics comparison of indoor bench-scale and outdoor pilot-scale cultures. *Bioresource Technology*, v.192, p. 382-388, 2015.

MATA, T.M., MARTINS, A.A. & CAETANO, N.S. Microalgae for biodiesel production and other applications: a review: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,

14: 217-232, 2010.

MANGRICH.A.S.; DOUMER.M. E; MALLMANN; A.S.; WOLF, C.R, Química verde no tratamento de água: Uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia Mearnsii*. *Revista virtual de química*, v.6.n.1.p.2-15,2014. <http://rvq-sub.sbq.org.br>. Pesquisado em maio de 2017.

OLGUIN, E.J. Dual purpose microalgae-bacteria-based systems that treat wastewater and produce biodiesel and chemical products within a biorefinery. ***Biotechnol. Adv***, v.30, n.5, p.1031–1046, 2012.

OLIVEIRA, M. Vinhaça alternativa - Resíduo da produção de etanol pode ser usado para produzir biodiesel. *Revista Pesquisa Fapesp*, v. 186, p. 71-73, 2011.

PEDROSA, L. F. C.; COZZOLINO, S. M. F., Composição centesimal e de minerais de mariscos crus e cozidos da cidade de Natal/RN, *Ciênc. Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 21, p.154,2001.

PELEGRINO.E. C. F.; Emprego de coagulante à base de tanino em sistema de pós-tratamento de efluentes de reator UASB por flotação.; Universidade de São Paulo, programa de pós graduação em hidráulica, p.10-25 São Paulo 2011.

RAMALHO, F. M. P. Avaliação Ambiental do uso de Microalgas na Produção de Biodiesel: Revisão Bibliográfica Sistemática. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energia e Bioenergia. Universidade Nova de Lisboa. Portugal. 2013.

REN 21. Renewable 2017 – Global Status Report. Disponível em: www.ren21.net. Acesso em: outubro /2018.

RODRIGUES.L, D.; A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agro ecológico como ferramenta para mitigação. Universidade Federal de Juiz de Fora, P.1-64. 2010.

ROLIM, M. M.; LYRA, M. R. C. C.; DUARTE, A. S.; MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, E. F. F.; PEDROSA, E. M. R. Influência de uma lagoa de distribuição de vinhaça na qualidade da água. *Ambíqua*, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 155-171, 2013.

ROSSETTO, A. J. Utilização agrônômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: Paranhos, S. B. (ed.). *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas:Fundação Cargill, v.2, p.435-504, 1987.

RUPPERT, E. E.; FOX, R, R.; BARNES, R. D., *Zoologia dos Invertebrados (Uma abordagem funcional evolutiva)*. Editora ROCA, 7 ed., São Paulo, 2005.

PREZOTTO, P. Biodegradação do carbono orgânico, mineralização do nitrogênio e alterações químicas em solos tratados com vinhaça. Mestrado em gestão de recursos ambientais -IEAC, 2009

SAMORI, G.; SAMORI, C.; GUERRINI, F.; PISTOCCHI, R. Growth and nitrogen removal capacity of *Desmodesmus communis* and of a natural microalgae consortium in a batch culture system in view of urban wastewater treatment: Part I. *Water Research*, v. 47, p. 791-801, 2013.

SASSI, P. G. P.; ABRAHÃO, R. LIRA, E. B.; ANTONIOSI FILHO, N. R.; CALIXTO. C. D.; SASSI, R. Avaliação do crescimento de microalgas em águas de lavagem de biodiesel convencional. III Simpósio Brasileiro do Potencial Energético das Microalgas, 2015.

SILVA, L. A. Sedimentologia do canal de Santa Cruz – Ilha de Itamaracá – PE. 2004. 98p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Pós- Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

SILVA NETO, S.R.; LAVANDER. H. D.; SOUZA. A. B; CARDOSO JÚNIOR. L. O., SILVA. L. O. B.; GÁLVEZ. A. O., Utilização de conchas de *Anomalocardia brasiliana* como substrato de biofiltros no tratamento dos efluentes de cultivo heterotrófico de camarão marinho em laboratório. *Pesq. agropec. pernamb.*, Recife, v. 17, n. único, p. 20-23, jan./dez. 2012.

STRÖHER.P. A.; MENESES. L. M.; PEREIRA. C. N.; Utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluentes proveniente de lavagem de Jeans. *Universidade Estadual de Maringá, Engevista*, v15, n.3.p 255-260.2013.

TANAC SA, Manual prático para uso em estações de tratamento de água de abastecimento, tanfloc sl, p.1-2, 2013; pesquisado em <http://www.tanac.com.br> em 20 de novembro de 2018.

THOMPSON JR; J. P. Investigação da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de uma lavanderia industrial utilizando coagulante de fonte renovável: tanino. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Química da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG 2013.

UNICA, André Elia Neto .2º Workshop "Resíduos urbanos e agrícolas: energia, reciclagem de nutrientes e produção de fertilizantes". Campinas, SP, 30 de agosto de 2016.

UYEDA, C. A. Influência da aplicação de vinhaça na condutividade hidráulica do solo saturado e no escoamento superficial. Escola superior de agricultura, Piracicaba 2009.

UM, B. H.; KIM, Y. S. Review: A chance for Korean to advance algal-biodiesel technology. *Journal of industrial and Engineering Chemistry* 15, p. 1-7, 2009.

VAZ.L. G. L., VEIT.M. T, SILVA.A. E., BARBIERO.T. A., BERGAMANO.R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia, *Revista Eclética Química* vol.35, no.4, São Paulo 2010.

WANG, B., LI, Y.; WU, N., LAN, C. Q. CO₂ bio-mitigation using microalgae. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Germany, v79, p. 707–718, 2008.

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. Ph.D. Thesis, University of Paris, Paris, 1966.

ZHU, J.; RONG, J.; ZONG B. Factors in mass cultivation of microalgae for biodiesel. *Chinese Journal of Catalysis*, v.34, p.80–100, 2013.

CAPÍTULO 4

ARTIGO 02: UTILIZAÇÃO DO PÓ DA CONCHA DE MARISCO E DO TANFLOCSL PARA CORREÇÃO DO pH E TRBIDEZ DE VINHAÇA.

UTILIZAÇÃO DO PÓ DA CONCHA DE MARISCO E TANFLOC SL PARA CORREÇÃO DO pH E TRBIDEZ DE VINHAÇA

RESUMO

Sendo o Brasil um dos maiores produtores de etanol de cana-de-açúcar do mundo por consequência se tem a geração de grandes quantidades de resíduos, sendo o principal resíduo a vinhaça que, para cada litro de etanol produzido, são gerados aproximadamente 13 litros de vinhaça que é extremamente tóxica e nociva para o meio ambiente se utilizada de forma inadequada. Atualmente, a vinhaça é utilizada para fertirrigação da lavoura da cana-de-açúcar, e, sendo ela, rica em nutrientes se faz necessário buscar por novas formas de utilização desse resíduo dando-lhe novas utilizações. Pensando nisso, este trabalho buscou-se corrigir a vinhaça aumentando o pH e diminuindo a turbidez e reaproveitando seus nutrientes para o possível cultivo de microalgas. Para a correção do pH foi utilizado o pó da concha do marisco *Anomalocardia Brasiliiana*, já para a correção da turbidez se utilizou um coagulante orgânico o TANFLOC SL que vem sendo utilizado em tratamento de águas, além de ter um baixo custo. Foram realizados ensaios na vinhaça para determinar as quantidades necessárias a ser utilizada para que alcançasse os melhores resultados para a elevação pH e diminuição da turbidez. Esses ensaios mostraram que o pó do marisco teve excelentes resultados no aumento do pH que antes era de 4,20 e aumentou para valores maiores que 6,95 utilizando 0,5g e a turbidez diminuída de 285 FAU para valores que variaram de 7 a 18 FAU com 0,6g, contudo conclui-se que a vinhaça pode ser viável para a utilização como meio de cultivo para microalgas.

Palavras chave: vinhaça, concha de marisco, coagulantes orgânicos.

8 INTRODUÇÃO

Cana-de-açúcar é do grupo de espécies de gramíneas perenes altas do gênero *Saccharum*, tribo *Andropogoneae*, nativas das regiões tropicais do sul da Ásia e da Melanésia e utilizadas principalmente para a produção de açúcar e etanol. Tem caules robustos, fibrosos e articulados que são ricos em sacarose. A planta tem entre dois e seis metros de altura. Todas as espécies de cana-de-açúcar mestiças e as principais cultivares comerciais são híbridos complexos. A cana pertence à família *Poaceae*, uma família de plantas economicamente importantes, como milho, trigo, arroz e sorgo e muitas culturas forrageiras (IAC, 2008).

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo é a terceira cultura temporária em termos de ocupação de área, tendo uma significativa importância para o agronegócio brasileiro, a cana-de-açúcar é produzida em boa parte do território brasileiro sendo relevante no fortalecimento da economia destes estados, a produção de cana no Brasil cresceu de forma acelerada após o estabelecimento do Proálcool, em novembro de 1975, passando de um nível de pouco menos de 100 milhões de toneladas por ano para um nível em torno de 220 milhões de toneladas por ano, em 1986/1987 (CONAB, 2017), atualmente, a cana-de-açúcar é tratada como a mais importante fonte de biomassa energética.

De acordo com a CONAB (2020) o setor sucroalcooleiro responde por cerca de 1 milhão de empregos, dos quais 511 mil diretamente envolvidos na produção da cana-de-açúcar, com o aumento da produção de cana de açúcar no Nordeste a aumento de empregos para a população das regiões onde estão situadas as indústrias sucroalcooleiras, a cana-de-açúcar tem varia utilizações, sendo mais utilizada na produção de açúcar e etanol estimasse que para safra 2020/2021 seja colhida aproximadamente 630.710,9 mil toneladas. O etanol brasileiro em sua maioria é produzido de cana-de-açúcar estimasse que pra safra 2020/2021 será produzida aproximadamente 29,3 bilhões de litros de etanol. O etanol anidro que é adicionado à gasolina deverá ter uma produção de 9,2 bilhões de litros, o etanol hidratado terá uma produção de cerca de 20,1 bilhões de litros.

Apesar do etanol ser considerado um combustível limpo por apresentar balanço zero na produção de CO₂, principal gás do efeito estufa sua produção gera resíduos que podem ser altamente impactantes ao meio ambiente, o de maior relevância é a vinhaça

A vinhaça é um efluente de destilarias, formado pela mistura da primeira parte da coluna de destilação mais a flegmaça que é o resíduo da retificação da torre de destilação.

Apresenta alto poder poluente, porém grande valor fertilizante possui pH baixíssimo, elevada corrosividade, altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e, na saída dos destiladores sua temperatura é muito alta. É considerada altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces (FREIRE e CORTEZ, 2000).

A vinhaça é rica em nutrientes assim podendo ser utilizada como meio de cultivo para microalgas pois as microalgas utilizam nutrientes e luz para crescer mais a vinhaça também é ácida e tem alta turbidez o que inviabiliza o seu uso, no entanto se corrigidos estes parâmetros ela se adéqua para servir como um meio de cultivo rico para microalgas, mais para fazer tais correções é necessário utilizar matérias primas de baixo custo para que essa correção seja viável. Contudo o objetivo deste trabalho é utilizar o pó da concha do marisco *Anomalocardia brasiliiana* para corrigir o pH e o coagulante orgânico TANFLOC SL para corrigir a turbidez.

9 MATERIAIS E MÉTODOS

9.1 Materiais para tratamento da vinhaça

A vinhaça foi obtida gratuitamente em uma Usina sucroalcooleira localizada no estado da Paraíba.

As conchas de marisco foram coletadas na praia de Acaú no município de Caaporã no litoral sul da Paraíba. Em seguida, as conchas foram lavadas em água corrente, secas ao sol em temperatura ambiente, em seguida foram submetidas à um processo de trituração em moinho de bola para transformá-las em um pó fino (peneirado para obtenção de partículas de 0,59 mm em peneira com numeração 10 de acordo com as Associação Brasileira de Normas Técnicas) e com isso obter uma maior superfície de contato (

Figura 9-7).

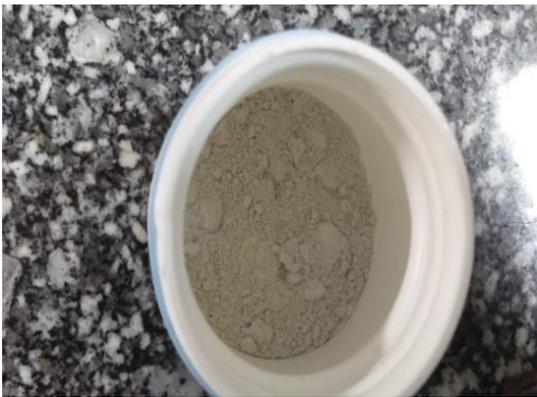
Para determinar a quantidade de minerais, foram realizadas as análises do teor de cinzas através do método gravimétrico de volatização onde 2g de amostra foi calcinada em uma mufla a 900°C, Em seguida, a amostra foi resfriada e pesada para obtenção das cinzas. Já o teor de cálcio foi determinado a partir das cinzas da concha de marisco, onde foi adicionado 2mL de ácido clorídrico concentrado e 100 mL de água destilada, uma alíquota da solução foi tratada com trietanolamina 30% e solução de hidróxido de sódio 20% e titulada com solução de EDTA 0,10 mol L⁻¹ e calcon como indicador.

$$\%Ca = \frac{V_t \cdot 0,004 V_c}{V_{al. mc}} \cdot 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Esse processo foi realizado no Laboratório de Engenharia Gestão da Produção Mecânica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

Foi utilizado como coagulante uma amostra de TANFLOC SL lote: 2487 doada pela empresa TANAC SL.

Figura 9-7 - Pó de marisco obtido por trituração em moinho de bolas



Fonte: A autora

9.2 Planejamento experimental e ensaios

Para a seleção das melhores condições analíticas foi realizado um planejamento fatorial 2^2 , ou seja, duas variáveis (pó do marisco, coagulante orgânico) e dois níveis, com ponto central em duplicata, totalizando 18 experimentos, conforme a Tabela 9-6. A quantidade de pó da concha de marisco variou de 0,5 a 1,5g, quantidade de coagulante orgânico de 0,1 a 0,3g as análises foram concentradas através do processo de coagulação/floculação. O volume de vinhaça utilizado para os ensaios foi de 50 ml. Os ensaios realizados em ordem aleatória. Antes dos ensaios foram verificados os valores de pH e turbidez da vinhaça, onde obtivemos 4,20 de pH e 285 FAU.

Após cada ensaio, a vinhaça era filtrada em papel de filtro qualitativo para medição dos valores de pH e turbidez. Em seguida a turbidez foi determinada utilizando Espectrofotômetro da marca HACH modelo DR/2010, onde foi colocado 25mL da amostra na cubeta e o resultado é obtido, cuja unidade de turbidez é Unidade de Atenuação da Formazina (FAU).

Tabela 9-6 - Planejamento fatorial 2² com ponto central

Fatores	Níveis		
	-1(Nível Baixo)	0(ponto central)	1(Nível Alto)
Casca de Marisco (g)	0,5	1,0	1,5
Tanfloc SL (g)	0,1	0,2	0,3

Experimento	Replicata	Casca de Marisco	TANFLOC SL
1	1	-1.00000	-1.00000
2	1	1.00000	-1.00000
3	1	-1.00000	1.00000
4	1	1.00000	1.00000
5	1	-1.00000	-1.00000
6	1	1.00000	-1.00000
7	1	-1.00000	1.00000
8	1	1.00000	1.00000
9 (ponto central)	1	0.00000	0.00000
10	2	-1.00000	-1.00000
11	2	1.00000	-1.00000
12	2	-1.00000	1.00000
13	2	1.00000	1.00000
14	2	-1.00000	-1.00000
15	2	1.00000	-1.00000
16	2	-1.00000	1.00000
17	2	1.00000	1.00000
18 (Ponto central)	2	0.00000	0.00000

Fonte: A autora

A vinhaça após a correção do pH e da turbidez foi filtrada, depois foram realizadas análises físico-química desta vinhaça. Para o tratamento dos dados obtidos nos ensaios foi utilizado o programa Statistica 12,5 (StatSoft, 2012).

10 RESULTADOS E DISCUSSÃO

10.1 Análises dos parâmetros físico químicos das conchas do marisco e resultados do planejamento experimental.

O teor de cinzas de 53,9% confirma que a concha do marisco é um material rico em sais minerais contendo 25,3% de cálcio.

Para utilização da vinhaça como nutriente em cultivo de microalgas, o pH deve ser elevado a pelo menos 6 e a turbidez diminuída o máximo possível.

Através dos ensaios se obteve as melhores quantidades de pó de marisco para a correção da variável de pH e de TANFLOC SL para a turbidez. Os melhores resultados encontrados foram os valores mínimos de (0,5) do Pó de marisco para que não interfira na turbidez e os valores máximos de (0,3) do TANFLOC SL para uma melhor diminuição desta como mostrado na **Tabela 10-7**, que resume o planejamento fatorial 2² e os resultados obtidos para as variáveis pH e turbidez, onde nota-se que o pH, em todos os ensaios aumentou de 4,02 para valores superiores a 6,95, enquanto que a turbidez diminuiu de 285 FAU para valores que variam de 7 a 18 FAU, e a Figura 10-8 ilustra as amostras após o tratamento.

Tabela 10-7 - Resumo do planejamento fatorial 2² e os resultados obtidos para as variáveis pH e turbidez

Fatores		Níveis		
		-1 (baixo)	0 (ponto central)	+ (alto)
1:	PÓ de casca de Marisco (g)	0,5	1,0	1,5
2:	Coagulante orgânico (g)	0,1	0,2	0,3

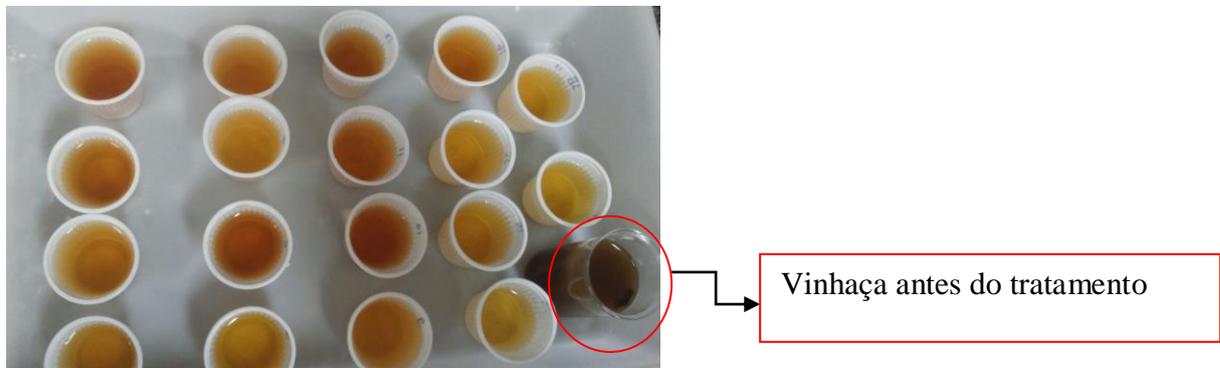
Ensaio	Fatores			Respostas					
	1	2	3	pH			Turbidez (FAU)		
				Replicata 1	Replicata 2	Média	Replicata 1	Replicata 2	Média
1	-	-	-	6,83 (10)	7,09 (6)	7,95	8	8	8
2	+	-	-	7,01 (7)	7,05 (17)	7,03	18	18	18
3	-	+	-	7,0 (5)	7,03 (11)	6,95	9	10	9,5
4	+	+	-	7,01 (2)	7,06 (4)	7,03	10	10	10
5	-	-	+	7,04 (09)	7,01 (15)	7,03	11	19	15
6	+	-	+	7,06 (16)	8,01 (1)	8,00	13	18	15,5
7	-	+	+	7,75 (13)	7,91 (18)	6,73	6	9	7,5
8	+	+	+	7,83 (14)	7,90 (3)	7,83	14	12	13

9 0 0 0 7,67 (8) 8,03 (12) 7,84 11 9 10

Obs.: Número entre parênteses (), depois do valor das replicatas de pH, corresponde à ordem de realização dos ensaios.

Fonte: A autora

Figura 10-8 - Amostras de vinhaça antes e após o tratamento antes de verificar as variáveis.



Fonte: a autora

Na Tabela 10-8 são apresentados os efeitos calculados para o valor de pH, e na Figura 10-9 a superfície de resposta e sua respectiva curva de nível para o modelo ajustado aos valores de pH. Apenas a casca de marisco teve efeito significativo. Seu valor positivo indica que, ao usar 1,5 g de casca de marisco, obtém-se um aumento de 0,195 unidades no valor de pH. Para a turbidez também nenhum efeito de interação foi significativo no nível de 95% de confiança. Tanto o pó da casca de marisco como o TANFLOC SL apresentaram efeitos significativos na alteração de Turbidez mostrados na Tabela 10-9 e na Figura 10-10. porém, o efeito é antagônico, ou seja, o aumento da quantidade do pó da casca de marisco aumenta a turbidez, enquanto o aumento da quantidade de Tanfloc SL, diminui a turbidez.

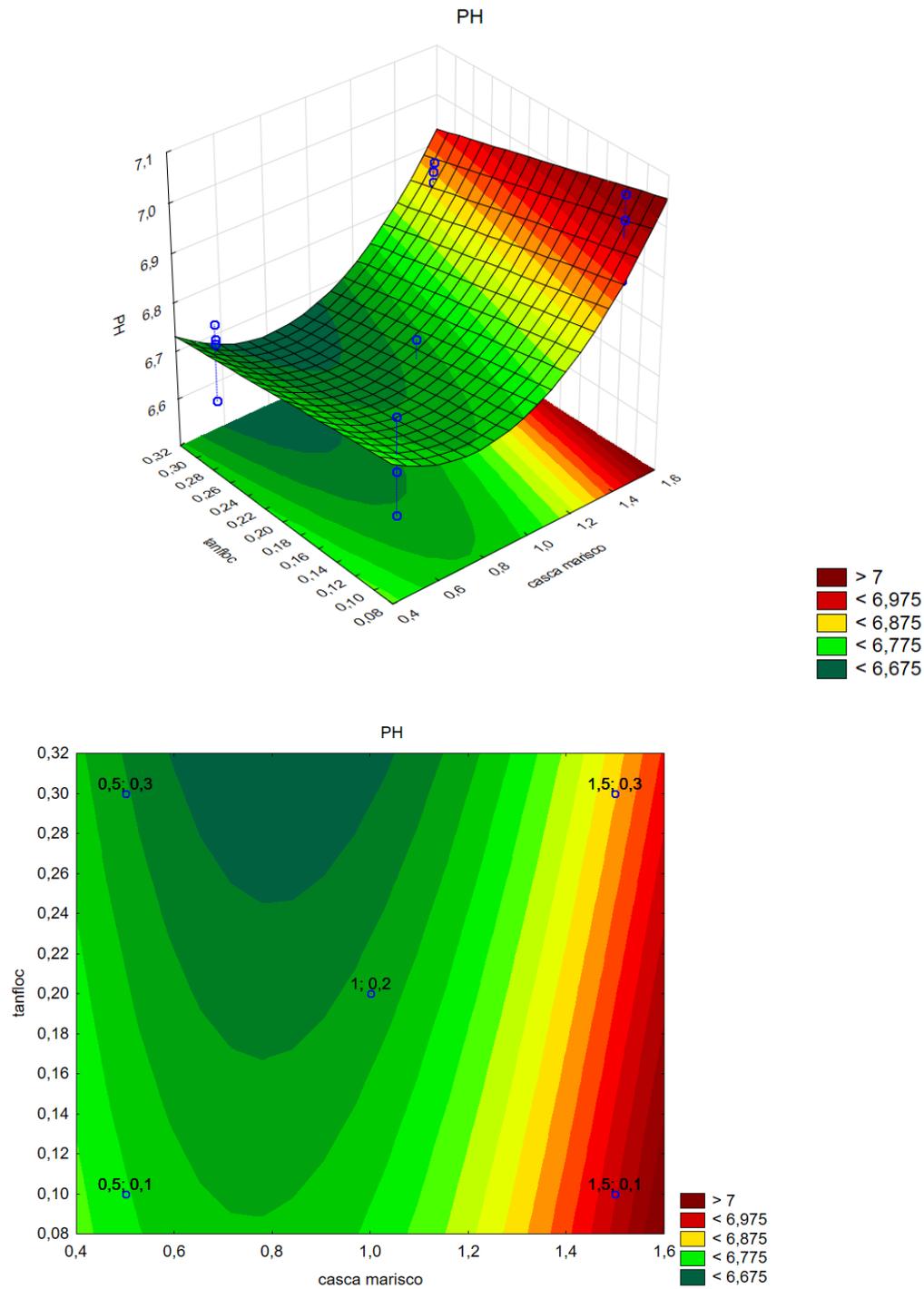
O valor positivo para casca de marisco significa que ao usar 1,5 g do pó deste material obtém-se um aumento de 5,875 unidades no valor de Turbidez. Enquanto o valor negativo para TANFLOC SL representa que se for utilizado 0,3g de Tanfloc SL, a Turbidez diminui em 5,875 unidades.

Tabela 10-8 - Efeitos dos fatores individuais e interações para a variável pH.

Fatores	Efeito	Erro Padrão	P	Intervalo de Confiança (95%)
Média/Interação	7,393	0,153	0,000	7,016 a 7,769
Casca de Marisco L (1)	0,190	0,034	0,600	0,651 a 1,031
Tanfloc SL L (2)	-0,075	0,039	0,081	-0,546 a 1,136
Interação 1 e 2	-0,025	0,039	0,533	-0,948 a 0,733

Fonte: A autora.

Figura 10-9 - Superfície de resposta e sua respectiva curva de nível para o modelo ajustado aos valores de pH.



Fonte: A autora

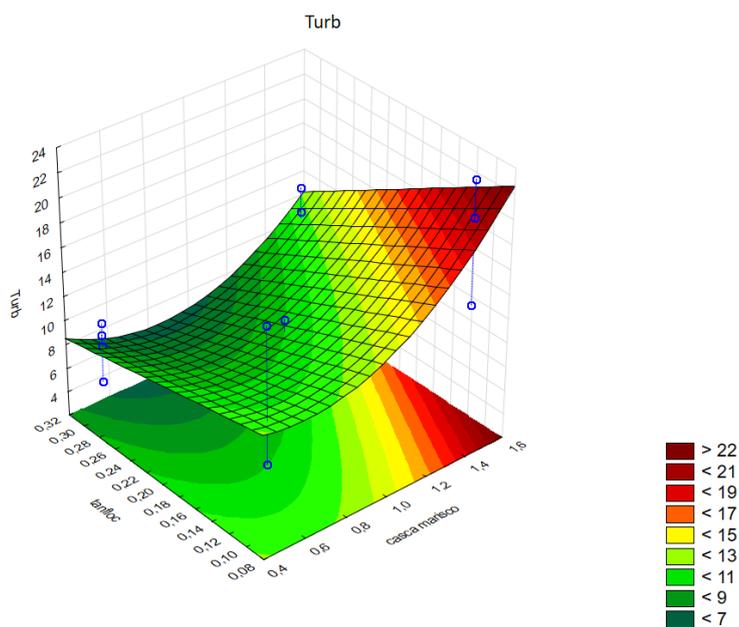
A superfície de resposta e curva de nível para o modelo ajustado aos valores para a casca de marisco (Figura 10-9), mostram que os maiores valores de pH são obtidos ao usar a casca de marisco em seu nível superior.

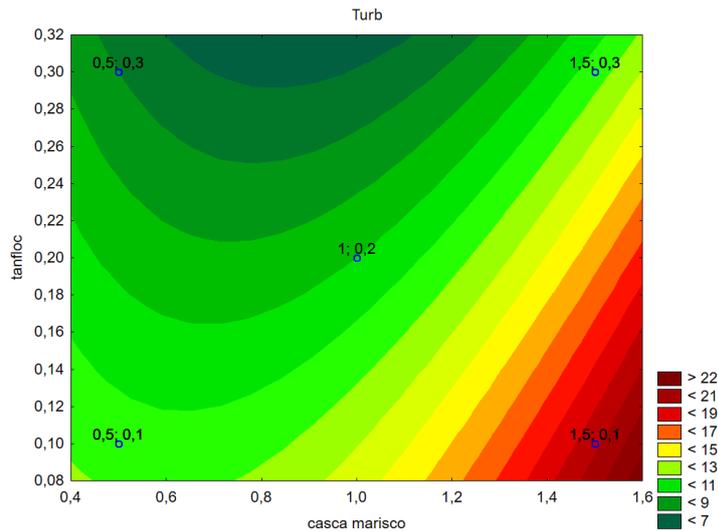
Tabela 10-9 - Efeitos dos fatores individuais e interações para a variável Turbidez.

Fatores	Efeito	Erro Padrão	p	Intervalo de Confiança (95%)
Média/Interação	12,000	1,793	0,005	3,776 a 16,224
Casca de Marisco L (1)	5,875	1,975	0,014	1,474 a 10,276
Tanfloc SL L (2)	-5,875	1,975	0,014	-10,276 a -1,474
Interação 1 e 2	-2,375	1,975	0,257	-6,776 a 2,026

Fonte: A autora

Figura 10-10 - Superfície de resposta e sua respectiva curva de nível para o modelo ajustado aos valores de Turbidez em função do Tanfloc SL e casca de marisco.





Fonte: a autora

Almeida et al (2019) utilizaram o TANFLOC MT para a correção da turbidez da vinhaça e os resultados mostraram que com o TANFLOC MT removeu cerca de 92,72% da turbidez na concentração de g L^{-1} .

Pelegrino (2011) estudou o emprego do tanino em um sistema de pós-tratamento de efluente de esgoto sanitário e com a concentração de 65mg. L^{-1} de tanino e $2,0 \text{mg L}^{-1}$ de polímero catiônico, os resultados mostraram que obteve redução de 95,2% da turbidez.

Nagashima (2009) realizou em seu trabalho o tratamento físico-químico por coagulação/floculação utilizando-se o tanino Tanfloc SGR como coagulante nos lixiviados do aterro sanitário de Paranavaí e obtiveram resultados satisfatórias na redução de turbidez e pH.

Girard (2009) utilizou coagulantes naturais quitosana, moringa e tanino, para fazer o tratamento de vinhaça esta foi concentrada através do processo de coagulação/floculação. O trabalho foi realizado em jar-test a temperatura 25°C , com amostras de 200mL de vinhaça, com variação de concentração dos coagulantes. Os resultados mostram que os coagulantes naturais removem cerca de 45% da cor e até 98% da turbidez, contudo neste trabalho obtivemos 93,36% da redução de turbidez e 75% no aumento do pH da vinhaça chegando próximo aos valores encontrados nos trabalhos acima citados, tornando a vinhaça neste estudo viável para cultivo de microalgas.

11 CONCLUSÕES

Os experimentos mostraram que a casca de marisco tem influência significativa de 75% no aumento do pH da vinhaça devido ao seu teor de cálcio de 25,3%, porém esta provoca também um aumento da turbidez, que é indesejável no cultivo de microalgas.

Já o aumento TANFLOC SL diminui significativamente em 93,36% a turbidez das amostras, sem provocar alteração no pH. Portanto a menor quantidade de casca de marisco já é suficiente para que o pH atinja valores maiores que 6,0. Por isso avaliando todas as respostas em conjunto, com o objetivo de aumentar o pH e diminuir a Turbidez, o experimento ótimo seria manter a casca de marisco em seu nível inferiores de 0,5g e o Tanfloc SL em seu nível superior de 0,3g.

Este estudo mostrou também que é possível fazer a correção da vinhaça utilizando materiais simples e de baixo custo o que viabiliza muito sua utilização para outras aplicações industriais.

12 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O, J, K.; ANSILAGO, M.; OLIVEIRA, G, A.; NUNES, N, S, P.; CARVALO, E, M. Tratamento da vinhaça para cultivo de microalgas. ENEPEX 2019, pesquisado em <http://eventos.ufgd.edu.br/enepex/anais/arquivos/3560.pdf>, em agosto de 2020.
- BARROS, R. P.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L.; SOUZA, R. M.; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETTO, M. C. V.; MELO, A. S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v.40, n.3, p.341-346, jul./set.2010. Disponível, em: <http://www.unicadata.com.br>. Acesso em 08/02/2017.
- CAMHI, J.D Tratamento do vinhoto, subproduto da destilação de álcool. *Brasil Açucareiro*,94(1): 18-23,1979.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. Levantamento safra brasileira de cana, v. 4 - Safra 2017/18, n. 1 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-57, abril 2017. pesquisado em <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana> pesquisado em 03 fevereiro 2020.
- CORAL, L. A.; BERGAMASCO R., R.; BASSETI, F. J. Estudo de viabilidade de utilização do polímero natural (TANFLOC) em substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de águas para consumo. In: international workshop advances in Cleaner production, 2., 2009, São Paulo. Resumos. São Paulo, p. 1-9, 2009.
- COSTA, A. R. S.; OLIVEIRA, B. M. C.; ARAUJO, G. V. R.; SILVA, T. E. P.; GIOVANETTI, S. Viabilidade do uso de conchas de mariscos como corretivo de solos. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Goiânia GO, nov 2012.
- ELIA NETO, A. O estado da arte da vinhaça. União da Indústria de Cana-de-açúcar - UNICA Piracicaba, SP, 2016.
- FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. Vinhaça de cana-de-açúcar. Guaíba: Agropecuária, 203p, 2000.
- GIRARD.F. Tratamento de vinhaça utilizando coagulantes naturais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá, 2009.
- HAMESTER, M. R. R. e BECKER D. Obtenção de carbonato de cálcio a partir de conchas de mariscos. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais – CBECiMat, Campos do Jordão, SP, Brasil, 2010.
- LIMA, H. C.; BARBOSA, J. M.; CORREIA, D. S., Extração de mariscos por moradores da comunidade de Beira-mar 2, *Manguezais*, p108, 2000.
- NAGASHIMA, L. A. Monitoramento de lixiviado em lagoa de estabilização e estudo da aplicabilidade do reagente Fenton e do coagulante vegetal tanino como formas de tratamento.

Programa de pós-graduação em engenharia química. Universidade Estadual de Maringá. 2009.

NOVA CANA. A produção de cana de açúcar no Brasil e no mundo. <https://www.novacana.com/cana/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo>. Pesquisado em 26 de abril de 2017.

CAPÍTULO 05

BIOPROSPECÇÃO, CULTIVO E PRODUÇÃO DE MICROALGAS, ANÁLISES ENERGÉTICAS DA BIOMASSA PRODUZIDA, E BIORREMEDIAÇÃO DA VINHAÇA.

BIOPROSPECÇÃO, CULTIVO E PRODUÇÃO DE MICROALGAS, ANÁLISES ENERGÉTICAS DA BIOMASSA PRODUZIDA, E BIORREMEDIAÇÃO DA VINHAÇA.

RESUMO

Recentemente vem se realizando vários estudos com microalgas utilizando diferentes tipos de meios de cultura, como água de lavagem de biodiesel, água de carnicultura, e a vinhaça. Os estudos com a vinhaça vêm se mostrando difícil por conta de seu potencial inibidor devido a sua elevada toxicidade e sua coloração necessitando de tratamentos prévios desta. As microalgas são ricas em lipídios, proteínas e carboidratos tornando-se viável para a produção de biocombustíveis como etanol de terceira geração e biodiesel além de apresentar outros fatores significantes para as indústrias alimentícias, farmacêuticas entre outras. Contudo para tais finalidades a produção de biomassa algal deve ter um baixo custo para viabilizar sua produção em larga escala. Este estudo utilizou a vinhaça tratada de modo que ela viesse a servir para o cultivo das microalgas para que as mesmas se reproduzisse e gerasse uma boa quantidade de biomassa se alimentando dos nutrientes existente na vinhaça, as espécies utilizadas foram cultivadas em meios com 20%, 30% e 40% de vinhaça 20% de seus respectivos meios WC, ZAROUK e RAO'S e água destilada, com fotoperíodo de 12 horas com temperatura controlada de 24°C, o desenvolvimento das culturas foi acompanhado por análises de fluorescência "in vivo" e contagem de células. As culturas foram interrompidas na fase estacionária e a biomassa produzida foi centrifugada e liofilizada. Os resultados encontrados mostram que houve um excelente crescimento, a melhor condição de 30% de vinhaça e 20% do meio sintético foi escolhida para o cultivo de produção de biomassa, os resultados mostraram uma produção significativa de biomassa. As análises bioquímicas demonstraram que a biomassa tem bons teores de lipídios sendo 40,8% para *Coelastrum Microporum*, e carboidrato 58,1% para a D106Z (*Chlorococcum sp*), 50,4% para a D458WC (*Selenastrum graciles*), 49,8% para a D359WC (*Chlorella sp*) sendo viável energeticamente para a produção de etanol de terceira geração e biodiesel, proteínas 43,4% para a cepa D458WC(*Selenastrum graciles*); 40,1% para a D359WC(*Chlorella sp*), 32,2% para a D106Z (*Chlorococcum sp*) demonstrando ser excelente para utilização em gêneros alimentícios e os resultados físico químicos também mostraram ser relevantes na biorremediação da vinhaça.

Palavras Chave: Microalgas, biocombustíveis, vinhaça.

13 INTRODUÇÃO

As microalgas vêm sendo estudadas por apresentarem diversas utilizações elas constituem a base das cadeias tróficas aquáticas, suas características taxonômicas e a dinâmica espaço-temporal são estabelecidas pelo regime meteorológico, circulação e características geomorfológicas regionais (HONDULA et al., 2014).

Segundo Brennan e Owende (2010) as diversas espécies de microalgas podem ser autotróficas ou heterotróficas, as primeiras requerem apenas compostos inorgânicos, como CO₂, sais e luz para o crescimento, enquanto as últimas não são fotossintéticas, requerem nutrientes e compostos orgânicos externos como fonte de energia.

De acordo com Juneja et al. (2013) o cultivo das microalgas constitui processo tecnológico que utiliza o rápido crescimento celular para produzir biomassa, assim tanto no ambiente natural quanto em cultivos controlados, o crescimento de uma população de microalgas é resultado da interação entre fatores biológicos, químicos e físicos.

As microalgas têm se mostrado eficaz no tratamento de resíduos atuando na remoção de nitrogênio, fósforo e metais pesados de uma ampla variedade de águas residuais industriais (GATTULO et al., 2012). Uma variedade de estudo indica o cultivo de microalgas em resíduos industriais e agrícolas (MARKOU, 2016). Entre as espécies estudadas para remoção do excesso de nutrientes de efluentes e para a produção de biomassa para fins de bioenergia têm-se as clorofíceas (*Chlorella sp.*, *Scenedesmus dimorphus*, *Dunaliella salina*) e algumas cianobactérias (*Arthrospira sp.*, *Spirulina sp.*).

De acordo com Borowitzka (1999) o cultivo de microalgas em grande escala com baixo custo para a obtenção de biomassa pode de forma significativa contribuir para a utilização destas e estudos de novas variedades que possam ser utilizadas em áreas diversas.

Este trabalho tem como objetivo fazer bioprospecção de espécies de microalgas docíolas cultivadas utilizando a vinhaça como meio de cultivo, analisar a biomassa produzida para determinar sua viabilidade energética para a produção de etanol de terceira geração e biodiesel e analisar a biorremediação da vinhaça após o cultivo.

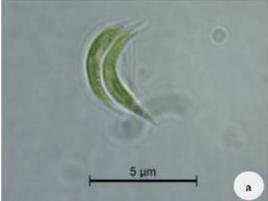
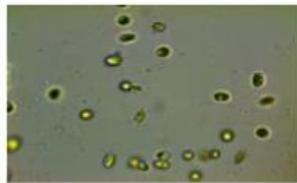
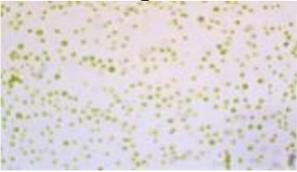
14 MATERIAIS E METODOS

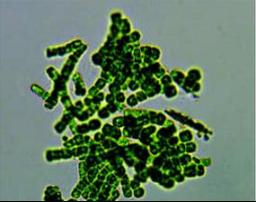
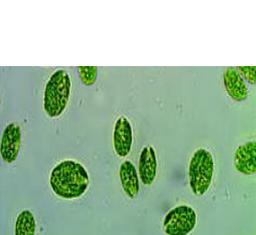
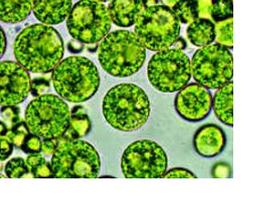
14.1 Espécies selecionadas de microalgas

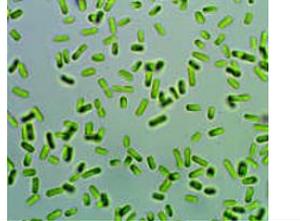
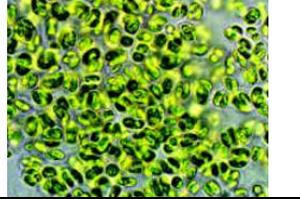
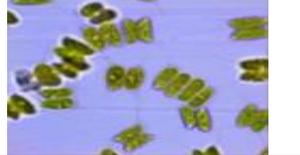
14.1.1 Detalhamento taxionômico das espécies selecionadas

Foram selecionadas um total de 18 espécies de microalgas dulcícolas isoladas de vários mananciais regionais (Quadro 14-2), estas espécies foram selecionadas para serem cultivadas no meio de cultivo estudado para que haja estudos de cultivo destas espécies com meio de cultivo diversificado obtendo-se assim meios diferentes para se determinar os que obtenham os melhores resultados, foram selecionadas do banco de cultivo de microalgas do Laboratório de Ambientes Recifais e Biotecnologia com Microalgas (LARBIM/UFPB), as cepas vêm sendo mantidas em meio WC (GUILLARD; LORENZEN, 1972), ZARUK e o meio RAO'S

Quadro 14-2 - Descrição das espécies.

Código	Espécie	Descrição
D121WC		<i>Pediatrum tetras</i> Açude Prainha, Frei Martinho-PB
D124WC		<i>Monoraphidium Contortum</i> Encontrada no Açude de Quinturará, Frei Martinho-PB.
D128WC		<i>Lagerheimia longiseta</i> Encontrada no Balneário Pitimbú – PB
D359WC	<i>Chlorella sp.</i> 	<i>Chlorella sp.</i> Encontrada em Pintimbú -PB

D464WC		<i>Geminella sp</i> Encontrada no açude Prainha, Frei Martinho
D499WC		<i>Ankistrodismus sp</i> Encontrada no açude de Quinturaré, Frei Martinho-PB
D174WC		<i>Cosmarium sp.</i> Encontrada no açude Itapororoca -PB
D132WC		<i>Chlamydomonas sp</i> Encontrada na Cachoeira da Purificação, Capada Diamantina- BA
D115WC		<i>Scenedesmus acuminatus</i> Encontrada no Bebedouro Sitio Quinturaré, Frei Martino-PB
D458WC		<i>Silenoztrum graciliz</i> Encontrada no açude de Quinturaré, Frei Martinho-PB
D106Z		<i>Chlorococcum sp</i> Encontrada na nascente do Rio Graú, Conde- PB
D111RAO'S		<i>Coelastrum Microporum</i> Encontrada no açude de Santa Rita-PB

D173WC		<i>Monorahidium Contortum</i> Encontrada no açude de Quinturaré, Frei Martino-PB
D74Z		<i>Rhabdoderma Linear</i> Encontrada no Barreiro de Sacramento, Frei Martinho-PB
D109Z		<i>Synechococcus sp</i> Encontrada na nascente do Rio Graú, Conde- PB
D09z		<i>spirulina platensis</i> Encontrada na Univ. Federal Fluminense, RJ. Cepa cedida
D125WC		<i>Scenedesmus quadricauda</i> Encontrada no Balneário, Pitimbú - PB
D26Z		<i>Desmodesmus sp</i> Encontrada no Balneário, Pitimbú - PB

*Fonte das fotos LARBIM

14.2 Preparação do meio de cultura

Para os cultivos e manutenção das microalgas utilizadas na pesquisa foi utilizado o meio sintético WC (GUILLARD, LORENZEN, 1972), ZARROUK (ZARROUK, 1996) e o meio RAO'S (DEVANATHAN J, RAMANATHAN N (2013), J. RECENT SCI. RES. 4(5):597-602.) preparados com água destilada autoclavada e deixada em repouso por 24 horas em temperatura constante para a re-oxigênção. Após este tempo, foram adicionados a água todos os macronutrientes, micronutrientes e vitaminas presentes nos referidos meios de cultura (controle).

14.3 Cultivo

O início dos cultivos partiu de inóculo de 2 mL de cada cepa em balões de 250 mL com meio WC, ZARUK e RAO'S, otimizando-os em cerca de 5 dias. Em seguida, inóculo de cada cepa foi transferida para os balões experimentais de 250 mL na concentração inicial de cerca 10^4 célula mL^{-1} , com diluição de 20% 30% e 40% de vinhaça e 20% de seus referidos meios, e o meio controle. O desenvolvimento dos cultivos foi acompanhado por meio de contagens celulares em câmaras de Fuchs Rozenthal em microscópio binocular Leica, e através de medidas da fluorescência "*in vivo*" usando um fluorômetro Turner Design 10005R, para a determinação das curvas de crescimento. Os experimentos foram interrompidos no início da fase estacionária o que deu um tempo de cultivo de 13 dias, com estes experimentos foram obtidos os resultados das melhores condições de crescimento e adaptação ao meio para poder ser realizado os experimentos para a obtenção da biomassa os dados estatísticos foram submetidos ao software estatística 9.0. A velocidade de crescimento (k), que apresenta o número de divisões celulares da população em estudo por unidade de tempo (dia), foi determinada através da equação citada em Fogg e Thake (1987). Em que, T_1 e T_2 compreendem o início e o final da fase exponencial de crescimento; N_1 e N_2 referem-se à densidade celular inicial e final dessa fase, respectivamente.

$$k = 3,322 / (T_2 - T_1) \times \log. N_2 / N_1 \quad \text{Eq.2}$$

14.4 Obtenção da Biomassa

As espécies D359WC (*Chlorella sp.*, D458WC (*Selenastrum graciles*), D111RAO'S (*Coelastrum microporum*) e D106Z (*Chlorococcum sp.*) foram as que apresentaram os melhores desempenhos elas foram cultivadas em 30% (vinhaça) e 20% de seus respectivos meios de cultura, em balões de vidro de 6 litros de capacidade, numa câmara de cultivo a 25 ± 1 °C, com sistema de iluminação e foto período de 12 horas, com aeração contínua por injeção contínua de ar a pressão ambiente ($2,0 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$) usando um mini compressor de membrana Resun AOC2. Todos os cultivos foram realizados nas mesmas condições de luz, temperatura e aeração. Os experimentos foram interrompidos no início da fase estacionária e a biomassa produzida foi pesada em balança analítica mediante a filtração da amostra em filtro de fibra de vidro Whitman GF/C previamente pesado e secado em estufa, concentrada em centrífuga refrigerada (-18 °C) (NT 825) a 18°C, e 3500 r.p.m, congelada em ultra freezer (-30 °C) (Terroni ®), seca em liofilizador (Terroni® LD1500).

14.5 Análises bioquímicas da biomassa.

As proteínas hidrossolúveis foram quantificadas na biomassa seca obtida em cada cultivo empregando-se o método de Lowry et al., (1951), e utilizando albumina bovina como padrão; os carboidratos foram analisados pelo método adaptado de Kochert (1978), empregando-se glicose como padrão e os lipídeos totais foram obtidos por gravimetria, de acordo com metodologia adaptada de Folch et al., (1957).

14.6 Biorremediação da vinhaça.

Foram realizadas análises físico-química da vinhaça antes e após o cultivo das microalgas para determinarmos o quanto a utilização das microalgas para cultivo pode biorremediar a vinhaça segundo os procedimentos analíticos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

15 RESULTADOS E DISCUSSÃO

15.1 Crescimento das microalgas selecionadas em vinhaça, parâmetros cinéticos de crescimento nas diluições de 20%, 30% e 40%

Apenas quatro espécies apresentaram desenvolvimento significativos quanto ao crescimento de células sendo elas *Chlorella sp*, *Selenastrum graciles*, *Chlorococcum sp* e *Coelastrum microporum* no meio de cultivo com vinhaça.

Considerando-se os valores médios da constante de crescimento (k), observou-se que as diferenças que ocorreram entre as espécies variaram com valores máximo na diluição de 20% de vinhaça de 1,36 divisões por dia e o valor mínimo de 1,21 divisões por dia no controle para a cepa D359WC (*Chlorella sp*). Já na espécie D458WC (*Selenastrum graciles*) o valor máximo foi de 1,33 divisões por dia na diluição de 30% vinhaça e valor mínimo de 1,13 divisões por dia para o controle, a cepa D106Z (*Chlorococcum sp*) obteve valor máximo de 1,43 divisões por dia na diluição de 30% de 1,21 divisões por dia na diluição de 20% e para a cepa D111RAO'S (*Coelastrum microporum*) o valor mínimo de 1,28 divisões por dia na diluição de 40% e valor máximo de 1,33 divisões por dia na diluição de 20% de vinhaça.

As análises evidenciam o potencial de crescimento das espécies utilizando a vinhaça como meio de cultivo havendo uma diferença pouca entre as espécies. O resultado mostra também que tanto as diluições de 20% e 30% de vinhaça obtém um melhor número de células chegando a ser um pouco mais expressiva em relação ao meio controle. Como pode ser visto na Figura 15-11 na Figura 15-12 na Figura 15-13 e na Figura 15-14 de contagem celular também sendo corroborada na Figura 15-15 na Figura 15-16 na Figura 15-17 e na Figura 15-18 de fluorescência in vivo. Assim a diluição de 30% foi escolhida para cultivar as espécies que apresentaram desenvolvimento no cultivo com a vinhaça para a obtenção de biomassa

Figura 15-11 - Número de células da cepa D359WC *Chlorella sp*

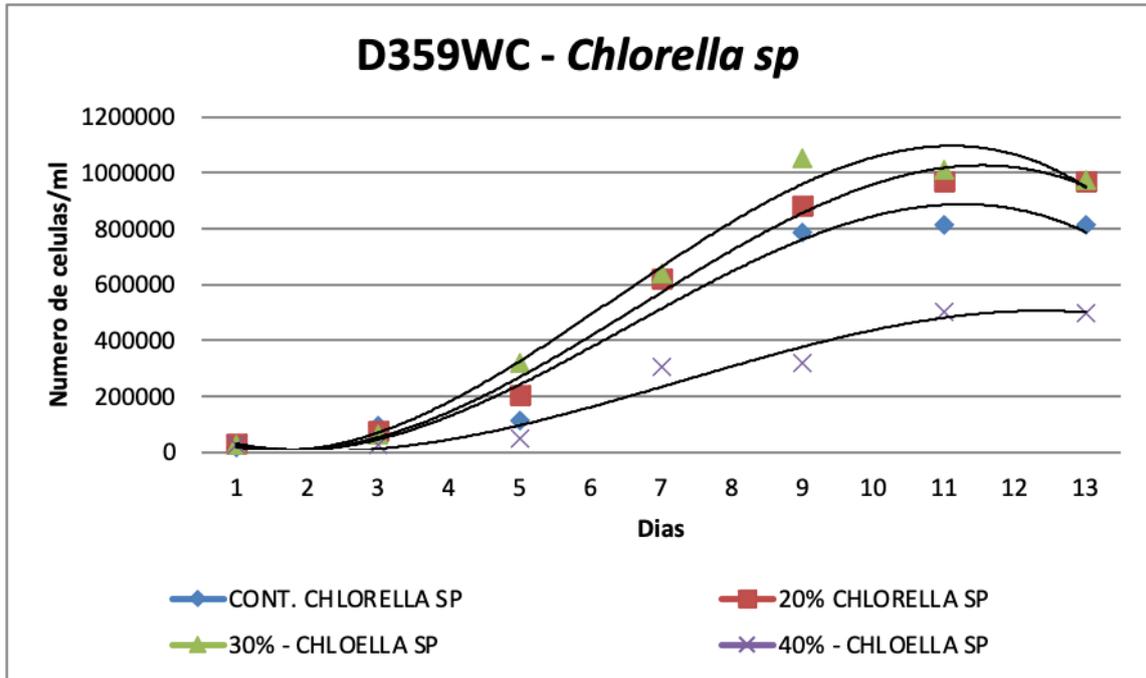


Figura 15-12 - Número de células da cepa D458WC *Selenastrum Graciles*.

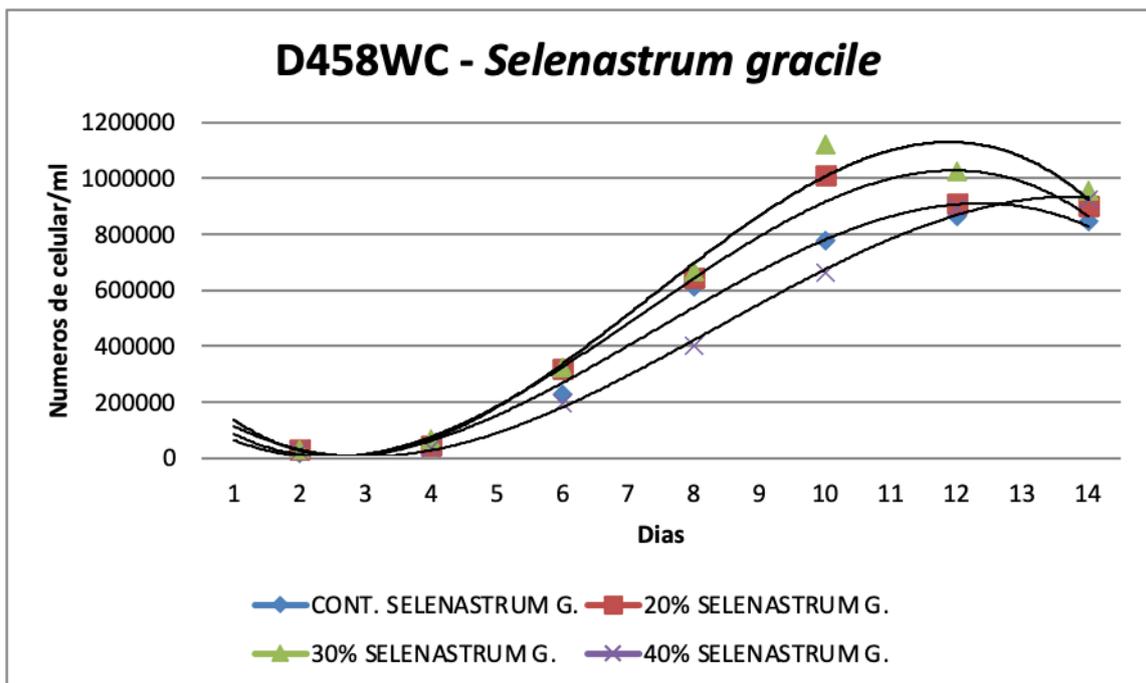


Figura 15-13 - Número de células da cepa D106Z *Chlorococcum sp.*

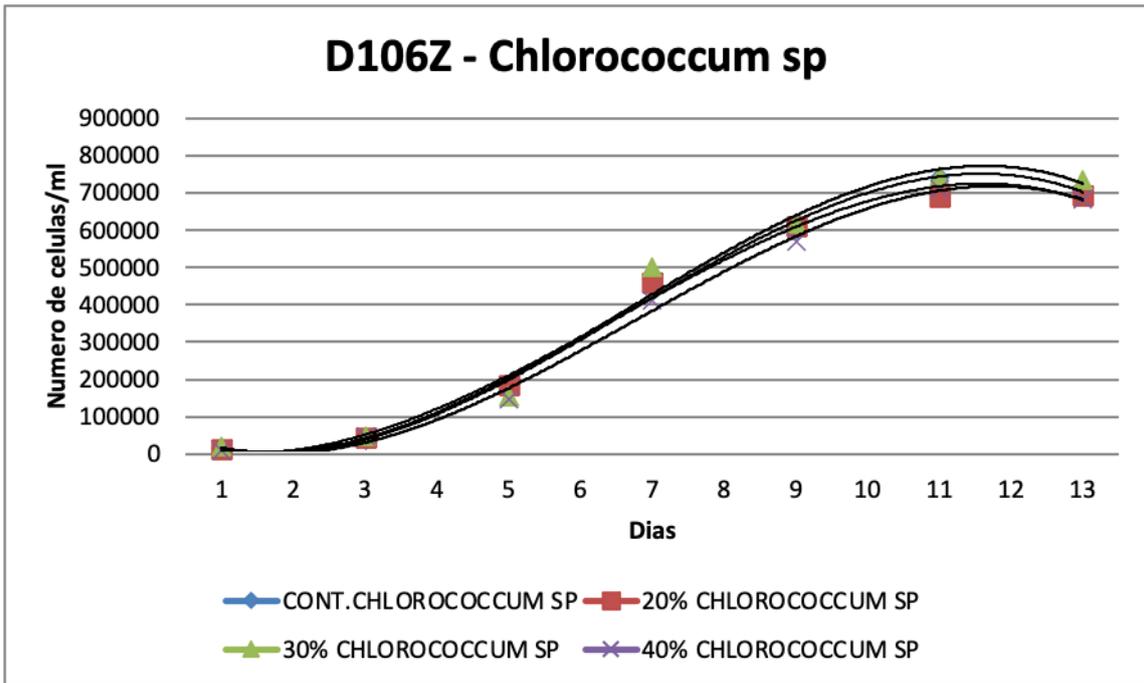


Figura 15-14 - Número de células da cepa D111RAO'S *Coelastrum Microporum*

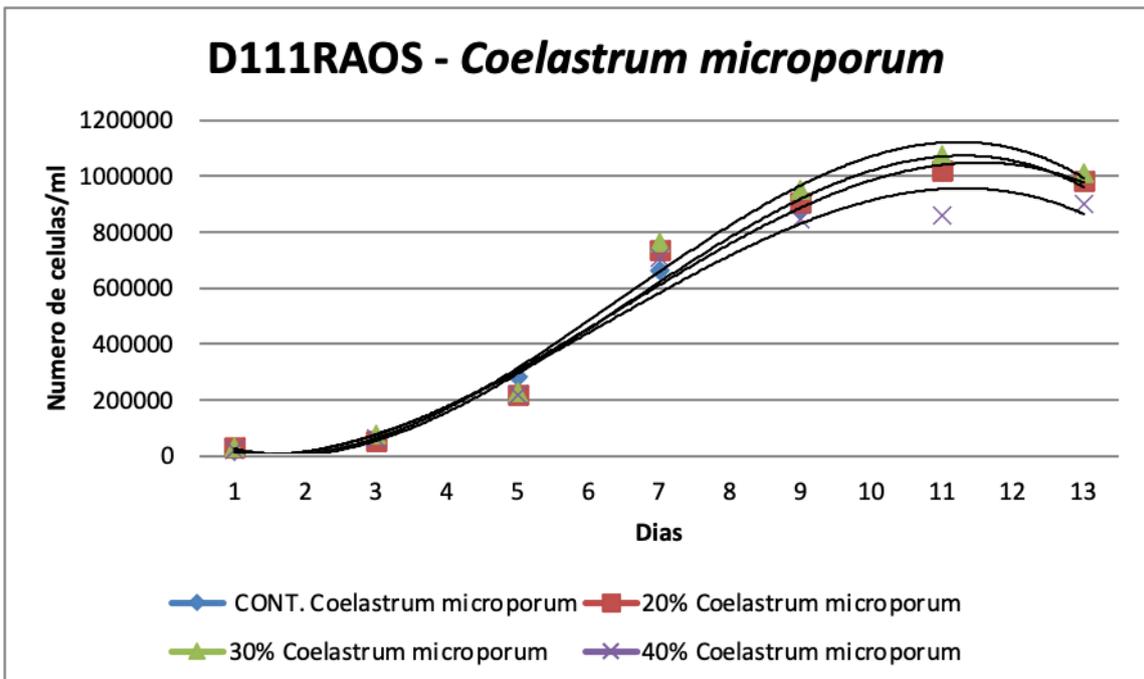


Figura 15-15 - Curva de crescimento da espécie D359WC *Chlorella sp* em vinhaça.

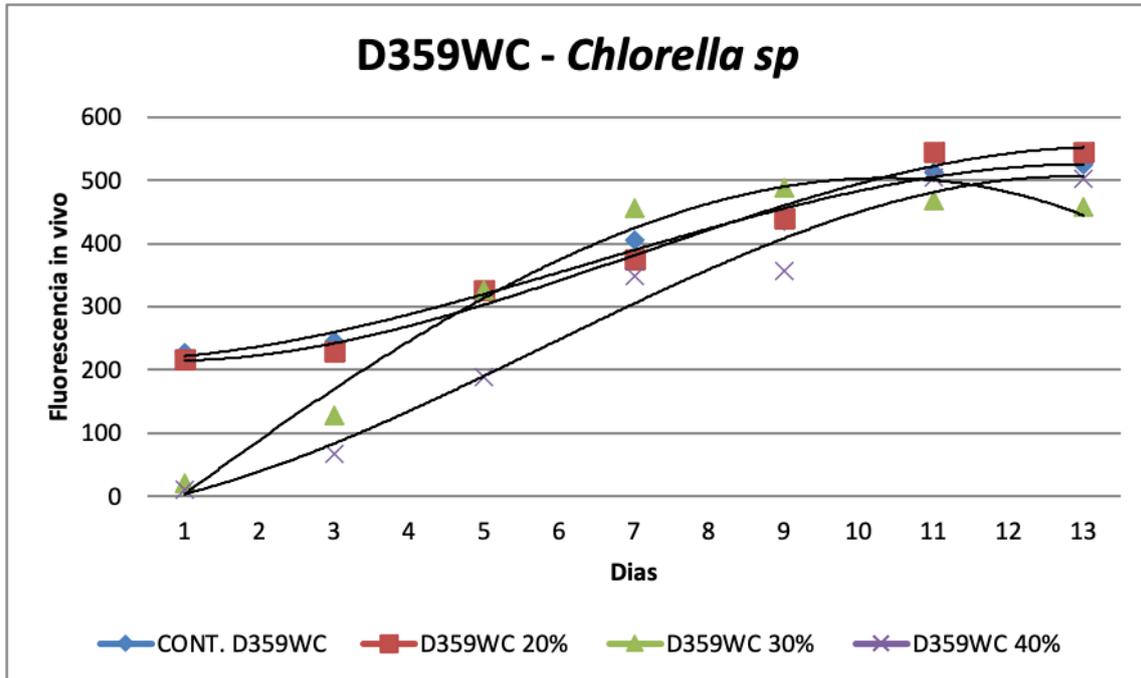


Figura 15-16 - Curva de crescimento da espécie D458WC *Selenastrum Graciles* em vinhaça.

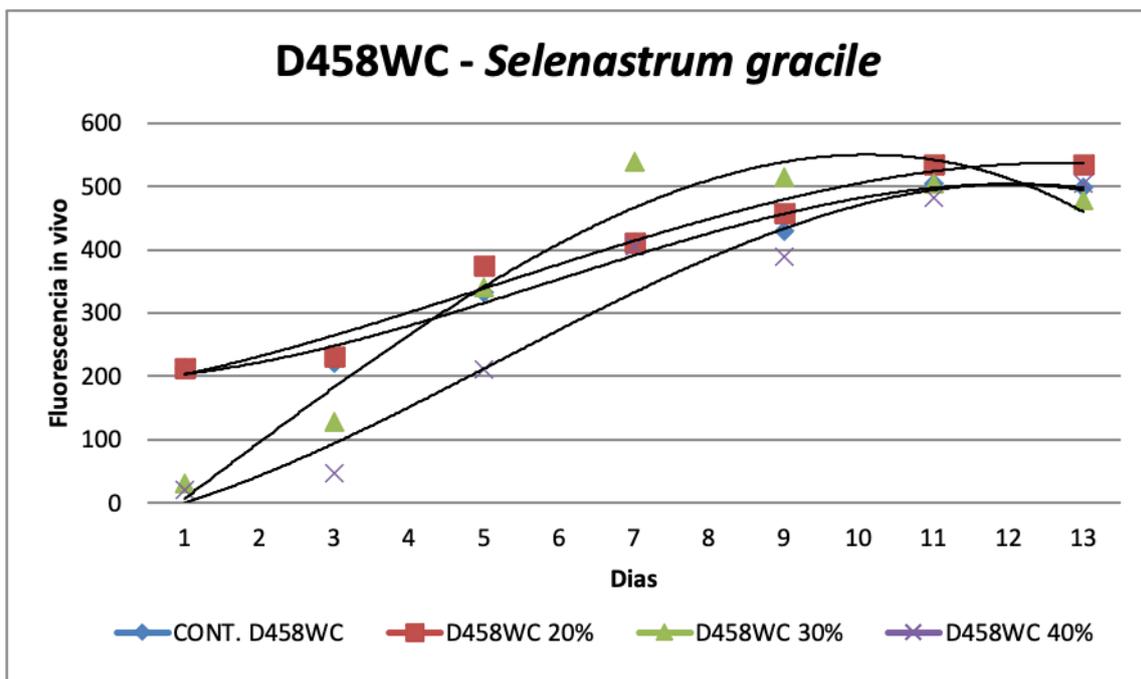


Figura 15-17 - Curva de crescimento da espécie D106Z *Chlorococcum sp.* em vinhaça.

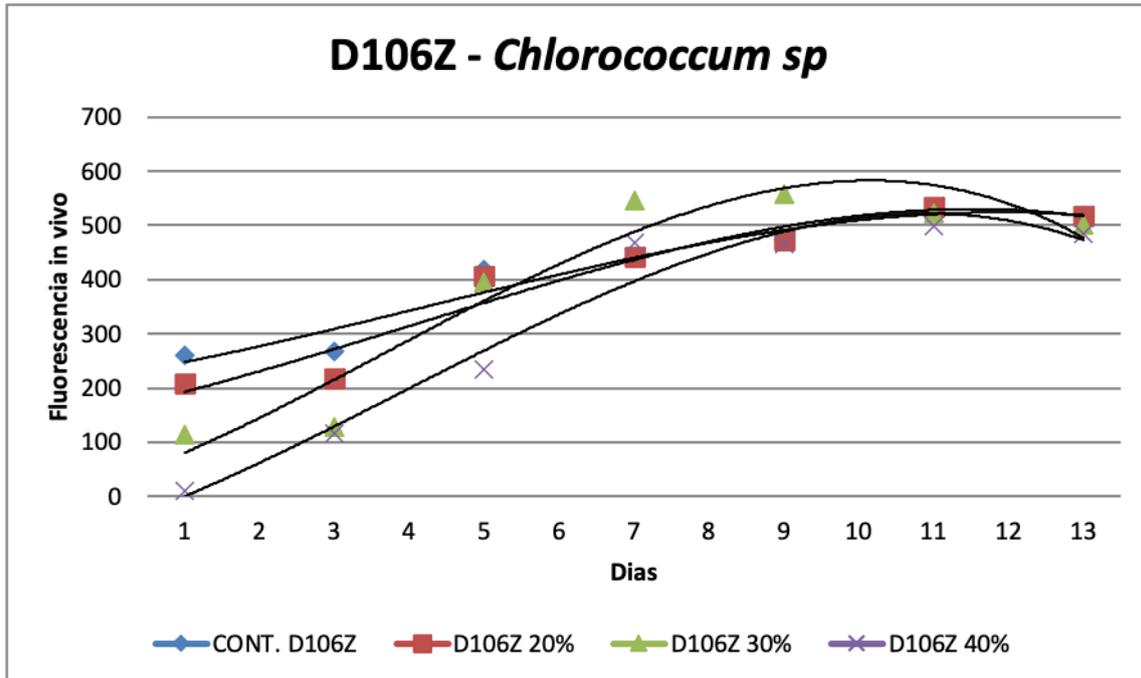
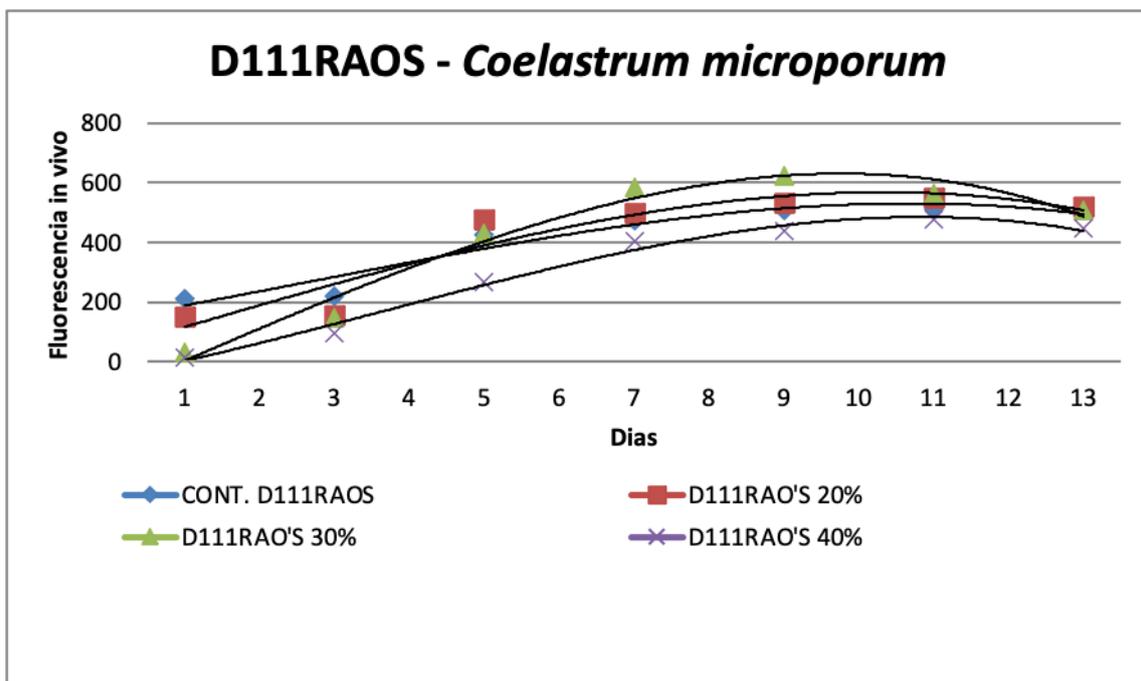


Figura 15-18 - Curva de crescimento da espécie D111Z (RAO'S) *Coelastrum microporum* em vinhaça.



Esses dados são relevantes, visto que tanto as condições de *habitat* natural, como as de cultivo com a vinhaça refletem em distintas respostas fisiológicas e metabólicas de cada clone. Os dados demonstram que o crescimento das células em vinhaça mostrou-se ser até um pouco maior do que no meio controle tornando a vinhaça uma alternativa promissora pois utilizando a vinhaça diminui o custo com o cultivo utilizando reagentes químico.

Andrade (2010) cultivou *Chlorella sp* em vinhaça os resultados mostraram que a microalga *Chlorella sp* apresentou um melhor desenvolvimento em uma diluição de 20% de vinhaça quando a mesma foi administrada em dias alternados.

Candido (2014) cultivou *Chlorella vulgaris* em vinhaça, os resultados mostraram que as maiores taxas de crescimento ($0,563-0,526 \text{ dia}^{-1}$) foram em diluições de vinhaça a 30% e 40% se assemelhando ao presente estudo.

15.2 Obtenção da biomassa

Considerando os valores da constante de crescimento(k) observa-se que ocorreu diferenças significativas acentuadas entre as espécies com valores máximos variando entre 0,90 e 1,89 divisões por dia para as espécies D106Z *Chlorococcum sp* e D111RAO'S *Coelastrum microporum* e valores mínimos de 0,20 e 0,32 divisões por dia para as cepas D359WC *Chlorella sp* e D458WC *Selenastrum graciles*, para a concentração de biomassa observou-se distinções entre as espécies as maiores concentrações foram entre as microalgas D111RAO'S *Coelastrum microporum*, D106Z *Chlorococcum sp*. e D359WC *Chlorella sp*, variando de 503 a 786 mg L^{-1} , se assemelhando com os publicados por outros autores com cultivos em outros meios em termos de produtividades de biomassa de várias microalgas, como os relatado por Calixto (2016) que utilizou o meio sintético para cultivar microalgas e encontro resultados de (394-552 mg L^{-1}) para *Synechococcus nidulans*; (270,430 mg L^{-1}); *Lagerheimia longiseta* e (508-166 mg L^{-1}) *Pediastrum tetras*.

Chiu et al. (2008) que cultivaram *C. minutissima* e obtiveram produtividade de biomassa de 143 mg L^{-1} , e Nakanishi et al. (2014) relataram a produtividade de *Chlamydomonas sp*. como 169,1 mg L^{-1} .

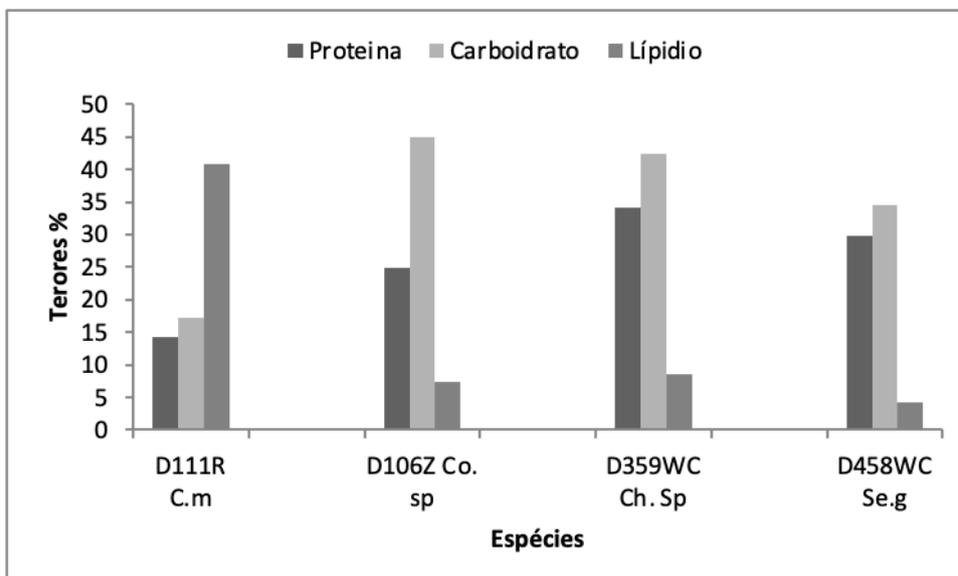
15.3 Composição bioquímica da biomassa

Este estudo encontrou valores bem expressivos para teores de carboidratos sendo o mais alto de 58,1% para a D106Z (*Chlorococcum sp*), 50,4% para a D458WC (*Selenastrum graciles*), 49,8% para a D359WC (*Chlorella sp*) sendo estas as mais relevantes para a produção de etanol e butanol, e de acordo com Lakaniemi et al. (2013) produção de metano e hidrogênio pela fermentação da massa residual obtida, e o menor valor de 23,8% para a microalga D111RAO'S (*Coelastrum Microporum*).

Os valores de lipídios encontrados foram relevantes sendo o teor mais elevado da cepa D111RAO'S (*Coelastrum Microporum*) com 40,8% sendo esta espécie a mais indicada para a produção de biodiesel, e valores menores para as demais cepas de 8,5% para a D359WC (*Chlorella sp*), 7,4% para a D106Z (*Chlorococcum sp*) e 4,2% para a D458WC (*Selenastrum graciles*).

Também Foram encontrados valores de proteínas bem significativos os que nos dá outras utilizações sendo 43,4% para a cepa D458WC(*Selenastrum graciles*), 40,1% para a D359WC(*Chlorella sp*), 32,2% para a D106Z (*Chlorococcum sp*), mostrando essas cepas serem mais ideal para produção de gêneros como incorporação na ração animal para substituir o farelo convencional e na aquicultura, e valores menores como 19% nas cepas D111RAO'S (*Coelastrum Microporum*) estes resultados são apresentados na Figura 15-19.

Figura 15-19 - Componentes bioquímicos das quatro espécies cultivadas no meio vinhaça.



Fonte: A autora.

A composição bioquímica da microalga varia de acordo com a composição do meio em que ela é cultivada, essa produtividade pode variar de acordo com a fase de crescimento que elas se encontram e é um parâmetro importante para a avaliação de microalgas na produção de biocombustíveis assim como o teor de carboidratos, já a proteína é importante para diversos ramos alimentícios. Em geral encontrasse na literatura que a biomassa de microalgas de diversas espécies apresenta valores de carboidratos variando entre 5% a 20%.

Becker (2004) encontrou valores de carboidratos que variou de 15% a 57%.

Melinda et. al. (2012) encontrou teor de lipídio com 50 mg/L⁻¹.

El Din et al. (2012) citaram para proteínas valores de 3,8% a 27,6%,

Helenice et al. (2019) cultivou Microalgas autóctones com efluentes anaeróbio e encontrou como resultados em média para proteínas 28,7%, 15,4% de lipídios e 14,8% para carboidratos.

Rocha et al. (2017) estudou 10 espécies de microalgas de água doce para identificar as que tinham o melhor potencial de lipídios para produção de biodiesel nos resultados ele obteve elevados níveis de proteínas (com 14% do peso seco total), 29% de lipídios, demonstrando bons resultados para seus objetivos.

Calixto (2016) que cultivou várias cepas de microalgas como potencial de microalgas regionais cultivadas em meios alternativos para a produção de biodiesel, e levando em conta os diversos meios que ela utilizou como cultivo ela encontrou resultados elevados chegando a superar o meio controle com valores variando entre 50% e 60% de proteínas, valores em torno de 60% para carboidratos para *Chlorella sp* e os percentuais de lipídios variaram de 20% a 30%.

Sassi et al. (2019) Encontraram para proteína valores que variaram de 28% a 37% para as espécies *Chlorococcum sp(cf.ipnosporum)* e *Scenedesmus acuminatus*, para carboidratos valores entre 15,93% a 53,81 para *Chlamydomonas sp*, e para lipídios valores entre 6,97% a 26,34% para as microalgas *Scenedesmus acuminatus* e *Chlorococcum sp(cf.ipnosporum)*.

15.4 Biorremediação da vinhaça.

As análises físico-químicas realizadas na vinhaça antes e a pós o cultivo demonstraram que houve uma biorremediação expressiva em relação a vários parâmetros dentre os mais importantes estão a DBO 77,6%, DQO 90%, potássio 92,7%, fósforo 50,2%, também houve a remoção de sólidos, macronutrientes e metais. Os sólidos foram removidos acima de 94%, o metal ferro 62,5% e remoções acima de 80% para a dureza de cálcio e dureza de magnésio mostrados na Tabela 15-10.

Tabela 15-10 - Análises físico-químico da vinhaça antes e depois do cultivo.

Parâmetro	Resultados AC	Resultados DC
Condutividade Elétrica	10.360,0	824,0
Potencial Hidrogênico, pH	7,3	8,1
Turbidez (FAU)	23	5,0
Dureza em Cálcio (Ca ⁺⁺), mg/L	1.819,0	8,0
Dureza em Magnésio(mg ⁺⁺), mg/L	172,8	24,4
Dureza Total (CaCO ₃) mg/L	1.991,0	121,5
Sódio (Na ⁺), mg/L	391,0	103,7
Potássio(K ⁺), MG/L	2.004,0	14,6
Ferro Total, mg/L	0,08	0,03
Alcalinidade em Hidróxido, mg/L(CaCO ₃)	0,0	0,00
Alcalinidade em carbonatos, mg/L(CaCO ₃)	0,0	0,00
Alcalinidade em bicarbonatos, mg/L) CaCO ₃)	3.600,0	12,8
Alcalinidade Total, mg/L) (CaCO ₃)	3.600,0	16,0
Sulfato (So ₄ **), mg/L	218,4	105,7
Fósforo Total, mg/L	100	49,8
Cloreto (CL ⁻), mg/L	1.718,2	171,1
N-Nitrito (NO ₂ ⁻), mg/L	0,28	0,017
N-Nitrato (NO ₃ ⁻), mg/L	0,95	0,018
DBO mg, L	8.930,0	2,227,0
DQO mg, L	1.007,0	100
Sólidos Totais Dissolvidos (180°C), mg/L	8.845,0	472,8

A redução do material orgânico e inorgânico da vinhaça após o cultivo das microalgas confirma que as algas utilizaram esses elementos para seu crescimento. Esse resultado é particularmente interessante em relação ao potássio, que teve sua concentração reduzida acima de 90% o que torna essa vinhaça adequada para a fertirrigação sem que a mesma cause danos ao solo porque segundo Silva et al. (2007) a fertirrigação usando vinhaça bruta é de prejuízo ao solo devido à sua salinização, além da contaminação do lençol freático.

Segundo Candido (2015) que fez o cultivo de *Chlorella vulgaris* em vinhaça convencional e biodigerida tratadas, o aproveitamento da vinhaça de cana-de-açúcar para o cultivo da microalga leva à diminuição de compostos orgânicos e elementos minerais no resíduo, assim, o cultivo proporciona a redução da carga poluente da vinhaça dando a ela novo status agregando mais valor.

Bonini (2012) cultivou *Chlorella vulgares* em vinhaça e os resultados indicaram as remoções máximas de DQO (60,8%) e potássio (13%) pela cianobactéria, e 83,7% de glicose, 25% DQO e 13,8% de potássio por *Chlorella vulgaris*, demonstrando menores valores do que neste estudo.

16 CONCLUSÕES

Este estudo utilizou a vinhaça tratada de modo que ela viesse a servir para o cultivo das microalgas para que essas se reproduzissem e gerassem uma quantidade de biomassa se alimentando dos nutrientes existentes na vinhaça. Os parâmetros dos resultados encontrados para crescimento de biomassa mostram que houve um excelente crescimento e uma produção significativa de biomassa.

Para os parâmetros bioenergéticos como a produção de biocombustíveis os resultados obtidos mostraram relevância nos teores de lipídios para a cepa D111RAO'S (*Coelastrum Microporum*) com 40,8% o que indicava a possibilidade de seu uso na produção de biodiesel. Para os teores de carboidratos as cepas D106Z 58,1% e D458WC (*Chlorella sp*) 50,4% e D359WC *Chlorella sp* 49,8% seriam as mais indicadas para a produção de etanol ou butanol e através da fermentação da massa residual hidrogênio e metano.

Cultivar microalgas com baixo custo de produção é de extrema relevância para que este microrganismo ganhe cada vez mais destaque no cenário industrial se consolidando como uma fonte renovável e lucrativa trazendo novas alternativas em diversas áreas. É, de extrema importância novos estudos com novas espécies para que haja cada vez mais uma vasta variedade de opções em vários outros campos.

Avaliar novas aplicações para a vinhaça é de extrema importância para agregar valor a esse resíduo o que para a indústria é de suma importância além de que utilizá-la com meio de cultivo para microalgas reduz o custo do cultivo, pois como mostrado, as algas aproveitam os nutrientes da vinhaça para se desenvolver e torna essa vinhaça adequada para descarte no meio ambiente, reduzindo sua carga tóxica de DBO 77,6%, DQO 90%, fazendo com que está não cause maiores danos ao meio ambiente.

17 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. N. Utilização da vinhaça como meio de cultivo para microalga *Chlorella* sp e para cianobactéria *Spirulina Platensis*. Programa de pós graduação em engenharia de pesca-UFCA 2010.
- BECKER, N.R. *Chlorophyll* fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. Annual Review of Plant Biology, Palo Alto, v.9, p.89-113,2008.
- BONINI, L; M. A. Cultivo heterotrófico de *Aphanthece microscópica Nãgeli e Chlorella vulgaris* em diferentes fontes de carbono e em vinhaça 2012. 96p. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos 2012.
- BOROWITZKA. M. A. Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. Journal of Biotechnology, v.70, p. 33-321,1999.
- CANDIDO.C. Cultivo de *chlorella vulgaris* em vinhaça filtrada. Revista Brasileira de Ciências Ambientais março Nº 35, 2015.
- CHIU, S. Y. et al. Reduction of CO₂ by a high-density culture of *Chlorella* sp. in a semicontinuous photobioreactor. Bioresource Biotechnology, v. 99, p. 3389-3396, 2008.
- CALIXTO, D. C.; Potencial de Microalgas regionais Cultivadas em Meios alternativos para a produção de biodiesel. pós-graduação em química -UFPB, 2016.
- CHU, W.-L.; LIM, Y.-W; RADHAKRISHNAN, A. K.; LIM, P.-E. Protective effect of aqueous extract from *Spirulina platensis* against cell death induced by free radicals. BCM Complementary and Alternative Medicine, v. 10, n. 53, p. 3-8, 2010.
- EL DIN, N.; EL-SHERIF, Z. Nutritional value of some algae from the Nort western Mediterranean Coast of Egyp. Journal of Applied Phycology, Dordrect, v.24, n.3, p. 3-26, 2012.
- GATTULO, C.E.; BÄHRS, H. STEINBERG, C.E.; LOFFREDO, E. Removal of bisphenol: A by the freshwater green alga *Monoraphidium braunni* and the role of natural organic matter: Sci Total Environ, v.416, p.5011-6, 2012.
- GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. 3. ed. São Paulo: EDUSC, 2012.
- HELENICE, S.; SERVIO, T.A.C.; MARCOS, V.P.; ALINE, F.D.; RICARDO, F.G. Autochthonous microalgae cultivation with anaerobic effluent: isolation of strains, survivorship, and characterization of the produced. Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science. ISSN 1980993X- Doi: 10.436/1980-993X, 2019.
- HONDULA, K.L, PACE.M. L, COLE, J. J.; BATT, R.D. Hydrogen isotope discrimination in aquatic primary producers: implications or aquatic food web studies. Aquatic sciences, v,76, n. 2, p 217-229, 2014.

- LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A. L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J Biol. Chem*, v. 193, p. 265-275, 1951.
- MAKKOU, G. Applying raw poultry litter leachate for the cultivation of *Arthrospira platensis* and *Chlorella vulgaris*. *Algal Research*. v.1, p.70-84,2016.
- MARCHETTI, T., tratamento de efluente líquido da indústria de cosméticos Com sulfato de alumínio e biopolímero. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.p.1-17,2014.
- MELINDA, J. G.; ROBERT, P.V.H.; SUZAN, T. L. H. Lipid productivity, sedimentation potential and fatty acid profile of microalgae species grown under limited conditions and filled with nitrogen. *Journal of Applied Phycology*, 2012.
- MUNOZ, R.; GUIEYSSE, B. Algal–bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: a review. *Water Res.* 40, 2799–2815, 2006.
- OMER.M. A, Biomass energy resources utilization and waste management, *Energy Research Institute (ERI), Agricultural Sciences*, Vol.3, No.1, p124-145, 2012.
- PINTO Jr., H. Q. (Org.); ALMEIDA, E. F.; BOMTEMPO, J. V.; LOOTY, M.; BICALHO, R. G. *Economia dos biocombustíveis*. In: *Economia da Energia*. 2. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- ROCHA, P. R.; MARIANA, M; MARCELO,G. M. V. V.;CHRISTINA,C.V.; MAURÍCIO, L; RAFAEL,R.; LEONARDO..B. M.; MENDES, W. L .A.; CAMILA, C.; MARCIO, A. M.; THOMAS, C. R. W.; ADRIANO, N. N. Microalgal Strains (*Chlophyta*) isolated from tropical freshwater reservoirs. *Algal Research* v. 28. p: 139-150, 2017.
- RODRIGUES.L, D.; A cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de biocombustíveis: impactos ambientais e o zoneamento agro ecológico como ferramenta para mitigação. Universidade Federal de Juiz de Fora, P.1-64, 2010.
- SASSI, K. K.B; SILVA, J. A; CALIXTO, C.D; SASSI, R; SASSI, C. F. C. Metabolites of interest for food technology produced by microalgae from the Northeast Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, v. 50, n. 1, p. 54-65, 2019.
- SCHERER.D.M, avaliação do ciclo de vida (ACV) da produção de biodiesel de microalgas cultivadas em fotobiorreatores compactos industriais. Universidade Federal do Paraná, tese de doutorado, Curitiba 2015.

ANEXOS

Composição química do meio WC (GUILLARD; LORENZEN,1972)

Solução estoque	Quantidades
CaCl ₂ .2H ₂ O	36,8 g
MgSO ₄ .7H ₂ O	37,0 g
NaHCO ₃	12,6 g
K ₂ HPO ₄ .3H ₂ O	11,4 g
NaNO ₃	85,0 g
Água destilada	1.000 mL
Solução de silicato	Quantidades
Na ₂ SiO ₃ .9H ₂ O	21,2 g
Água destilada	1.000 mL
Solução de micronutrientes	Quantidades
Na ₂ EDTA	4,36 g
FeCl ₃ .6H ₂ O	3,15 g
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,01 g
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,022 g
CoCl ₂ .6H ₂ O	0,01 g
MnCl ₂ .4H ₂ O	0,18 g
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,006 g
H ₃ BO ₃	1,0 g
Água destilada	1.000 mL
Solução de vitaminas	Quantidades
Tiamina HCl	0,1 g
Biotina	0,0005 g
Água destilada	1.000 mL
Constituição de 1,0L de meio de cultura	Volume
Água destilada e autoclavada	1.000 mL
Solução estoque	1 mL
Solução de silicato	1 mL
Solução de micronutrientes	1 mL
Solução de vitaminas	1 mL
Tri(hidroximetil)-amino metano	0,115 g

Fonte: GUILLARD E LORENZEN (1972).

Composição química do meio ZARROUK(ZARROUK,1996).

Solução de trabalho	Quantidade
1 KNO ₃	15,0 g em 200 mL
2 NaCl	33,0 g em 200 mL
3 MgSO ₄ .7H ₂ O	1,50 g em 200 mL
4 K ₂ HPO ₄	1,50 g em 200 mL
5 CaCl ₂ .2H ₂ O	0,58 g em 200 mL
6 Na ₂ EDTA	6,40 g em 100 mL
7 FeSO ₄ .7H ₂ O	0,50 g em 100 mL
8 H ₃ BO ₃	1,142 g em 100 mL
9 Solução mista	*

*Solução mista	Quantidade
Co(NO ₃) ₂ . 6H ₂ O	0,049 g
MnCl ₂ .4H ₂ O	0,144 g
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,882 g
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,0157 g
MoO ₃	0,071 g
Água destilada	100 mL

Preparação de 1,0 L de meio de cultura (água destilada)
 A - Dissolver em 600 mL de água destilada 15,0 g de NaHCO₃ e 2,0 g de Na₂CO₃.
 B - Acrescentar 10,0 mL das soluções 1, 2, 3, 4 e 5.
 C - Acrescentar 1,0 mL das soluções 6, 7, 8 e 9.
 D - Completar o volume a 1.000 mL.

Fonte: Zarrouk (1966).

Composição química do meio Rao's

Nutrientes	Fórmula	QT. por Litro Meio(g)
Bicarbonato de sódio	NaHCO ₃	10
Fosfato de Potássio	K ₂ HPO ₄	0,5
Nitrato de Sódio	NaNO ₃	2,5
Sulfato de Potássio	K ₂ SO ₄	0,6
Cloreto de sódio	NaCl	0,2
Sulfato de Magnésio	MgSO ₄	0,04
Cloreto de Cálcio	CaCL ₂	0,008

Fonte: Deva Nathan J, Rama Nathan N (2013).