



Um panorama da implantação do etanol de 3ª geração como uma fonte de energia sustentável

An overview of the deployment of 3rd generation ethanol as a sustainable energy source

Beatriz Matias Silva¹

Wilson Sotero Dália da Silva²

Resumo: A necessidade crescente por alternativas de fontes de energia limpa tem intensificado as pesquisas sobre o assunto, principalmente quando se trata de combustíveis, a procura por redução da taxa de gases responsáveis pelo efeito estufa torna necessária a substituição dos combustíveis fósseis por combustíveis limpos e renováveis, porém o obstáculo encontrado na produção dos biocombustíveis mais comuns atualmente é o fato de competir com a produção de alimentos e necessitar com isso de grandes áreas para o cultivo. Uma terceira opção mostra, através de pesquisas, ser uma alternativa viável para a produção de combustíveis. A produção de biocombustíveis de terceira geração, a partir do cultivo de algas, além de necessitar menos recursos, tais biocombustíveis emitem um teor menor de gases poluentes. A produção desse biocombustível tem sido alvo de muitos estudos, porém poucos projetos pilotos. Entre os biocombustíveis produzidos a partir das algas, o etanol representa um produto com grande impacto, por conta da sua demanda no mercado, e pela produção atual estar limitada, tornando o viés do etanol a partir da fermentação da biomassa da alga uma alternativa possível para a demanda desse tipo de combustível.

Palavras-chave: Microalga; Etanol; Biocombustível.

¹ UPE – Universidade de Pernambuco

² UPE – Universidade de Pernambuco

Abstract: The growing need for clean energy sources has been strained in research on the subject, especially when it comes to fuels, the quest to reduce the rate of greenhouse gases making it necessary to replace fuels by combustion - cleanable and renewable, but the obstacle found in the production of the most common biofuels is that it competes with food production and requires large areas for cultivation. A third option shows, through research, to be a viable alternative to a fuel production. The production of third generation biofuels, from the cultivation of algae, in addition to requiring fewer resources, such biofuels emit a lower content of polluting gases. The production of this biofuel has been the subject of many studies, with few pilot projects. Among the biofuels, from the algae, ethanol represents a product with great impact, due to its demand in the market, and through a current limited production, becoming ethanol from the fermentation of the algae biomass an alternative to a demand for this type of fuel.

Keywords: Microalga; Ethanol; Biofuel.

1. Introdução

Não é de hoje a preocupação com a dependência dos combustíveis derivados de petróleo. Devido às altas de preços dessa matriz energética e à diminuição de suas reservas, várias tecnologias têm sido desenvolvidas para a diversificação das fontes de energia. Porém, as alternativas encontradas ao longo do tempo por vezes geram outras preocupações, como a agressão ao meio ambiente e questões sociais como o uso de alimentos para fins diversos que não sejam a alimentação. Nesse contexto os biocombustíveis vêm se desenvolvendo e ganhando grande destaque. Os biocombustíveis já possuem algumas tecnologias bastante dominadas e outras ainda sendo desenvolvidas. O biocombustível que utiliza algas como matéria-prima ainda tem barreiras econômicas, porém quando aliada a um ambiente propício pode se tornar uma opção ecologicamente interessante e economicamente viável.

2. Biocombustível como fonte energética

A legislação brasileira e a Agência Nacional do Petróleo definem biocombustível com aquele derivado de biomassa renovável e capaz de substituir combustíveis de origem fóssil (ANP, acessado 2017).

2.1 Importância no cenário atual

A necessidade do uso de energias renováveis vem crescendo cada vez mais, atingindo em 2014, uma produção cerca de 3% da demanda global de combustível para transporte nas rodovias (Ho, 2014). E por volta de 2,5%, aproximadamente a 40 milhões de hectares da área total cultivada mundialmente, direcionados a produção de bioenergia (Ho, 2014; Chen, 2011).

A produção de biocombustível a partir de algas tem se destacado um potencial promissor. Trata-se de um microrganismo fotossintético aquático que se desenvolve em diferentes ambientes como água salgada, água residual das zonas urbanas ou em terras inadequadas para agricultura (Chen, 2011). O processo de fotossíntese realizado por esses organismos difere das demais plantas, por não necessitar de um sistema complexo para transportar seus nutrientes (Costa, 2011), o que torna o processo mais eficaz, já que as plantas superiores transformam apenas 0,5% da energia solar absorvida, e as algas podem ultrapassar 10% dessa energia (Smith, 2010).

2.2 Classificação dos biocombustíveis

Os biocombustíveis são classificados em quatro gerações, de acordo com a biomassa utilizada, e o seu processo de produção. Cada geração possui vantagens e desvantagens frente às outras. A diferença entre essas gerações é apresentada na (**Tabela 1**).

Tabela 1: Classificação dos tipos de biocombustíveis, em relação a matéria de produção, relacionando as vantagens e desvantagens de cada.

Geração	Matéria-prima	Vantagem	Desvantagem
1^a	Oleaginosas, cana-de-açúcar e outros alimentos (Sims, 2010).	Baixo custo e tecnologia já desenvolvida (Dutta, 2014).	Compete diretamente com o preço dos alimentos (HLPE, 2013).
2^a	Biomassa Ligno-celulósica: Resíduos agrícolas e florestais de baixo custo (cascas, folhas, palha; Sims, 2010; Dragone, 2010).	Não compete com a alimentação (Sims, 2010).	Alto custo na remoção da lignina para a produção do combustível (OECD/IEA, 2008).
3^a	Algas (Dragone, 2010).	Não se precisa de grandes áreas para o cultivo, não compete com os alimentos e tem ciclos de produção curtos (Dragone, 2010).	Maior consumo de energia, usada no cultivo das algas (Behere, 2015).
4^a	Algas geneticamente modificadas (Lu, 2004).	Alto rendimento e menor emissão de CO ₂ para a atmosfera (Demirbas, 2011).	Maior custo do fotobioreator (Lu, 2004).

3. Algas

3.1 Definição

Alga é uma denominação normalmente utilizados para classificar um grupo de organismos, diferentes em muitos aspectos, como: morfologia, fisiologia, ecologia e reprodução (Baumgarther, 2013). Todos são talófitos (plantas que não possuem folhas, hastes e raízes) que possuem a clorofila como pigmento fotossintético primário, não tendo uma cobertura esterilizada de células, em volta das células produtoras (Brennan, 2010). São organismos que crescem normalmente em meio aquoso, permitindo acesso livre à água, CO₂ e outros nutrientes (Costa, 2011) que, graças a sua estrutura unicelular, se tornam mais eficazes absorvendo diretamente os nutrientes através do processo de fotossíntese quando comparadas com plantas superiores (Costa, 2011; Dragone, 2010).

3.2 Classificação das algas

As algas podem ser classificadas de duas formas, como macro e microalgas. As macroalgas são semelhantes às plantas superiores, algas gigantes, mesmo assim, o seu organismo não tem a mesma restrição, possibilitando o crescimento em ambiente aquoso (John, 2009). Enquanto que, as microalgas são organismos microscópicos (Kose, 2016).

A taxa de lignina nas macroalgas é menor que as encontradas em microalgas, porém são suficientes para a produção de etanol, contendo quantidade significativa de açúcar, superior a 50% em peso (Wi, 2009). Alguns estudos procuram encontrar métodos que contribuam para a liberação de mais glicose dessas algas (Yoon, 2010).

4. Biocombustíveis de 3ª geração

Nos últimos anos os estudos sobre a produção de biocombustíveis a partir de algas têm ganhado grande importância e interesse, tendo como objetivo, a substituição de combustíveis fósseis em motores de combustão interna, como veículos com motores do ciclo Otto e Diesel (Leary, 2009). As algas podem produzir vários tipos de combustíveis, dependendo de características do processo e da espécie da alga, como etanol, biodiesel, biogás, como também outros produtos. O que vai determinar o combustível a ser gerado é principalmente a espécie de alga inserida ao processo, levando em conta suas características, e os principais compostos gerados no processo (Costa, 2011).

Os biocombustíveis de terceira geração são compostos por um elevado teor de hidrogênio graças às proteínas e à clorofila. Quando comparado com demais fontes para a produção de biocombustíveis, o de 3ª geração tem um maior poder calorífico, baixa densidade e viscosidade, características que o torna mais apto para a produção de biocombustíveis do que os de origem de fonte de 1ª geração (Miao, 2011). A (Figura 1), mostra um esquema simplificado dos principais biocombustíveis produzidos a partir das microalgas.

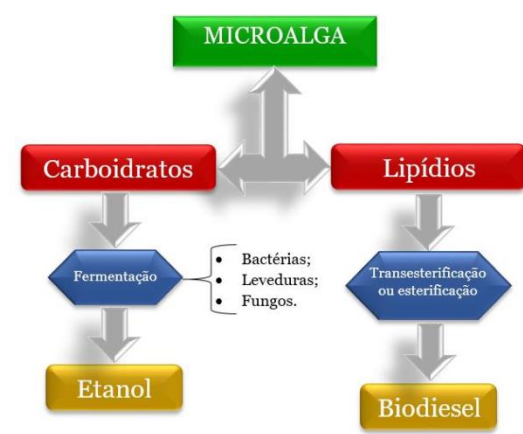


Figura 1: Produção dos principais biocombustíveis a partir das microalgas (Kose, 2016).

4.1 Etanol

Como eixo principal para o estudo dessa pesquisa, tem-se a grande vantagem do uso de etanol como combustível renovável e a diminuição dos índices de CO₂ lançados na atmosfera. Diante da necessidade para substituir os combustíveis fósseis, tanto os EUA, quanto a Europa, entre outros países no mundo tem levantado a hipótese de trocar gasolina por etanol (Willke, 2004). Por volta da década de 80, o etanol foi uma opção como combustível para carros com motores de ciclo Otto no Brasil, em um país que com essa troca evita que por volta de $9,6 \times 106$ toneladas a menos de carbono na atmosfera por ano, o que corresponde por volta de 15% das emissões do Brasil (Costa, 2011).

A produção do etanol é geralmente realizada a partir da fermentação de biomassa, que reveza a produção em usinas com resíduos orgânicos (Costa, 2011; Xuan, 2009). Tendo sua produção geralmente do açúcar e do amido (Rupprecht, 2009), em que o uso de açúcar para a

produção apresenta um rendimento de 40% aproximadamente. Já a produção do etanol a partir do amido, consome muita energia, em relação à produção a partir do açúcar, o que pode gerar um resultado no rendimento negativo, o que inviabiliza a produção energética desse produto (Costa, 2011).

Também foi no Brasil o programa de bioenergia de maior impacto mundial, o Proálcool, uma solução criada pelo governo com aumento do custo com a importação do petróleo, esse programa teve início em 1976, incentivando a produção do etanol a partir da cana-de-açúcar como também a adaptação de motores de ciclo Otto para o uso de etanol (Costa, 2011).

A gasolina tem um poder calorífico, que é a quantidade de energia interna contida no combustível (Leone, 2015), maior que do etanol em cerca de 30%. Porém, o fator de octanagem (que é o índice de resistência à detonação do combustível (Leone, 2015)) do etanol é superior que o fator de octanagem da gasolina, e ao longo dos anos, os ajustes realizados nos motores, no sistema de injeção, tem aumentado a eficiência de um motor alimentado por etanol. A relação de eficiência técnica do etanol por litro de gasolina é em torno de 1,15 (Costa, 2011).

Os valores das culturas que são usadas para a produção do etanol sofreram uma alta sem precedentes no ano de 2006. A variação de preços é comum, por serem muito sensíveis a diversos vetores como, por exemplo, o clima. Porém, atualmente a tendência de alta tem se mantido, o que gera discussões sobre a produção de combustíveis a partir de culturas de 1ª geração, e a distribuição de alimentos, principalmente pela população mais pobre. Com isso os estudos para encontrar alternativas de combustíveis viáveis para a sociedade são de grande importância (Costa, 2011; Xuan, 2009).

A produção de etanol de 3ª geração, que é a partir de microalgas, tem uma matéria rica em substrato fermentável, considerando as condições de cultivo, podendo apresentar bons níveis de compostos de carbono. Muitas espécies de microalgas podem produzir o etanol, como por exemplo, *Chamydomonas sp.*, *Chlorella sp.*, *Oscillatoria sp.*, *Cyanothece sp.* e *S. platensis* (Ueno, 1998). É necessária sobre condições anaeróbicas a introdução ao processo de bactérias, leveduras ou fungos, que serão usados para fermentar os carboidratos. Porém junto com o etanol, também é gerado no processo CO₂ e H₂O. Teoricamente o rendimento pode alcançar 51% da sua massa, ou seja, no máximo 0,51 kg de etanol são gerados a partir de 1,0 kg de biomassa de algas (Costa, 2011).

O processo de produção do etanol de 3ª geração se baseia no cultivo das microalgas, colheita de células, preparo da biomassa para fermentação, e após a fermentação, é extraído o etanol. A biomassa é preparada basicamente de duas formas, através de equipamentos, ou com o uso de enzimas que tem como função a quebra das paredes celulares, disponibilizando os carboidratos ao processo. Após essa etapa, são adicionadas leveduras ao processo, responsáveis pela fermentação. Com isso, o açúcar é transformado em etanol por conta das leveduras. O etanol é passado por um processo de purificação através da destilação (Costa, 2011; Amin, 2009).

O CO₂ remanescente do processo pode ser reutilizado como nutriente na criação das microalgas, ou na digestão anaeróbica das biomassas (Harun, 2010).

Para a escolha da microalga para a produção do etanol deve-se levar em consideração sua taxa de carboidratos, que necessita dispor de uma boa eficiência na absorção desse componente, como por exemplo, a *Chorella vulgaris*, que tem uma eficiência acima de 65% (Ueno, 1998).

Fatores importantes podem influenciar o rendimento, não sendo o tipo de microalga usada no processo como o único fato relevante que precisa ser controlado, um exemplo foi uma experiência com a *Chlorella sp.*, quando o cultivo foi submetido a uma temperatura de 30°C, obteve-se um rendimento de 448,0 $\mu\text{mol g}^{-1}$ em peso seco, quando a temperatura foi reduzida para 20 °C, o rendimento caiu para 196,0 $\mu\text{mol g}^{-1}$ em peso seco, o que poderia significar que a produção de etanol para essa microalga é diretamente proporcional à temperatura obtida no cultivo, porém o rendimento foi ainda menor quando a temperatura atingiu 35 °C, e não se obteve produção com uma temperatura de 45 °C (Costa, 2011).

5 Produção do etanol de 3ª geração

A tecnologia aplicada no processo de produção de combustíveis a partir de algas engloba técnicas, processos específicos, e leis de processamento, que contém conceitos sobre morfologia, fisiologia, bioquímica e genética da alga (Leary, 2009). A criação de uma nova área da tecnologia, para a produção de microalgas em alta escala tem ganhado cada vez mais importância, unindo diversas operações separadamente, porém, por se tratar de uma tecnologia nova, existem inúmeras dúvidas, incertezas e limitações. Essa tecnologia teve início na década de 50 (Oncel, 2015).

Nessa época, o cultivo era feito em lagos naturais. Após estudos, foram implantados sistemas de tanques artificiais, com o intuito de controlar parâmetros relevantes à produção (Kose, 2016).

A variedade de espécies de microalgas possibilita uma ou mais opções de espécies para local de cultivo, e também para o produto que pretende produzir. Há dois modelos de projetos que podem ser aplicados para a produção: (a) lagoas abertas (artificiais ou naturais) como mostra a **(Figura 2)** e a **(Figura 3)**; (b) foto-biorreatores (PBR's). A opção por lagoas abertas são projetos simples, porém não dá um controle em algumas condições para a produção (como contaminação, temperatura de produção, exposição solar, entre outros) por isso a necessidade de escolher com cuidado a espécie e o ambiente de cultivo (Kose, 2016).



Figura 2: Tanque artificial para cultivo de algas. (Kose, 2016).

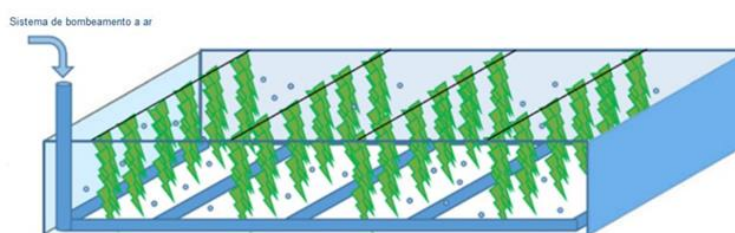


Figura 3: Tanque artificial para cultivo de algas. (Moazami, 2012).

Com a crescente necessidade por fontes de energias alternativas, as pesquisas sobre os PBR's avançaram, contribuindo para os estudos relacionados com os biocombustíveis de 3^a geração (Xu, 2009). Mesmo com os custos para a implementação, os PBR's têm vantagens, como o isolamento do meio externo, um ponto crucial para a produção (Kose, 2016).

5.1 Escolha de variáveis do processo de produção

Por conta da sua grande diversidade, as microalgas, onde as estimativas de espécies existentes são de aproximadamente 50 mil, sendo mais de 100 delas próprias para a produção de biocombustíveis (Suganya, 2016). Com relatórios do *Aquatic Species Program (ASP)* e do *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, 50 espécies foram mostradas como aptas para a produção de biocombustíveis (Suganya, 2016; Nrel, 2010). A determinação da espécie que será usada para a produção deve levar alguns pontos em consideração.

- Pontos básicos para a escolha da espécie da microalga (Kose, 2016):
 - Tolerância a níveis de O₂;
 - Resistência a foto inibição;
 - Apresentar altas taxas de crescimento;
 - Ter baixa necessidade de nutrientes para se desenvolver;
 - Possuir alta atividade fotossintética;
 - Facilidade em se adaptar em condições de estresse ambiental (para sistemas abertos);
 - Taxas altas de sobrevivência;

- Estabilidade genética.

Através de culturas já concluídas, foi estabelecido um ambiente propício para uma comparação com a produção de microalgas. Com o intuito de criar uma estimativa mais realista de pontos importantes para uma produção, como: custo, produtividade e rendimento, com essas comparações e estudos, foi possível estimar e prever algumas incógnitas, diminuindo as incertezas para a produção (Kose, 2016).

A microalga para ser adequada para a produção de etanol, é preciso que forneça uma biomassa rica em açúcares fermentáveis, pois a taxa de carboidratos em sua composição é importante para a fermentação (Kose, 2016).

5.2 Formas de Produção

A produção em escala comercial tem alguns pontos críticos, que devem ser mantidos em equilíbrio, como, custo, rendimento, e o sistema produtivo (Christaki, 2011). Os desafios são muitos, a produção em escalas consideráveis para a comercialização são poucas, e os métodos tradicionais utilizados não dão uma resposta satisfatória, é preciso desenvolver novas técnicas, que visem diminuir as perdas inerentes ao processo, e aumentar o rendimento. Os dados obtidos com pesquisas laboratoriais e projetos pilotos têm alcançado um sucesso, porém para a implantação de uma produção em larga escala, outras variáveis devem ser consideradas, e isso é o que dificulta a efetivação da tecnologia. O dimensionamento de todo o projeto precisa ser eficaz para o que se deseja produzir, levando em consideração, a demanda do mercado, as condições ambientais da região, entre outros pontos sensíveis, mas que influenciam bastante no resultado desejado, como ilustrado na (Figura 4) (Kose, 2016).



Figura 4: Principais desafios encontrados para a produção de combustíveis de 3ª geração (Kose, 2016).

O volume de produção e área dedicada para criação da cultura, são pontos muito importantes para se iniciar o projeto para o cultivo. De forma simplificada, quanto maior a área destinada para o cultivo das algas, maior é o potencial de produção, que pode ser intensificado atra-

vés de técnicas e métodos, visando um melhor aproveitamento da cultura. (Oncel, 2015). Nesse sistema de criação, o bom aproveitamento da área é crucial para o sucesso da produção. Outro ponto que é preciso levar em consideração é a distribuição da criação, em lagoas mais profundas, a iluminação pode ser irregular e ineficiente em alguns pontos, o que pode prejudicar o crescimento, e assim diminuir a produtividade da criação, além da iluminação, a distribuição dos nutrientes também pode ser prejudicada. Logo, a disposição das variedades ambientais, é vital ao cultivo (Kose, 2016). Da mesma forma, em sistemas fechados, a proporção é realizada utilizando variáveis geométricas, como, área, volume, altura, etc. Os sistemas fechados, são representados por biorreatores, e eles possuem várias formas de construção, essa escala deve ser feita com bastante cuidado, assim como outros pontos relevantes a produção, como nesses sistemas o controle em variáveis de produção são maiores, a escala de produção pode ser aumentada sem necessariamente a mudança na estrutura do biorreator, apenas com estudos de temperatura, iluminação, entre outros pontos, que possam atingir a produção desejada para o projeto (Oncel, 2015). Os métodos para o aumento de produção, os critérios de aumento de escala, abrangendo a influência da luz, não funcionam para as algas produzidas de forma heterotroficamente (Kose, 2016).

Basicamente, para se estabelecer uma estratégia de implantação, para cultivar algas, a fim de produzir combustíveis, existem duas visões principais, (a) limitações do projeto; e (b) limitações baseadas com os custos do projeto. Cada visão é uma estratégia que tem uma forma diferente de serem solucionadas, as limitações de projeto podem ser solucionadas alterando técnicas, ou fazendo uso de métodos mais adequados ao projeto; tornando assim o projeto mais eficiente, e alcançando um melhor desempenho. Já o segundo ponto, necessita de uma gestão dos meios de construção e manutenção do sistema, seja ele aberto, ou fechado (PBR), na escolha do material empregado, formas de construção, e os meios com que o sistema irá funcionar, como a distribuição de nutrientes e a preocupação com contaminação (Kose, 2016; Oncel, 2015).

5.3 Principais questões que influenciam a Produção

Há muitos pontos que influenciam, não apenas o tipo de produção, mais também a viabilidade dessa produção, como a disponibilidade de água, sua qualidade e quantidade, a área de produção, a o tipo de terra do local, seus nutrientes e características do solo, assim como o tipo de combustível que tem interesse em produzir, levando em conta alguns pontos, como demanda do mercado, e viabilidade de produção em relação à escolha da alga mais adequada e o ambiente de produção (Kose, 2016).

5.3.1 Fonte de água

O fornecimento de água, assim como suas características, são parâmetros importantes no processo, principalmente em produções de escala industrial. Para a produção de algas, há a

necessidade de um grande volume de água (Kose, 2016). Sendo um elemento fundamental para o crescimento e produção das algas, podendo haver uma otimização desse recurso, como a reutilização de águas residuais, salobras, e com altos índices de nutrientes orgânicos, as tornando inviáveis para o uso doméstico (Kose, 2016). A análise realizada para a viabilidade de produção no local necessita do levantamento do custo com o abastecimento do recurso, mesmo com o aproveitamento de águas residuais. No caso de sistemas abertos, como lagos, o cálculo da perda de volume por evaporação, considerando as variações de temperatura, considerando a disponibilidade de água como um valor determinante no volume de produção (Kose, 2016).

A utilização da água no cultivo consiste de algumas etapas básicas do processo de produção (Kose, 2016), como mostra a (Figura 5).



Figura 5: Utilizações da água no processo (Tu, 2016).

Os pontos observados anteriormente, na Figura 5, são os que têm influência direta no processo, e podem alterar a forma e a escala de produção. Para escalas maiores de produção, regiões desérticas são excelentes escolhas para a criação, por conta das altas temperaturas, o que torna um ótimo indicador para a produção, já que auxilia o metabolismo e o crescimento da criação. Nos sistemas fechados, a perda de calor é a causa da variação de temperatura na superfície dos biorreatores, o que gera uma diminuição drástica na produção. Em uma criação ao ar livre, em um local que tenha uma alta incidência de raios solares, disponibiliza uma radiação por dia por volta de 21 MJ/m², porém a absorção de microalgas gira em torno de 6%, logo cerca de 19,7 MJ/m² não são utilizados (Oncel, 2013). Em produções feitas com PBR, o controle de temperatura é feito o resfriamento através do uso da água, para manter uma temperatura ideal abaixo de 23,2 °C, necessário para o crescimento de muitas culturas de algas (Kose, 2016).

As perdas do volume de água devem ser controladas, e evitadas o máximo possível, através de um bom projeto, essas perdas podem ser caçadas por vazamentos, águas residuais do processo, além da evaporação, e um volume a mais deve ser reservado pensando nessas possíveis perdas. Algumas faces do processo podem dispor de uma água, que pode ser reaproveitada e retornar para o cultivo, como a colheita e também através da desidratação da biomassa (Kose, 2016).

A utilização de águas residuais no processo é um meio que agrega de várias formas ao processo, além de ter uma visão ecológica de aproveitamento de um recurso escasso nos dias de hoje, dando uso a um material que gera discussões sobre o assunto, como para a indústria, que precisa encontrar um destino para as águas utilizadas em seus processos. Esse material tem uma alta taxa de carga orgânica e nutrientes (nitrogênio, cálcio, fósforo, magnésio, boro e zinco) que são fundamentais para o cultivo. Outras vantagens da criação em águas residuais, é que no processo de desenvolvimento das algas, elas são responsáveis pela retirada de metais pesados do ecossistema, sendo um agente de reequilíbrio ambiental (Kose, 2016).

5.3.2 Áreas para a produção

Em comparação a produção de biocombustíveis de primeira geração com os de terceira, não há uma competição com o alimento, e as áreas destinadas para a produção são muito inferiores do que produções tradicionais (produção de cana-de-açúcar, milho e outras) (Chen, 2011). Uma área necessária para a produção é um fator que limita a escala da capacidade de produção, o melhor aproveitamento do espaço é importante para a otimização do projeto, essa escolha deve levar em consideração a capacidade, volume, unidades de produção e equipamentos empregados à jusante (Kose, 2016).

A demanda global por combustível dificilmente poderá ser atendida apenas com o uso de biocombustível produzidos a partir das algas, principalmente por conta dessa área que é muito grande, porém juntamente com outras fontes alternativas de energia, pode trazer uma solução para vários problemas do uso de combustíveis fósseis. Por conta de áreas improdutivas, que podem ser destinadas para o cultivo, agregando valor a ambientes não aráveis, tornado mais hábitos para a produção de algas (Christaki, 2011).

Dessa forma o aproveitamento de áreas não produtivas, e diminuir a necessidade de fontes de energia de componentes florestais, reduzindo assim o desmatamento. Porém, o maior problema para a produção nessas áreas, é a forma encontrada para o transporte de recursos, como a água, como também o biocombustível finalizado (Kose, 2016).

5.3.3 Demanda por combustível

Atualmente, a maioria dos combustíveis são de origem fóssil. Porém, os estudos em relação a alternativas renováveis têm sido cada vez mais crescentes. Os combustíveis de terceira geração têm um alto teor de oxigênio, e baixos níveis de nitrogênio e enxofre, fazendo com que obtenha melhores características de combustão e altas taxas de queima (Kose, 2016). Contribuindo para neutralização da emissão de CO₂. Sendo uma fonte de matéria prima para vários tipos de combustíveis, como, biodiesel, biogás, hidrogênio, e claro, etanol (Oncel, 2013). Uma combinação de produção de combustíveis proporciona sistemas mais ecológicos e sustentáveis, em culturas de escala comercial (Kose, 2016).

Os biocombustíveis de terceira geração são relativamente novos, quando comparados com os combustíveis derivados do petróleo. Métodos tem sido alvo de estudos em todo mundo para que se possa difundir essa tecnologia em larga escala, substituindo grande parte dos combustíveis atuais, meta estabelecida pela Comissão Europeia (CE), em relação à emissão de CO₂, e outros gases que são responsáveis pelo efeito estufa. Onde até 2020, se estima uma redução de no mínimo 20% da emissão desses gases tão danosos ao planeta (Kose, 2016).

A garantia da continuidade de energia suficiente para a demanda atual e as futuras é um dos pontos mais discutidos e que gera grande preocupação (Kose, 2016). Os fatores como, mudanças políticas, influenciam de companhias petrolíferas e preços de combustíveis instáveis aumentam a incerteza em relação à garantia de dispor de fontes energéticas trazem problemas de insegurança energética. O uso de outras fontes de energia, como as sustentáveis, tem o papel de trazer uma segurança ao fornecimento para a população (Kose, 2016).

6 Controle e soluções para as desvantagens e dificuldades

Os pontos que dificultam a produção em larga escala de combustíveis de terceira geração têm vantagens tanto no ponto de vista econômico, quanto no ponto de vista ambiental, a reutilização de subprodutos e diminuição de perdas, é fundamental para a sobrevivência da produção em grandes escalas, visando atingir melhores resultados (Jin, 2015). Os subprodutos têm grande valor para muitos setores industriais, como a biomassa residual tem um valor considerável, quando analisado com cuidado (Jin, 2015). Um exemplo é a utilização do glicerol, que é um subproduto inerente ao processo de produção de biocombustíveis de algas, que pode ser reutilizado para a produção de outros combustíveis, como substrato para outros micro-organismos, ou para a produção de bioplásticos (Kose, 2016).

Há formas de reduzir os custos de produção, assim como as dificuldades em relação a características do ambiente. Como por exemplo, a reutilização da água usada no cultivo, para o resfriamento da cultura, controlando a temperatura no tanque. Assim como, reutilizar no cultivo, água residual de indústria e centros urbanos, diminuindo o custo não apenas com água, mas dependendo dos componentes nela presentes, economizar-se também com nutrientes necessários para o crescimento das algas. Porém, em condições específicas, o crescimento de algumas espécies de microalgas é prejudicado com a utilização de água reaproveitada, como o caso de algumas espécies que produzem o etanol, já que o processo ocorre por fermentação por fungos ou bactérias. Para esse tipo de produção, são viáveis apenas espécies que sejam resistentes a condições extremas de produção. Na fermentação é liberado CO₂, que pode ser reaproveitado no cultivo das algas (Kose, 2016). Outra forma se otimizar a produção tem-se através de projeto, que possibilite a reutilização de insumos do processo, como solventes e catalisadores. No final do processo, parte e resíduos podem ser reaproveitados como fertilizantes. O fundamental para um projeto que vise o melhor desempenho e aproveitamento máximo do sistema, é proceder-se uma

análise de cada processo, visando desperdício zero (Kose, 2016). A (**Tabela 2**), mostra os principais desafios para a produção, e pontos importantes em relação a esses desafios.

Tabela 2: Classificação dos tipos de biocombustíveis, em relação a matéria de produção, relacionando as vantagens e desvantagens de cada (Kose, 2016).

Desafio	Gargalo	Foco
Em sistemas abertos ou fechados		
Terra	Diminuição do espaço para produção.	Projetar sistemas que visem maior eficiência, para que possa atender a demanda, utilizando menor espaço para a produção.
Influência das condições ambientais	Resistência a mudanças de fatores climáticos e ambientais.	Em sistemas abertos, utilizar espécies que se adaptam melhor a mudanças. E em sistemas fechados, projetar sistemas que controlam e corrigem essas variáveis.
Estrutura do sistema	Durabilidade	Utilizar novos métodos construtivos, e técnicas que visem a preservação do sistema.
Disponibilidade de luz	Eficiência	Projetos modificados que visem uma distribuição homogênea de luz
Água	Fornecimento / Distribuição / Prevenção de perdas	Reutilizar volume de água do próprio processo, fazer adequações sempre que necessário, e realizar um projeto vise a diminuição de perdas.
CO₂	Fornecimento / Distribuição / Prevenção de perdas	Reutilizar o CO ₂ do próprio processo, fazer adequações sempre que necessário, e realizar um projeto vise a diminuição de perdas do gás.
Nutrientes	Fornecimento / Distribuição / Prevenção de perdas	Reutilizar os nutrientes residuais do próprio processo, fazer adequações sempre que necessário, e realizar um projeto vise a diminuição de perdas desses componentes.

7 Viabilidade dos biocombustíveis de 3ª geração

Estudos realizados sobre a produção de biocombustíveis de 3ª geração indicam formas de corrigir as principais dificuldades para produção em escalas comerciais. Levando em consideração custos primordiais, como com a terra, fornecimento de água, projeto estrutural e sua manutenção, formas de colheita, e sistemas de produção do combustível, a melhor escolha ainda seria por combustíveis de terceira geração, ao invés dos combustíveis fósseis (Oncel, 2015; Oncel, 2013). A parte primordial para essa produção em alta escala, é o estudo da demanda do local, e estudos das características do ambiente, visando um projeto eficiente e otimizado. As barreiras para implantação dessa tecnologia existem, porém, os motivos para se investir nela são bastante relevantes, características de uma tecnologia nova, que precisa competir com uma forma de produção consolidada há muitos anos, e com o uso da matéria prima para a produção de outros produtos, como cosméticos e produtos farmacêuticos, que estão há mais tempo no mercado. A produção em escala comercial tem como maior dificuldade a viabilidade econômica,

segundo pesquisas referentes ao assunto, além do custo de produção, há também um impacto em relação ao mercado, que é controlado, em grande parte, pelos combustíveis fósseis. Variações ao longo do tempo mostram que o preço do petróleo é instável, e com o surgimento de uma nova fonte de energia em potencial, a reação em relação ao preço do barril de petróleo, pode se apresentar com intensidades muito mais indefinidas. O custo de produção do biocombustível de terceira geração, segundo vários pesquisadores, fica em torno de 3 a 4 dólares por litro. Mesmo com retaliação do mercado, há uma grande margem para agregar um excelente retorno na produção em relação ao combustível de origem fóssil segundo pesquisa publicada no portal da ANP (Agência Nacional do Petróleo) em maio de 2018, que mostra um preço por volta de R\$ 1,6 no valor do litro do petróleo, fora o custo para produzir os combustíveis (gasolina e diesel) (Oncel, 2015).

8 Conclusão

Hoje em dia, os combustíveis produzidos através das algas aparentam não serem viáveis no ponto de vista econômico, por ter um alto custo de implantação, e necessitar de um projeto estruturado e específico para as condições para o cultivo. Por outro lado, possibilita um alto rendimento de produção, podendo usar uma menor área e atingir um volume considerável satisfatória. Sem a necessidade de utilizar uma terra fértil, como é fundamental para a criação de biocombustíveis de 1ª e 2ª geração, tem um menor custo com manutenção, e não sofre tanto com períodos de safra e entressafra.

Hoje em dia, os combustíveis produzidos através das algas aparentam não serem viáveis no ponto de vista econômico, por ter um alto custo de implantação, e necessitar de um projeto estruturado e específico para as condições para o cultivo. Por outro lado, possibilita um alto rendimento de produção, podendo usar uma menor área e atingir um volume considerável satisfatória. Sem a necessidade de utilizar uma terra fértil, como é fundamental para a criação de biocombustíveis de 1ª e 2ª geração, tem um menor custo com manutenção, e não sofre tanto com períodos de safra e entressafra.

9 Referências

- AMIN, S. 2009. *Review on biofuel oil and gas production processes from microalgae*. Energy Convers. Manage. 50, 1834-1840.
- ANP, Disponível em <http://www.anp.gov.br/wwwanp/bioccombustiveis>. Acessado em 21/11/2017.
- BAUMGARTHER, T. R. S., BURA, J. A. M., KOGIKOSKI, M. E. K., SEBASTIEN, N. Y. S., ARROYO, PA. 2013. *Avaliação da produtividade da microalga Scenedesmus acuminatus(Lagerheim) Chodat em diferentes meios de cultivo*. Revista Brasileira de Biociência. 11.
- BEHERE, S., SINGH, R., ARORA, R., SHARMA, N. K., SHUKLA, M., KUMAR, S. 2015. *Scope of algae as third generation biofuels*. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. 2. 90.
- 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.

- CHEN, C.-Y., YEH, K.-L., AISYAH, R., LEE, D. J., CHANG, J.-S. 2011. *Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: A critical review*. *Bioresour. Technol.* 102; 71-81.
- CHRISTAKI, E., FLOROU-PANERI, P., BONOS, E. 2011. *Microalgae: a novel ingredient in nutrition*. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 62(8):794-799.
- COSTA, J. A. V., MORAIS, M. G. 2011. *The role of biochemical engineering in the production of biofuels from microalgae*. *Bioresource Technology*. 102; 2-9.
- DAVIS, R., FISHMAN, D., FRANK, E. D., WIGMOSTA, M. S., AUTHORS, C., ADEN, A., COLEMAN, A. M., PIENKOS, P. T., SKAGGS, R. J., VENTERIS, E. R., WANG, M. Q. 2012. *Renewable diesel from algal lipids: an integrated baseline for cost, emissions, and resource potential from a harmonized model*. Technical Report NREL/TP-5100-55431.
- DEMIRBAS, M. F. 2011. *Biofuels from algae for sustainable development*. *Applied Energy*. 88; 3473-3480.
- DRAGONE, G., FERNANDES, B. D., VICENTE, A. A., TEIXEIRA, J. A. 2010. *Third generation biofuels from microalgae*. *Formatex*. 3067; 1355-1366.
- DUTTA, K., DAVEREY, A., LIN, J. 2014. *Evolution retrospective for alternative fuels: First to fourth generation*. *Renewable Energy*. 69; 114-122.
- HARUN, R., MANJINDER, S., FORDE, G. M., DANQUAH, M. K. 2010. *Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products*. *Renew. Sust Energy Rev.* 14; 10137-1047.
- HLPE. 2013. *Biofuels and food security*. Are port by the High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome.
- HO, D. P., NGO, H. H., GUO, W. 2014. *A mini review on renewable sources for biofuel*. *Bioresource Technology*. 169; 742-749.
- JIN, M., SLININGER, P. J., DIEN, B. S., WAGHMODE, S., MOSER, B. R., ORJUELA, A., DA C., SOUSA, L., BALAN, V. 2015. *Microbial lipid-based lignocellulosic biorefinery: feasibility and challenges*. *Trends in Biotechnology*; 33 (1):43-54.
- JOHN, R. P., ANISHA G. S., NAMPOOTHIRI K. M., PANDEY, A. 2009. *Production of Biodiesel Fuel from the Microalga Schizochytrium limacinum by Direct Transesterification of Algal Biomass*. *Energy Fuel*. 23; 5179-5183.
- KOSE, A., ONCEL, S. S. 2016. *Algae as a promising resource for biofuel industry: facts and challenges*. *International Journal of Energy Research*. 41; 924-951.
- LEARY, D., VIERROS, M., HAMON, G., ARICO, S., MONAGLE, C. 2009. *Marine genetic resources: a review of scientific and commercial interest*. *Marine Policy*. 33 (2); 183-194.
- LEONE, T. G., ANDERSON, J. E., DAVIS, R. S., IQBAL, A., REESE, R. A., II, SHELBY, M. H., STUDZINSKI, W. M. 2015. *The effect of compression ratio, fuel octane rating, and ethanol content on spark-ignition engine efficiency*. *Environmental Science & Technology*. 49 (18); 10778-10789.
- LU, J., SHEAHAN, C., FU, P. 2004. *Fast pyrolysis of microalgae to produce renewable fuels*. *J. Anal. Appl. Pyrol.* 71; 855-863.
- MIAO, X., WU, Q., YANG, C. 2011. *Production of liquid biofuels from renewable resources*. *Progress in Energy and Combustion Science*. 37; 52-68.
- MOAZAMI, N., ASHORI, A., RANJBAR, R., TANGESTANI, M., EGHTESEADI, R., NEJAD, A. S. 2012. *Large-scale biodiesel production using microalgae biomass of Nannochloropsis*. *Biomass and bioenergy*. 39; 449-453.
- DARZINS, A., PIENKOS, P., EDYE, L. 2010. *Current status and potential for algal biofuels production*. *IEA Bioenergy*. 39; 1-146.
- OECD/IEA. 2008. *From 1st to 2nd generation s of biofuel technologies, overview of current industry and RD&D activities*.
- ONCEL, S. S. 2015. *Handbook of Marine Microalgae*. Elsevier, Oxford, UK.

- ONCEL, S. S. 2013. *Microalgae for a macroenergy world*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 26; 241–264.
- SIMS, R., MABEE, W., SADDLER, J. N., TAYLOR, M. 2010. *An overview of second generation biofuel technologies*. Bioresource Technology. 101; 1570-1580.
- SMITH, V. H., STURM, B. S. M., DENOYELLES, F. J., BILLINS, S. A. 2010. *The ecology of algal biodiesel production*. Trends Ecol. Evol. 25; 301-309.
- SUGANYA, T., VARMAN, M., MASJUKI, H. H., RENGANATHAN, S. 2016. *Macroalgae and microalgae as a potential source for commercial applications along with biofuels production: a biorefinery approach*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 55; 909-941.
- TU, Q., LU, M., THIANATHIT, W., KEENER, T. C. 2016. *Review of water consumption and water conservation technologies in the algal biofuel process*. Water Environment Research. 88(1); 21-28.
- UENO, Y., KURANO, N., MIYACHI, S. 1998. *Ethanol production by dark fermentation in the marine green alga. Chlorococcumlittorale*. J. Ferment. Bioeng. 86; 38-43.
- WI, S. G., KIM, H. J., MAHADEVAN, S. A., YANG, D. J., BAE, H. J. 2009. *The potential value of the seaweed Ceylon moss (Gelidium amansii) as an alternative bioenergy resource*. Bioresour Technol. 100; 6658-6660.
- WILLKE, T., VORLOP, K. D. 2004. *Industrial bioconversion of renewable resources as an alternative to conventional chemistry*. Appl. Microbiol. Bioethanol. 66; 131–142.
- XU, L., WEATHERS, P. J., XIONG, X. R., LIU, C. Z. 2009. *Microalgal bioreactors: challenges and opportunities*. Engineering in LifeSciences. 9(3); 178-189.
- XUAN, J., LEUNG, M. K. H., LEUNG, D. Y. C., NI, M. 2009. *A review of biomass-derived fuel processors for fuel cell systems*. Renew.Sust. Energy Rev. 13; 1301-1313.
- YOON, J. J., KIM, Y. J., KIM, S. H., RYU, H. J., CHOI, J. Y., KIM, G. S., SHIN, M. K. 2010. *Production of polysaccharides and corresponding sugars from red seaweed*. Adv MaterRes. 93-94; 463-466.