



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

DANIEL MOURA CORDOA

GLICEROQUÍMICA UMA PEQUENA REVISÃO

MATÃO

2023

DANIEL MOURA CORDOA

GLICEROQUÍMICA UMA PEQUENA REVISÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Tecnologia em Biocombustíveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Câmpus Matão como pré-requisito para obtenção do grau de tecnólogo, sob orientação do Prof. Dr. Aristeu Gomes Tininis.

MATÃO

2023

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca do IFSP – Campus Matão

	Cordova, Daniel Moura
Cutter	Gliceroquímica uma pequena revisão/ Daniel Moura Cordova 35f.
	Orientador: Prof. Dr. Aristeu Gomes Tininis
	Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Biocombustíveis) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Matão, Matão, 2023.
	1. Biocombustíveis. 2. Biodiesel. 3. Glicerol. 4. Gliceroquímica I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Matão. II. Gliceroquímica uma pequena revisão.
	8/8063
	CDD662

DANIEL MOURA CORDOA

GLICEROQUÍMICA UMA PEQUENA REVISÃO

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Aristeu Gomes Tininis - Presidente

IFSP – Matão/SP

Profª. Dra. Camila Fernanda Amantino

IFSP – Matão/SP

Profª. Dra. Claudia Regina Caçado Sgorlon Tininis

IFSP – Matão/SP

Data do exame: 04/09/2023 Avaliação: Aprovado.

MATÃO

2023

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter me dado ao longo do curso saúde, sabedoria, paciência e perseverança para concluir mais um ciclo em minha vida.

Agradeço a minha família, base de todas as etapas vividas até aqui, e pelo amor incondicional, por me incentivarem nos momentos difíceis e compreenderem a minha ausência enquanto eu me dedicava aos estudos.

Agradeço aos professores/doutores do IFSP Campus Matão pelos ensinamentos e correções durante a minha formação acadêmica no curso de Tecnologia em Biocombustíveis.

Agradeço a todos os profissionais do IFSP Campus Matão pela disposição e atendimento prestado durante a minha formação acadêmica.

Agradecer também aos amigos e colegas da faculdade, que sempre estiveram ao meu lado compartilhando experiências adquiridas durante o curso.

Tenho a certeza absoluta que, todos citados acima contribuíram diretamente para que eu chegasse até aqui.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tendência dos mercados consumidores de glicerol.....	14
Figura 2 – Reação de transesterificação da produção de biodiesel.....	19
Figura 3 – Pesquisa via navegador e site google acadêmico.....	26

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Produção de glicerina através do biodiesel no Brasil (B100) entre 2012 a 2021.....	21
Gráfico 2 – Porcentagem da produção de glicerina através do biodiesel por região no Brasil (B100) 2012 a 2021.....	21
Gráfico 3 – Produção de glicerina através do biodiesel por região no Brasil (B100) 2012 a 2021.....	22
Gráfico 4 – Resultado da pesquisa dos descritores.....	28
Gráfico 5 – Pesquisa de trabalhos no Google Acadêmico selecionados e utilizados.....	28
Gráfico 6 – Livros utilizados da biblioteca IFSP Campus Matão.....	29

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CO ²	Dióxido de carbono
CO	Monóxido de carbono
CH ⁴	Metano
NO _x	Óxido nitroso
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
B1	Vitamina (tiamina)
SciELO	Scientific Electronic Library Online
IFSP	Instituto Federal de São Paulo
B2	Diesel com 2 % de biodiesel
B5	Diesel com 5 % de biodiesel
GL	Glicerol Livre
TAG	Triacilgliceróis
MAG	Monoacilgliceróis
DAG	Diacilgliceróis
B100	100 % de biodiesel
m ³	Metro cúbico
HY	Zeólita
HBEA	Zeólita

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVO.....	17
2.1 – Objetivos específicos.....	17
3. O BIODIESEL E A FORMAÇÃO DE GLICEROL.....	18
3.1 – Reação de transesterificação.....	18
4. COPRODUTO GLICEROL.....	20
5. GLICEROQUÍMICA A GERAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS.....	23
5.1 – Acetais da glicerina (acetais e cetais).....	23
5.2 – Éteres.....	23
5.3 – Ésteres.....	24
5.4 – Produção do 1,2-propanodiol ou propilenoglicol e propeno.....	24
5.5 – 1,3-dihidroxiacetona por oxidação.....	25
5.6 – Ácido acrílico e acroleína por desidratação da glicerina.....	25
6. METODOLOGIA.....	26
7. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	28
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS.....	32

RESUMO

Com a introdução do biodiesel no mercado de biocombustíveis, o Brasil passou a não somente produzir o biodiesel para utilização em misturas com o diesel passou a produzir também resíduo. Com a alta produção de biodiesel e sobra de resíduo, não podendo ser descartado no meio ambiente, há necessidade de viabilizar a utilização desse resíduo. O glicerol passa a ser coproduto da produção do biodiesel, atualmente é uma matéria prima importante para a indústria química, porém, novos estudos colocam o glicerol como um grande aliado para criação de novos produtos, a gliceroquímica surge para utilização e criação de novos produtos oriundos do glicerol agregando valor a cadeia do biodiesel.

Palavras-chave: Biocombustíveis. Biodiesel. Glicerol. Gliceroquímica.

ABSTRACT

With the introduction of biodiesel into the biofuels market, Brazil began to not only produce biodiesel for use in mixtures with diesel it also began to produce waste. With the high production of biodiesel and leftover residue, which cannot be discarded in the environment, there is a need to make the use of this residue viable. Glycerol becomes a co-product of biodiesel production, it is currently an important raw material for the chemical industry, however, new studies place glycerol as a great ally for the creation of new products, glycerchemistry appears for the use and creation of new products from of glycerol, adding value to the biodiesel chain.

Keywords: Biofuels. Biodiesel. Glycerol. Glycerchemistry.

1. INTRODUÇÃO

Uma quantidade considerável de biodiesel está sendo produzida no Brasil, como resultado dos recentes esforços para encontrar fontes de energia renováveis e desenvolver processos de produção de energia para substituir aqueles que dependem de combustíveis fósseis.

Além de fontes renováveis, outros esforços em avanços tecnológicos são necessários, o desenvolvimento da química dos biocombustíveis, principalmente a relacionada à produção de biodiesel, possibilitou a produção de uma quantidade considerável de glicerol, que apesar de ser um coproduto da reação, é uma substância com ampla gama de aplicações Schneider (2008 *apud* Bueno; Silva, 2012, p. 62).

A preocupação com o meio ambiente e a expansão da química de biocombustíveis se justifica porque, desde a revolução industrial, a concentração de gases causadores do efeito estufa como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) e óxido nitroso (NO_x), aumentou principalmente devido à atividade humana, com a queima de combustíveis fósseis sendo um dos principais fatores que contribuem para esse aumento (RODRIGUES *et al.*, 2012).

Segundo Portela (2011) a produção e uso de energia é um dos elementos fundamentais do desenvolvimento e manutenção da sociedade humana. Dessa forma, a busca por diversas fontes de energia evoluiu para uma busca por fontes limpas e renováveis. De acordo com esse raciocínio, os biocombustíveis tem uma grande cooperação, o biodiesel surge como alternativa fantástica por ser um biocombustível feito a partir de gordura animal e óleos vegetais, tornando-se uma fonte limpa e renovável.

Segundo KNOTHE *et al.*, (2006) o glicerol ou glicerina ganha destaque no processo produtivo de biodiesel, um coproduto que agrega valor a produção de biodiesel, podendo ser utilizado em setores industriais de acordo com o seu grau de pureza. Portanto, a formação de um resíduo da produção do biodiesel, um coproduto, o glicerol, sendo produzido em volume considerável, é fundamental que sejam buscadas alternativas como a gliceroquímica para o consumo desse volume extra de glicerol.

Segundo PINHEIRO *et al.*, (2010) relatou que através de pesquisas de campo realizadas em empresas que produzem ou poderão produzir o biodiesel, foi possível identificar que há um gargalo tecnológico para a utilização da matéria prima glicerina, destacou ainda que há oferta da matéria prima em questão e que o volume de glicerina gerada está ficando estocada, pois, não há demanda do setor industrial para utilizá-la.

A gliceroquímica é uma alternativa para a cadeia produtiva do biodiesel, o glicerol precisa de um destino eficaz para agregar valor e manter a sustentabilidade no setor. Assim sendo, no que tange a produção do biodiesel e a geração do coproduto glicerol no país, permanece aumentando no Brasil segundo dados do anuário da (ANP, 2022).

A área da química dedicada à transformação da glicerina, especificamente no que diz respeito à sua transformação química, é a gliceroquímica. O termo glicerina é usado para designar soluções aquosas de glicerol disponíveis comercialmente, também conhecidas como 1,2,3-propanotriol. As concentrações podem variar de baixas, a produtos quase puros (UMPIERRE *et al.*, 2013).

Através da reação de transesterificação do biodiesel, obtêm-se o glicerol de baixa qualidade, podendo encontrar-se diversos produtos em sua composição como água, catalisador alcalino, álcool não reagido, ácidos graxos, entre outros produtos secundários (MOTA *et al.*, 2011).

O glicerol encontra-se disponível em grande quantidade devido à produção de biodiesel, sendo assim, a geração de 10% de glicerina é correspondente à produção de biodiesel a partir de qualquer triglicerídeo (PAIN *et al.*, 2009).

De acordo com PAGLIARO *et al.*, (2010) o glicerol deriva da palavra glykys, glykys corresponde a doce, sendo assim, o glicerol possui característica por ser composto orgânico líquido, adocicado, higroscópico, viscoso e inodoro. O glicerol foi descoberto, pelo químico sueco Carl W. Scheele, no ano de 1779, em seu experimento hidrolisado com óleo de azeite, obteve a presença de uma substância diferente o glicerol, tendo como características iniciais um líquido transparente e consistência viscosa como mel.

O desenvolvimento de tecnologias que possam agregar valor ao glicerol deve abrir caminho para o aumento da quantidade de biodiesel produzido no Brasil e a consequente produção de glicerol como coproduto da reação. O glicerol pode ser convertido em substâncias e matérias primas para outros setores da indústria química pela oxidação catalítica ou pela polimerização da substância e seus derivados, tecnologias já em execução por parte do setor químico já são recomendadas para transformar o glicerol em novos produtos, agregando valor a cadeia de produção do biodiesel (UMPIERRE *et al.*, 2013).

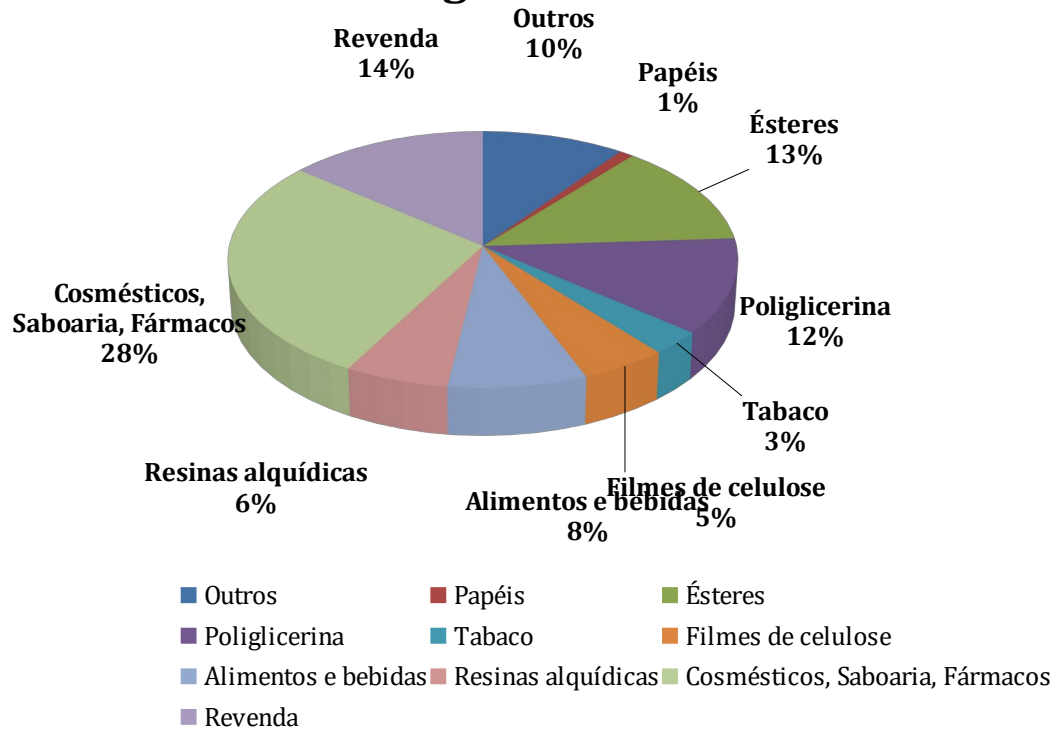
O glicerol pode ser comercializado e destinado a diversos setores industriais, porém, aonde há maior destinação e aplicação do glicerol é em produção de medicamentos, higiene bucal, suinocultura e purificação do próprio biodiesel. O glicerol tem sua extração realizada através de óleos de origem vegetal e de gorduras animal, (triacilgliceróis) e a conversão através da reação de transesterificação, obtêm-se o biodiesel e o glicerol então surge do processo produtivo do biodiesel (MOTA *et al.*, 2009).

Devido às suas propriedades físicas e químicas, como ausência de toxicidade, ausência de cor e ausência de odor, o glicerol puro tem uma variedade de usos nas indústrias cosmética, farmacêutica e de detergentes. Também é utilizado na indústria alimentícia, bem como na produção de resinas, aditivos e ésteres (PEITER *et al.*, 2016).

Na **(figura 1)** podemos observar a distribuição percentual das aplicações mais usuais do glicerol segundo MOTA *et al.*, (2009), sendo assim, o setor de destaque fica por conta de cosméticos, saboaria, fármacos com 28% do total da utilização do glicerol, seguido por revenda 14%, ésteres 13%, poliglicerina 12%, outros 10%, alimentos e bebidas 8%, resinas alquídicas 6%, filmes de celulose 5 %, tabaco 3% e papeis 1%.

Figura 1 – Tendência dos mercados consumidores de glicerol.

Tendência dos mercados consumidores de glicerol



Fonte: Mota *et al.*, 2009 adaptado pelo autor.

O Brasil destina boa parte da glicerina para a China, e a China tem utilizado essa glicerina em uma nova rota tecnológica a gliceroquímica para a produção de ácido fórmico, sendo utilizado em diversos setores industriais entre eles de couro, têxtil, agrotóxicos e na farmacêutica, criando produtos para a comercialização como agente de tingimento, triadimefon, formamide, dimetilformamide, antioxidante, aminoácidos, cafeína, vitamina B1 e borracha (Mota, 2006).

Uma matéria prima que pode ser utilizada em diversos setores da indústria cosmética, de barbear, farmacêutica, alimentícia, entre outras, é a glicerina. O produto 1,2,3-propanotriol comercialmente disponível, que contém cerca de 95% de glicerol, é referido como glicerina. No entanto, devido ao aumento da produção mundial de biodiesel, uma fração com cerca de 80% de glicerol é hoje mais comumente chamada de glicerina loira ou bruta (MOTA *et al.*, 2011).

Partiu-se das seguintes hipóteses:

- Devido à introdução do biodiesel na matriz energética brasileira a produção de biodiesel produziu também o glicerol como resíduo;
- O glicerol produzido através da reação de transesterificação precisa ser aproveitado e não descartado no meio ambiente;
- Que vários setores da indústria química já utilizam o glicerol, porém, através de novos estudos, o glicerol pode ser transformado em novos produtos.

Segundo PAGLIARO *et al.*, (2010) o glicerol já é amplamente usado na indústria química, já está empregado em diversos usos industriais. A esperança é que cresça ainda mais, a gliceroquímica pode se tornar uma nova rota tecnológica para o glicerol, assim sendo,

haverá utilização da matéria prima, criação e comercialização de novos produtos como plásticos e outros insumos.

Pinto (2005 *apud* Osaki; Batalha, 2011, p. 229) enumeraram uma série de obstáculos para o desenvolvimento da produção de biodiesel no Brasil. Essas dificuldades incluem questões de infraestrutura, elementos agrônômicos e a tecnologia usada para produzir biodiesel. Os principais desafios a serem enfrentados no setor de tecnologia de processos incluem a criação de novas rotas de transesterificação, a estabilidade de aditivos, a otimização dos processos industriais, a padronização do biodiesel, novos usos para a glicerina derivada do processo e a avaliação da qualidade do gás emitido por veículos que utilizam o biodiesel.

No entanto, é amplamente reconhecido na comunidade científica e nas indústrias de biocombustíveis que o glicerol representa um sério problema para a produção de biodiesel quando disponível em grandes quantidades. É fundamental que se busquem alternativas para o consumo dessas quantidades de glicerol, seja na forma bruta ou refinado, tornando viável a expansão da produção de biodiesel do ponto de vista econômico (BEATRIZ *et al.*, 2010).

De acordo com Yazdani (2007 *apud* Peiter; Alves; Sequinel; Bautitz, 2016, p. 526) o glicerol quando descartado de forma incorreta traz prejuízos severos ao ambiente, nesse sentido, o glicerol pode e deve ser utilizado para a produção de novos produtos através da gliceroquímica, porém, há necessidade de aperfeiçoamento de tecnologias e estudos na área da ciência capazes de trabalhar com o glicerol, para que haja esses novos produtos. Portanto, se não descartado de forma irregular e alinhado a tecnologia e ciência capazes de converter em novos produtos, haverá sustentabilidade na cadeia produtiva do biodiesel.

O presente trabalho foi elaborado através de pesquisas via internet e livros, portanto, através de trabalhos acadêmicos já publicados. Para o levantamento bibliográfico, sendo que via internet (**figura 3**), foi realizada a pesquisa em site (Google Acadêmico), link <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>.

Após a pesquisa, cada trabalho acadêmico quando clicado nos leva a sites diferentes seja das instituições de ensino, seja de base de dados como SciELO entre outros. Em relação às pesquisas via internet nem sempre se encontra os trabalhos acadêmicos pelo nome do tema, assim temos que utilizar as palavras chaves ou descritores para encontrar os trabalhos acadêmicos relacionados com o objetivo de estudo. Foram utilizados os seguintes descritores: “Biocombustíveis”; “Biodiesel”; “Glicerol”; “Gliceroquímica”. Em relação ao período foi em qualquer momento, e em relação à ordenação dos trabalhos foi por relevância.

Sendo que:

Para o descritor “Biocombustíveis” o (Google Acadêmico) trouxe o resultado de 63.700 trabalhos acadêmicos;

Para o descritor “Biodiesel” o (Google Acadêmico) trouxe o resultado de 831.000 trabalhos acadêmicos;

Para o descritor “Glicerol” o (Google Acadêmico) trouxe o resultado de 150.000 trabalhos acadêmicos;

Para o descritor “Gliceroquímica” o (Google Acadêmico) trouxe o resultado de 508 trabalhos acadêmicos.

Foi pesquisado, encontrado e selecionado em primeiro momento cerca de 76 trabalhos acadêmicos com informações relevantes sobre o tema abordado, dos quais apenas 25 trabalhos acadêmicos foi de fato selecionados e fazem parte da revisão bibliográfica desta monografia.

Também foi utilizado à biblioteca do IFSP Matão, foi utilizado 3 livros sobre biocombustíveis e 1 livro sobre metodologia científica.

A análise foi realizada considerando informações específicas de cada trabalho acadêmico e que poderá ser aproveitada na revisão bibliográfica do presente trabalho.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar novos produtos a partir do glicerol, um coproduto produzido da reação de transesterificação da produção do biodiesel.

Como objetivo específico têm-se os seguintes:

- Biodiesel e a formação do glicerol;
- Coproduto glicerol;
- Gliceroquímica e a geração de novos produtos: Acetais da glicerina (acetais e cetais), Éteres, Ésteres, Produção do 1,2-propanodiol ou propilenoglicol e propeno, 1,3-dihidroxiacetona por oxidação, Ácido acrílico e acroleína por desidratação da glicerina.

Assim, o trabalho de conclusão de curso possui a seguinte organização.

1 Introdução sobre o tema abordado;

2 Objetivos;

Em relação ao desenvolvimento, onde está apresentada a revisão bibliográfica,

3 apresenta-se o Biodiesel e a formação do glicerol;

4 apresenta-se o Coproduto glicerol;

5 Gliceroquímica e a geração de novos produtos: Acetais da glicerina (acetais e cetais), Éteres, Ésteres, Produção do 1,2-propanodiol ou propilenoglicol e propeno, 1,3-dihidroxiacetona por oxidação, Ácido acrílico e acroleína por desidratação da glicerina;

6 Metodologia;

7 Resultado e discussão;

Por fim, apresentam-se as considerações finais e referências.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar novos produtos a partir do glicerol, um coproduto oriundo da reação de transesterificação da produção do biodiesel.

2.1 – Objetivos específicos

- Biodiesel e a formação do glicerol;
- Coproduto glicerol;
- Gliceroquímica e a geração de novos produtos: Acetais da glicerina (acetais e cetais), Éteres, Ésteres, Produção do 1,2-propanodiol ou propilenoglicol e propeno, 1,3-dihidroxiacetona por oxidação, Ácido acrílico e acroleína por desidratação da glicerina.

3. O BIODIESEL E A FORMAÇÃO DE GLICEROL

O biocombustível biodegradável chamado biodiesel é feito de fontes renováveis como óleos vegetais e gorduras animais normalmente em estado puro ou previamente usados. O biodiesel é obtido através de alguns processos, como craqueamento, esterificação ou transesterificação. Pode ser usado sozinho ou em várias proporções com óleo diesel derivado do petróleo (SILVA *et al.*, 2008).

Segundo Júnior (2008) relata que o biodiesel pode ser utilizado em diversas proporções, puro ou misturado ao diesel mineral, tanto em aplicações estacionárias como geradores de calor, eletricidade e outros tipos de energia, bem como em veículos como caminhões, carros e outros tipos de transporte. No caso de misturas de biodiesel, B2 refere-se à mistura de 2% de biodiesel e diesel de petróleo, B5 refere-se à mistura de 5% de biodiesel ao diesel de petróleo, e assim sucessivamente até a mistura final, conhecida como B100, ser totalmente feita de biodiesel.

Um biocombustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, conhecido como biodiesel é produzido através da reação de transesterificação, aonde qualquer triacilglicerol reage com um álcool de cadeia curta, portanto, utiliza-se de ésteres metílicos (metanol) ou etílicos (etanol) para obtenção do biodiesel (VISENTAINER *et al.*, 2013).

O principal resíduo da produção de biodiesel é o glicerol. Como resultado da crescente produção global de biodiesel, houve um notável aumento na disponibilidade de glicerol entre 10 e 12% em relação à massa produzida a partir de óleos vegetais. O glicerol passa por uma etapa de purificação antes de poder ser utilizado na área química e farmacêutica ou na indústria alimentícia. É de extrema importância encontrar maneiras de utilizar este produto na forma em que é gerado no processo de produção de biodiesel porque, por outro lado, a tecnologia necessária para extrair impurezas possui um alto custo (LORA *et al.*, 2012).

Quando óleos refinados de alta qualidade são usados como matéria prima, o éster bruto de glicerol geralmente é de alta qualidade. No entanto, as tendências recentes na produção de biodiesel com óleos de baixa qualidade ou alto grau de ácidos graxos livres, como sebo, gordura amarela ou óleo de fritura reciclado, resultam em glicerina de qualidade inferior e baixa que contém várias impurezas, sais de odor e cor que são difíceis de refinar (KNOTHE *et al.*, 2006).

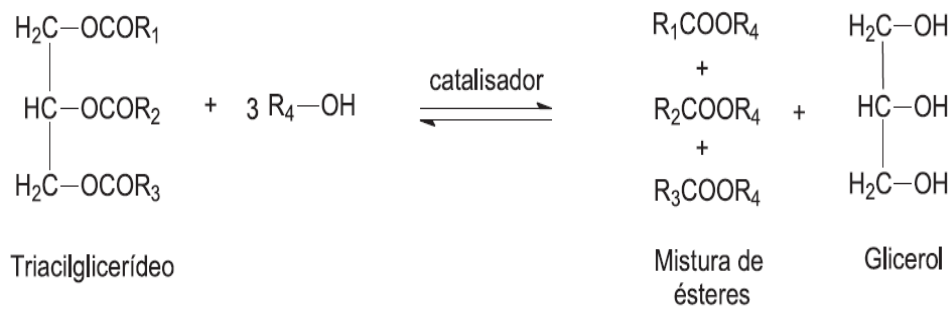
3.1 – Reação de transesterificação

Atualmente, o método mais popular para a produção de biodiesel é chamado de reação de transesterificação. Como o nome indica, esse método envolve a transformação de um éster em novos ésteres e é muito viável porque requer apenas uma etapa e usa um catalisador. Como resultado destas características, é uma técnica barata e direta que produz altos retornos (Garcia, 2006).

De acordo com Manosak (2011 *apud* Peiter; Alves; Sequinel; Bautitz, 2016, p. 523) a reação de transesterificação de óleos vegetais e animal mais álcoois e catálise básica ou ácida, obtém-se biodiesel mais a glicerina.

A reação de transesterificação é considerada o processo químico mais viável para a produção de biodiesel. Consiste em reagir lipídios (óleo ou gordura), com um monoálcool de cadeia curta (metanol ou etanol), na presença de um catalisador base ou ácido de Bronsted, resultando na produção de uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos (denominada biodiesel) e glicerol (GL). Nesta reação é promovida a quebra de moléculas do triacilglicerol (TAG), por uma sequência de três reações reversíveis e consecutivas, em que os monoacilgliceróis (MAG) e os diacilgliceróis (DAG) são os intermediários (VISENTAINER *et al.*, 2013 p.33).

Figura 2 – Reação de transesterificação da produção de biodiesel.



Fonte: KNOTHE *et al.*, 2006 adaptado pelo autor.

Numerosos trabalhos científicos descrevem a produção de biodiesel através da reação de transesterificação. Geralmente é possível realizá-la através de catálise ácida ou básica, mas na catálise homogênea, catalisadores alcalinos como hidróxido de sódio e potássio ou alcóxidos correspondentes levam a processos mais rápidos do que a catálise ácida. Alguns parâmetros também interferem na reação, a proporção de álcool para óleo vegetal, o tempo que leva para a reação ocorrer, a temperatura, o grau de refinamento do óleo vegetal utilizado, o impacto da presença de umidade e ácidos graxos livres (KNOTHE *et al.*, 2006).

Como pode ser observado na (**figura 2**), a transesterificação é a reação de um óleo vegetal ou animal constituído basicamente de triacilglicerídeos com um álcool de baixo peso molecular. A reação, catalisada por ácidos e bases, produz então uma mistura de ésteres (o biodiesel), e coproduto (glicerol).

4. COPRODUTO GLICEROL

Apenas o componente químico puro 1,2,3-propanotriol é referido como glicerol. O termo glicerina refere-se a produtos comerciais que foram purificados e normalmente contêm 95% de glicerol. A glicerina está disponível comercialmente em uma variedade de dosagens. Eles diferem ligeiramente em seu conteúdo de glicerol e outras características, como cor, cheiro e presença de impurezas (KNOTHE *et al.*, 2006).

Todos os óleos vegetais e animais contêm glicerol, que ocorre de forma combinada nas gorduras, onde se encontra como triglicerídeos e é combinado com ácidos graxos naturais, o glicerol é encontrado em estado livre. Os triglicerídeos geralmente se correlacionam com misturas de glicerídeos que contêm várias combinações de ácidos graxos (KNOTHE *et al.*, 2006).

Após a reação de transesterificação, o glicerol passa por separação dos ésteres metílicos. Para produção do glicerol bruto com o menor teor de salinidade, há o processo de lavagem com água e ácido clorídrico realizando a remoção do metanol e sais. Embora a quantidade de ésteres metílicos historicamente tenha sido principalmente reduzida aos álcoois graxos correspondentes, a introdução do biodiesel tornou a indústria de combustível e detergente tão atraente quanto antes (KNOTHE *et al.*, 2006).

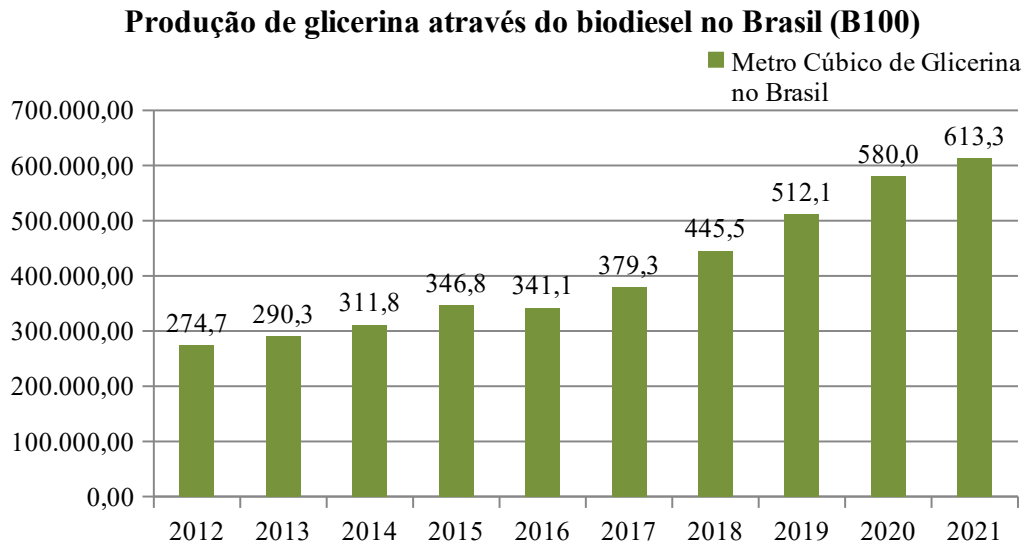
O glicerol possui uma vasta utilização na indústria química, ou seja, possui vários usos, com uma quantidade significativa destinada à produção de medicamentos, cosméticos, pastas dentárias, espuma de uretano, resinas sintéticas, borrachas de ésteres, tabaco e produtos alimentícios (KNOTHE *et al.*, 2006).

O uso do glicerol como matéria prima é sustentado por suas propriedades não tóxicas, bio-sustentáveis e biodegradáveis, além do fato de ser produzido em grande volume durante a produção de biodiesel (Possato, 2016).

Além disso, se faz necessário o surgimento da gliceroquímica, pois o volume de glicerol excedente restringe permanentemente tanto sua capacidade de armazenamento em longo prazo quanto sua degradação microbiológica em taxas suficientemente altas. O glicerol é produzido em grande volume e espera-se que seja convertido industrialmente por meio de novos processos catalíticos que têm menos impacto no meio ambiente do que os processos convencionais (UMPIERRE *et al.*, 2013).

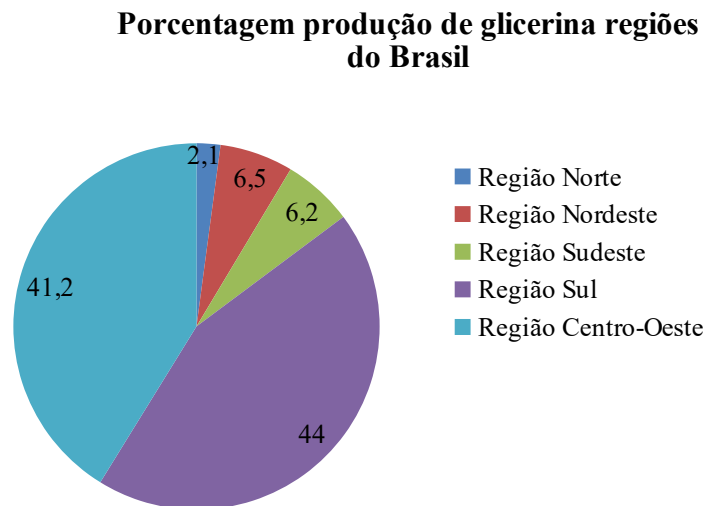
Em relação ao volume de produção, a glicerina como coproduto da produção de biodiesel (B100), foi produzida 613,3 milhões de m³ de glicerina em 2021 conforme (**gráfico 1**), um aumento de 5,7% em relação ao ano anterior. O (**gráfico 2**) mostra a produção de glicerina por região. A Região Sul foi a que mais produziu glicerina (44 %), seguida pelas Regiões Centro – Oeste (41,2%), Nordeste (6,5%), Sudeste (6,2%) e Norte (2,1%) (ANP, 2022).

Gráfico 1 – Produção de glicerina através do biodiesel no Brasil (B100) entre 2012 a 2021.



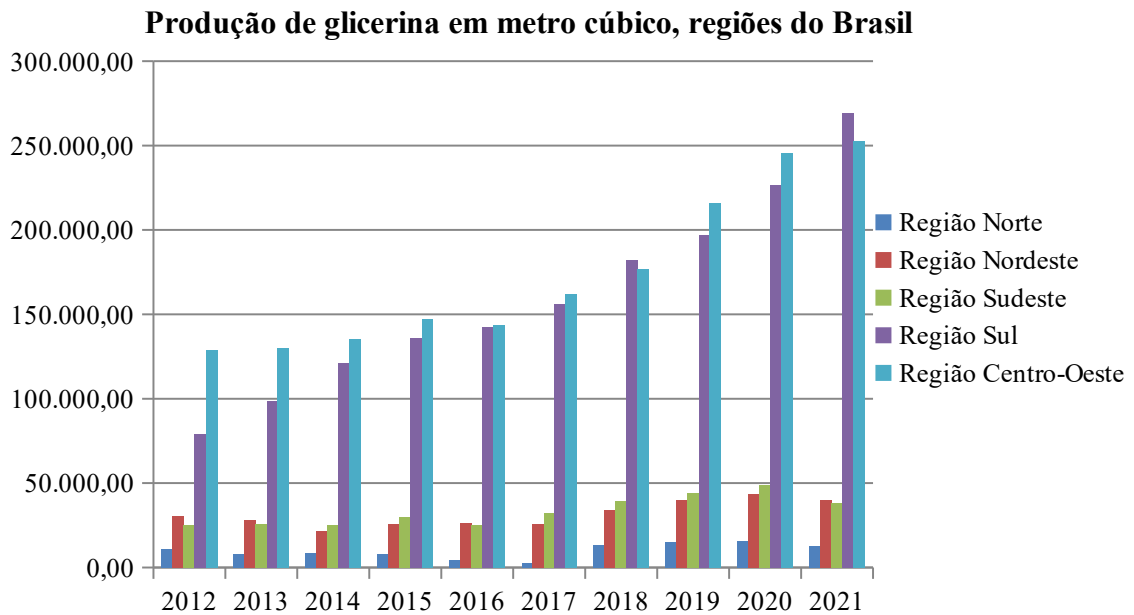
Fonte: ANP (2022) adaptado pelo autor.

Gráfico 2 – Porcentagem da produção de glicerina através do biodiesel por região no Brasil (B100) 2012 a 2021.



Fonte: ANP (2022) adaptado pelo autor.

Gráfico 3 – Produção de glicerina através do biodiesel por região no Brasil (B100) 2012 a 2021.



Fonte: ANP (2022) adaptado pelo autor.

O (**gráfico 3**) mostra a produção de glicerina em metro cúbico (m³) por região do Brasil. A produção do B100 desde o ano de 2012 até 2021, o (**gráfico 3**) mostra que a produção de glicerina aumentou de 2012 até 2015, o ano de 2016 teve uma pequena queda em relação ao ano anterior e o ano de 2017 até 2021, a produção de glicerina aumentou. É sempre importante buscar alternativas ao uso da glicerina que possam viabilizar o seu processamento químico, de forma a rentabilizar a produção de biodiesel e prevenir o acúmulo não intencional de glicerina.

5. GLICEROQUÍMICA A GERAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS

Segundo Mota (2006) a glicerina obtida na reação de transesterificação pode ser utilizada na produção de produtos químicos, abrindo uma nova opção tecnológica conhecida como gliceroquímica e desbancando o petróleo como principal matéria prima na indústria petroquímica. Como resultado, o ciclo do biocombustível seria fechado em relação ao seu processamento e utilização do coproduto, assim sendo, um material de fonte renovável estaria disponível para produzir polímeros e outros produtos.

A indústria da gliceroquímica cria uma alternativa sustentável frente à indústria petroquímica ao criar um ciclo que começa com a produção de biodiesel e termina com a matéria prima para a fabricação de produtos de uso diário (Nascimento, 2018).

MOTA *et al.*, (2009) discute algumas transformações químicas pelas quais a glicerina pode passar, visando seu potencial uso como matéria prima primária para a produção de produtos utilizados na indústria de combustíveis, concluindo que o glicerol pode ser convertido em acetais, cetais, éteres e ésteres com grande potencial de uso industrial.

Também se destaca a conversão do glicerol em 1,2-propanodiol ou propilenoglicol, propeno, 1,3-dihidroxiacetona, acroleína e ácido acrílico, sendo assim convertê-los em produtos de alto valor agregado, sendo uma excelente oportunidade para melhorar a viabilidade econômica da produção de biodiesel.

5.1 – Acetais da glicerina (acetais e cetais)

O glicerol reage com aldeídos ou cetonas, respectivamente, sob a influência de catalisadores ácidos para produzir acetais e cetais de glicerol, que são produtos obtidos (MOTA *et al.*, 2009).

Os principais produtos das reações do álcool com aldeídos ou cetonas na presença de catalisadores ácidos são, cetais e acetais, são os produtos formados. Esses compostos possuem dois átomos de oxigênio ligados a pelo menos um átomo de carbono como característica. Os compostos derivados do glicerol têm inúmeros usos, inclusive como agentes aromatizantes, solventes para uso médico e aditivo para combustíveis. Durante as reações com benzaldeído, são produzidas misturas dos aditivos de combustível, sendo eles o 1,3-dioxan-5-ol e 1,3-dioxolan-4-metanol Deutsch (2007 *apud* Possato, 2016, p. 24).

Os acetais e cetais da glicerina também podem ser misturados a combustíveis, sobretudo ao diesel e biodiesel visando à melhoria das propriedades de fluidez e diminuição de particulados. Os subprodutos da reação entre glicerol e isobuteno, os éteres são potenciais aditivos para diesel e biodiesel (MOTA *et al.*, 2009).

O processo de acetalização, também conhecido como cetalização, envolve a reação da glicerina com vários aldeídos e cetonas sob a influência de um catalisador ácido. Este método é frequentemente usado em síntese orgânica e resulta em substâncias que podem ser usadas como surfactantes, solventes e aditivos para combustíveis. Também em combustíveis tem potencial a mistura de glicerina e acetona para misturar com gasolina e potencial da mistura de glicerina e aldeído para reduzir o ponto de congelamento do biodiesel (Ozorio, 2011).

5.2 – Éteres

Os éteres criados a partir da glicerina tem importante destaque, pois pode ser adicionado como aditivo para mistura diesel e biodiesel e também para a gasolina, porém, o processo de eterificação produz uma substância de grande volatilidade e com menor viscosidade e polaridade (UMPIERRE *et al.*, 2013).

A eterificação do glicerol produz compostos cujas aplicações são no campo dos combustíveis e solventes, como a maioria dos produtos das reações entre o glicerol e outros reagentes. Um exemplo intrigante é a transformação do glicerol junto ao isobuteno, que é catalisada por resinas ácidas do tipo Amberlyst e por zeólitas como HY e HBEA Klepacova (2006 *apud* Possato, 2016, p. 24).

De acordo com Peiter *et al.*, (2016) a reação com alquenos, que é catalisada por ácidos, serve como método primário para a eterificação da glicerina. Durante o processo de eterificação, são produzidas composições com menor viscosidade e polaridade, levando a maiores volatilidades. Os éteres criados durante esse processo têm inúmeras aplicações como exemplo é o seu uso como aditivo para gasolina e biodiesel, uma vez que não se pode e não é aconselhável adicionar glicerina diretamente aos combustíveis.

Os éteres de glicerina são mais utilizados em motores de combustão devido às suas características físico-químicas e capacidade de queima. Os aditivos mais recomendados para uso em veículos movidos a óleo diesel são os subprodutos das reações com alcenos, pois possuem números de cetano mais elevados e podem reduzir o ponto névoa para o diesel quando combinado com o biodiesel, melhorando a qualidade geral do combustível (Ferreira, 2014).

5.3 – Ésteres

A esterificação do glicerol com ácidos graxos é o principal método utilizado para estudar a formação de ésteres a partir do glicerol. Devido ao uso das duas estruturas como surfactantes, a síntese de mono e diacilglicerol são interessantes do ponto de vista econômico. Na primeira etapa da reação entre o glicerol e a acetona, que serve como grupo protetor, forma-se o cetal do glicerol, glicerol isopropilideno, possibilitando a produção seletiva de monoacilgliceróis. Posteriormente, o éster do ácido graxo (estearato de metila) sofre transesterificação com o restante da hidroxila do glicerol e a hidrólise do cetal para produzir o monoacilglicerol Jerome (2008 *apud* Possato, 2016, p. 25).

Nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica, os monoésteres de glicerol podem ser utilizados como emulsificantes (MOTA *et al.*, 2011).

5.4 – Produção do 1,2-propanodiol ou propilenoglicol e propeno

De acordo com Martin (2013 *apud* Mota; Pinto, 2016, p. 143) a partir da desidratação da terceira hidroxila do glicerol, obtém-se a α -metil-acetona, está hidrogenada, obtém-se o 1,2-propanodiol ou propilenoglicol. O propilenoglicol é utilizado na indústria farmacêutica, de higiene e de tabaco, pode ter a geração de produtos como aditivo anticongelante, arrefecimento em sistemas de refrigeração e produção de poliésteres.

O propilenoglicol possui características essenciais para ser utilizado no setor industrial de cosméticos, alimentício e farmacêutico. Sendo que normalmente é utilizado como substância adicional em produtos conhecidos e utilizados por muitos de nós, fixador para perfumes, creme de barbear, shampoo, pasta de dente, aditivo anticongelante, arrefecimento em sistemas de refrigeração, solvente resina de impressão (Freitas, 2013).

A hidrogenólise do glicerol é um dos principais processos que o convertem. Os produtos que podem ter uma seleção maior são 1,2-propanodiol e 1,3-propanol. Enquanto o 1,3-propanodiol é utilizado na produção de fibras sintéticas e poliésteres, o 1,2-propanodiol também conhecido como propilenoglicol, tem uso como anticongelante e na produção de polímeros Dasari (2005 *apud* Possato, 2016, p. 26).

A produção de propeno através da glicerina, passa por estudos que demonstram que a utilização da glicerina é uma forma ambientalmente correta, porque acaba diminuindo a

utilização do uso de hidrocarbonetos, assim sendo, o petróleo passa a ser menos explorado para a produção de polipropileno e plásticos. Com a glicerina purificada, pode-se produzir propeno através da adição de hidrogênio na reação de hidrogenólise e catálise. Quando houver conversão completa o propeno é formado (Oliveira, 2008).

5.5 – 1,3-dihidroxiacetona por oxidação

Numerosos compostos podem ser produzidos pela oxidação do glicerol. Os que se destacam são gliceraldeído, intermediário no metabolismo dos carboidratos, e a 1,3-dihidroxiacetona, produto utilizado na produção de polímeros e em bronzeadores Carrettin (2002 *apud* Possato, 2016, p. 27).

5.6 – Ácido acrílico e acroleína por desidratação da glicerina

As principais matérias primas para a fabricação de produtos poliméricos, que possuem diversas aplicações, são o ácido acrílico e os ésteres. Quando produzidos a partir do ácido acrílico esses produtos poliméricos oferecem uma combinação única de qualidades, incluindo transparência, facilidade de fixação, elasticidade e estabilidade com respeito à luz. Atualmente, a indústria petroquímica produz mais de 3 milhões de toneladas de ácido acrílico por ano por meio de duas etapas catalíticas de oxidação do propeno Xu (2006 *apud* Possato, 2016, p. 21).

O desenvolvimento do método de obtenção do ácido acrílico via desidratação oxidativa do glicerol foi motivado pela possibilidade de esgotamento da reserva petroquímica, bem como pelos efeitos negativos de seu uso, como a contaminação ambiental (Possato, 2016).

De acordo com Kampe (2007 *apud* Mota; Pinto, 2016, p. 145) a partir da desidratação da hidroxila secundária do glicerol via catálise ácida, obtém-se a 3-hidroxi-propanal, está receberá desidratação e em consequência obtém-se a acroleína. A acroleína receberá oxidação de catalisadores como vanádio e molibdênio e resultará no produto esperado o ácido acrílico. O ácido acrílico é utilizado, na polimerização e obtenção de produtos essências como tinta, fralda descartável, absorvente, adesivo e na indústria alimentícia.

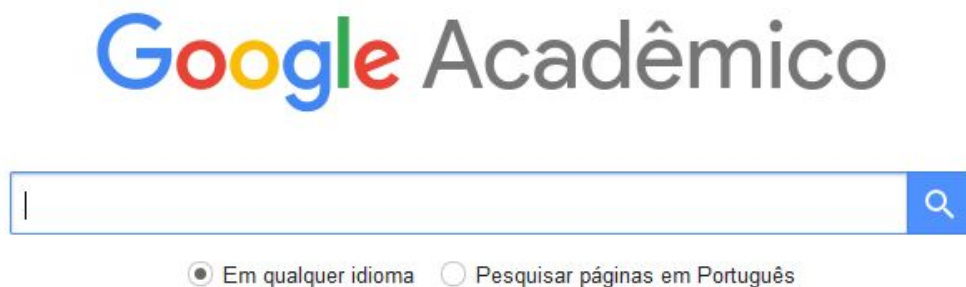
6. METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica é descrita por MARCONI *et al.*, (2010) como uma revisão de estudos que analisam temas já citados anteriormente devido à presença de algum fator problematizado ao longo de um período, demonstrando novos conceitos, metodologias e subtemas na literatura escolhida.

De acordo com Boccato (2006) o objetivo da pesquisa bibliográfica é atualizar, avançar o conhecimento e auxiliar na conclusão do estudo, reunindo e analisando criticamente os documentos publicados sobre o tema em questão. O pesquisador precisará considerar vários caminhos para desenvolver o tema uma vez definido e delimitado. Os livros, teses, artigos e outros documentos que contribuam para a investigação do objeto de pesquisa em questão formam a base para pesquisa bibliográfica. A revisão bibliográfica não pode ser apenas escrita, pois isso não adiantará o trabalho, em vez disso, a revisão deve incluir informações relevantes sobre o assunto que ajudem em seu avanço. Dessa forma, a pesquisa bibliográfica se resume em termos de ações que o pesquisador deve realizar a fim de buscar trabalhos já estudados para solucionar o problema por meio do estudo do assunto.

O presente trabalho foi elaborado através de pesquisas via internet e livros, portanto, através de trabalhos acadêmicos já publicados. Para o levantamento bibliográfico, sendo que via internet (**figura 3**), foi realizada a pesquisa em site (Google Acadêmico), link <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>.

Figura 3 – Pesquisa via navegador e site google acadêmico.



Sobre os ombros de gigantes

Fonte: adaptado pelo autor.

Após a pesquisa, cada trabalho acadêmico quando clicado nos leva a sites diferentes seja das instituições de ensino, seja de base de dados como SciELO entre outros. Em relação às pesquisas via internet nem sempre se encontra os trabalhos acadêmicos pelo nome do tema, assim temos que utilizar as palavras chaves ou descritores para encontrar os trabalhos acadêmicos relacionados com o objetivo de estudo. Foram utilizados os seguintes descritores: “Biocombustíveis”; “Biodiesel”; “Glicerol”; “Gliceroquímica”. Em relação ao período foi em qualquer momento, e em relação à ordenação dos trabalhos foi por relevância.

Sendo que:

Para o descritor “Biocombustíveis” o (Google Acadêmico) trouxe o resultado de 63.700 trabalhos acadêmicos;

Para o descritor “Biodiesel” o (Google Acadêmico) trouxe o resultado de 831.000 trabalhos acadêmicos;

Para o descritor “Glicerol” o (Google Acadêmico) trouxe o resultado de 150.000 trabalhos acadêmicos;

Para o descritor “Gliceroquímica” o (Google Acadêmico) trouxe o resultado de 508 trabalhos acadêmicos.

Foi pesquisado, encontrado e selecionado em primeiro momento cerca de 76 trabalhos acadêmicos com informações relevantes sobre o tema abordado, dos quais apenas 25 trabalhos acadêmicos foi de fato selecionados e fazem parte da revisão bibliográfica desta monografia.

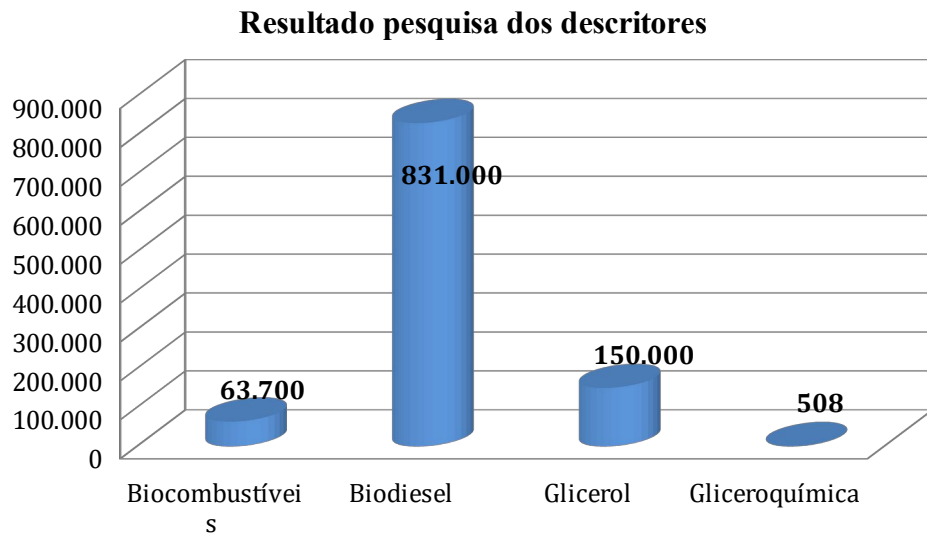
Também foi utilizado à biblioteca do IFSP Matão, foi utilizado 3 livros sobre biocombustíveis e 1 livro sobre metodologia científica.

A análise foi realizada considerando informações específicas de cada trabalho acadêmico e que poderá ser aproveitada na revisão bibliográfica do presente trabalho.

7. RESULTADO E DISCUSSÃO

O (gráfico 4) mostra o resultado de pesquisa no site Google Acadêmico. A pesquisa foi realizada através dos descritores biocombustíveis, biodiesel, glicerol e gliceroquímica. Sendo que cada pesquisa mostra uma quantidade diferente para cada descritor, o descritor biodiesel (831.000 resultados) com maior quantidade de trabalhos acadêmicos, na sequência o glicerol (150.000), o descritor biocombustíveis (63.700) e o descritor gliceroquímica (508 resultados) o de menor quantidade.

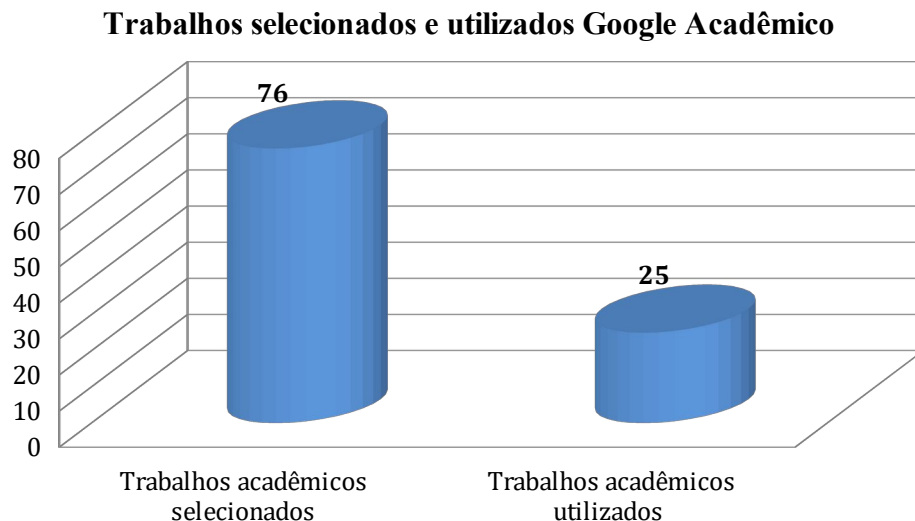
Gráfico 4 – Resultado da pesquisa dos descritores.



Fonte: adaptado pelo autor.

O (gráfico 5) mostra o número dos trabalhos acadêmicos selecionados na pesquisa no site Google Acadêmico (76 trabalhos acadêmicos) e número dos trabalhos acadêmicos (25 trabalhos acadêmicos) que de fato foram utilizados para fazer parte dessa revisão bibliográfica.

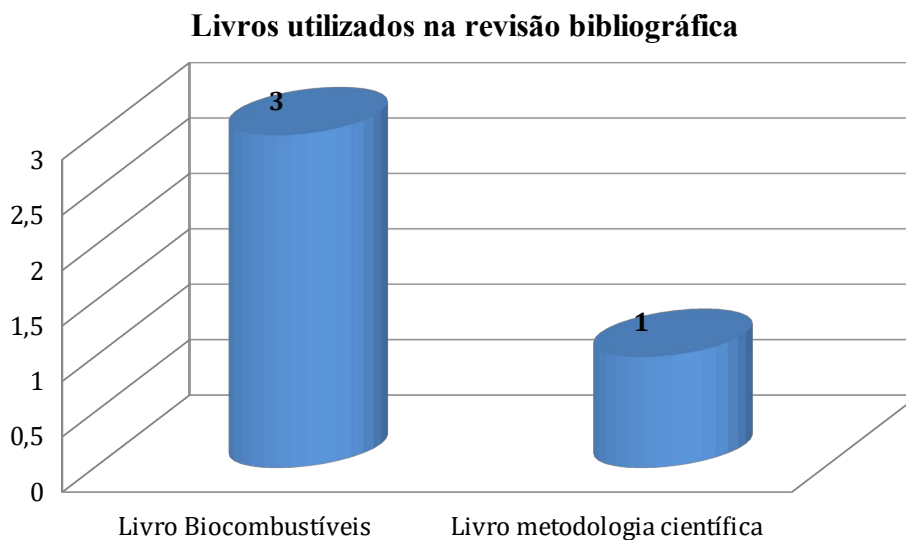
Gráfico 5 – Pesquisa de trabalhos no Google Acadêmico selecionados e utilizados.



Fonte: adaptado pelo autor.

O (gráfico 6) mostra o número de livros para fazer parte dessa revisão bibliográfica. Foi utilizado três livros sobre biocombustíveis e um livro sobre metodologia científica.

Gráfico 6 – Livros utilizados da biblioteca IFSP Campus Matão.



Fonte: adaptado pelo autor.

Em um estudo de análise de revisão bibliográfica sobre o tema abordado foi possível verificar os seguintes resultados e discussão abaixo para o problema relacionado a geração do coproduto glicerol e a sua utilização em uma nova rota tecnológica a gliceroquímica.

Segundo estudo feito por MOTA *et al.*, (2009), Deutsch (2007 *apud* Possato, 2016, p. 24), Ozorio (2011) descreveu que o coproduto glicerol pode ser aproveitado para a formação de acetais e cetais, através da gliceroquímica, explicou também que o glicerol quando em reações com aldeídos ou cetonas na presença de catalisadores ácidos, como resultado, formam os produtos cetais e acetais, sendo que esses produtos podem ser aproveitados para diferentes usos, como, surfactantes, solventes e aditivos para combustíveis ou biocombustíveis. Portanto, através dos estudos de MOTA *et al.*, (2009), Deutsch (2007 *apud* Possato, 2016, p. 24), Ozorio (2011) os pesquisadores destacam que a utilização do glicerol tem potencial para a formação de novos produtos, em destaque os três pesquisadores consideram importante quando há formação desse produto, que pode ser usado como aditivo para combustíveis ou biocombustíveis, sendo que em destaque, pode ser usado junto ao diesel e ou biodiesel o que se torna uma alternativa interessante para melhoria da fluidez, diminuição de particulados e redução do ponto de congelamento.

Segundo estudo feito por UMPIERRE *et al.*, (2013), Klepacova (2006 *apud* Possato, 2016, p. 24), Peiter *et al.*, (2016), Ferreira (2014) abordou o processo de esterificação da glicerina, esse processo produz substância de grande volatilidade e menor viscosidade e polaridade, como resultado, os produtos éteres. Portanto, através dos estudos de UMPIERRE *et al.*, (2013), Klepacova (2006 *apud* Possato, 2016, p. 24), Peiter *et al.*, (2016), Ferreira (2014) os pesquisadores destacam que a glicerina quando utilizada para a formação de éteres, formam um novo produto que pode ser utilizado principalmente como aditivo para combustíveis e biocombustíveis, pode ser adicionado a gasolina, diesel e biodiesel melhorando a qualidade do combustível e ou biocombustível.

Segundo estudo feito por Jerome (2008 *apud* Possato, 2016, p. 25) descreveu o processo de esterificação do glicerol e a formação de ésteres (monoacilglicerol), trouxe em seu trabalho a importância e resultado do uso como produto para a gliceroquímica. MOTA *et*

al., (2011) abordou como resultado da esterificação os monoésteres. Portanto, a formação de ésteres através do glicerol, tem como produto os monoésteres que pode ser utilizado como emulsificante na indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica.

Segundo estudo feito por Martin (2013 *apud* Mota; Pinto, 2016, p. 143), Freitas (2013), Dasari (2005 *apud* Possato, 2016, p. 26) descreveu que o coproduto glicerol quando submetido ao processo de reação de hidrogenólise, como resultado, obtêm-se o produto formado propilenoglicol. Portanto, através dos estudos de Martin (2013 *apud* Mota; Pinto, 2016, p. 143), Freitas (2013), Dasari (2005 *apud* Possato, 2016, p. 26) os pesquisadores destacam que o propilenoglicol é de grande importância no setor industrial de cosméticos, alimentício e farmacêutico. Porém, o grande destaque de ambos os trabalhos está relacionado a utilização do propilenoglicol em sistema de arrefecimento para autos, refrigeração e como aditivo anticongelante.

Oliveira (2008) abordou em seu estudo a glicerina purificada em reação de hidrogenólise e catálise e como resultado a obtenção de propeno. Portanto, o pesquisador, destacou que com a formação de propeno, e que a utilização do mesmo poderá resultar em diminuição do uso de hidrocarbonetos para obtenção de polipropileno.

Carrettin (2002 *apud* Possato, 2016, p. 27) abordou em seu estudo a oxidação do glicerol e como resultado a formação de 1,3-dihidroxiacetona. Portanto, através da oxidação do glicerol, obteve-se a criação de um produto que pode ser utilizado na produção de polímeros e bronzeadores.

Segundo estudos feitos Xu, (2006 *apud* Possato, 2016, p. 21), Possato (2016), Kampe (2007 *apud* Mota; Pinto, 2016, p. 145) descreveu que através da desidratação oxidativa do glicerol, como resultado, obtêm-se a acroleína e o ácido acrílico. Portanto, os pesquisadores destacaram a formação de acroleína e ácido acrílico, sendo que o ácido acrílico é importante matéria prima para a indústria de polímeros, Kampe (2007 *apud* Mota; Pinto, 2016, p. 145) destaca o uso do ácido acrílico em obtenção de produtos como tinta, fralda descartável, absorvente, adesivo e na indústria alimentícia.

Através dos autores citados acima e seus estudos realizados, é possível a utilização do glicerol para novas rotas tecnológicas na gliceroquímica, utilizando de uma forma racional um coproduto que poderia ser descartado ao meio ambiente, portanto, a utilização do glicerol traz a oferta de novos produtos, bem como a diminuição de produtos ofertados pela petroquímica, o aproveitamento e a sustentabilidade da cadeia produtiva do biodiesel.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução de motores totalmente flex no mercado nacional, trouxe uma maior demanda pelo biocombustível etanol, sendo que este ganhou mercado, e está consolidado e utilizado cada vez mais como biocombustível no Brasil, pensando pelo lado tecnológico do motor, isso também pode ocorrer no caso do biodiesel, se houver um motor compatível com o B100. Portanto, a produção de biodiesel produziria muito mais glicerol do que produz, havendo a necessidade de estudos e criação de novos produtos para o destino correto do glicerol. O glicerol proveniente da produção de biodiesel pode ter vários destinos e ser utilizados em vários setores econômicos.

O coproduto glicerol abordado neste trabalho, já é destinado a vários setores industriais como alimentício, farmacêutico e cosmético, porém, o setor industrial de transformação química para o glicerol ganha destaque ao ponto em que há novas maneiras de utilização do glicerol e surge a gliceroquímica. Portanto, o glicerol obtido na reação de transesterificação pode e deve ser utilizado para geração de novos produtos principalmente na indústria química, sendo assim, haverá geração de novos empregos, e novos produtos, esses produtos serão comercializados sob um olhar diferenciado a medida que não estão mais sendo fabricados a partir de hidrocarbonetos.

Em larga escala a utilização do glicerol ainda possibilita gargalos como custo de purificação e processos eficientes de transformação do glicerol no produto desejado. Portanto, além das pesquisas já realizadas e a inserção da gliceroquímica para o processamento do glicerol em novos produtos, há necessidade de mais pesquisas e tecnologias para que haja novos processos e transformação do glicerol em novos produtos e ou substâncias, o que vai diretamente agregar e fazer crescer o setor de biodiesel e da gliceroquímica.

REFERÊNCIAS

ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2022>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

BEATRIZ, A.; ARAÚJO, Y. J. K.; LIMA, D. P. **Glicerol: um breve histórico e aplicação em sínteses estéreos seletivas**. 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/NqSy7HhrLpMWnMpcHHXR5Js/?lang=pt>> Acesso em: 05 de agosto de 2023..

BOCCATO, V. R. C. **Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação**. Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006. Disponível em <https://arquivos.cruzeirosuleducacional.edu.br/principal/old/revista_odontologia/pdf/setembro_dezembro_2006/metodologia_pesquisa_bibliografica.pdf > Acesso em: 05 de agosto de 2023.

BUENO, T. P.; SILVA, J. D da. **Obtenção e aproveitamento do glicerol durante a produção de biodiesel em um aparato experimental de escalada de bancada a partir de óleos de girassol e soja descartados**. 2012. Disponível em: <<https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/61>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

FERREIRA, M. de O. **Eterificação do glicerol com 2-etilhexanol em meio pressurizado**. 2014. 125 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014. Disponível em: <http://www.nuppeg.ufrn.br/documentos_finais/teses_de_doutorado/teses/marcioniladeoliveiraferreiradout.pdf> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

FREITAS, I. C. de. **Obtenção do propilenoglicol a partir do glicerol utilizando hidrogênio gerado in situ**. Dissertação de mestrado. EQ/UFRJ M.SC. 2013. Disponível em: <<http://186.202.79.107/download/obtencao-do-propilenoglicol-a-partir-do-glicerol.pdf>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

GARCIA, C. M. **Transesterificação de óleos vegetais**. 2006. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Bacharelado em Química. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/371556>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

JÚNIOR, F. R. F. G.; GUIMARAES, L. G. de A.; SABOIA, C. H. M.; CAMARA, S. F. **Análise da oferta de oleaginosas para a produção de biodiesel por meio da técnica de análise conjunta de dados de preferência declarada**. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_074_529_11771.pdf> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

KNOTHE G.; GERPEN J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P. **Manual de biodiesel**. São Paulo: Blucher, 2006 1.ed 3º reimpressão 2011; 340p.

LORA, E. E. S.; VENTURINI, O. J. **Biocombustíveis volume 2**. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2012; 1200p.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. Edição 7. Editora: Atlas, São Paulo, 2010. 297p.

MOTA, C. J. A. **Gliceroquímica: a petroquímica renovável**. TCHE QUIMICA. Porto Alegre – RS. ISSN: 1806 – 0374 2006. Disponível em: <http://www.deboni.he.com.br/arquivos_jornal/2006/AGOSTO/3.pdf> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

MOTA, C. J. A.; PESTANA, C. F. M. **Coprodutos da produção de biodiesel**. Revista Virtual de Química. vol. 3, n. 5, p. 416-425, 2011. Disponível em: <<http://rvq-sub.s bq.org.br/index.php/rvq/article/download/197/189> > Acesso em: 05 de agosto de 2023.

MOTA, C. J. A.; PINTO, B. P. **Transformações catalíticas do glicerol para inovação na indústria química**. Rev. Virtual Quim., 2017, 9 (1), 135-149. Data de publicação na Web: 6 de dezembro de 2016. Disponível em <http://rvq.s bq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=697> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

MOTA, C. J. A.; SILVA, A. X. C.; GONÇALVES C. L. V. **Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel**. Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, Brasil 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300008> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

NASCIMENTO, F. E. A. **Análises experimentais de resíduos glicéricos como subproduto da indústria de biodiesel**. 2018. 62 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Engenharia de Energia, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2069>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

OLIVEIRA, M. **Petroquímica Verde - Glicerina que sobra da produção de biodiesel será usada para produzir polipropileno**. FAPESP, 2008. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2008/07/01/petroquimica-verde/>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

OSAKI, M.; BATALHA, M. O. **Produção de biodiesel e óleo vegetal no brasil: realidade e desafio**. Organizações Rurais & Agroindustriais, vol. 13, núm. 2, 2011, pp. 227-242 Universidade Federal de Lavras Minas Gerais, 2011. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/878/87819763006.pdf>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

OZORIO, L. P.; PIANZOLLI, R.; MOTA, C. J. A. **Estudo da estabilidade à hidrólise ácida de acetais e cetais de glicerina com potencial de aditivo a combustíveis**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 6., 2011, Florianópolis. Anais do 6ºPDPEURO. Florianópolis: Abpg, 2011. p. 1-7. Disponível em: <http://www.portalabpg.org.br/site_portugues/anais/anais6/publicacoes/repositorio/trabalhos/3333011005201156.pdf > Acesso em: 05 de agosto de 2023.

PAGLIARO M.; ROSSI M. **The Future of Glycerol**. RSC Green Chemistry Series 2nd Edition No. 8, 2010. Disponível em: <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/7391/1/Mario%20Pagliaro_2010.pdf> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

PAIN, M.; WADOWINSKI, A. C.; MENEZES, W.; MARCELO, J.; DULLIUS, J.; LIGABUE, R.; EINLOFT, S.; SEFERIN, M. **Mapa da produção nacional de glicerina através da reação de transesterificação para a obtenção do biodiesel**. Anais X Salão de Iniciação Científica – PUCRS Porto Alegre 2009. Disponível em: <http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaoIC/Ciencias_Exatas_e_da_Terra/Quimica/71284-MARTINAFERNANDESPAIM.pdf> Acesso em: 05 de agosto de 2023..

PEITER, G. C; ALVES, H. J.; SEQUINEL, R.; BAUTITZ, I. R. **Alternativas para o uso do glicerol produzido a partir do biodiesel**. Universidade Federal do Paraná- UFPR, 2016. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/rber/article/download/46501/pdf>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

PINHEIRO, R. S.; CESAR, A. da S.; BATALHA, M. O. **Impactos da produção de glicerina derivada de biodiesel em outros setores: um estudo multi-casos**. UFSCAR São Carlos, 2010. Disponível em: <http://www.gepai.dep.ufscar.br/pdfs/1290774831_TNSTO11374116034.pdf> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

PORTELA, F. M. **Efeito da catálise ácida e alcalina na produção e propriedades físicoquímicas do biodiesel metílico de pinhão manso**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Uberlândia- Instituto de Química, Uberlândia, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/17330>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

POSSATO L. G. **Desidratação oxidativa do glicerol a ácido acrílico em uma única etapa empregando-se catalisadores bifuncionais**. Tese Doutorado. UNESP Câmpus Araraquara. Araraquara, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/148560>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

RODRIGUES, D. R.; ANGELOTTI, F.; PINHEIRO, G. S.; GHINI, R.; FERNANDES, H. A. **Impacto do aumento da concentração de dióxido de carbono sobre o oídio da videira**. Workshop sobre mudanças climáticas e problemas fitossanitários. Jaguariúna/SP, 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/74700/1/2012AA051.pdf>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

SILVA, P. R. F. da.; FREITAS, T. F. S. de. **Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível**. Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.3, p.843-851, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/hzvVJwxwksxwDVhh7ChdX9K/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

UMPIERRE, A. P.; MACHADO, F. **Gliceroquímica e valorização do glicerol**. Rev. Virtual Quim., 2013, 5 (1), 106-116. 2013. Disponível em: <<http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v5n1a10.pdf>> Acesso em: 05 de agosto de 2023.

VISENTAINER, J. V.; JUNIOR O. de O. S. **Produção e controle de qualidade do biodiesel de óleos e gorduras**. Eduem – editora da universidade estadual de Maringá, 2013; 94p.