

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE DO PARANÁ

KELLYN MARIA NEBESNIK

DESENVOLVIMENTO DE CASOS E SITUAÇÕES-PROBLEMA PARA O ENSINO
DE QUÍMICA ORGÂNICA NO ENSINO SUPERIOR

GUARAPUAVA

2020

KELLYN MARIA NEBESNIK

DESENVOLVIMENTO DE CASOS E SITUAÇÕES-PROBLEMA PARA O ENSINO
DE QUÍMICA ORGÂNICA NO ENSINO SUPERIOR

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Química Aplicada, Setor de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora: Prof. Dra. Elisa Aguayo da Rosa

GUARAPUAVA

2020

Catálogo na Publicação

Biblioteca Central da Unicentro, Campus Cedeteg

N361d

Nebesnik, Kellyn Maria

Desenvolvimento de casos e situações-problema para o ensino de química orgânica no ensino superior / Kellyn Maria Nebesnik. – – Guarapuava, 2020.

xiii, 154 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada, 2020.

Orientadora: Elisa Aguayo da Rosa

Banca examinadora: Marcos Roberto da Rosa, Luciana de Boer Pinheiro de Souza

Bibliografia

1. Química. 2. Estudo de caso. 3. Situação-problema. 4. Compostos carbonilados. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Química.

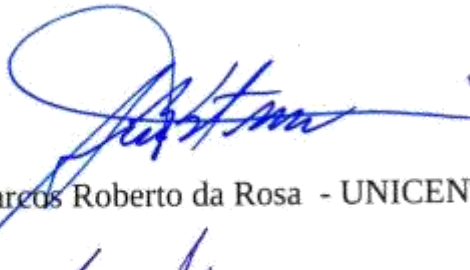
| CDD 542

KELLYN MARIA NEBESNIK

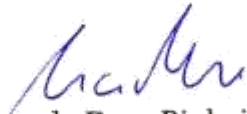
**DESENVOLVIMENTO DE CASOS E SITUAÇÕES PROBLEMA PARA O
ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA NO ENSINO SUPERIOR**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química, área de concentração em Química Aplicada, para a obtenção do título de Mestre.

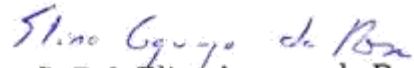
Aprovado em 21 de fevereiro de 2020.



Prof. Dr. Marcos Roberto da Rosa - UNICENTRO



Prof.ª Dr.ª Luciana de Boer Pinheiro de Souza - UEPG



Prof.ª Dr.ª Elisa Aguayo da Rosa

Orientadora

GUARAPUAVA-PR

2020

Dedico esta dissertação aos meus pais, Janice e Mariano, pelo amor, apoio incondicional e constante incentivo em todos os momentos de elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por iluminar e guiar meu caminho durante esta trajetória, por ser essencial em minha vida, por estar sempre ao meu lado concedendo-me forças e sabedoria para trilhar este caminho e realizar meus objetivos. Devo inteiramente a Ele o sucesso deste trabalho. Sem Ele nada seria possível.

Aos meus pais, Janice e Mariano Nebesnik, pilares da minha formação como ser humano, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. São fundamentais na concretização dos meus sonhos. Obrigada pelo carinho, afeto e dedicação que me deram durante toda a minha existência. Gratidão eterna.

À minha irmã Bruna Nebesnik, por me motivar e acreditar que tudo daria certo. Sempre me apoiando nos momentos difíceis e incentivando o meu crescimento pessoal, profissional e acadêmico. Obrigada pelo amor e amizade de sempre.

À minha orientadora Prof^a. Dra. Elisa Aguayo da Rosa, por me acolher e compartilhar seu vasto conhecimento. É um exemplo de profissional e educadora. Obrigada pela confiança, incentivo, amizade e excelente orientação. Sua dedicação e paciência foram essenciais para a conclusão deste trabalho. Grata por tudo.

Aos professores Dr. Rodrigo Oliveira Bastos e Dr. Marcos Roberto da Rosa, pelas valiosas contribuições durante o exame de qualificação e pelas sugestões de acréscimos significativos na dissertação.

Agradeço, de forma especial, ao Prof. Dr. Marcos Roberto da Rosa e à Prof^a. Dra. Luciana de Boer Pinheiro de Souza por aceitarem fazer parte da banca avaliadora.

Aos meus amigos de curso, pela companhia nos mais diversos momentos, por tornarem essa jornada muito mais prazerosa e os dias mais leves e divertidos. Agradeço imensamente a amizade.

À Universidade Estadual do Centro-Oeste e ao Programa de Pós-Graduação

em Química Aplicada por toda a oportunidade, ensino e experiência obtida na minha formação do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro durante parte da trajetória do curso.

A todos aqueles que de alguma forma estiveram comigo ao longo desses dois anos, que torceram e acreditaram em meus esforços. Meus agradecimentos e minha profunda gratidão.

*Educar verdadeiramente não é ensinar fatos novos ou enumerar fórmulas prontas,
mas sim preparar a mente para pensar.*

Albert Einstein

RESUMO

Estudo de casos são narrativas utilizadas como método de ensino, que conferem ao aluno um papel ativo na aprendizagem e que desenvolvem sua capacidade de resolver problemas, aproximando o conteúdo de contextos profissionais reais. Similarmente, as situações-problema se caracterizam como uma proposta didática na qual o sujeito efetua uma aprendizagem precisa ao mobilizar recursos, decisões e esquemas para realização da tarefa. Diante dessa perspectiva, o objetivo principal deste trabalho foi elaborar um material didático empregando estudo de casos e situações-problema sobre compostos carbonilados, para utilização na disciplina de Química Orgânica, em curso de graduação. A metodologia empregada neste estudo focalizou a abordagem qualitativa, com delineamento de investigação exploratória e de pesquisa metodológica. Por meio de análise em livros e artigos foram selecionadas as temáticas viáveis para serem transformadas em narrativas ou problemas e formulá-las de acordo com critérios divulgados na literatura. Posteriormente, foi desenvolvido o texto integrador seguido de outros atributos com a finalidade de oferecer algum tipo de contexto a temática. Após, o material proposto foi avaliado por docentes da área de Química Orgânica, considerando sua viabilidade para o ensino e aprendizagem de mecanismos de reação de compostos carbonilados. Os resultados evidenciam que foi possível transformar o conteúdo de carbonilados em casos e situações-problema e que esses podem ser uma alternativa às formas tradicionais de ensinar, provocando um método mais investigativo de ensino e aprendizagem enquanto situa o conteúdo de aprendizagem em contextos relevantes e reais da profissão. Depreende-se que as dimensões pedagógicas e de conhecimento específico ficam mais articuladas, motivando a diversidade metodológica e a construção do conhecimento de Química Orgânica na Educação Superior.

Palavras-chave: Estudo de caso. Situação-problema. Compostos carbonilados.

ABSTRACT

Case studies are narratives used as a teaching method, which give the student an active role in learning and which develop their ability to solve problems, bringing the content closer to real professional contexts. Similarly, the problem situations are characterized as a didactic proposal in which the subject carries out a precise learning by mobilizing resources, decisions and schemes to carry out the task. In view of this perspective, the main objective of this work was to develop a didactic material using case studies and problem situations about carbonyl compounds, for use in the discipline of Organic Chemistry, in an undergraduate course. The methodology used in this study focused on the qualitative approach, with an outline of exploratory and methodological research. Via analysis in books and articles, viable themes were selected to be transformed into narratives or problems and formulated according to criteria published in the literature. Subsequently, the integrative text was developed followed by other attributes in order to offer some kind of context to the theme. Afterwards, the proposed material was evaluated by professors in the area of Organic Chemistry, considering its feasibility for teaching and learning reaction mechanisms of carbonyl compounds. The results show that it was possible to transform the content of carbonylates into problem cases and situations and that these can be an alternative to traditional ways of teaching, causing a more investigative method of teaching and learning, while placing the learning content in relevant and real contexts of the profession. It appears that the pedagogical and specific knowledge dimensions are more articulated, motivating the methodological diversity and the construction of Organic Chemistry knowledge in Higher Education.

Keywords: Case study. Problem situation. Carbonyl compounds.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DESCRIÇÃO DO GRUPO CARBONILA	23
FIGURA 2 - SUBSTITUIÇÃO NUCLEOFÍLICA ACÍLICA	24
FIGURA 3 - POSIÇÕES REATIVAS DOS ALDEÍDOS E CETONAS.....	24
FIGURA 4 - ADIÇÃO NUCLEOFÍLICA/PROTONAÇÃO (CONDIÇÕES BÁSICAS) ..	24
FIGURA 5 - PROTONAÇÃO/ADIÇÃO NUCLEOFÍLICA (CONDIÇÕES ÁCIDAS)	25
FIGURA 6 - ESTRUTURA QUÍMICA DE UM COMPONENTE DO DIESEL E DO BIODIESEL	40
FIGURA 7 - MICELAS.....	47
FIGURA 8 - ESTRUTURA DOS CORPOS CETÔNICOS	53
FIGURA 9 - HORMÔNIO PROGESTERONA	59
FIGURA 10 – CARVONAS.....	59
FIGURA 11 - NANDRONOLA E TESTOSTERONA.....	60
FIGURA 12 - FOLHAS CHICONA E FLORAL WILLOW	65
FIGURA 13 - CAROTENOIDES IMPORTANTES PARA A SAÚDE	73
FIGURA 14 - ESTRUTURA BÁSICA DOS FLAVONÓIDES	79
FIGURA 15 - ESTRUTURA DA LICOCHALCONA A (C ₂₁ H ₂₂ O ₄)	80
FIGURA 16 – NAFTOQUINONAS.....	86
FIGURA 17 - IPÊ (TABEBUIA SP.)	87
FIGURA 18 - SABORES E FRAGRÂNCIAS DE ALGUNS ÉSTERES USADOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	94
FIGURA 19 - ENTANTIÔMEROS DO COMPOSTO LINALOL.....	101
FIGURA 20 - ISÔMEROS DO COMPOSTO GERANIOL.....	102
FIGURA 21 - ISÔMEROS DO COMPOSTO CITRAL	103

LISTA DE MECANISMOS

MECANISMO 1 – TRANSESTERIFICAÇÃO	38
MECANISMO 2 – SAPONIFICAÇÃO	45
MECANISMO 3 - DESCARBOXILAÇÃO	52
MECANISMO 4 - FORMAÇÃO DE HALOFÓRMIO	57
MECANISMO 5 - ACILAÇÃO	64
MECANISMO 6 - WITTIG.....	71

MECANISMO 7 - CLAISEN-SCHMIDT	78
MECANISMO 8 - MICHAEL	85
MECANISMO 9 - OXIDAÇÃO	92
MECANISMO 10 – REDUÇÃO	98

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 HISTÓRICO	16
2.2 ESTUDO DE CASO	18
2.3 SITUAÇÃO-PROBLEMA	21
2.4 COMPOSTOS CARBONILADOS.....	23
2.5 INFLUÊNCIAS DO TEÓRICO VYGOTSKY	25
2.6 NOVAS PERSPECTIVAS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA NO ENSINO SUPERIOR.....	26
3. OBJETIVOS	29
3.1. OBJETIVO GERAL.....	29
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
4. METODOLOGIA.....	30
5. RESULTADOS	34
5.1. APRESENTAÇÃO DOS MATERIAIS.....	34
OBTENÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS ATRAVÉS DE REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO.....	36
Estudo de caso.....	36
BIOCOMBUSTÍVEIS.....	38
Tutorial	42
PRODUÇÃO DE SABÃO VIA REAÇÃO DE SAPONIFICAÇÃO	44
Situação-problema	44
SABÃO	46
Tutorial	48
DESCARBOXILAÇÃO DE ÁCIDO 3-OXOBUTANÓICO	50
Estudo de caso.....	51
CORPOS CETÔNICOS	52
Tutorial	54
TESTE DO IODOFÓRMIO PARA METIL-CETONAS	56
Situação-problema	56
CETONAS.....	58
Tutorial	60

OBTENÇÃO DE FENACETINA A PARTIR DO p-AMINOFENOL EMPREGANDO REAÇÃO DE ACILAÇÃO	62
Estudo de caso.....	62
ANALGÉSICOS (FENACETINA).....	65
Tutorial	67
SÍNTESE DO β-CAROTENO ATRAVÉS DA REAÇÃO DE WITTIG.....	70
Situação-problema	70
VITAMINA A	71
Tutorial	74
SÍNTESE DA LICOCHALCONA A ATRAVÉS DA REAÇÃO DE CLAISEN-SCHMIDT	76
Estudo de caso.....	76
CHALCONAS (LICOCHALCONA A)	79
Tutorial	81
OBTENÇÃO DE DERIVADOS DO LAPACHOL E DO HIDROXI-HIDROLAPACHOL ATRAVÉS DA REAÇÃO DE MICHAEL	83
Situação-problema	83
LAPACHOL E HIDROXI-HIDROLAPACHOL.....	85
Tutorial	88
OBTENÇÃO DO ACETATO DE <i>TERC</i>-BUTILA VIA REAÇÃO DE BAEYER DE VILLIGER.....	90
Estudo de caso.....	90
IMPORTÂNCIA DOS ÉSTERES.....	93
Tutorial	95
OBTENÇÃO DO ÁLCOOL GERANIOL EMPREGANDO REAÇÃO DE REDUÇÃO	97
Situação-problema	97
ÓLEOS ESSENCIAIS	100
Tutorial	103
5.2. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA REALIZADA COM PROFESSORES	106
5.3. OLHARES SOBRE UM CASO NA PERSPECTIVA DOS ALUNOS	113
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
REFERÊNCIAS.....	120

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO DOS PROFESSORES	133
APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	135
APÊNDICE 3 – TEMÁTICAS DOS LIVROS E ARTIGOS	138
APÊNDICE 4 – MATERIAIS DOS ALUNOS	143
ANEXO 1 – RELATOS DOS ALUNOS.....	152

1. INTRODUÇÃO

Há uma concordância entre diversos autores, que o modelo educacional tradicional, geralmente, baseado na transmissão e recepção de conhecimentos prontos, não prepara os indivíduos para a imprevisibilidade e os desafios que os profissionais enfrentam no mundo moderno (ESCRIVÃO FILHO; RIBEIRO, 2008). À vista disso, para atuar em um meio que demanda criatividade, reflexão, pensamento estratégico, iniciativa, vontade de aprender e capacidade de resolver problemas (NICOLINE, 2003) é impreterível o indivíduo dominar um conjunto que abrange além de conhecimentos, também habilidades e atitudes (CHIAVENATTO, 2006).

Nesse sentido, de acordo com Cardoso e Colinvaux (2000), para que se possa reproduzir e compreender o que está a nossa volta as aprendizagens devem ser as mais significativas e profundas possíveis. Não é possível aplicar de modo eficaz o que não foi suficientemente aprendido. Se não houver domínio profundo, dificilmente se terá capacidade de agir com eficácia diante de uma situação real específica, visto que, problemas e situações da realidade nunca serão apresentados de forma simples (ZABALA; ARNAU, 2010).

Boa parte dos cidadãos tem dificuldades ou até mesmo são incapazes de aplicar os conhecimentos que teoricamente possuem, em situações ou problemas reais, onde os mesmos poderiam ser muito valiosos. Desse modo, faz-se necessário a superação de um ensino que se reduziu a uma aprendizagem baseada em memorização, onde os alunos decoram conhecimentos a fim de somente expô-los em uma prova, e não para aplicá-los de modo eficaz nos diferentes âmbitos da vida (ZABALA; ARNAU, 2010).

Segundo Zabala e Arnau (2010), o conhecimento só toma sentido quando aquele que o possui é capaz de utilizá-lo. Contudo, o papel do ensino deve orientar-se em torno do desenvolvimento de todas as capacidades do ser humano, aspirando a formação integral e a educação para a vida, de modo que, os alunos sejam capazes de responder da forma mais eficaz possível os diversos tipos de situações com as quais se depararem no futuro. Perrenoud (2002) por sua vez, frisa que a principal ideia é confrontar o estudante com situações semelhantes àquelas que ele encontrará no trabalho e construir saberes a partir dessas situações, em outras palavras, é necessário adaptar a abordagem por problemas à natureza das profissões.

Vale ressaltar que, educa-se com uma finalidade que não é imediata, mas que tem o propósito de que o que agora é ensinado e aprendido em um contexto escolar, possa no momento certo, ser utilizado na realidade, na ocasião em que esses conhecimentos, habilidades ou atitudes aprendidas se façam necessárias (ZABALA; ARNAU, 2010).

Mediante a problemática supracitada, é fundamental a criação de um novo modelo de curso superior, que privilegie o ofício e a importância do estudante no processo da aprendizagem, em que o papel do professor, de "ensinar coisas e soluções", passe a ser "ensinar o estudante a aprender coisas e soluções", ou seja, que o aluno seja estimulado a buscar o conhecimento por si só, aprenda a questionar as situações, sistematizar problemas e buscar criativamente soluções (BRASIL, 2001). Por conseguinte, é aconselhado que profissionais de ensino estimulem a autonomia dos alunos possibilitando-os que aprendam a aprender e os auxiliem a encontrarem sentido ao que estiverem fazendo (ZABALA; ARNAU, 2010).

Conforme articula Herreid (2004), a melhor forma de aprimorar a capacidade de uma pessoa em Química é por intermédio de problemas químicos. Estudo de casos, por exemplo, são conhecidos como histórias para ensinar e que não apresentam fatos como se fossem rigorosamente verdadeiros e indiscutíveis, ao contrário, eles revelam a abordagem confusa que é a verdadeira ciência (HERREID, 2007). Outrossim, as situações-problema se apresentam como uma situação de aprendizagem que propõe um desafio intelectual, de modo que, exigem reflexões, posicionamentos e argumentações (MACEDO, 2002).

Todavia, levando-se em conta que há poucos materiais divulgados em Química Orgânica que trazem a proposta de casos ou situações-problema para o nível superior, ficou revelada a importância de produzir um material didático nesta área, e com estas abordagens; e que, sobretudo, desperte curiosidades e preze por estimular os alunos a serem cada vez mais críticos e autônomos em seu aprendizado.

Ademais, entre os conteúdos da Química Orgânica, foi priorizado o tema "compostos carbonilados", que além de ser um tópico presente na ementa da disciplina dessa área, em cursos de graduação em Química, ainda é importante para a melhor compreensão do cotidiano, uma vez que, uma variedade de compostos carbonilados estão presentes nos alimentos (ácido cítrico), nos aromas de flores e frutos (ésteres), sabões (sais de ácidos graxos), vitaminas (vitamina C ou ácido

ascórbico), entre outros. Também em relação a Química Orgânica, mas em nível superior, não se pode deixar de comentar o elevado número de mecanismos de reação que são apresentados aos alunos. Assim sendo, poder oferecer ao aluno um método de ensino em que a solução de um caso ou problema passa pela busca do mecanismo de reação, poderá dar uma ressignificação ao aprendizado destas sínteses, valorizando sua importância.

À vista disso, o objetivo principal desta pesquisa foi desenvolver um material didático empregando casos e situações-problema e verificar a possibilidade de instaurar esses métodos para motivar o ensino e a aprendizagem dos compostos carbonilados. Ao mesmo tempo ainda, oferecer aos professores uma “nova” possibilidade metodológica para o ensino de Química Orgânica, em cursos de Licenciatura, de maneira que os alunos, por consequência, tenham a oportunidade de experimentar uma situação didática (e de prática docente) normalmente não vivenciada em disciplina de conhecimento específico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO

No início do século XX, o filósofo e pedagogo americano John Dewey propôs uma tendência para o ensino de ciências que ficou conhecida como “*inquiry learning*”, ou então, ensino por investigação (TROPIA, 2011). Trata-se de uma abordagem que permite a participação dos estudantes no processo de elaboração conceitual, dando-lhes oportunidades e condições para que argumentem e exercitem a razão, ao invés de fornecer respostas prontas e acabadas que trazem uma visão fechada das ciências (CARVALHO, 2004).

Essas abordagens caracterizam-se por propor aos alunos situações problemáticas abertas, favorecer a reflexão sobre a relevância das situações-problema apresentadas, permitir que os alunos emitam hipóteses, contemplem as implicações CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) do estudo realizado, além de proporcionar momentos para debate das atividades desenvolvidas (PÉREZ, 1993).

Entretanto, para que os propósitos supracitados sejam devidamente atingidos as atividades investigativas devem tipicamente: a) conter um problema; b) desencadear debates; c) propiciar o desenvolvimento de argumentos; d) motivar e mobilizar os estudantes; e) propiciar a difusão dos resultados encontrados a todos os estudantes da turma (CARVALHO, 2006). Assim sendo, tal abordagem deve possibilitar que os estudantes mobilizem os conhecimentos que já têm e busquem outros de modo a solucionarem o problema. Logo, esse processo permite que ele construa seus próprios modelos explicativos cooperando para que exerça uma autonomia no processo de aprendizagem (WARTHA; LEMOS, 2016).

No Brasil, nas últimas décadas vem ganhando forças no meio educacional diferentes perspectivas de abordagem investigativas, como é o caso da abordagem CTS, a abordagem problematizadora e a aprendizagem baseada na resolução de problemas (WARTHA; LEMOS, 2016).

A metodologia intitulada Problem Based Learning (PBL) ou Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) surgiu ao final da década de 1960, na Escola de Medicina da Universidade de McMaster, Canadá, em decorrência da insatisfação com o ensino tradicional dessa área. Logo após, se difundiu por faculdades de medicina de países como Holanda, Austrália e Estados Unidos. Sobretudo,

despontou como uma tentativa de superar a falha do distanciamento do ensino em relação aos contextos profissionais reais (BOUD; FELETTI, 1997; FREITAS, 2012).

Deste modo, caracteriza-se como um método de aprendizagem que tem por base a utilização de problemas como ponto de partida para a aquisição e integração de novos conhecimentos, em oposição ao que ocorre no ensino tradicional, onde primeiramente são introduzidos os conceitos seguidamente de um problema de aplicação (BARROWS, 1986; DUCH, 1996). Todavia, isso não quer dizer que a PBL nega a importância de aprender um conteúdo, porém, não reconhece a utilidade futura do conteúdo memorizado, adquirido em contextos abstratos (LEITE; AFONSO, 2001).

Na concepção de Delisle (2000, p. 5 apud SOUZA; DOURADO, 2015) a PBL é “uma técnica de ensino que educa apresentando aos alunos uma situação que leva a um problema que tem de ser resolvido”. Tendo em vista que essa metodologia tem na situação-problema o seu componente fundamental (MAMEDE et al., 2001 apud LOPES, 2011), de acordo com Barbosa e Moura (2013, p. 58), ela pode ainda ser fundamentada como “o uso contextualizado de uma situação-problema para o aprendizado autogerido”. Gil (2006), por sua vez, a define como um método de aprendizagem inovador onde os estudantes trabalham com o objetivo de solucionar problemas através de estudo de casos previamente montados.

O método de Estudo de Caso, uma das variações da ABP, se refere a um método pedagógico que despontou como uma significativa invenção no século XIX, criado por Christopher Columbus Langdell na Universidade de Harvard, para ser utilizado no ensino dos advogados, juristas e administradores de empresa (MENEZES, 2009). Diante disso, ao objetivar o estudo prático da lei (MENEZES, 2009), o método de casos modificou radicalmente a metodologia de ensino norte-americana, tornando o que antes se tratava de memorização da matéria sistematicamente apresentada nos manuais de Direito para a análise dos casos, para o "processo puramente analítico do material do direito comum" (CONANT, 1968, p. 78).

Sucintamente, os estudos de casos são empregados visando ensinar habilidades para a tomada de decisões profissionais, ao mesmo tempo em que proporcionam aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem e explorar a ciência envolvida em situações de complexidade variável (SÁ, 2006). Um aspecto importante é que neste modelo o estudante é o responsável

pelo seu aprendizado, passando de receptor passivo para ativo no processo de aprendizagem (SPAULDING, 1969) contrapondo-se aos modelos didáticos de ensino apoiados em perspectivas tradicionais, onde o professor é o centro do processo de transmissão de saberes para alunos que apenas recebem e memorizam o conhecimento transmitido (SOUZA; DOURADO, 2015).

De modo geral, a maioria das variações existentes para o método ABP, tem como etapas fundamentais: identificação e definição do problema; acesso, avaliação e uso de informações necessárias à solução do problema; apresentação da solução do problema (SÁ; QUEIROZ, 2010). Em face do exposto, vale salientar que o ensino orientado para a ABP foi adotado por várias áreas do conhecimento e níveis da educação, consolidando-se, assim, como um método de aprendizagem considerado eficaz nas mais diversas instituições de ensino e pesquisa em todo o mundo (SOUZA; DOURADO, 2015).

2.2 ESTUDO DE CASO

O método de estudo de casos é variante do método Aprendizado Baseado em Problemas, também conhecido como Problem Based Learning (PBL), e foi desenvolvido “com o intuito de colocar os alunos em contato com problemas reais, de estimular o desenvolvimento do pensamento crítico, a habilidade de resolução de problemas e a aprendizagem de conceitos da área em questão” (SÁ; QUEIRÓZ, 2010, p. 1). Embora, inicialmente, fossem restritos a profissionais do campo de medicina, esse método se expandiu por cursos de graduação e pós-graduação de diversas áreas (SÁ; FRANCISCO; QUEIRÓZ, 2007).

Os estudos de casos são histórias com uma determinada mensagem, não são simples narrativas para entretenimento, são histórias para ensinar (HERREID, 2007). Herreid (2005) destaca que a utilização de estudo de casos vem alcançando uma forte posição no ensino de ciências. São histórias que nos envolvem. Uma história bem contada será lembrada e com ela a mensagem educacional. Ademais, todos os casos laboram com a essência do pensamento crítico desenvolvendo um hábito mental que deve permanecer na vida cotidiana (HERREID, 2004).

De acordo com Sá, Francisco e Queiróz (2007) através do uso de narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões ou dilemas, os casos são comumente

utilizados para ensinar a profissionais habilidades para tomada de decisão. “Na aplicação deste método o aluno é incentivado a se familiarizar com personagens e circunstâncias mencionados em um caso, de modo a compreender os fatos, valores e contextos nele presentes com o intuito de solucioná-lo.” O papel principal do professor, por sua vez, consiste em auxiliar o estudante a trabalhar com os fatos e análise de um problema, bem como, a verificar as possíveis soluções e consequências de suas ações.

Um aspecto importante dos estudos de casos é ser um método flexível, isto é, pode ser utilizado em uma série de situações e explorar diversos conteúdos. Todavia, para que as necessidades de ensino sejam alcançadas pelos professores a escolha do assunto principal a ser destacado no caso deve ser relevante dentro do contexto da disciplina a ser ministrada e, preferencialmente, deve também estar relacionado com questões atuais e/ou controversas. Destarte, são disponibilizadas aos estudantes situações que eles usualmente estão aptos a enfrentar, tanto no que diz respeito ao conhecimento do conteúdo científico, quanto a aquele sobre questões éticas, sociais e econômicas abarcadas no caso (SÁ; FRANCISCO; QUEIRÓZ, 2007).

Para que esse método possa ser utilizado como estratégia de ensino é preciso que o professor tenha acesso a casos prontos ou então que ele mesmo os produza. À vista disso, determinados aspectos que devem ser considerados para a elaboração de um bom caso são descritos na literatura e mencionados a seguir: deve narrar uma história, despertar o interesse pela questão, ser atual, produzir empatia com os personagens, incluir citações, ser relevante ao leitor, ter utilidade pedagógica, provocar um conflito, forçar uma decisão, ter generalizações, ser curto (HERRRID, 1997). Variadas são as fontes de inspiração que podem ser usadas para a produção dos casos, entre as quais se ressaltam os artigos de divulgação científica, artigos originais de pesquisa e filmes comerciais. (SÁ; QUEIRÓZ, 2010).

Em 1998, Herreid elaborou um esquema com as diversas estratégias utilizadas para a execução do método do estudo de casos, sugerindo que os mesmos poderiam ser explorados pelos professores através dos seguintes formatos: formato de aula expositiva - o caso tem a característica de uma história contada pelo professor aos seus alunos, de uma forma aperfeiçoada e com objetivos específicos; formato de discussão - o caso é exposto pelo professor como um impasse e os alunos são indagados a respeito das suas perspectivas e opiniões com relação à

resolução do mesmo; formato de atividades em pequenos grupos - os casos são analisados por pequenos grupos de estudantes, que trabalham em colaboração, o professor exerce a função de facilitador no decorrer das discussões.

Na literatura são vistos exemplos de aplicações de estudos de casos nos quais os professores fazem uso de um ou mais dos formatos e ainda de professores que adotam um dos formatos, com algumas alterações. Isto se verifica, por exemplo, em uma aplicação denominada como método do caso interrompido variante do formato de atividades em pequenos grupos. Neste método, o professor fornece aos alunos um caso que realmente foi enfrentado por determinados pesquisadores, solicitando-os que apresentem as possíveis alternativas para sua resolução e adicionando novas informações gradativamente. Por fim, o professor apresenta a sentença indicada pelos pesquisadores e a confronta com as concedidas pelos grupos de alunos (SÁ, FRANCISO; QUEIROZ, 2007). Segundo Herreid (2004) esse método é favorável porque é assim que a ciência realmente funciona - temos que trabalhar com dados incompletos, criar hipóteses provisórias, coletar mais informações, refinar nossas hipóteses, fazer mais previsões, obter mais dados e assim por diante. Depois que os alunos veem isso eles reconhecem que existem formas alternativas de analisar e interpretar os dados de um problema. Eles começam a contestar.

O método de Múltiplos Casos é outra variante do formato de atividades em pequenos grupos, consiste na apresentação e discussão de vários casos curtos durante certo intervalo de tempo. Posteriormente, a resolução de cada caso é apresentada por alunos representantes dos grupos, e o professor instiga o estabelecimento de discussões a respeito das soluções encontradas (TÄRNVIK, 2002). Por fim, o método do Caso Dirigido é uma modalidade do formato de aula expositiva, que busca especialmente aprofundar e solidificar a compreensão de conceitos aplicados na disciplina em foco. Neste modelo o instrutor cria casos curtos e os insere em cada uma das unidades que são apresentadas na tradicional aula expositiva. Cada caso é seguido por questões que podem ser respondidas através de consultas a livros ou anotações realizadas durante as aulas expositivas (CLIFF; CURTIN, 2000).

2.3 SITUAÇÃO-PROBLEMA

Muitas propostas vêm sendo apresentadas, a partir da ideia da construção do conhecimento por meio da utilização de “problemas” no ensino de ciências (PAZINATO; BRAIBANTE, 2014). Adotando como referencial teórico as ideias de Meirieu (1998, p. 192) a situação-problema é entendida como “uma situação-didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema, se dar ao vencer obstáculos na realização da tarefa”. Dessa forma, uma situação-problema, como uma situação de aprendizagem, propõe um desafio intelectual, algo que deve ser superado, tendo em vista que, há um aguçado desejo de resolver, há a intenção de alcançar um resultado favorável (MACEDO, 2002).

As situações-problema devem ser corretamente selecionadas e, pedagogicamente estruturadas pelos professores-elaboradores, sendo escolhidos os conteúdos e conceitos a serem abordados, pensando em contextos problemáticos e elaborando as situações de modo a incorporar os obstáculos de acordo com o grau de desenvolvimento cognitivo dos seus alunos. Para isso, é necessário procurar questionar as ideias prévias dos alunos e construir outras ideias na promoção de novos conhecimentos científicos. Vale salientar que nem sempre isso resulta na substituição ou eliminação das ideias anteriores, mas sim, no aprimoramento acerca de um conceito ou procedimento. Portanto, refere-se a uma dinâmica de trabalho que orienta a procura do desconhecido, a partir do conhecido (SILVA; NÚÑEZ, 2002).

Para Meirieu (1998, p. 173) uma situação-problema conta com seis características centrais: i) “propõe aos sujeitos a realização de uma tarefa”; ii) “a tarefa só pode ser executada se o obstáculo for transposto”; iii) “a transposição do obstáculo deve representar um patamar no desenvolvimento cognitivo do sujeito”; iv) “o obstáculo deve constituir o verdadeiro objetivo de aquisição do educador”; v) “a tarefa deve apresentar um sistema de restrições a fim de que os sujeitos não executem o projeto sem enfrentar os obstáculos”; vi) “deve ser fornecido aos sujeitos um sistema de recursos (materiais e instruções) para que eles possam vencer o obstáculo”.

Pietrocola, Alves Filho e Pinheiro (2003, p. 147) destacam que na produção desse contexto problemático deve-se estar atento para que ele seja: i) “percebido pelos alunos como um problema”; ii) “adaptado ao nível de conhecimento dos alunos”, ou seja, não pode ser tão fácil que não provoque dificuldades, mas, nem tão difícil que fique fora do alcance compreensão dos estudantes; iii) “suficientemente instigador para que os alunos sintam necessidade de abordá-lo”; iv) “executável no intervalo de tempo disponível”; v) “passível de abordagens multidisciplinares”; vi) “percebido com alguma importância extraclasse”, evidenciando as relações causais entre os processos estudados. Isto é, devem especialmente favorecer a reflexão dos alunos sobre a importância da relação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) visando evitar um estudo descontextualizado e incitando a relação dos conhecimentos científicos com o cotidiano (PÉREZ, 1999).

Outrossim, o emprego das situações-problema se direciona a propósitos distintos, podendo ser utilizadas após ou durante os processos de ensino e aprendizagem, como forma de avaliação ou o aprofundamento das aprendizagens, respectivamente (LEITE; AFONSO, 2001). Ante essa perspectiva, elas podem ser vistas como um método, técnica pedagógica e/ou processo de investigação (CHIN; CHIA, 2004).

Diante disso, um problema é uma situação que não dispõe de um caminho rápido e direto para sua resolução. Nessa acepção, é fundamental diferenciar o problema do exercício, já que para o exercício são disponibilizados mecanismos que levam de forma rápida à solução com investimento mínimo de recursos cognitivos, enquanto que o problema exige solução inédita (POZO et al., 1998, apud SILVA; NÚÑEZ, 2002).

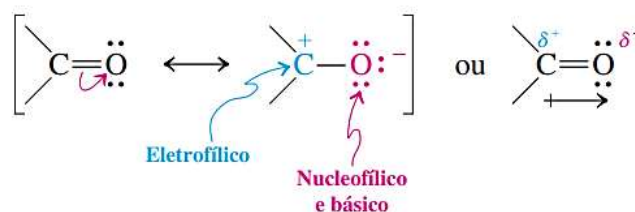
Entretanto, deve-se levar em consideração que o sucesso na solução dos problemas depende também da estrutura das tarefas e das orientações que a acompanham, tal qual deve ser apresentada de modo que os estudantes se interessem e vejam a necessidade de criar condições para solucionar a dificuldade apresentada (GARRETT, 1986; SILVA; NÚÑEZ, 2002).

2.4 COMPOSTOS CARBONILADOS

O grupo carbonila é, constantemente, considerado a função mais importante da Química Orgânica (VOLHARDT, 2013). São classificados como compostos carbonílicos toda e qualquer molécula orgânica que possua uma dupla ligação entre os átomos de carbono e oxigênio, conforme grupo funcional $R_2C=O$ (VIEIRA; REBOUÇAS; ANDRADE, 2012).

A reatividade das substâncias carboniladas reside na polaridade da ligação dupla carbono-oxigênio; o oxigênio é mais eletronegativo que o carbono. Isso torna o carbono carbonílico muito eletrofílico e por essa razão certamente será atacado por um nucleófilo, ao passo que o oxigênio é nucleofílico e ligeiramente básico, como pode ser observado na figura 1 (BRUICE, 2006). Além disso, o grupo carbonila possui um átomo de oxigênio com dois pares de elétrons não ligantes, uma característica estrutural que permite que a carbonila funcione como uma base de Lewis fraca (VOLHARDT, 2013).

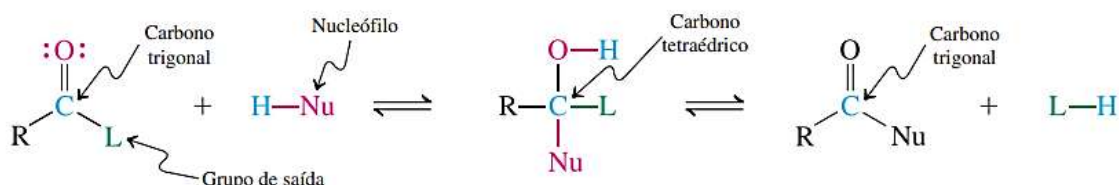
FIGURA 1 - DESCRIÇÃO DO GRUPO CARBONILA



FONTE: VOLHARDT (2013).

Por se tratar de um grupo funcional muito versátil, destacam-se diferentes possibilidades de reações para esses compostos. As reações de substituição nucleofílica acíclica ocorrem quando um nucleófilo troca um substituinte ligado ao grupo acila ($RC=O$), no reagente, para formar produtos de substituição. Isto quer dizer que existem somente duas etapas nesse tipo de reação: formação e colapso do intermediário tetraédrico, como mostra a figura 2. Entretanto, para que a reação de fato ocorra, o nucleófilo que fizer o ataque não deve ser uma base muito mais fraca do que o grupo que será substituído. É o que acontece com o grupo carbonílico de um ácido carboxílico ou um derivado de ácido que está ligado a um grupo que pode ser substituído por outro grupamento (BRUICE, 2006).

FIGURA 2 - SUBSTITUIÇÃO NUCLEOFÍLICA ACÍLICA

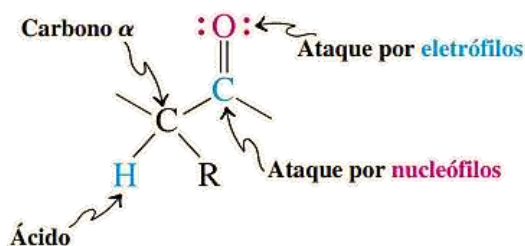


FONTE: VOLHARDT (2013).

Por outro lado, o grupo carbonílico de um aldeído ou cetona está ligado a grupos que são bases muito fortes para serem eliminados em condições normais, por isso não podem ser substituídos por outros grupos. Logo, os aldeídos e as cetonas reagem com nucleófilos para formar produtos de adição, ao invés de substituição (BRUCE, 2006).

A maior parte das reações dos aldeídos e cetonas ocorre em três posições: o oxigênio, como base de Lewis, o carbono da carbonila, como eletrófilo, e o carbono “alfa” adjacente à carbonila (Figura 3).

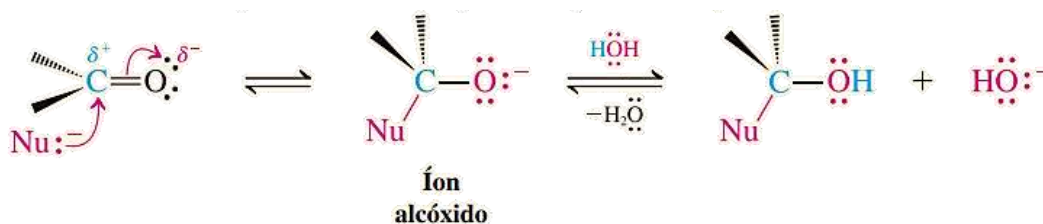
FIGURA 3 - POSIÇÕES REATIVAS DOS ALDEÍDOS E CETONAS



FONTE: VOLHARDT (2013).

Dessa forma, quando se trata da adição de nucleófilos fortemente básicos aos grupos carbonila, normalmente é seguido o mecanismo de adição nucleofílica/protonação (Figura 4).

FIGURA 4 - ADIÇÃO NUCLEOFÍLICA/PROTONAÇÃO (CONDIÇÕES BÁSICAS)

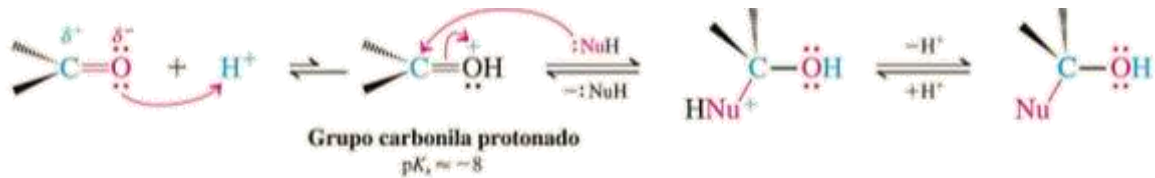


FONTE: VOLHARDT (2013).

Já em reações com nucleófilos relativamente pouco básicos, o mecanismo de protonação/adção eletrofílica é mais eficiente, visto que, as condições ácidas são

incompatíveis com nucleófilos fortemente básicos, pois eles seriam protonados (Figura 5) (VOLHARDT, 2013).

FIGURA 5 - PROTONAÇÃO/ADIÇÃO NUCLEOFÍLICA (CONDIÇÕES ÁCIDAS)



FONTE: VOLHARDT (2013).

Dentre os compostos orgânicos de odores mais potentes e variados estão as moléculas pertencentes ao grupo carbonila (VOLHARDT, 2013). Os compostos carbonílicos de baixa massa molar encontram-se bastante difundidos na natureza e são comumente absorvidos pelo homem a partir da inalação de seus vapores, absorção cutânea ou ingestão. Entre esses compostos há os que são irritantes para dos olhos, pele e trato respiratório e alguns apresentam características fitotóxicas, teratogênicas, mutagênicas e carcinogênicas (ANDRADE et al., 2002). Em alimentos e bebidas, em particular, a incidência desses compostos é comum, podendo influenciar significativamente na sua qualidade (AZEVEDO et al., 2007).

2.5 INFLUÊNCIAS DO TEÓRICO VYGOTSKY

Ao contribuir com o PBL, o conceito da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) desenvolvido por Vygotsky acaba também favorecendo a compreensão dos estudos de casos e as situações-problema. A ZDP consiste na distância entre o nível de desenvolvimento real do aluno, determinado pela capacidade de resolver problemas sem ajuda, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado pela solução de problemas sob a orientação de um mediador, que pode ser o professor ou colegas que sabem mais do que ele (VYGOTSKY, 2007). Todavia, “aquilo que é zona de desenvolvimento proximal hoje, será o nível de desenvolvimento real amanhã”, assim, os problemas ou tarefas que no momento o sujeito só consegue realizar com assistência do outro, em pouco tempo será capaz de realizar sozinho (VYGOTSKY, 2007, p. 98). Isso significa que o desenvolvimento potencial é aquele que pode ser construído, ou seja, são as habilidades que o indivíduo já tem, porém, que estão em fase de desenvolvimento (VYGOTSKY, 1991).

Segundo Vygotsky (1991), a construção do conhecimento envolve uma ação partilhada em um processo de mediação entre sujeitos. Justamente, por estar vinculada ao desenvolvimento individual e social, a interação é apreciada como condição indispensável para a aprendizagem.

Partindo desse pressuposto, uma condição determinante para o processo de aprendizagem está direcionada à integração entre alunos com diferentes níveis de desenvolvimento. Logo, no processo de aplicação dos casos e das situações-problemas, uma recomendação ao professor é propor a formação de grupos de alunos com níveis de conhecimento diferentes, porém próximos, para a realização da tarefa. Isso beneficiará que o grupo se torne colaborativo e haja trocas produtivas de experiências e saberes (CHINI, 2015).

Ainda, nessas ocasiões, de acordo com Vygotsky (2007), o professor deixa de ser a única fonte de conhecimento na sala de aula. Apesar disso, sua função segue sendo imprescindível, visto que, é o professor quem planeja (e por vezes, elabora) todo o trabalho: os estudos de casos e as situações-problema, as questões que os envolvem, e também, a definição das equipes para que os alunos se juntem não somente por afinidade, que acarreta em trocas inviáveis, mas sim, pelas diferenças e proximidade de saberes. Afinal, uma das relações que pode se estabelecer entre o ensino por problemas e a ZDP, é que ambos reforçam a importância do trabalho em grupo (CHINI, 2015).

2.6 NOVAS PERSPECTIVAS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA NO ENSINO SUPERIOR

É possível mencionar sem exageros que a Química Orgânica é parte integrante da vida, sendo, portanto, indispensável conhecer mais profundamente esta área da Química. Entretanto, é encontrada na literatura uma quantidade pouco significativa de artigos que trazem casos ou situações-problema de Química Orgânica para o ensino superior. A propósito, os que ainda o fazem, muitas vezes tratam simultaneamente de conteúdos de Bioquímica e Química Orgânica.

O primeiro, intitulado “*Thalidomide makes a comeback: a case discussion exercise that integrates biochemistry and organic chemistry*”, revela um caso relacionado à comercialização do medicamento talidomida e que tem como principal objetivo, além da aprendizagem de conteúdos científicos, estimular o pensamento

crítico dos alunos por meio da análise de riscos e benefícios envolvidos na distribuição deste medicamento (BENNETT; CORNELLY, 2001). Para solucionar o caso os alunos deveriam buscar, entre outros, conhecimentos em estereoquímica e hidrólise de amida. Similarmente, o segundo artigo, com o título “*Molecular modelling in the undergraduate chemistry curriculum: the use of beta-lactams as a case study*” trata também das duas áreas, ao introduzir conceitos de modelagem molecular e química computacional (RINGAN; GRAYSON, 1994). Por fim, o terceiro artigo intitulado “Estudo de Casos sobre a química dos carboidratos: contribuições para a formação profissional dos estudantes de química da UFRGS”, como o próprio título sugere, aborda uma experiência desenvolvida com a metodologia de estudo de casos na disciplina de Química Orgânica de Biomoléculas para o estudo da Química dos Carboidratos (PASSOS, 2016).

No Brasil, até onde se conhece somente o Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos (<http://www.gpeqsc.com.br/casos/casos.php>) disponibiliza casos prontos para o ensino de Química e áreas afins. São casos de caráter sociocientífico dos quais, do total de 46 casos expostos no site apenas 9 podem ser inseridos em disciplinas de Química Orgânica no Ensino Superior. Entretanto, quando se refere a conteúdos de Química Orgânica II ou Química Orgânica Experimental II apenas um dos casos “Óleo de Fritura - Descarte Consciente” está voltado para essas disciplinas e conteúdos ao possibilitar abordar as funções álcool, ácido carboxílico e ésteres e as reações de saponificação e transesterificação. Há ainda outros dois casos, “A loira perigosa” e “Pet: soluções ideais para um problema real”, que embora não estejam necessariamente direcionados a disciplina de Química Orgânica II, a partir de suas resoluções, podem ser abordados conceitos como reações de esterificação, transesterificação e mecanismos para a interconversão de funções orgânicas, incluindo carbonilados.

Em relação a situações-problema é encontrada uma sugestão usada em curso de Licenciatura que tem como título “A Proposta Metodológica de Ilha Interdisciplinar de Racionalidade em um Curso de Licenciatura em Química: Discutindo Informações de Corrente de E-mail”, a qual, baseia-se em uma corrente de e-mail, que alerta as pessoas sobre o uso de plásticos no forno micro-ondas e no freezer, proporcionando uma forma diferenciada de estudar conhecimentos químicos (dioxinas, polímeros, reações químicas, cinética química, entre outros), articulando-

os com conhecimentos de outras áreas e com um propósito bem definido: responder a uma carta (MILARÉ, 2014).

Diante disso, constata-se que o ensino através de casos e/ou situações-problema é uma proposta pouco divulgada na Química Orgânica, nesse nível de ensino. Contudo, perante esse cenário e a seleção de conteúdo distinto na área, “compostos carbonilados”, a sugestão dessa pesquisa pode ser considerada inédita.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Elaborar um material didático que empregue estudo de casos e situações-problema para o ensino de Química Orgânica, em cursos de Licenciatura em Química.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Motivar o ensino de compostos carbonilados e mecanismos de reação por meio de casos e/ou situações-problema.
- Desenvolver textos para integrar o conteúdo didático a alguma temática ou contexto relevante.
- Promover novas metodologias de prática docente, em disciplina de área específica, à Química Orgânica.
- Dar acesso, ou facilitar/simplificar o trabalho, aos professores universitários interessados em fazer uso dos casos ou situações-problema como metodologia.
- Encorajar o estabelecimento de discussões e de interação em sala de aula.

4. METODOLOGIA

A metodologia empregada neste estudo focalizou a abordagem qualitativa, com delineamento de investigação exploratória e de pesquisa metodológica. Segundo Moresi (2003), na pesquisa qualitativa “o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave. O processo e seu significado são os focos principais de abordagem e não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas”. Por sua vez, a investigação exploratória é conduzida “em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado”, conforme ocorre com esta proposta de trabalho, ainda pouco explorada no ensino de Química Orgânica em Ensino Superior. Da mesma forma, a pesquisa metodológica refere-se à “elaboração de instrumentos de captação ou de manipulação da realidade. Está, portanto, associada a caminhos, formas, maneiras e procedimentos para atingir determinado fim”.

Neste trabalho, pretendeu-se propor instrumentos de ensino e aprendizagem para aplicação e transformação da atual realidade de sala de aula, de uma disciplina de área específica, a Química Orgânica, em um curso de Licenciatura.

A pesquisa está fundamentada principalmente nos referenciais de Sá e Queiroz, Herreid, Silva e Nuñez e Zabala e Arnau, conforme exposto na revisão da literatura, que tratam do foco desta pesquisa: os casos e as situações-problema. Na fundamentação, foi ainda inserido o referencial teórico de Vygotsky, uma vez que a aprendizagem por casos e situações-problema tende a promover o diálogo e a integração de saberes, tornando o processo de aprendizado mais colaborativo, conforme defendido por Vygotsky (SOUZA; FONSECA, 2017).

Assim sendo, as etapas desenvolvidas para o desenvolvimento desta pesquisa foram:

Momento 1:

Seleção e estudo de temáticas ou relações cotidianas que os autores abordam no conteúdo dos compostos carbonilados. Estas temáticas tiveram como fonte de inspiração tanto os livros de Química Orgânica do Nível Superior como também outros meios (artigos, livros paradidáticos, notícias, outros) desde que se vislumbrasse uma articulação com o assunto principal, os compostos carbonilados.

Momento 2:

Formulação de casos e situações-problema pertinentes ao conteúdo, de acordo com os critérios divulgados na literatura da área, como por exemplo, as orientações de Sá e Queiroz (2010, p.23) para elaboração de casos: “escolha o assunto principal a ser destacado no caso; elabore uma lista com todos os conceitos e habilidades que se pretende abordar através da aplicação do caso; elabore uma lista de possíveis personagens do caso; elabore uma série de questões para discussão em aula”. Ou ainda, as recomendações sugeridos por Pietrocola, Alves Filho e Pinheiro (2003, p. 147) na construção das situações-problema: “adaptada ao nível de conhecimento dos alunos; suficientemente instigadora; passível de abordagens multidisciplinares; percebida com alguma importância extraclasse”.

Momento 3:

Desenvolvimento de textos para apresentar aos alunos as relações do conteúdo que se está estudando com outros conhecimentos. Estes, denominados “textos integradores”, tiveram origem em várias fontes (artigos e livros) e como critério, para compor o teor textual, priorizou-se informações que favorecessem certa contextualização, como por exemplo, a obtenção e/ou a aplicabilidade do composto orgânico em questão, propriedades farmacológicas, contexto ambiental, e/ou outras classificações e características químicas pertinentes, entre outros.

Momento 4:

Estruturação pedagógica dos casos, das situações-problema e dos textos produzidos, de modo a estabelecer uma sequência adequada para uso em sala de aula. Deste modo, foi estruturado um tutorial com propostas de perguntas sobre a temática abordada, visando conduzir os docentes no uso do material e nos possíveis questionamentos relacionados ao tema. No que se refere ao material dos alunos foram apenas adicionadas breves dicas para orientá-los na busca da solução com base na proposta de Sá e Queiroz (2010).

Momento 5:

Avaliação do material didático por professores da disciplina de Química Orgânica de diferentes Instituições de Ensino Superior. Para isso, foi utilizado como instrumento de coleta de dados um questionário online criado pelo programa “Formulários

Google” estruturado com 6 questões, interrogando se os docentes já fizeram uso de algum desses métodos durante o período em que lecionam, como foi a experiência e sobretudo buscando um parecer por parte de cada um deles da viabilidade da proposta, de acordo com diversos critérios avaliativos acerca do referido material. O contato com os participantes foi online, de modo que o envio do questionário e do material, bem como a devolutiva dos professores, se deu via e-mail. O questionário se encontra disponível no Apêndice 1.

i) Sujeitos da pesquisa

A população da pesquisa foi composta por docentes que atuam nos cursos de graduação em Química, em disciplinas de Química Orgânica, de diferentes Instituições de Ensino Superior no Paraná, cujo Estado possui várias instituições que oferecem o curso de Química, com corpo docente qualificado. Considerou-se a amostragem de 10 opiniões suficiente para tecer as reflexões iniciais sobre o material didático.

ii) Procedimentos e instrumentos para coleta de dados

O primeiro passo de recrutamento foi entrar em contato com as coordenações do curso de Química do Paraná. Quando houve o retorno da carta de anuência, alguns destes chefes/coordenadores de curso já sugeriram o nome de um docente que poderia contribuir com a pesquisa, por ministrar aulas de Química Orgânica. Os que não fizeram essa indicação foram contatados em seguida. Assim, a partir do momento que se teve em posse do número do parecer de aprovação, pelo Comitê de Ética, o passo seguinte foi enviar por e-mail, para os professores indicados, o TCLE e todo material já mencionado, convidando-os a participar do estudo.

iii) Considerações éticas

O presente estudo foi cadastrado na Plataforma Brasil e enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, sendo aprovado mediante o parecer nº 3.663.145 e CAAE: 23655219.8.0000.0106. Em seguida, o mesmo foi encaminhado às Instituições Coparticipantes, do Estado do Paraná, pelos pareceres nº

3.723.811; 3.674.476; 3.739.608; 3.744.314 e CAAE's: 23655219.8.3002.5231; 23655219.8.3001.0105; 23655219.8.3005.8156 e 23655219.8.3006.0102, respectivamente.

Dessa maneira, o estudo foi executado de acordo com os aspectos éticos, onde os convidados concordaram em participar mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 2), conforme é recomendado pela Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, que institui as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos (BRASIL, 2012).

5. RESULTADOS

5.1. APRESENTAÇÃO DOS MATERIAIS

Visando a seleção das temáticas que seriam utilizadas como inspiração para a elaboração dos casos e das situações-problema, num primeiro momento foram analisados diversos livros de Química Orgânica – Volume 2, preferencialmente, buscando por temas que fossem incitantes, relevantes e se adaptassem com o ensino de compostos carbonilados. Também foram considerados outros livros, como os experimentais, além de artigos científicos, que apresentassem alguma relação interessante com o conteúdo estabelecido. Desse modo, organizou-se uma tabela na qual estão expostas todas as temáticas, tanto as encontradas nos livros quanto nos artigos e, embora muitas delas não tenham sido utilizadas nessa ocasião, as mesmas estão disponíveis para consulta e criação de futuros casos e situações-problema. As tabelas com as temáticas e suas respectivas descrições se encontram no Apêndice 3.

Salienta-se que nesse trabalho, todos os estudos de casos contam com diálogos entre personagens, ao passo que as situações-problema apresentam a questão que se quer resolver de maneira mais direta. De qualquer modo, tanto os casos e situações-problema desenvolvidos impulsionam o estudo de uma temática e de um mecanismo de reação, dentro do contexto “compostos carbonilados” de disciplina de Química Orgânica de nível superior.

O material do professor, mostra de início, na seção “tópicos articuladores”, o tópico do conteúdo contemplado e a temática envolvida, seguido do caso/problema proposto. Ainda consta um lembrete para fácil acesso à solução esperada e ao mecanismo geral da reação, além de um tutorial com sugestões de perguntas para o momento da contextualização do assunto, caso o professor assim deseje fazê-lo. Para fundamentar o docente nesta ação, há o texto integrador, seguido de questões que motivarão os alunos a encontrarem facilmente a resposta no próprio texto, além de questões adicionais para reflexão e/ou aprofundamento e que já se encontram com as respostas, a fim de facilitar a ação docente. Essas últimas questões integram as bibliografias sugeridas na sequência do material, ou seja, o texto explicativo tem como fonte as bibliografias apresentadas. Tais referências também podem ser estendidas aos alunos, pelo professor, caso haja interesse e/ou necessidade.

Já o material do aluno contém um estudo de caso ou uma situação-problema, seguido de uma sequência de palavras-chave associadas ao mecanismo. As palavras-chave têm o intuito de, como o próprio termo supõe, motivar uma primeira busca à solução pelos alunos, como se fosse uma dica inicial. Porém, quando o caso trazer um diálogo com muitas evidências sobre o mecanismo de reação, as palavras-chave poderão ser desnecessárias e, portanto, serão omitidas.

O texto integrador deverá acompanhar o material já que, como descrito anteriormente, oferece algum tipo de contexto à temática, seja de caráter ambiental, econômico, social, entre outros. Ressalta-se que este texto tem papel importante para ampliar a visão dos alunos sobre o assunto e, assim sendo, recomenda-se ao professor fazer uso para motivar a leitura, a interpretação e a relação deste texto com o conteúdo. Por outro lado, o texto pode não ser essencial na busca pelo mecanismo e solução do caso/problema, o que oportuniza uma liberdade didática ao professor que tenha interesse, de imediato, apenas na aplicação do caso/problema em si. Também não foi intenção esgotar o tema nesses textos, mesmo porque há muitas direções para estabelecer aprofundamentos e muitas intenções de leitura, de modo que, certos contextos podem não ter tido o merecido destaque. Se for o caso, cabe a substituição do texto integrador por artigo mais completo.

Abaixo, estão dispostos os dez materiais destinados para uso dos professores, que, diga-se de passagem, é condizente com o do aluno, porém, com um adicional de orientação didática. Os materiais designados aos alunos se encontram no Apêndice 4. Salienta-se que por questão de organização de escrita, os materiais obedecem a uma sequência, portanto, as figuras terão numeração contínua ao longo da apresentação dos 10 materiais. Entretanto, isso não interfere que o professor utilize-os aleatoriamente.

MATERIAL 1**OBTENÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS ATRAVÉS DE REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO****Tópicos articuladores**

- Reação de transesterificação
- Biodiesel

Estudo de caso

*Fonte de inspiração: ENGEL, R. G. et al. Química Orgânica Experimental: técnicas de escala pequena. Tradução da 3ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2012. **Biocombustíveis**, p. 918-921.*

Ao início do projeto de Iniciação Científica - I.C. do aluno Valdo (V), sobre a produção de um biodiesel, o orientador sugeriu que, primeiramente, ele se inteirasse do assunto, na literatura, para breve debate sobre o tema. Convicto de que tinha que fazer um bom trabalho, trocou algumas ideias com o seu colega (C) de república:

(V) - Cara, você se lembra da aula de Orgânica que tivemos ontem?

(C) - Mais ou menos.

(V) - A “profe” falou lá dos ésteres. Vou usar isso na I.C. para produzir um biodiesel.

(C) - Massa, cara!!! Para biodiesel é aquela reação de éster com álcool?

(V) - É. Mas não sei se vou usar metanol ou etanol. Será que coloco o álcool em excesso?

(C) - Mas tem grande importância isso?

(V) - Há de ter, “véio”!!! E lembra que tem a reação com catálise ácida ou básica?

(C) - Lembro. Acho que uma delas é mais lenta e de menor rendimento. E qual éster você vai usar?

(V) - O professor disse que tem um estoque de óleo de soja.

(C) - Cara, agora veio na cabeça que ter muita água no meio não é bom.

(V) - Não sei explicar isso.

(C) - Tem aquele lance de formar ácido graxo ou talvez sabão, que também não é bom.

(V) – Eita! E agora? Como preparo esse biodiesel? Vou trocar uma ideia com o João... Ele já cursou as disciplinas de Química Orgânica e faz tempo está lá no laboratório de pesquisa.

(C) - Põe tempo nisso. Quem sabe esse ano ele se forma...´

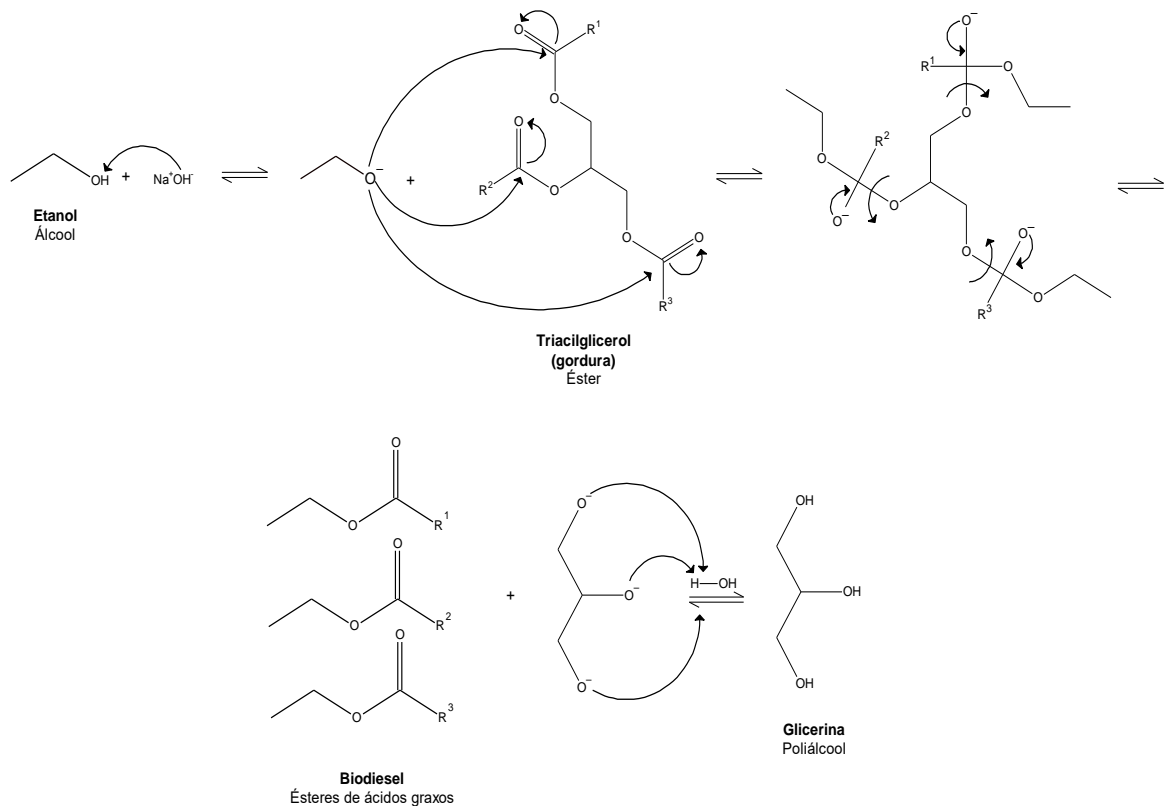
Nesta história você é o João. Ajude o Valdo neste drama da I.C.

Solução

Essa transformação de um éster em outro é conhecida como transesterificação. A reação dos ésteres com álcoois sofre catálise ácida ou básica. Nesse caso optou-se pelas condições básicas, tendo em vista que, a reação é mais rápida, o nucleófilo é melhor e oferece melhor rendimento. O excesso do álcool como solvente é empregado devido ao caráter reversível da reação, contribuindo assim para aumentar o rendimento do éster, bem como permitir a sua separação do glicerol formado. A presença de água, formada durante a reação ou presente nas matérias-primas conduz à hidrólise de alguns ésteres, com posterior saponificação dos ácidos graxos livres. Uma opção é empregar diretamente os alcóxidos de sódio ou potássio como catalisadores (para que não ocorra a formação de água proveniente do NaOH). Industrialmente, o metanol é mais utilizado por não ser higroscópico, embora seja altamente tóxico. Entretanto, o uso de etanol na produção de biodiesel torna-se atrativo sob o ponto de vista estratégico e ambiental, já que o Brasil é o maior produtor mundial desse álcool, o qual possui como características favoráveis, baixa toxicidade e produção a partir de fontes renováveis (cana de açúcar).

Mecanismo Geral

MECANISMO 1 – TRANSESTERIFICAÇÃO



Fonte: O autor (2019).

Texto Integrador

BIOCOMBUSTÍVEIS

Biocombustível é o combustível para transportes, proveniente da biomassa, elaborado a partir de óleos vegetais, gorduras animais e óleos e gorduras residuais, que pode ser líquido ou gasoso (TEIXEIRA; TAOUIL, 2010).

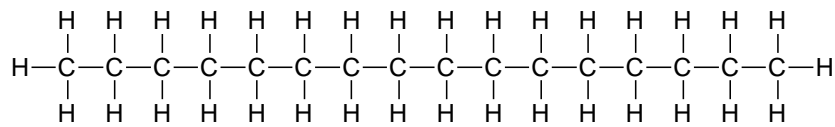
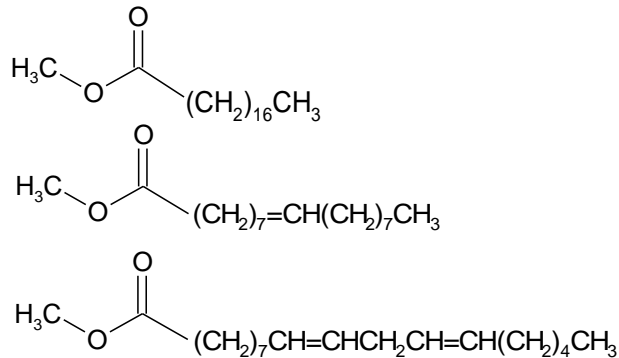
Os biocombustíveis se dividem em três categorias. Os de 1ª geração são aqueles produzidos através de matérias-primas de origem alimentícia, como o etanol de fermentação de açúcares e o biodiesel obtido a partir de óleos e gorduras (MOTA; MONTEIRO, 2013). Já os biocombustíveis de 2ª geração, se caracterizam por fazer uso da biomassa lignocelulósica, originada a partir dos resíduos agrícolas ou do processamento da madeira, por exemplo, o etanol celulósico (BRETHAUER; WYMAN, 2010). Por fim, os de 3ª geração são gerados de biomassa que não tenha concorrência com a produção de alimentos, assim como as algas (BRENNAN; OWENDE, 2010). Contudo, apesar do seu significativo rendimento por unidade de

área, devido aos altos custos operacionais, há discussões sobre a sua autêntica viabilidade econômica (MOTA; MONTEIRO, 2013).

A aplicação direta dos óleos vegetais nos motores é limitada por algumas propriedades físicas dos mesmos, principalmente sua alta viscosidade, sua baixa volatilidade e seu caráter poli insaturado, que implicam em alguns problemas nos motores, bem como em uma combustão incompleta. Assim, visando reduzir a viscosidade dos óleos vegetais, diferentes alternativas têm sido consideradas, tais como diluição, microemulsão com metanol ou etanol, decomposição térmica, craqueamento catalítico e reação de transesterificação com álcool de cadeia curta. Entre essas alternativas, a transesterificação tem se apresentado como a melhor opção, visto que o processo é relativamente simples consistindo numa reação química dos óleos vegetais ou gorduras animais com etanol ou metanol, estimulados por um catalisador alcalino. Neste processo ocorre a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ésteres de ácidos graxos promovendo a obtenção do biodiesel e da glicerina, um subproduto com valor comercial e inúmeras aplicações industriais (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005).

O biodiesel é uma evolução na tentativa de substituição de óleo diesel, derivado do petróleo, por biomassa renovável já que contém características físico-químicas semelhantes às do diesel mineral. É perfeitamente miscível, podendo ser utilizado puro ou misturado em quaisquer proporções em motores de ciclo diesel sem a necessidade de significativas ou onerosas adaptações (OLIVEIRA, 2002 apud TEIXEIRA; TAOUIL, 2010). Na figura 6 estão representadas as estruturas químicas do diesel e do biodiesel, que possibilita comparar os grupos funcionais predominantes em cada um desses combustíveis.

FIGURA 6 - ESTRUTURA QUÍMICA DE UM COMPONENTE DO DIESEL E DO BIODIESEL

**Diesel - Mistura de hidrocarbonetos****Biodiesel - Mistura de ésteres**

FONTE: O autor (2019).

Quanto às propriedades químicas relacionadas ao teor de enxofre, como os óleos vegetais e as gorduras de animais não possuem enxofre, o biodiesel é completamente isento desse elemento. A ausência total deste elemento confere vantagens, pois não há qualquer emissão de gases sulfurados (mercaptanas, dióxido de enxofre) normalmente detectados no escape de motores movidos a diesel e se pode, também, defini-lo como um biocombustível limpo, uma vez que os produtos derivados do enxofre são bastante danosos ao meio ambiente (afeta todos os seres vivos), pois são os principais causadores da chuva ácida e de irritações nas vias respiratórias, além de danificar o motor e seus componentes. Comparado ao óleo diesel, o biodiesel reduz significativamente as emissões de gás carbônico, já que ele é reabsorvido no crescimento das plantas que fornecerão a matéria-prima. Além disso, a redução das emissões de fumaça e a eliminação das emissões de óxido de enxofre evitam maiores problemas respiratórios, proporcionando à população maior expectativa de vida (RAMOS, 2003 apud TEIXEIRA; TAOUIL, 2010).

Ainda, comparado com o diesel fóssil, o biodiesel possui valores maiores de número de cetanos. O número de cetanos indica o tempo de atraso na ignição de combustíveis para motores do ciclo diesel, portanto, reflete a qualidade da ignição

do combustível. Dessa forma, quanto maior o número de cetanos do combustível, mais curto será o tempo de ignição (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009). Isso justifica a melhora da qualidade do diesel convencional quando é acrescentada uma proporção de biodiesel, já que, o número de cetano da mistura acaba sendo elevado (GONÇALVES; FERREIRA, 2008).

No Brasil, dentre as fontes de biomassa disponíveis para a produção de biocombustíveis encontram-se basicamente a cana-de-açúcar para a produção de etanol e os óleos vegetais para a produção de biodiesel (ROSSET; PORTO, 2015). Cerca de 80% do biodiesel do país produzido é oriundo do óleo extraído da semente de soja, mas as alternativas para produção de óleo são diversas e dependem da espécie cultivada em cada região (SOUSA, 2015).

Também, em nível nacional, desde setembro de 2019 passou a ser válida a resolução que dispõe que todo o diesel vendido no Brasil deve ter, no mínimo, 11% de biodiesel (B11 - 11% biodiesel + 89% diesel fóssil), podendo atingir o percentual máximo de 15% (B15 - 15% biodiesel + 85% diesel fóssil), de acordo com a legislação (UBRABIO, 2019). A medida objetiva proteger ainda mais os interesses do consumidor e dos usuários do sistema de transportes brasileiro e estruturar as bases para posteriores incrementos na adição de biodiesel no óleo diesel comercializado no país (ANP, 2019).

A utilização de biodiesel como combustível vem apresentando um potencial promissor no mundo inteiro, sendo um mercado que cresce aceleradamente devido a sua enorme contribuição ao meio ambiente, com a redução qualitativa e quantitativa dos níveis de poluição ambiental, principalmente nos grandes centros urbanos (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005).

REFERÊNCIAS

- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **ANP publica resolução sobre especificação do biodiesel**. 2019. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/noticias/5292-anp-publica-resolucao-sobre-especificacao-do-biodiesel>>. Acesso em: 06 set. 2019.
- BRENNAN, L.; OWENDE, P. Biofuels from microalgae - A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 2, p. 557-577, 2010.
- BRETHAUER, S.; WYMAN, C. E. Continuous hydrolysis and fermentation for cellulosic ethanol production. **Bioresource technology**, v. 101, n. 13, p. 4862-4874, 2010.
- FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. da S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja-taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.
- GONÇALVES, E. D. L.; FERREIRA, L. L. Flexibilidade na utilização de Diesel ou Biodiesel: uma abordagem via Opções Reais. **BBR-Brazilian Business Review**, v. 5, n. 3, p. 229-243, 2008.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. da. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química nova**, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009.

MOTA, C. J. A.; MONTEIRO, R. S. Química e sustentabilidade: novas fronteiras em biocombustíveis. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1483-1490, 2013.

ROSSET, I. G.; PORTO, A. L. M. Catálise Enzimática: Transesterificação do Óleo de Soja e Esterificação do Ácido Oleico via Lipases. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 2, p. 64- 78, 2015.

SOUSA, C. L. S. et al. **Novas possibilidades para determinação do teor de biodiesel em óleo diesel para aplicação em distribuidoras de combustíveis**, 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

TEIXEIRA, M. C.; TAOUIL, D. S. G. **Biodiesel: uma energia alternativa e verde**. **Vértices**, v. 12, n. 3, p. 17-40, 2010.

UBRABIO. **Biodiesel**. 2019. Disponível em: <<https://ubrabilio.com.br/2019/08/07/percentual-minimo-de-biodiesel-agora-e-11-o-que-isso-significa/>>. Acesso em: 06 set. 2019.

Tutorial

Questões do texto

- Quais são as matérias-primas que dão origem ao biocombustível?
- Por que não aplicar o óleo vegetal diretamente nos motores automotivos?
- O que significa o fato de não ter enxofre no biodiesel?

Questões adicionais

Como é utilizado o subproduto gerado na produção do biodiesel?

O glicerol, subproduto da produção do biodiesel, deve ser purificado antes da venda para aumentar a eficiência econômica do processo. A purificação é feita por destilação a vácuo que a converte em um produto limpo e transparente, comercialmente conhecida como glicerina. A maior demanda deste produto se concentra principalmente nos setores farmacêuticos, alimentícios, de higiene pessoal, na fabricação de insumos químicos e em polímeros. A grande funcionalidade da molécula combinada à ampla oferta e baixo custo, torna a glicerina uma plataforma interessante para a obtenção de diversos produtos químicos.

Biocombustíveis são definitivamente a alternativa mais viável para o ambiente?

Para alguns estudiosos, o uso de biocombustíveis pode apresentar algumas desvantagens significativas. O cultivo de cereais e vegetais exigidos para produzir tanto o etanol de milho (fermentação) quanto o biodiesel, resulta em direcionar as terras do cultivo de alimentos para a produção de combustíveis. A quantidade de

energia consumida para cultivar milho é semelhante à quantidade liberada pela queima do etanol. Além disso, aparentemente, o cultivo de ambas as matérias-primas resulta na produção de mais gases de efeito estufa que os combustíveis fósseis, visto que, terras com florestas devem ser destruídas para cultivar os vegetais exigidos para a produção do biodiesel. Entretanto, nos EUA, por exemplo, onde tantos investimentos já foram feitos, provavelmente o milho vai continuar sendo uma fonte de etanol por algum tempo. Já para o biodiesel, existem abordagens alternativas para a fabricação desse combustível a partir de óleo de algas ou mesmo óleo vegetal, porém, por métodos químicos diferentes.

Bibliografia

Referência	Escopo
VOLLHARDT, P.; SCHORE, N. Química orgânica: estrutura e função . 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. p. 944-945.	-Quadro <i>Destaque Químico:</i> "Alternativas mais verdes para o petróleo: biocombustíveis", que apresenta: -Esquema da reação de transesterificação com um óleo vegetal típico; -Ênfase nas formas de produção e utilização do biodiesel.
ENGEL, R. G, et al. Química orgânica experimental: técnicas de escala pequena . 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 918-921.	-Biocombustíveis: Etanol e Biodiesel; -Como podem ser produzidos; -Propriedades e comparação entre biodiesel e etanol; -Desvantagens dos seus usos; -Possíveis alternativas para substituí-los; -Impactos ambientais causados.

<p>FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. da S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja–taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. Química Nova, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.</p>	<p>-Avaliação a taxa de conversão do óleo neutro de soja em éster etílico (biodiesel), rendimento no processo de transesterificação, caracterização química e física, teste de consumo em gerador de energia elétrica.</p>
<p>MOTA, C. J. A.; MONTEIRO, R. S. Química e sustentabilidade: novas fronteiras em biocombustíveis. Química Nova, v. 36, n. 10, p. 1483-1490, 2013.</p>	<p>-Desafios na produção de biocombustíveis, necessidade do desenvolvimento de processos para conversão química de CO₂ no Brasil; -Biocombustíveis de 1ª geração, 2ª geração e 3ª geração; -Aplicações do subproduto glicerina.</p>

MATERIAL 2

<p>PRODUÇÃO DE SABÃO VIA REAÇÃO DE SAPONIFICAÇÃO</p>
<p>Tópicos articuladores</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reação de saponificação -Sabão
<p>Situação-problema</p> <p><i>Fonte de inspiração: baseado em acontecimentos reais.</i></p> <p>O sistema prisional da cidade de Guarapuava está à procura de um profissional que auxilie os privados de liberdade a fabricarem seu próprio sabão, visto que, este produto já está em falta no sistema devido à falta de verba. Supondo que você seja o(a) indicado(a) para realizar tal atividade, qual procedimento de síntese</p>

realizaria, considerando que você tem os reagentes abaixo para selecionar.

Reagentes: Ácido Sulfúrico; Hidróxido de Sódio; Acetona; Glicerina; Óleo Vegetal.

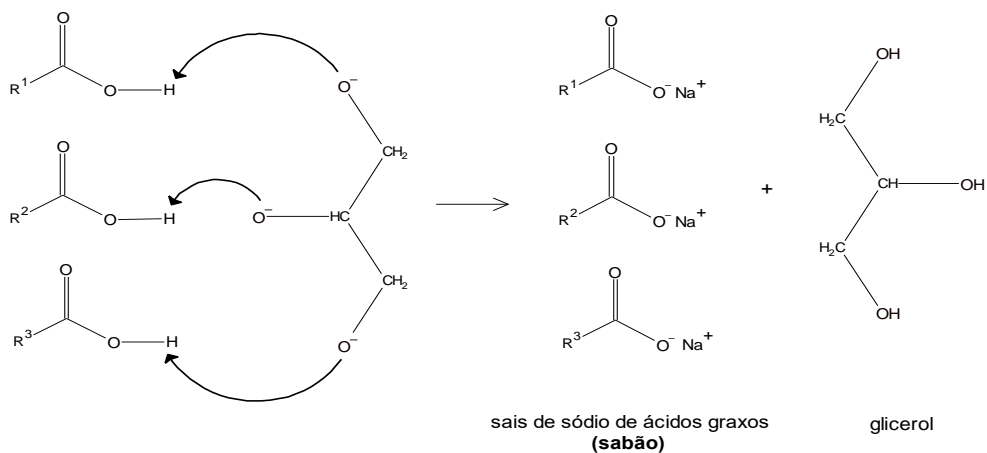
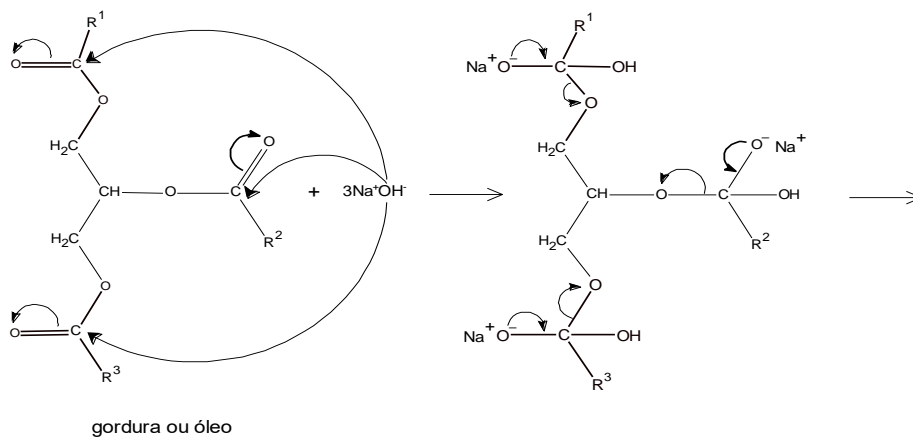
Solução

Trata-se de uma reação de saponificação, onde os ésteres sofrem hidrólise promovida por base. Esse tipo de hidrólise é conhecida como saponificação, assim chamada porque os sais correspondentes formam sabões, do latim, *sapo*, sabão.

Dessa forma, o refluxo de um éster com o hidróxido de sódio aquoso, por exemplo, produz um álcool e o sal de sódio de um ácido, ou seja, o sabão.

Mecanismo

MECANISMO 2 – SAPONIFICAÇÃO



Fonte: O autor (2019).

Texto Integrador

SABÃO

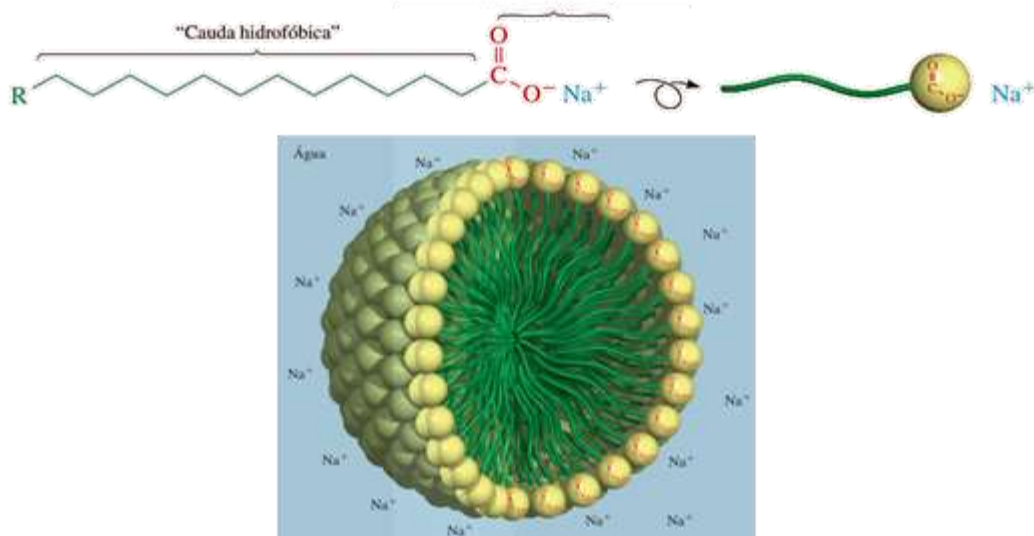
Atualmente, o sabão é um produto tão comum que damos pouca importância à sua capacidade de limpar. Contudo, as megacidades de hoje seriam quase impossíveis sem ele, pois, a sujeira e as doenças tornariam a vida perigosa ou até mesmo inviável (LE COUTEUR; BURRESON, 2006).

Provavelmente, o processo de fabricação de sabão foi uma descoberta acidental. De acordo com a lenda romana, essa descoberta se deve a mulheres que lavavam roupa às margens do Tibre, a vazão do templo de Monte Sapo. Como as gorduras de animais sacrificados no templo se juntavam com as cinzas das fogueiras sacrificatórias, quando chovia, esses resíduos desciam morro abaixo e desabavam no Tibre como um vapor espumoso, que por sua vez, podia ser utilizado pelas lavadeiras de Roma. A reação entre triglicerídios de gorduras e óleos com álcalis é designada pelo termo químico saponificação, palavra oriunda do nome Monte Sapo, e que nomina sabão em várias línguas (LE COUTEUR; BURRESON, 2006).

Os sabões são sais de sódio ou potássio de ácidos graxos. Os íons carboxilatos de cadeia longa não existem como íons individuais na solução aquosa. Em vez disso, eles se agregam em água como aglomerados esféricos, conhecidos como micelas (Figura 7). Nestes agregados que lembram uma grande bola, a cabeça polar de cada íon carboxilato e seu contra-íon ficam no lado externo da bola porque são atraídos pela água. Já as cadeias alquila-hidrofóbicas dos ácidos se juntam no interior da bola a fim de minimizar seu contato com a água. Os grupos polares ligam-se à água e as cadeias apolares se agrupam formando uma camada hidrofóbica. Isso reduz a tensão superficial da água, permitindo que ela permeie os tecidos, dando origem à espuma típica dos sabões (BRUICE, 2006; VOLHARDT, 2013).

A lavagem é acompanhada pela dissolução de substâncias normalmente insolúveis em água. Desse modo, as moléculas apolares do óleo que impregnam a sujeira se dissolvem no interior apolar da micela e são carregadas com o sabão durante o processo da lavagem, já que, a forma de organização nas micelas possibilita que os sabões dispersem glóbulos de óleo em água (AZEVEDO et al., 2009; BRUICE, 2006).

FIGURA 7 - MICELAS



FONTE: VOLHARDT (2013).

Para lavar bem as roupas, a água precisa ser forçada a entrar nos minúsculos espaços entre as fibras. Isso exige um aumento superficial das moléculas de água, que é difícil de obter devido à tensão superficial (SEARS; ZEMANSKY, 2012). Os sabões e detergentes são considerados substâncias surfactantes, que são aquelas substâncias que abaixam a tensão da superfície da água. Assim, ao baixar a tensão superficial os sabões e detergentes ficam capacitados a penetrar nas fibras dos tecidos, melhorando assim sua capacidade de limpeza (BRUICE, 2006).

Contudo, os sabões apresentam o inconveniente de não atuar bem em meios ácidos e em águas duras. Em meio ácido, formam o ácido graxo, insolúvel em água. Em águas duras, que contém íons de cálcio, magnésio e ferro, formam precipitados com os ânions carboxilatos dos sabões, produzindo uma camada que adere a tecidos, pias, banheiras, etc. Para contornar esse problema foram desenvolvidos novos produtos, derivados da indústria petroquímica, os chamados detergentes sintéticos, que não apresentam as desvantagens citadas em grau tão acentuado (OSORIO; OLIVEIRA, 2001).

Todavia, um dos problemas advindos do descarte em águas de detergentes que contem fosfatos é o processo de eutrofização. Na presença desses íons, as plantas aquáticas e algas que os utilizam como nutrientes passam a se reproduzir em grande escala, dessa forma, além de precisarem de oxigênio para sobreviver

esses organismos impedem a passagem da luz solar. Logo, tanto pela falta de oxigênio quanto pela falta de luz para a realização da fotossíntese, outros seres aquáticos não conseguem mais sobreviver (OSORIO; OLIVEIRA, 2001). Ainda, quando os detergentes não são biodegradáveis (possuem moléculas de cadeias ramificadas) os microrganismos da água não conseguem degradar o produto, por consequência, devido ao seu acúmulo nos rios é formada uma camada de espuma que impede a entrada de oxigênio na água. Entretanto, a legislação brasileira exige que todos os detergentes sejam biodegradáveis, evitando assim esses tipos de danos ao meio ambiente (NETO; PINO, 1997).

Por fim, no que diz respeito aos sabonetes, quando em barra, esses produtos podem ser elaborados basicamente a partir da mesma matéria-prima do sabão, e conforme o tensoativo utilizado é possível obter diversos tipos de sabonetes, inclusive os líquidos (RIBEIRO, 2010). De tal modo, para os sabonetes líquidos a formulação mais comum é composta por um tensoativo como o lauril éter sulfato de sódio e co-tensoativos como cocoamidopropilbetaína, os quais são empregados para garantir a estabilidade da espuma, aumentar a viscosidade e reduzir o ponto de turvação do produto (Silva-Filho & Sena, 2008).

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, O. A. et al. Fabricação de sabão a partir do óleo comestível residual: conscientização e educação científica. **SNEF-Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009.
- BRUICE, P. Y. **Química Orgânica**. 4. ed. v.2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.
- LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. **Os botões de Napoleão**: as 17 moléculas que mudaram a história. Tradução de: BORGES, M. L. X. de A. Zahar: Rio de Janeiro, 2006.
- NETO, O. G. Z.; PINO, J. C. D. **Trabalhando a química dos sabões e detergentes**. Universidade federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Química, 1997. Disponível em: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/AIQ_2011/saboes_ufrgs.pdf>. Acessado em 11 abr. 2018.
- OSORIO, V. K. L.; OLIVEIRA, W. de. Polifosfatos em detergentes em pó comerciais. **Química Nova**, v. 24, n. 5, p. 700-708, 2001.
- RIBEIRO, C. **Cosmetologia Aplicada a Dermoestética**. 2. ed. São Paulo: Pharmabooks, 2010.
- SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. 12. ed. São Paulo: Editora Pearson, 2012.
- SILVA-FILHO, E. A.; SENA, G. L. Propriedades físico-químicas dos tensoativos em sabonetes líquidos. **Cosmet Toiletries**, v. 20, n. 1, p. 59-60, 2008.
- VOLHARDT, P.; SCHORE, N. **Química Orgânica: estrutura e função**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

Tutorial

Questões do texto

-Como se dá o processo de limpeza com o uso de sabão?

-Em que condições o sabão não age com eficiência?

-Quais são as implicações do descarte de sabões ou detergentes no meio ambiente?

-O sabonete em barra é produzido a partir de qual matéria-prima? E o sabonete líquido?

Questões adicionais

No passado, será que o sabão já esteve relacionado com a mortalidade infantil?

No final do século XVIII, devido à indisponibilidade de ingredientes e as condições miseráveis de moradia, os pobres urbanos deixaram de fazer o sabão em casa. Como o preço para comprá-lo era inacessível a eles, os padrões de higiene, que já não eram elevados, caíram ainda mais, e a imundície das moradias favoreceu para uma alta taxa de mortalidade infantil. Entretanto, a redução do custo do álcali (descoberta do método para fazer carbonato de sódio a partir de sal comum), o aumento da disponibilidade de gordura e, sobretudo, a eliminação dos impostos sobre o sabão na segunda metade do século XIX, baixou tanto o seu preço, que tornou possível o uso disseminado do produto. Assim, a redução da mortalidade infantil na Inglaterra nessa época foi atribuída, ao simples, porém, eficaz poder de limpeza da água com sabão.

Quais alternativas poderiam ser empregadas pela indústria saboeira a fim de produzir um produto mais sustentável e com menor custo?

Para o setor o maior desafio está no fornecimento de matérias e o seu alto custo. Uma alternativa de baixo custo tem sido a utilização de óleo vegetal de cozinha usado como matéria prima no processo de fabricação. Com a reciclagem do óleo para a produção de sabão é possível evitar que os resíduos gerem a poluição de afluentes e ainda transformam o que seria lixo em produtos biodegradáveis. Desse modo, garante-se melhor custo-benefício e obtenção de um produto final de boa qualidade.

Bibliografia	
Referência	Escopo
BETTELHEIM, F. A. et al. Introdução à Química Orgânica . Tradução de: SILVA, M. de C.; AZZELLINI, G. C. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 439-444.	-O que são sabões e detergentes: ácidos graxos, estrutura e preparação de sabões (reação de saponificação), como os sabões limpam (micelas), detergentes sintéticos.
WILDNER, L. B. A.; HILLIG, C. Reciclagem de óleo comestível e fabricação de sabão como instrumentos de educação ambiental. Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET) , v. 5, n. 5, p. 813-824, 2012.	-Características gerais dos óleos vegetais; -Solubilidade, locais de descarte e contaminação por óleo vegetal; -Produtos derivados do OGR (Óleos e Gorduras Residuais).
LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. Os botões de Napoleão : as 17 moléculas que mudaram a história. Tradução de: BORGES, M. L. X. de A. Zahar: Rio de Janeiro, 2006. p. 259-265.	-Relatos da descoberta do sabão; -Contribuição desse produto para a humanidade; -Etapas da reação de saponificação; -Histórico da fabricação de sabão comercial; -Atuação das moléculas de sabão na limpeza e formação de micelas.

MATERIAL 3

DESCARBOXILAÇÃO DE ÁCIDO 3-OXOBUTANÓICO
Tópicos articuladores

-Reação de descarboxilação

-Corpos cetônicos

Estudo de caso

*Fonte de inspiração: UCKO, D. A. Química para as ciências da saúde: uma introdução à Química Geral, orgânica e Biológica. 2. ed. São Paulo: Manole, 1992. p. 537-539. **Cetose**, p. 539.*

Helena, aluna do curso de Química, conversa sobre a consulta médica da colega de curso, Carine, que trata da diabetes:

-Carine...e seus exames? Tudo certo?

-Ah Helena, o médico solicitou mais exames. Por enquanto, segundo ele, tanto o exame de urina, como minha diabetes e outros sinais indicaram cetonúria. Até aquele hálito estranho que comentei com você, lembra, que se assemelha a acetona, parece confirmar isso.

-Puxa... cuida disso, hein!

-Sim, vou tratar, vou tratar... E o doutor até pediu para eu não fazer essa dieta louca que tenho feito.

-Eita Carine, viu só! Aquelas náuseas e fraqueza que você tem sentido devem ter relação com esse diagnóstico!

E... Sabe que agora também fiquei intrigada! Será que é a propanona, mesmo, que se forma?

-Será? Qual deve ser a reação por trás disso, né?

-Vamos tentar encontrar!

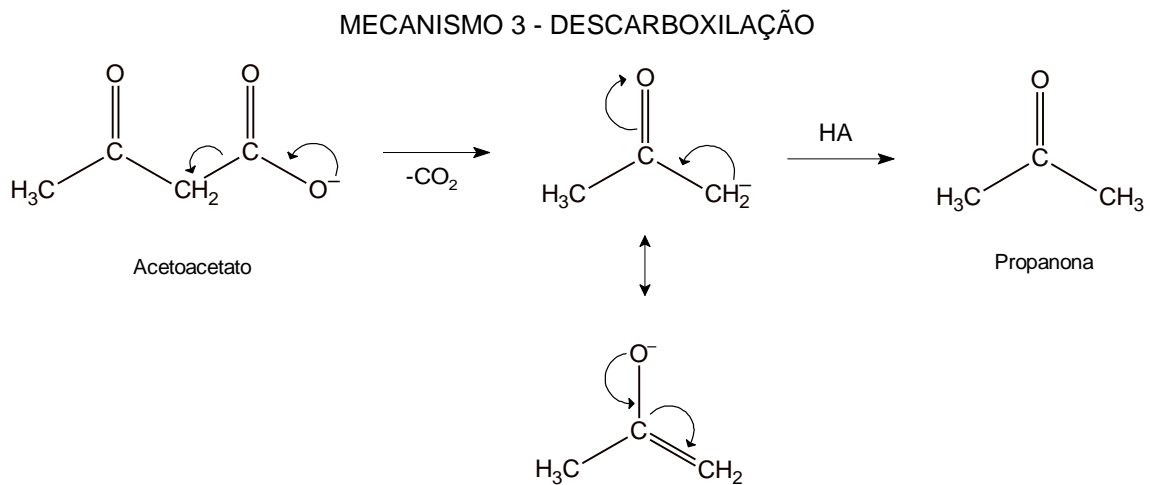
Ajude Carine e Helena a sanarem suas curiosidades químicas.

Solução

Em casos de diabetes ou jejum prolongado, como ocorre na dieta de Carine, nosso organismo busca outras formas de compensar a indisponibilidade de glicose como fonte de energia e, uma das alternativas encontradas é utilizar os estoques de gordura para obter tal energia. Na utilização de gordura ocorre uma excessiva, porém incompleta, oxidação dos ácidos graxos no fígado. Isso resulta na

produção excessiva dos corpos cetônicos: acetoacetato, β -hidroxibutirato e acetona, que é resultado da descarboxilação espontânea do acetoacetato (mecanismo abaixo). Como ela não é oxidada pelo organismo, acaba sendo volatilizada nos pulmões, o que justifica o hálito comentado por Carine. Por fim, quando os corpos cetônicos encontram-se em concentrações elevadas na urina denomina-se cetonúria, que é o problema apresentado pela colega de Helena.

Mecanismo



FONTE: O autor (2019).

Texto Integrador

CORPOS CETÔNICOS

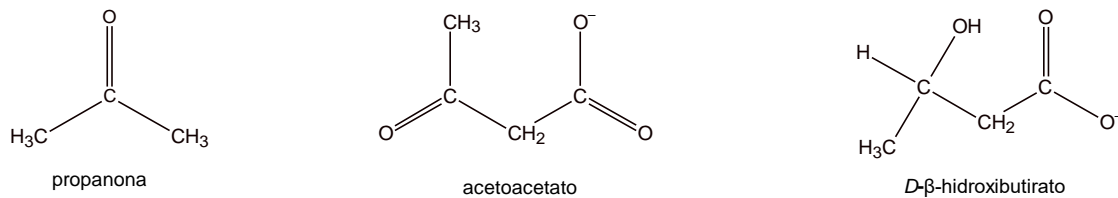
A redução drástica da ingestão de carboidratos, ocasionadas por jejum ou dieta, ou ainda, distúrbios do metabolismo, como é o caso da diabetes, acarreta na ausência de insulina no organismo. Dessa forma, como a glicose não consegue entrar nas células, as mesmas não conseguem obter energia (MARZZOCO, 1999; FERNANDES, 2013).

Para compensar essa falta de energia, as células utilizam gorduras e proteínas para o suprimento de suas necessidades energéticas, por meio da degradação dos ácidos graxos promovida pelo organismo (FERNANDES, 2013). Quando a produção ultrapassa o aproveitamento pelos tecidos extra-hepáticos (outros tecidos que não o fígado), estabelece-se uma condição denominada cetose, caracterizada por uma concentração elevada de corpos cetônicos tanto no

plasma quanto na urina, conhecidas por cetonemia e cetonúria, respectivamente (MARZZOCO, 1999).

Os corpos cetônicos são três compostos com grupos carbonila (Figura 8). Compreendem uma cetona (propanona) e dois ácidos carboxílicos (ácido acetoacético e ácido β -hidroxibutírico). Essas três moléculas se formam nas seguintes quantidades relativas: 78% de ácido β -hidroxibutírico, 20% de ácido acetoacético e 2% de acetona, sendo que, qualquer um dos três compostos pode servir de base para um teste de cetonúria (UCKO, 1992).

FIGURA 8 - ESTRUTURA DOS CORPOS CETÔNICOS



FONTE: O autor (2019).

Normalmente, tais testes são baseados na pesquisa desses compostos na amostra de urina. Eles produzem uma cor violeta a púrpura quando nitroferriicianeto (nitroprussiato) de sódio $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}$, é adicionado. O teste pode ser realizado adicionando-se uma solução deste composto ou usando-se uma vareta cuja superfície está parcialmente coberta pelo mesmo (UCKO, 1992).

Como dois dos corpos cetônicos são ácidos, a cetonemia resulta em cetoacidose, isto é, uma diminuição do pH sanguíneo, consumindo os tampões intra e extracelulares desenvolvendo acidose metabólica (MARZZOCO, 1999). Diante disso, essa acidez é extremamente desfavorável para o organismo, uma vez que, a maioria das reações químicas que acontecem a cada segundo em nossas células depende de uma faixa muito estreita de pH, portanto, o grau de acidez não pode variar muito (DOENÇAS E SINTOMAS: CETOACIDOSE DIABÉTICA, 2019).

REFERÊNCIAS

Doenças e Sintomas: Cetoacidose Diabética. Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/cetoacidose-diabetica/#>>. Acesso em: 29 mar. 2019.
FERNANDES, F. B. B. O paciente diabético no consultório odontológico. **Revista Fluminense de**

Odontologia, v. 1, n. 6, p. 19-22, 2013.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

UCKO, D. A. **Química para as ciências da saúde: uma introdução à Química Geral, orgânica e Biológica**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1992.

Tutorial

Questões do texto

-Como as células de nosso corpo conseguem obter energia?

-Como se explica a diminuição do pH sanguíneo neste caso apresentado?

Questões adicionais

O que são ácido graxos? Pesquisem por que os ácidos graxos precisam ser degradados no organismo para serem usados como combustíveis dos músculos?

Os ácidos graxos são compostos orgânicos formados por cadeias de carbono, curtas ou longas, com uma carboxila na extremidade. Esses compostos, que podem ser saturados ou insaturados, são ácidos provenientes de óleos e gorduras vegetais e animais. De certa forma, o sistema nervoso central é isolado do resto do organismo, participando muito pouco das reações imunes. Isso acontece devido à existência da barreira hematoencefálica - uma estrutura que dificulta o acesso de substâncias do sangue para o sistema nervoso central – a qual é permeável apenas a moléculas pequenas e lipofílicas, impedindo a passagem de macromoléculas. Assim sendo, como os ácidos graxos não conseguem atravessar essa barreira de permeabilidade, precisam ser degradados para então serem utilizados como combustíveis dos músculos e tecido adiposo.

Investigem a relação do hálito cetônico com a diabetes.

Em pessoas saudáveis, a acetona é formada em quantidade muito pequena a partir do acetoacetato que com facilidade é descarboxilado espontaneamente. Já em relação a pessoas com diabetes não tratado, como essas produzem grandes quantidades de acetoacetato, seu sangue contém quantidades significativas de acetona. Logo, por se tratar de um composto volátil, a acetona provoca um odor característico no hálito, que algumas vezes é útil no diagnóstico do diabetes.

Bibliografia	
Referência	Escopo
<p>UCKO, D. A. Química para as ciências da saúde: uma introdução à Química Geral, orgânica e Biológica. 2. ed. São Paulo: Manole, 1992. p. 537-539.</p>	<p>-Compostos que compreendem os corpos cetônicos e como são formados;</p> <p>-Significado dos termos cetonemia e cetonúria;</p> <p>-Definição, causas e consequências da cetose;</p> <p>-Ocorrência da cetonúria e detalhes da realização do seu teste (Teste Clínico 10 – p. 320).</p>
<p>MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. Bioquímica básica. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. p. 201-202.</p>	<p>-Explicação e esquema de como é realizada a síntese dos corpos cetônicos (cetogênese) no organismo;</p> <p>-Definição de alguns termos relacionados aos corpos cetônicos.</p>
<p>NELSON, D. L.; COX, M. M. Princípios de Bioquímica de Lehninger. 7. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2019.</p>	<p>-Esquema do metabolismo no fígado durante jejum prolongado ou no diabetes melito não controlado conduzindo a formação dos corpos cetônicos (p. 936);</p> <p>-Descrição do percurso realizado pelos corpos cetônicos no organismo (p. 668-669);</p> <p>-Fatores que levam a ocorrência de cetoacidose (p. 548).</p>

MATERIAL 4

TESTE DO IODOFÓRMIO PARA METIL-CETONAS

Tópicos articuladores

- Reação do halofórmio
- Síntese do iodofórmio
- Importância das cetonas

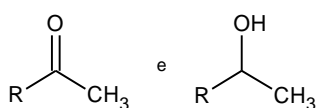
Situação-problema

*Fonte de inspiração: ENGEL, R. G. et al. Química Orgânica Experimental: técnicas de escala pequena. Tradução da 3ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2012. **Teste com iodofórmio**, p. 785-786.*

Em uma aula de Química Orgânica Experimental para dar continuidade ao experimento é necessário distinguir a cetona que está presente em cada um de dois diferentes frascos. Sabe-se que uma delas trata-se da acetofenona e outra da propiofenona. Embora existam diversos testes que permitem identificá-las, a professora recomenda que os alunos não utilizem nenhum equipamento, apenas façam uso dos reagentes disponíveis no laboratório, pois segundo ela, esses são suficientes para resolver a situação. Se você estivesse na posição desses alunos, qual teste aplicaria e como explicaria o mecanismo da reação que identifica a cetona presente em cada um dos frascos?

Solução

Diante da situação supracitada, considerando que um dos frascos contém uma metil-cetona - a acetofenona- torna-se possível realizar o teste de formação do iodofórmio, que permite a identificação dos seguintes grupos:



Isso significa que o teste dará positivo apenas para a acetofenona, logo,

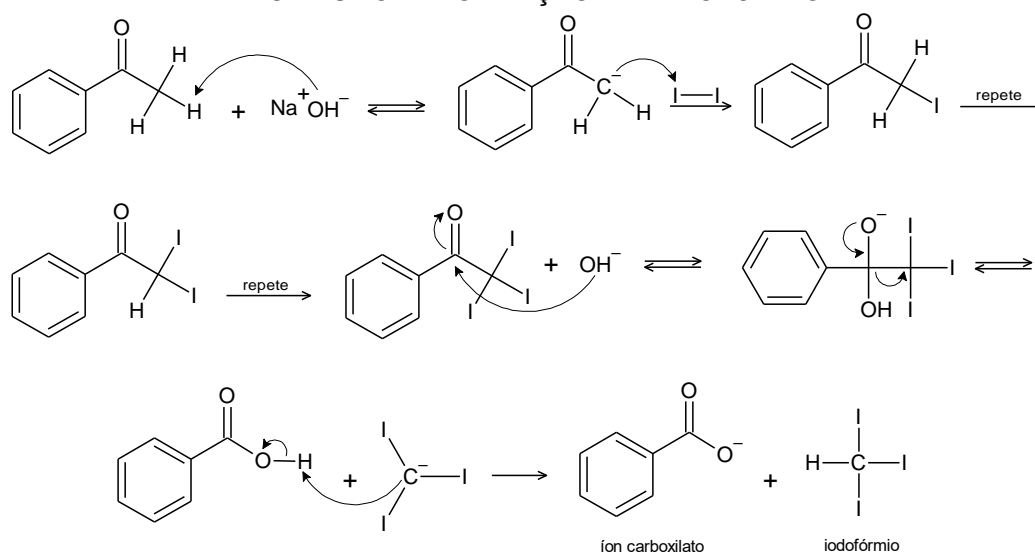
obviamente, o outro composto estará se referindo a propiofenona.

A reação é chamada de reação do iodofórmio, quando se usa iodo e uma solução aquosa de hidróxido de sódio. Os compostos que contêm qualquer um destes grupos reagem com o iodo em hidróxido de sódio, formando um precipitado amarelo vivo de iodofórmio (CH_3I). Já os compostos que contêm o grupo $-\text{CHOHCH}_3$ também apresentam um teste de iodofórmio positivo, porque eles são primeiro oxidados a metil-cetonas, entretanto, como nesse caso eles não estão presentes em nenhuma das soluções, não haverá esse inconveniente.

Dessa maneira, na presença de excesso de base e excesso de halogênio, a metilcetona (acetofenona) é primeiro convertida em uma cetona tri-halossustituída. Vale ressaltar que isso só é possível porque se tratam de hidrogênios α , isto é, hidrogênios ligados a carbonos com hibridização sp^3 adjacente ao carbono carbonílico, que apresentam maior acidez devido a estabilidade da base que se forma quando o próton é removido. Em seguida, o íon hidróxido ataca o carbono carbonílico da cetona tri-halossustituída. Considerando que o íon tri-halometílico é uma base mais fraca do que o íon hidróxido, o íon tri-halometílico é o grupo eliminado mais facilmente do intermediário tetraédrico, portanto o produto final é o sal sódico de um ácido carboxílico. A conversão de uma metilcetona em um ácido carboxílico é denominada reação de halofórmio porque um dos produtos é o halofórmio, em tal situação, especificamente o iodofórmio.

Mecanismo

MECANISMO 4 - FORMAÇÃO DE HALOFÓRMIO



FONTE: O autor (2019).

Texto Integrador**CETONAS**

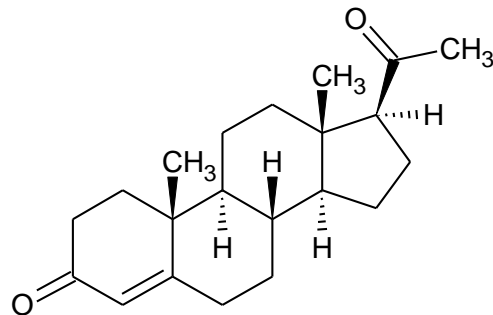
Cetonas podem ser artificiais ou naturais, apresentam odor atraente e estão comumente presentes em fragrâncias, hormônios, açúcares, alimentos etc. Também conhecida como acetona, a propanona é a cetona mais simples, usada na obtenção de solvente de esmaltes, resinas e vernizes, tanto que seu consumo anual supera mais de 4 bilhões de litros (BARBOSA, 2004).

As cetonas podem ainda ser encontradas na natureza em certas flores, como por exemplo, no jasmim, de onde se extrai, entre outras substâncias, a cis-jasmona e o 6-metil 5-hepten-2-ona (LEAL, I. C. R. et al., 2010). A cis-jasmona é uma matéria-prima de muita importância para a indústria de perfumes, afinal, ela é essencial para compor as notas florais de diversas fragrâncias e ainda é empregada para dar efeitos frutados e mentolados a vários tipos de produtos (AZAMBUJA, 2019). Além disso, essa mesma substância está envolvida na ativação de resistência de plantas a insetos, sendo aplicada contra pulgões do algodoeiro e plantações de trigo e fava (DA COSTA et al., 2012.) .

Em relação às cetonas aromáticas, a acetofenona é identificada em muitos tipos de plantas e como um componente volátil do mel. Por sua vez, é usada como um intermediário para produção farmacêutica, plástica e de resina, além de ser um aditivo de fragrância e sabor. Já a propiofenona é usada na preparação de perfumes, de compostos farmacêuticos e orgânicos, bem como, na preparação de compostos neuroquímicos (CENTRO, 2019).

A progesterona (Figura 9), um hormônio feminino, é um esteroide com duas funções cetona. O principal papel da progesterona nas mulheres está relacionado à permissão e manutenção da gravidez. É a progesterona que permite o recobrimento uterino para receber o óvulo fecundado, e é liberada continuamente durante toda a gravidez impedindo que a mulher ovule nesse período (FLORENCIO, 2019).

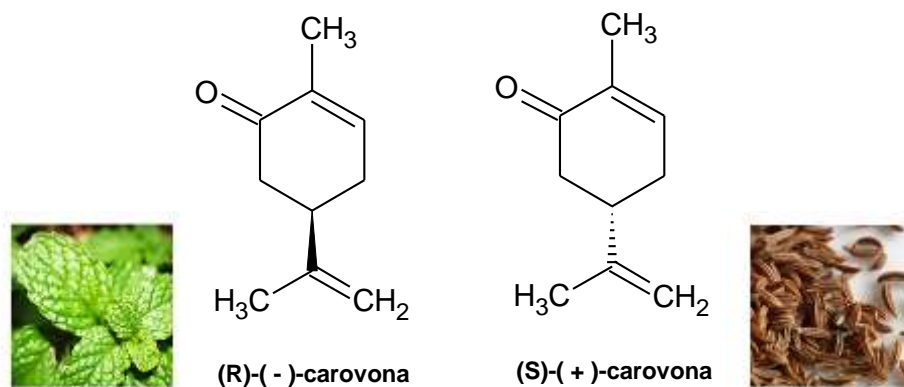
FIGURA 9 - HORMÔNIO PROGESTERONA



FONTE: O autor (2019).

Destaca-se ainda o óleo essencial de hortelã verde, que tem como constituinte principal a R-(-)-carvona, variedade esta cujo mentol não é o constituinte principal. Já o seu outro enantiômero, S-(+)-carvona, é uma cetona terpênica com propriedades odoríferas e sápidas sendo constituinte majoritário do óleo essencial de alcarávia (Figura 10). Entretanto, ambas são de grande importância comercial, de modo que são amplamente utilizadas pela indústria alimentícia, farmacêutica e de cosméticos (AZAMBUJA, 2019).

FIGURA 10 – CARVONAS

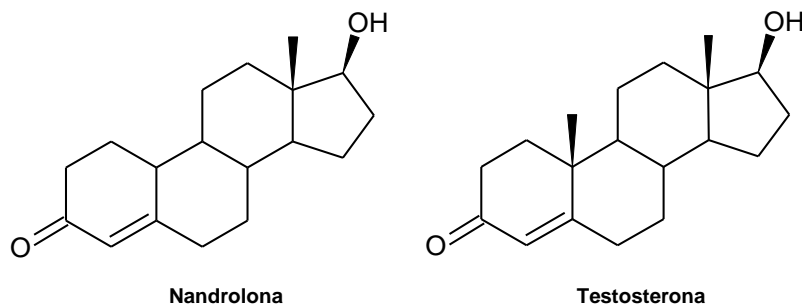


FONTE: Adaptada de BRUICE (2006).

Por fim, a nandrolona é um esteroide anabolizante (um produto químico para construção muscular) que ocorre naturalmente no corpo humano, porém em pequenas quantidades. É muito semelhante em estrutura ao hormônio masculino testosterona (Figura 11), e tem muitos dos mesmos efeitos em termos de aumento de massa muscular, porém, sem alguns dos efeitos colaterais mais indesejados,

como aumento de pelos no corpo ou comportamento agressivo (MAY, 2000).

FIGURA 11 - NANDRONOLA E TESTOSTERONA



FONTE: O autor (2019).

REFERÊNCIAS

AZAMBUJA W. **Óleos Essenciais**. Disponível em: <<https://www.oleosessenciais.org>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

BARBOSA, L. C. de A. **Introdução à Química Orgânica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

BRUCE, P. Y. Química orgânica. 4. ed. v.2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

CENTRO NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **PubChem Database**. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

DA COSTA, J. G. et al. Cis-jasmona: alternativa promissora para o controle do pulgão *Alphis gossypii* em plantios protegidos de pimentão. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2012.

FLORENCIO, A. **Ensinando e Aprendendo**. Disponível em: <<http://www.ensinandoeaprendendo.com.br/quimica/hormonios-sexuais/>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

LEAL, I. C. R. et al. **A Química do Amor**. Coleção Química no Cotidiano, v. 1. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010.

MAY, P. Nandrolona - O controverso esteroide anabolizante. **Universidade de Química de Bristol**. 2017. Disponível em: <<http://www.chm.bris.ac.uk/motm/nandrolone/nandjs.htm>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

Tutorial

Questões do texto

- Cetonas podem ser encontradas na natureza?
- Quais são algumas das aplicações das cetonas?
- Como se explica a isomeria das carvonas mencionadas no texto?

Questões adicionais

Por que não é recomendado utilizar tintura de iodo como reagente no teste do iodofórmio?

Esse método não se considera adequado, pois, a presença de etanol na composição da tintura pode gerar falsos positivos, visto que, o álcool primário pode ser oxidado a aldeído acético, que também dá teste do iodofórmio positivo.

Qual a utilidade do composto iodofórmio?

Trata-se de uma substância que ainda hoje é utilizada como antisséptico nos hospitais, e apresenta grande importância na odontologia. É utilizado como medicamento antisséptico e agente anti-infeccioso de uso tópico. Tem uso veterinário como antisséptico e como desinfetante para lesões superficiais.

Bibliografia

Referência	Escopo
ENGEL, R. G, et al. Química orgânica experimental: técnicas de escala pequena. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 785-786.	-Identificação de substâncias orgânicas: Teste do Iodofórmio; -Procedimento detalhado para a execução do teste; -Informações acerca dos resultados com ilustração da reação.
CAREY, F. A. Química Orgânica. 7. ed. v. 2. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2011.	-Definição da reação do halofórmio; -Mecanismo da reação do halofórmio para a acetona com descrição das etapas; -Texto complementar: “A reação do halofórmio e a biossíntese dos tri-halometanos”, com ênfase aos compostos halogenados que ocorrem naturalmente.

<p>SOLOMONS, T. W. G. Química Orgânica. v. 3. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1983. p. 752-755.</p>	<p>-Detalhamento da reação do halofórmio; -Mecanismo com as etapas que conduzem a formação do halofórmio; -Definição da reação do iodofórmio com demonstrações de reações.</p>
<p>MORRISON, R.; BOYD, R. Química Orgânica. Tradução de: DA SILVA, M. A. 9. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1990. p. 640-641. Organic Chemistry.</p>	<p>-Teste do iodofórmio para álcoois; -Etapas da reação partindo de álcool para formação do iodofórmio; -Utilidade da referente reação.</p>

MATERIAL 5

OBTENÇÃO DE FENACETINA A PARTIR DO p-AMINOFENOL EMPREGANDO REAÇÃO DE ACILAÇÃO

Tópicos articuladores

- Reação de acilação
- Reação de substituição nucleofílica
- Analgésicos

Estudo de caso

*Fonte de inspiração: ENGEL, R. G. et al. Química Orgânica Experimental: técnicas de escala pequena. Tradução da 3ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2012. **Analgésicos**, p. 864-868.*

Heitor é um profissional muito qualificado formado em Química pela Universidade de Harvard, em 1886. Desde então, trabalha numa empresa do ramo farmacêutico, onde, devido a sua notável competência e excelente desempenho está avançando de cargo desde que foi efetivado.

Nos últimos dias, Arthur, o diretor de pesquisas da empresa, tem se deparado com o problema de como se livrar de aproximadamente 50 toneladas de p-aminofenol, um subproduto oriundo de uma das sínteses químicas dessa companhia. Preocupado que essa eliminação deve ser realizada de maneira rentável, Arthur resolve conversar com o químico Heitor para então decidirem como proceder.

Arthur inicia a conversa ressaltando o assunto em pauta:

-Heitor, como você deve ter percebido a quantidade de p-aminofenol está aumentando excessivamente. Acredito que deveríamos achar alguma maneira vantajosa de nos livrar desse subproduto.

Ligeiramente Heitor responde:

-Que tal tentarmos convertê-lo em um composto com estrutura similar, para depois verificamos sua potencialidade como novo fármaco?

O diretor então questiona:

-Você tem alguma sugestão em vista?

Heitor pensa por alguns minutos e prossegue...

-Transformá-lo em acetaminofeno, quem sabe! Porém, devemos levar em conta que esse composto ainda é fenólico, e o fenol é considerado tóxico.

Arthur, por sua vez, rebate:

-Poxa! E não há solução para isso?

Ao passo que o químico articula:

-O único jeito seria retirar essa hidroxila do acetaminofeno.

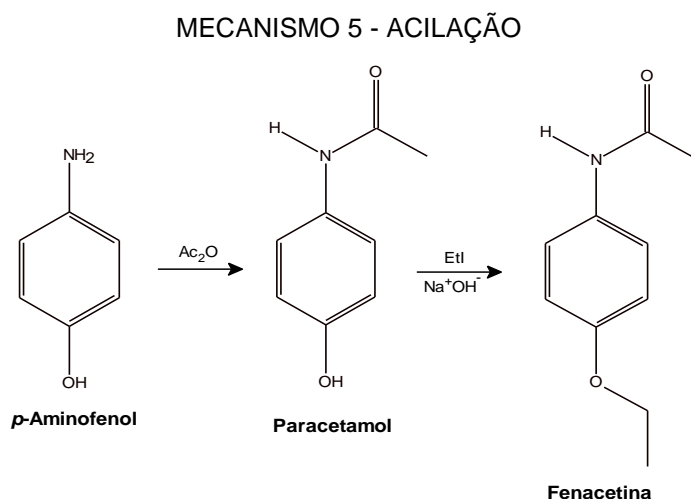
Naquele momento Heitor não conseguiu mais prosperar sobre o assunto nem esclarecer que produto poderia ser formado. Contudo, como era necessária uma solução urgentemente, e tendo imensa confiança nas habilidades químicas de Heitor, Arthur deixou essa missão para o químico.

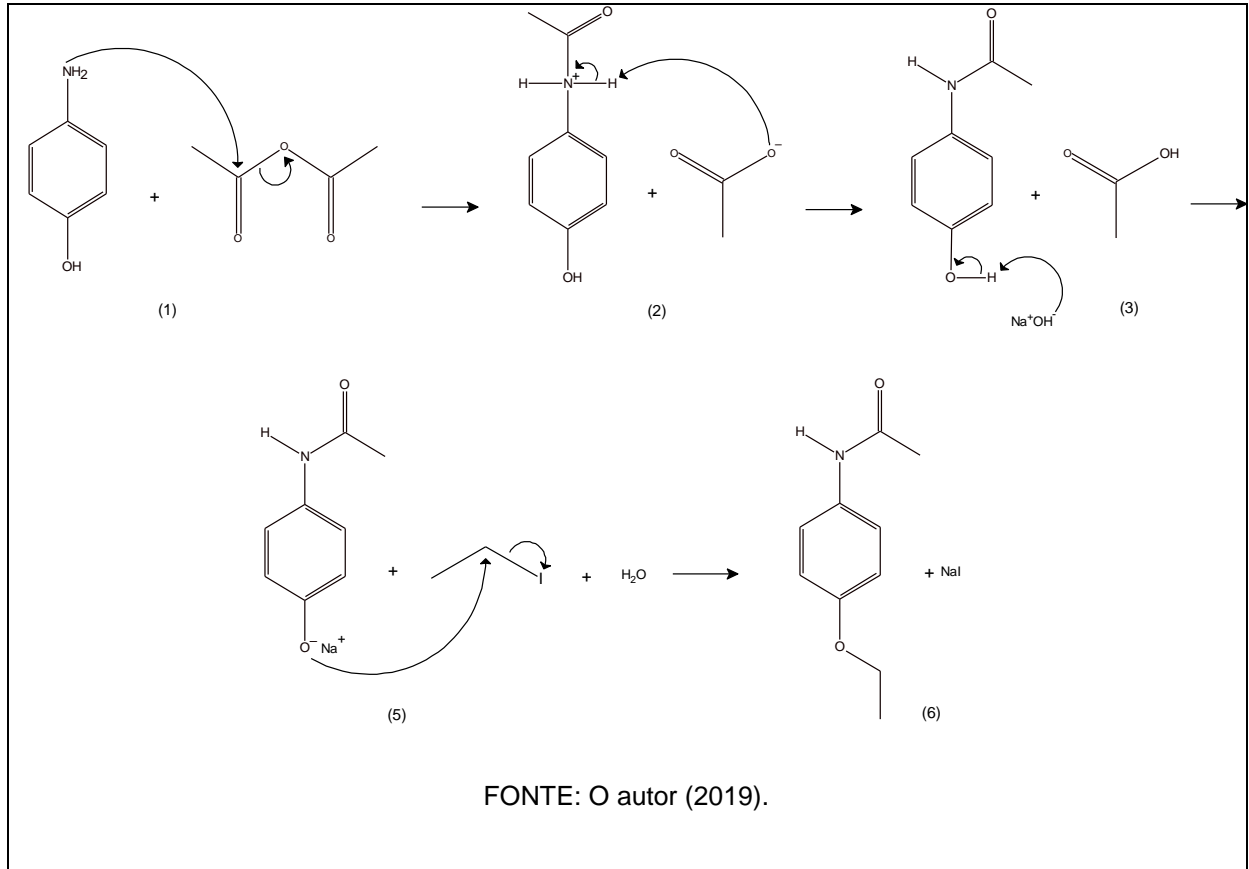
Você é o Heitor e está no século XIX. Utilizando seus conhecimentos de Química Orgânica, demonstre como resolveria esse impasse, destacando os passos reacionais a partir do p-aminofenol.

Solução

Levando-se em conta que se trata do século XIX, quando não se conhecia o paracetamol, ao passo que, não se considerava ter grupos fenóis em medicamentos em razão de sua toxicidade, sugere-se chamar atenção para a estrutura química da fenacetina, que não carrega o grupo hidroxila no anel aromático. Dessa forma, partindo do *p*-aminofenol, uma opção é efetuar sua acetilação de modo a se isolar o acetaminofeno. Isso se dá, reagindo a região da molécula que contém o grupo amina, que realiza um ataque nucleofílico sobre o carbono carbonílico polarizado do anidrido acético (também poderia ser empregado cloreto de acila) que, por sua vez, apresenta um bom grupo abandonador (saindo como uma molécula de ácido acético, um subproduto da reação). Após, via reação de substituição nucleofílica bimolecular (S_N2), empregando um haleto de alquila primário, é conduzida a formação do produto desejado, a fenacetina. Desse modo, é possível converter o *p*-aminofenol em um novo produto (que foi amplamente usado como analgésico e antitérmico antes de ser substituído pelo paracetamol; vide texto integrador).

Mecanismo





Texto Integrador

ANALGÉSICOS (FENACETINA)

As primeiras observações sobre as propriedades analgésicas e antipiréticas de alguns compostos foram feitas ainda no século passado, quando muitas drogas alternativas estavam sendo testadas no combate à febre e no tratamento de infecções. Das folhas da Cinchona eram extraídos as quininas. Os salicilatos por sua vez, eram extraídos do floral Willow (tipo de salgueiro) (Figura 12).

FIGURA 12 - FOLHAS CHICONA E FLORAL WILLOW



FONTE: FOREST & KIM STARR (2002).



FONTE: MAZZO (2014).

Como as fontes naturais começaram a ser pequenas para a grande demanda de medicamentos, novos substitutos sintéticos começaram a ser experimentados (BETTELHEIM et al., 2012; ARAÚJO, 2013).

Em 1886 e em 1887 duas novas drogas foram introduzidas no mercado, a acetanilida e a fenacetina respectivamente, com vantagens sobre a quinina, pois possuíam atividades piréticas juntamente com atividades analgésicas. Já em 1893 um novo composto foi sintetizado, o paracetamol, tal qual também apresentava notáveis propriedades antipiréticas e analgésicas (VIEIRA; LUPETTI; FATIBELLO-FILHO, 2003).

A fenacetina foi amplamente utilizada por mais de 90 anos até o terceiro trimestre do século XX, sendo considerada um analgésico e antitérmico altamente efetivo e consistindo num medicamento menos tóxico do que a acetanilida (TERRES, 2016). Muitas vezes, a fenacetina era empregada sob uma forma comum de combinação de analgésicos, chamada comprimido de APC como medicamento para a febre e a dor. Um comprimido de APC continha Aspirin (aspirina), Phenacetin (fenacetina) e Caffeine (cafeína), formando a sigla APC (ENGEL, 2012). No entanto, a fenacetina passou a não ser mais utilizada em preparações analgésicas comerciais devido aos seus efeitos hematológicos (diminuição do desenvolvimento e produção de algumas células do sangue como as hemoglobinas, plaquetas e neutrófilos) e nefrotoxicidade (efeito deletério sobre a função renal causado por um agente químico específico), de tal modo que, foi substituída pelo paracetamol (CLISSOLD, 1986).

O paracetamol, também conhecido como acetaminofeno, o maior metabólito da fenacetina e da acetanilida, é um analgésico-antipirético pertencente à classe dos derivados do p-aminofenol, introduzido como resultado de pesquisas destinadas a substitutos para acetanilida (JUNIOR et al., 2013). É largamente utilizado pela população, sendo vendido, aqui no Brasil e em muitos outros países, sem a necessidade de receita médica (LOPES; MATHEUS, 2012).

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. B. N. **As doenças infecciosas e a História dos Antibióticos**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências da Saúde, Porto, 2013.
- BETTELHEIM, F. A. et al. Introdução à Química Orgânica. Tradução de: SILVA, M. de C.; AZZELLINI, G. C. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 439-444.
- CLISSOLD, S. P. Paracetamol e fenacetina. **Drogas**, v. 32, n. 4, p. 46-59, 1986.

DANIEL COVOLO MAZZO: terapeuta floral de Bach. São Paulo, 2014. Disponível em: <<https://www.danielmazzo.com.br/willow/>>. Acesso em: 28 set. 2019.

ENGEL, R. G, et al. **Química Orgânica experimental**: técnicas de escala pequena. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 918-921.

JUNIOR, J. B. S.; DUTRA, R.; FRITZEN, M. Estudo do uso do paracetamol realizado em uma farmácia comercial. Santa Catarina. **Revista Eletrônica Estácio Saúde**. v.2, n. 2, p. 14-21, 2013.

LOPES, J.; MATHEUS, M. E. Risco de hepatotoxicidade do paracetamol (Acetaminofem). **Revista Brasileira de Farmácia**. v. 93, n. 4, p. 411-414, 2012.

FOREST STARR E KIM STARR. **Starr Environmental**. 2002. Disponível em: <<http://www.starrenvironmental.com/images/image/?q=24522571276>>. Acesso em: 28 set. 2019.

TERRES, D. R. Potencial toxicológico de medicamento de venda livre: ênfase no paracetamol. **FACIDER-Revista Científica**, n. 8, p. 1-15, 2016.

VIEIRA, I. C.; LUPETTI, K.O.; FATIBELLO-FILHO, O. **Determination of Paracetamol in pharmaceutical products using a carbon paste biosensor modified with crude extract of zucchini (Cucurbita pepo)**. Química Nova, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 39-43, 2003.

Tutorial

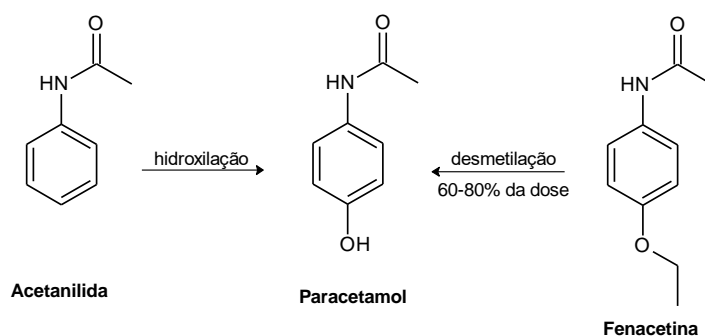
Questões do texto

- A natureza pode servir de protótipo para a síntese de novos compostos?
- Como é definida a classe de compostos do paracetamol?

Questões adicionais

Por volta de 1895 foi constatada a presença de paracetamol em pacientes que ingeriram fenacetina e acetanilida. Por que isso aconteceu?

O paracetamol é o maior metabólito da fenacetina e da acetanilida, porém, isso só foi descoberto em 1948 por Brodie e Axelrod. Assim sendo, foi possível concluir que a acetanilida e a fenacetina são convertidos ao paracetamol no organismo.



Se você estivesse diante dessa situação hoje, no século XXI, você procederia da mesma maneira que Heitor ou apresentaria alguma outra solução plausível?

Levando em conta que nos dias de hoje muitos derivados do fenol têm princípio ativo comprovado em medicamentos, ou seja, sua presença é permitida, de prontamente seria possível realizar somente a primeira etapa da síntese proposta

acima (acetilação) e dispensar a etapa de retirada do grupo hidroxila da estrutura fenólica (etapa seguinte).

Você concorda que “o melhor remédio é o de origem natural”? E concorda com a automedicação?

Todas as espécies vegetais possuem componentes químicos, muitos dos quais podem ser ativos como medicamento, entretanto, este fator não torna a espécie uma planta medicinal. Embora haja uma ideia comum de que por serem produtos naturais, as plantas medicinais não causam efeitos tóxicos para as pessoas, isto não é verdade. A toxicidade de plantas medicinais é um problema sério de saúde pública. Os efeitos adversos dos fitomedicamentos, possíveis adulterações e toxidez, bem como a ação sinérgica (interação com outras drogas) ocorrem comumente. De qualquer forma, há um legado valioso de saberes de outras etnias (indígenas, orientais) sobre o uso de plantas utilizadas tradicionalmente, numa prática que repassa informações oralmente, de geração a geração. A automedicação por sua vez, entendida como o uso de medicamentos sem prévia prescrição ou a supervisão de um médico, é outro fenômeno preocupante no Brasil. A automedicação inadequada pode ter como consequência efeitos indesejáveis, enfermidades iatrogênicas e mascaramento de doenças evolutivas. O acesso sem barreiras a esses produtos, bem como, a promoção e publicidade de medicamentos, muitas vezes estimulam a utilização desnecessária e irracional, favorecendo o aumento da automedicação.

Bibliografia

Referência	Escopo
ENGEL. R. G, et al. Química Orgânica experimental: técnicas de escala pequena. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 864-868.	-Definição de analgésicos; -Descoberta da acetanilida; -Esquema da síntese do p-aminofenol em fenacetina; -Comprimido APC; -Informações sobre o medicamento ibuprofeno.

<p>TERRES, D. R. Potencial toxicológico de medicamento de venda livre: ênfase no paracetamol. FACIDER-Revista Científica, n. 8, 2016.</p>	<p>-Breve contexto histórico apontando os precedentes do paracetamol; -Características e usos desse medicamento; -Efeitos toxicológicos do seu uso indiscriminado, sintomas, diagnóstico e tratamento da sua intoxicação.</p>
<p>BAPTISTELLA, L. H. B et al. Síntese dos analgésicos paracetamol e fenacetina e do adoçante dulcina: um projeto para Química Orgânica experimental. Química Nova, v. 26, n. 2, p. 284-286, 2003.</p>	<p>-Projeto de síntese envolvendo a preparação do paracetamol, da fenacetina e do adoçante dulcina a partir do nitrobenzeno; -Procedimento experimental em detalhes de todas as etapas.</p>
<p>GARCÍA, C. M. et al. Microescala en el laboratorio de Química Orgánica. Síntesis de fenacetina. Enseñanza de las Ciencias, n. Extra, p. 1-4, 2005.</p>	<p>-Desenvolvimento de uma técnica a nível microescala em laboratório de Química Orgânica para obtenção da fenacetina; -Ilustração da metodologia utilizada.</p>
<p>NAVES, J. de O. S. et al. Automedicação: uma abordagem qualitativa de suas motivações. Ciência & Saúde Coletiva, v. 15, p. 1751-1762, 2010.</p>	<p>-Pesquisa que investiga a ocorrência da automedicação, suas motivações e a qualidade do atendimento em farmácias.</p>

MATERIAL 6

SÍNTESE DO β -CAROTENO ATRAVÉS DA REAÇÃO DE WITTIG

Tópicos articuladores

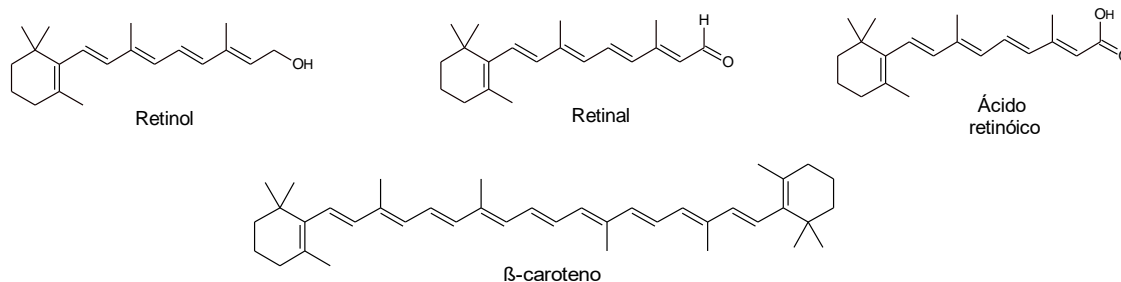
-Reação de Wittig

-Vitamina A

Situação-problema

(Fonte de inspiração: BRUICE, P. Y. *Química Orgânica*. 4. ed. v.2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. **β -caroteno**, p. 176)

A vitamina A faz parte de um grupo de compostos chamado retinoides. No organismo dos seres humanos esta vitamina pode se apresentar na forma de retinol, ácido retinóico ou quando oxidada, retinal. O β -caroteno é a principal fonte de vitamina A, sendo clivado a fim de formar duas moléculas da vitamina. Em laboratório, é possível realizar o processo inverso e sintetizar o composto β -caroteno a partir desses retinoides?

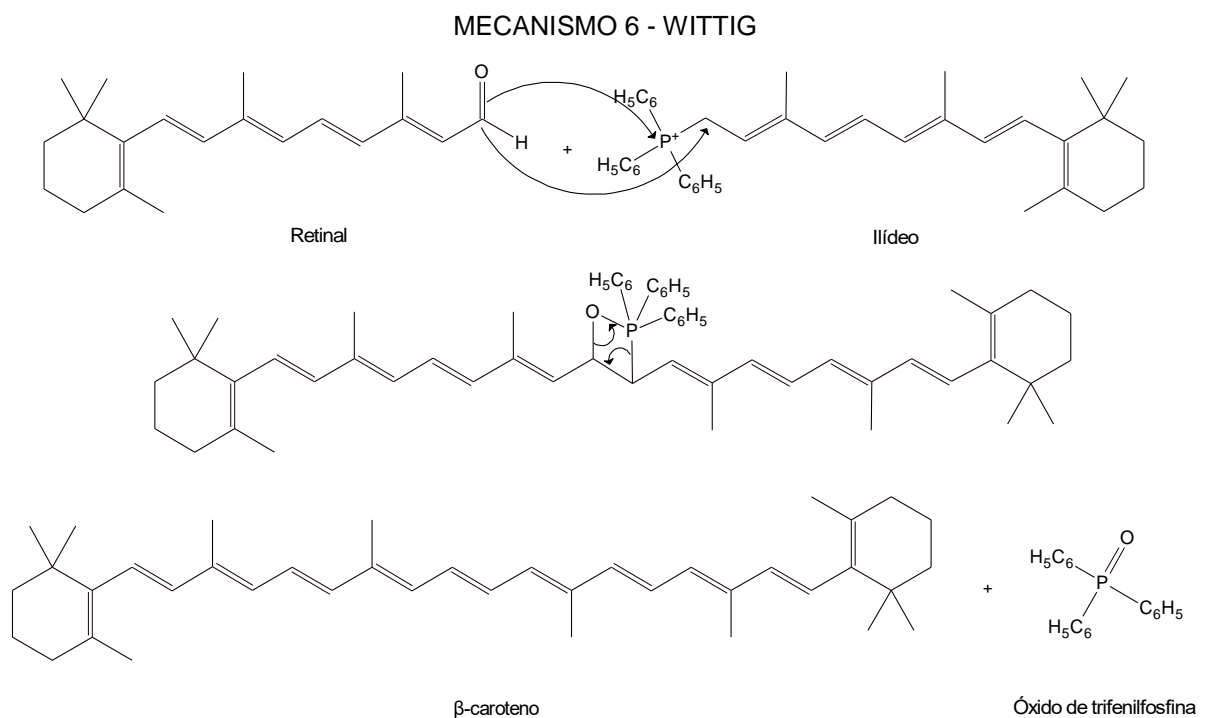


Solução

Tendo em vista que a reação de Wittig ocorre a partir do ataque de um ílide de fósforo a aldeídos e cetonas, para formação de alcenos (no caso o β -caroteno), conclui-se que não é possível a síntese do β -caroteno a partir do retinol e do ácido retinóico, já que, trata-se de um álcool e de um ácido carboxílico, respectivamente.

Portanto, o aldeído retinal é o único que atende os critérios para a realização dessa síntese, mostrada abaixo. Neste processo um ílideo de fósforo, $\text{-CHP}^+(\text{PH})_3$ ou $\text{-C}^-\text{P}^+(\text{PH})_3$, adiciona-se ao aldeído para produzir uma ligação O-P, em anel de quatro átomos. O anel se decompõe e gera o alceno e o óxido de trifenilfosfina $(\text{Ph})_3\text{P}=\text{O}$. As reações de Wittig são usadas na produção de numerosos agentes farmacêuticos, como o β -caroteno, fonte nutricional de vitamina A, analisada nesta situação-problema (McMurry, J.; 2005).

Mecanismo



FONTE: O autor (2019).

Texto Integrador

VITAMINA A

Os carotenoides são pigmentos naturais presentes em várias frutas e vegetais e representam o mais amplo grupo de pigmentos que ocorre na natureza, com cores que variam do amarelo ao vermelho. Dos mais de 600 carotenoides existentes na natureza, apenas 6 estão presentes em quantidades significativas em tecidos e no plasma humano: α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno,

luteína e zeaxantina. O metabolismo humano não é capaz de produzir estas substâncias e depende da alimentação para obtê-las, pois muitas delas se convertem em vitamina A no interior do organismo por ação enzimática (SOUZA; VILAS BOAS, 2002; ZERAIK; YARIWAKE, 2008).

As vitaminas são compostos orgânicos requeridos em pequenas quantidades e essenciais para o adequado funcionamento do corpo humano. Esses compostos que estão distribuídos nos alimentos, possuem importantes funções fisiológicas e bioquímicas (BALL, 1998). No organismo humano a vitamina A está na forma de três substâncias: retinol, ácido retinóico e aldeído retinal (RODRIGUEZ-AMAYA, 1989 apud MORAIS, 2006).

As fontes dietéticas de vitamina A podem ser a vitamina A pré-formada (obtida diretamente dos alimentos como retinol) e a pró-vitamina A (precisa ser convertida no organismo a partir do β -caroteno) representada pelos carotenoides. A vitamina A pré-formada pode ser obtida ingerindo-se alimentos de origem animal como fígado, manteiga, queijo, leite integral, gema de ovo e peixe (EL BEITUNE et al., 2003). Contudo, também existem alimentos de origem vegetal que são ricos em carotenoides formadores de vitamina A, os quais podem ser encontrados em frutas amarelas e laranja, e em vegetais como damasco, manga, cenoura e batata-doce (BRUICE, 2006). Um benefício das provitaminas é que elas somente são convertidas em vitamina A quando o organismo necessita, evitando, portanto, um acúmulo desta vitamina (SOUZA; VILAS BOAS, 2002).

Todavia, nem todos os carotenoides apresentam atividade pró-vitamina A. Para que o carotenoide apresente esta atividade, o requisito mínimo é conter no mínimo um anel β não substituído, com cadeia lateral poliênica contendo pelo menos 11 carbonos. Dentre os carotenoides, o β -caroteno é o de maior destaque por ser o único capaz de gerar duas moléculas de retinol quando ingerido. O α -caroteno e a α -criptoxantina, por sua vez, têm cerca de 50% da atividade do β -caroteno, ao passo que a luteína, zeaxantina e licopeno não possuem atividade (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008; MESQUITA; TEIXEIRA; SERVULO, 2017).

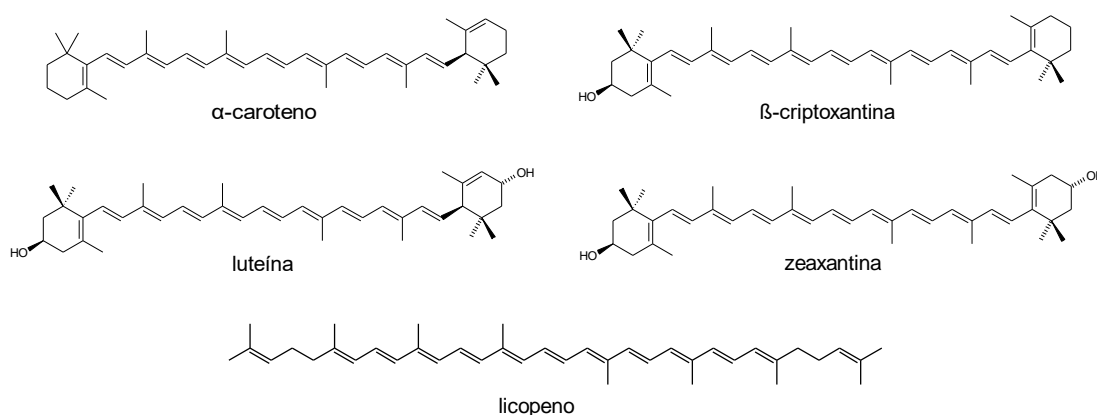
A vitamina A exerce inúmeras funções no organismo, dentre tais funções destacam-se, melhora na visão, auxílio no crescimento, desenvolvimento e manutenção do tecido epitelial, da função imunológica e da reprodução. Em

contrapartida, sua deficiência prolongada causa uma grave doença carencial, conhecida como hipovitaminose A ou deficiência de vitamina A (DVA) a qual ocasiona uma síndrome ocular, que pode levar a um quadro de cegueira irreversível, caso não seja tratada a tempo (SOUZA; VILAS BOAS, 2002; EL BEITUNE et al., 2003).

A hipovitaminose A aparece como um fator relevante na determinação da morbidade e mortalidade da população infantil nos países em desenvolvimento (SUCUPIRA; ZUCCOLOTTO, 1988), atingindo, por ano, cerca de 250 000 crianças no mundo. No Brasil, o predomínio de deficiência de vitamina A se encontra nos estados da região Nordeste, devido à dieta dessa população ser muito pobre em vitamina A, carotenóides provitamina A, e conter pouca gordura (MARIATH; LIMA; SANTOS, 1989).

Alguns carotenóides importantes para a saúde seguem apresentados na figura 13.

FIGURA 13 - CAROTENOIDES IMPORTANTES PARA A SAÚDE



FONTE: O autor (2018).

REFERÊNCIAS

- BALL, G. F. M. **Bioavailability and Analysis of Vitamins in Foods**. Springer US, 1998.
- BRUCE, P. Y. **Química Orgânica**. 4. ed. v.2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. p. 174-176.
- EL BEITUNE, P. et al. Hipovitaminose A: cofator clínico deletério para o homem. **Medicina (Ribeirão Preto. Online)**, v. 36, n. 1, p. 5-15, 2003.
- MARIATH, J. G. R.; LIMA, M. C. C; SANTOS, L. M. P. Vitamin A activity of buriti (*Mauritia vinifera* Mart) and its effectiveness in the treatment and prevention of xerophthalmia. **The American journal of clinical nutrition**, v. 49, n. 5, p. 849-853, 1989.
- MESQUITA, S. S.; TEIXEIRA, C. M. L. L.; SERVULO, E. F. C. Carotenoides: propriedades, aplicações e mercado. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 672-688, 2017.
- MORAIS, F. L. D. **Carotenóides**: Características biológicas e químicas. 70 f. Monografia (Especialização em Qualidade de Alimentos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de**

carotenóides – Tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos, Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2008.

SOUZA, W. A. de; VILAS BOAS, O. M. G. da C. Deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 12, p. 173-179, 2002.

SUCUPIRA, A. C. S. L.; ZUCCOLOTTO, S. M. C. Os programas de combate a hipovitaminose A: há indicação para o município de São Paulo?. **Pediatria**, v. 10, n. 1, p. 14-9, 1988.

ZERAIK, M. L.; YARIWAKE, J. H. Extração de β -caroteno de cenouras: uma proposta para disciplinas experimentais de química. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1259-1262, 2008.

Tutorial

Questões do texto

-O que são carotenóides?

-Para que serve e onde encontramos a vitamina A?

-Quais são as consequências da falta de vitamina A para o ser humano?

Questões adicionais

Que ações podem ser empregadas ante o impacto da deficiência de vitamina A (DVA) na sociedade?

Sendo um problema de saúde pública em diversas regiões das Américas, incluindo o Brasil, a necessidade de esclarecimentos sobre a DVA, tem motivado a realização de estudos epidemiológicos, reuniões e o avanço de planos e intervenções locais, regionais e nacionais. Sobretudo, considerando que educação para a saúde é o instrumento mais eficiente na prevenção dessa deficiência, informações sobre a vitamina A deveriam fazer parte do currículo escolar, destacando a importância dos alimentos ricos em carotenóides e da facilidade em obtê-los. É essencial conscientizar a população e os escolares a consumir alimentos ricos em vitamina A. A escola, como órgão formador, tem um papel indispensável na prevenção presente e futura da DVA (SOUZA; VILAS BOAS, 2002). Afinal, a erradicação ou, pelo menos, a redução das taxas de DVA rege um impacto social positivo e, portanto, deve constituir um compromisso ético com as próximas gerações.

Vocês saberiam dizer algo sobre a importância da estrutura química para a ação ou atividade de um composto?

Supondo um composto com propriedade farmacológica, por exemplo, um dos objetos de estudo da farmacodinâmica e da química medicinal é analisar as influências das modificações estruturais nos efeitos dos fármacos. Dentre essas

mudanças ressalvam, os efeitos dos grupos reativos da molécula, tamanho e formato da cadeia carbônica, a natureza e o grau de substituição e a estereoquímica do composto. Portanto, é fundamental avaliar as correlações entre a estrutura química e a atividade farmacológica para a descoberta e planejamento de fármacos.

Observação: No texto integrador do aluno, é possível destacar uma indicação da relação estrutura-atividade: *“para que o carotenoide apresente esta atividade, a molécula deve conter, no mínimo, 11 carbonos, pelo menos um anel β não substituído e duplas ligações conjugadas”*.

Bibliografia

Referência	Escopo
SOUZA, W. A. de; BOAS, V.; VILAS BOAS, O. M. G. da C. Deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. Revista Panamericana de Salud Pública , v. 12, p. 173-179, 2002.	-Fontes de vitamina A; -O impacto social da hipovitaminose A (carência de vitamina A); -Medidas para a prevenção da hipovitaminose A.
SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. Deficiência de vitamina A. Documento Científico, 2007. Disponível em: < http://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/2015/02/doc_deficiencia_vitamina_A.pdf >. Acesso em: 11 de jul. 2018.	-Considerações gerais sobre a vitamina A; como pode ser fornecida na dieta, informações sobre o DVA (Deficiência de vitamina A); -Alimentos que são fontes de vitamina A; -Recomendações nutricionais; -Funções da vitamina A; -Indicadores, prevenção e tratamento da DVA.

MATERIAL 7**SÍNTESE DA LICOCHALCONA A ATRAVÉS DA REAÇÃO DE CLAISEN-SCHMIDT****Tópicos articuladores**

- Reação de Claisen-Schmidt; condensação aldólica
- Flavonóides/Chalconas

Estudo de caso

Fonte de inspiração: CUNHA, S.; MATOSA, J. S. Além da caipirinha: cachaça como solvente para síntese orgânica e extração de pigmento. Química Nova, v. 40, n. 10, p. 1253-1258, 2017.

George é recém-formado em Química e acabou de iniciar seu primeiro emprego em um laboratório de manipulações. Logo nos primeiros dias de trabalho se depara com a solicitação para manipular um produto que tem como função reduzir a vermelhidão da pele, cuja formulação contém licochalcona A.

Num primeiro momento George vai em busca da estrutura dessa chalcona e prontamente lembra que a mesma se assemelha à estrutura da benzalacetofenona, tal qual, trabalhou durante as aulas de Química Orgânica quando aluno. Mesmo sem lembrar detalhadamente o procedimento ele tenta sintetizá-la, porém sem obter muito êxito, pois tem como resultado baixo rendimento e uma mistura de produtos formados de difícil separação.

Ciente de que deve entregar esse produto até o final do dia ele socorre-se com sua colega Charlotte, que é formada em química há alguns anos e atualmente trabalha numa indústria de cosméticos. Rapidamente lhe envia um Whatsapp:



Você é Charlotte e necessita auxiliar o seu colega que está com essa dificuldade. Termine de responder a mensagem enviando a solução correta para George.

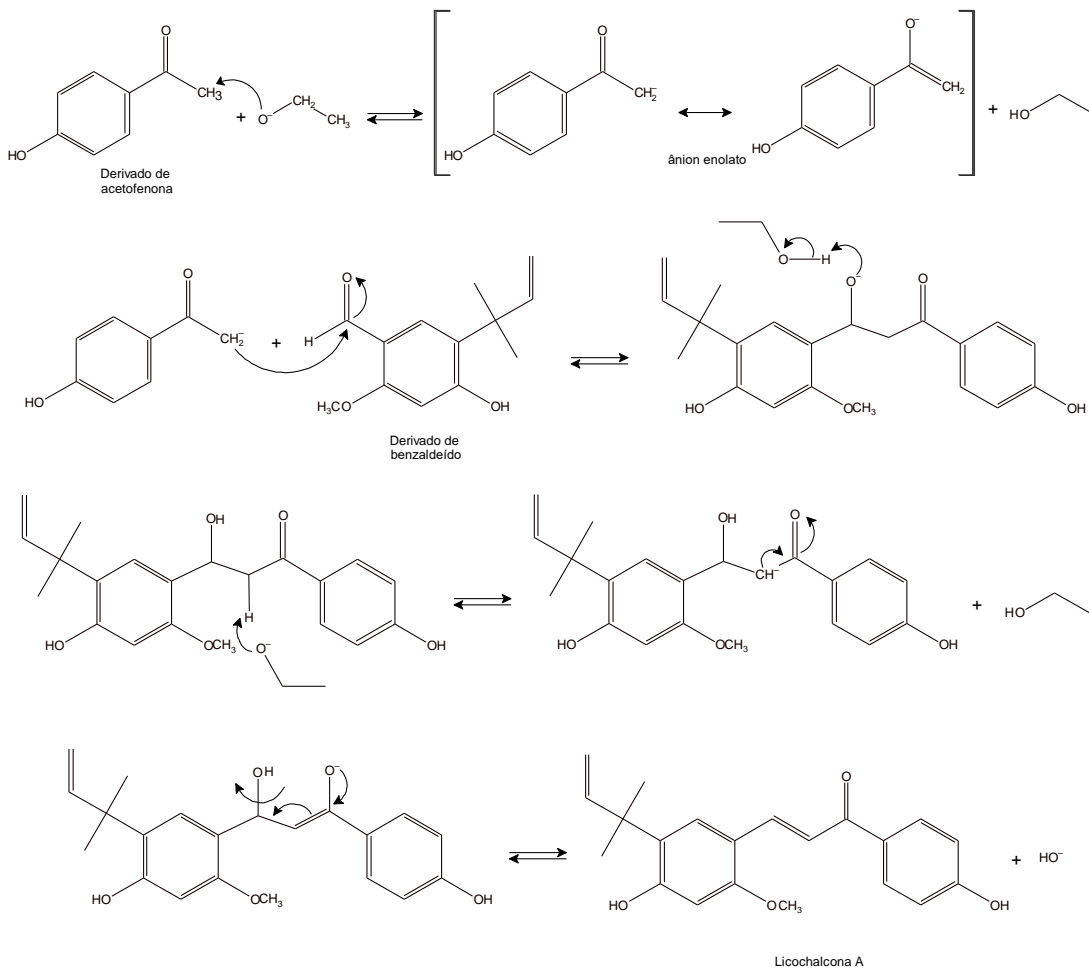
Solução

A reação é de formação de cetona α,β insaturada, via condensação aldólica de Claisen Schimid. No caso, pode-se considerar que a formação da chalcona ocorre entre um derivado de acetofenona e um derivado do benzaldeído. Dessa forma, tal reação deve ser realizada em um meio reacional contendo uma base, como o hidróxido de sódio, pois é o responsável pela formação de enolato no sistema. Assim, a cetona é o composto que tem hidrogênios alfa e formará o enolato. Esta deve ser adicionada lentamente a uma solução básica (OH^- ou OR^-) de aldeído, que não tem hidrogênio alfa e, portanto, não forma enolatos. Isso favorece a reação, ou seja, a condensação cruzada. Se a cetona ficar muito disponível, pode ser consumida em reação com seu próprio enolato, favorecendo a formação de um subproduto de autocondensação. Por isso, também é preciso garantir excesso de aldeído para este reagir com o enolato. Essas recomendações devem ser devidamente seguidas, pois caso seja utilizada uma base fraca poderá ocorrer a autocondensação da cetona (esquema 1). Ainda, se a reação se estender mais tempo que o necessário, pode acontecer a degradação do produto ocasionando

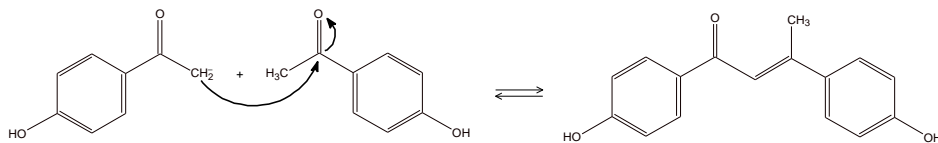
em uma reação de Michael, isto é, adição conjugada do ânion enolato ao carbono β do composto α,β insaturado (esquema 2). Logo, se obterá uma mistura de produtos como foi exposto por George. Diante disso, o erro do químico provavelmente se deve a não utilização de uma base suficientemente forte, a colocação dos reagentes em ordem inadequada e ao não emprego do aldeído em excesso.

Mecanismo

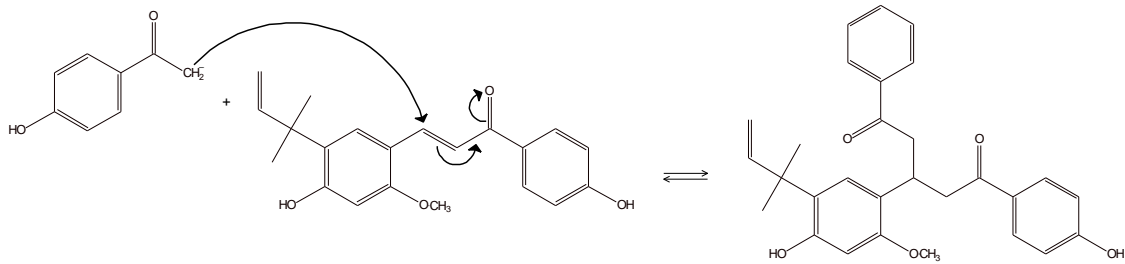
MECANISMO 7 - CLAISEN-SCHMIDT



Esquema 1:



Esquema 2:



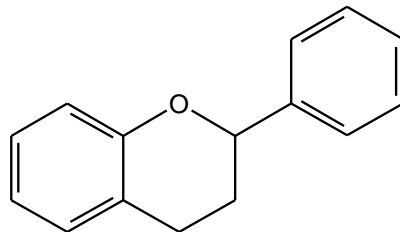
FONTE: O autor (2019).

Texto Integrador

CHALCONAS (LICOCHALCONA A)

Flavonoides é o nome dado a um grande grupo de compostos naturais polifenólicos, presentes no mundo das plantas e na dieta humana, como em vegetais, frutas e chás de ervas. De modo geral, são formados por três anéis, onde seus carbonos podem sofrer variações químicas, como hidroxilação, hidrogenação, metilação e sulfonação. Esse fato possibilita a formação de mais de quatro mil compostos flavonóides, tais quais, são agrupados em classes (GEORGIEV et al., 2014). Assim, como mostrado na figura 14, esses compostos apresentam estrutura química básica contendo 15 átomos de carbono distribuídos em dois anéis aromáticos, os benzenos, interligados a uma estrutura heterocíclica central, o pirano (DA SILVA et al., 2015).

FIGURA 14 - ESTRUTURA BÁSICA DOS FLAVONÓIDES



Fonte: O autor (2019).

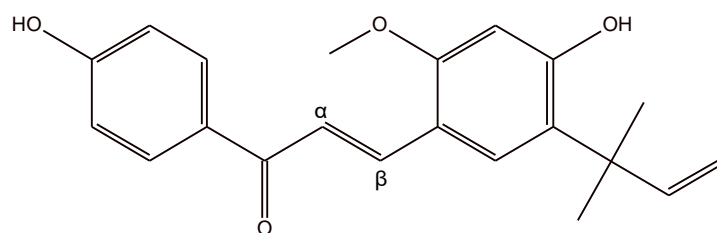
Presentes em diversas plantas medicinais de uso tradicional para o tratamento de neoplasias (mais conhecidas como tumor), os flavonoides apresentam atividades biológicas relacionadas ao aumento do sistema

imunológico por meio de atividade antioxidante, anti-inflamatória, antialérgica e anticancerígena (KOIRALA et al., 2016).

As chalconas são bioprecusores naturais dos flavonoides e, possuem estrutura básica com dois anéis aromáticos separados por uma subunidade prop-2-en-1-ona α,β insaturada denominada de acceptor de Michael (SAN-MARTÍN et al., 2015). Diversos derivados chalcônicos são de grande interesse químico e farmacológico por apresentarem diversas atividades biológicas, as quais variam conforme os diferentes substituintes destas moléculas.

Dentre as chalconas podemos destacar a licochalcona A (Figura 15), uma das principais chalconas encontradas nas raízes da *Glycyrrhiza inflata* (FURUSAWA, 2009). Muitos dos efeitos biológicos dessa raiz como atividades antibacteriana, antimicrobiana, leishmanicida, antimalárica, imunomodularória, antitumoral, antioxidante e inibição enzimática, têm sido associados justamente a essa chalcona (ASL, 2008).

FIGURA 15 - ESTRUTURA DA LICOCHALCONA A ($C_{21}H_{22}O_4$)



FONTE: O autor (2019).

O uso de cremes contendo licochalcona A é indicado para indivíduos com pele sensível e irritada, uma vez que, ajudam a reduzir a gravidade do eritema e a aumentar a hidratação da epiderme (BRONIARCZYK-DYLA, 2011).

Além disso, as chalconas apresentam caracteristicamente a pigmentação amarela, mas que em meio alcalino fica vermelha, portanto, tem também importante papel em sistemas ecológicos em função das cores que produzem nos vegetais, auxiliando na polinização como atraentes de insetos e/ou pássaros (ZUANAZZI, 2001).

Embora possam ser isoladas através de técnicas de extração, elas são geralmente obtidas a partir de sínteses orgânicas (GASSUL et al., 2000). Nesse

caso, a obtenção de chalconas é orientada de acordo com os efeitos eletrônicos dos substituintes empregados nos anéis aromáticos que modulam a reatividade das carbonilas de aldeídos e cetonas (RAMKUMAR, 2012).

REFERÊNCIAS

- ASL, M. N.; HOSSEINZADEH, H. Review of pharmacological effects of Glycyrrhiza sp. and its bioactive compounds. **Phytotherapy Research**, v. 22, n. 6, p. 709-724, 2008.
- BRONIARCZYK-DYLA, G. et al. Assessment of the influence of licochalcone on selected functional skin parameters in patients with impaired vasomotor disorders and rosacea. **Postepy Dermatologii i Alergologii**, v. 28, n. 4, p. 248, 2011.
- FURUSAWA, J. et al. Licochalcone A significantly suppresses LPS signaling pathway through the inhibition of NF- κ B p65 phosphorylation at serine 276. **Cellular signaling**, v. 21, n. 5, p. 778-785, 2009.
- GASSUL, E.I. et al. A theoretical and experimental study of the formation mechanism of 4- X-chalcones by the Claisen–Schmidt reaction. **Journal of Molecular Structure**. v. 503, n. 3, p. 131-144, maio 2000.
- GEORGIEV, V; ANANGA, A; TSOLOVA, V. Recent advances and uses of grape flavonoids as nutraceuticals. **Nutrients**, v. 6, n. 1, p. 391-415, 2014.
- KOIRALA, N. et al. Methylation of flavonoids: Chemical structures, bioactivities, progress and perspectives for biotechnological production. **Enzyme and Microbial Technology**. v. 86, p. 103-116, 2016.
- RAMKUMAR, V. et al. Synthesis, single crystal growth, characterization and comparison of two new enone shifted chalcones and their NLO behaviour. **CrystEngComm**, v. 15, n. 13, p. 2438-2449, 2012.
- DA SILVA, L. R. et al. Flavonóides: constituição química, ações medicinais e potencial tóxico. **Acta toxicológica argentina**, v. 23, n. 1, 2015.
- SAN-MARTÍN, A. et al. Molecular docking studies antitumoral activity and characterization of new chalcone. **Current Topics in Medicinal Chemistry**. Chile, v. 15, n. 17, p. 1743-1749, 2015.
- ZUANAZZI, J. A. S. Flavonóides. In: SIMÕES, C. M. O.; et al. (orgs.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001.

Tutorial

Questões do texto

- Observando a estrutura química da figura 14, relacione-a com a definição de flavonóide e de chalcona proferidas no texto.
- As chalconas são úteis para o ser humano e para o ambiente?
- Onde encontramos a Licochalcona A?

Questões adicionais

Que relação se pode estabelecer entre a atividade antioxidante apresentada pelos flavonoides/chalconas e a ação da Licochalcona A na pele?

Devido a sua presença na formulação de produtos dermatológicos, a Licochalcona A ajuda a proteger a pele contra os danos celulares por meio da neutralização dos

radicais livres gerados pela radiação UV (a causa principal do estresse oxidativo que leva ao envelhecimento precoce da pele e até mesmo câncer da pele). Uma vez que, os flavonoides/chalconas são antioxidantes e possuem hidroxilas que são doadores de elétrons e de H, proporcionam a estrutura ideal para a captura desses radicais livres. Portanto, quando aplicada na pele irritada, ou seja, a pele com tendência acneica, atópica ou danificada pelo sol, essa chalcona atua reduzindo a vermelhidão, aliviando a inflamação ligeira e diminuindo a irritação.

Bibliografia

Referência	Escopo
CUNHA, S.; MATOS, J. S. Além da caipirinha: cachaça como solvente para síntese orgânica e extração de pigmento. Química Nova , v. 40, n. 10, p. 1253-1258, 2017.	-Cachaça sendo aplicada como solvente alternativo em experimentos de graduação de síntese orgânica e extração de corantes naturais; -Demonstração da condensação de Claisen-Schmidt do benzaldeído com acetofenona e benzaldeído com acetona.
WINTER, C. Catalisadores heterogêneos para produção de chalconas: reação de condensação de Claisen-Schmidt. 2016. 142 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química) – Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.	-Propriedades das chalconas; -Sugestão de catalisadores heterogêneos como uma alternativa ambientalmente correta em reações de Claisen-Schmidt; -Reação de Condensação de Claisen-Schmidt: histórico e mecanismo.

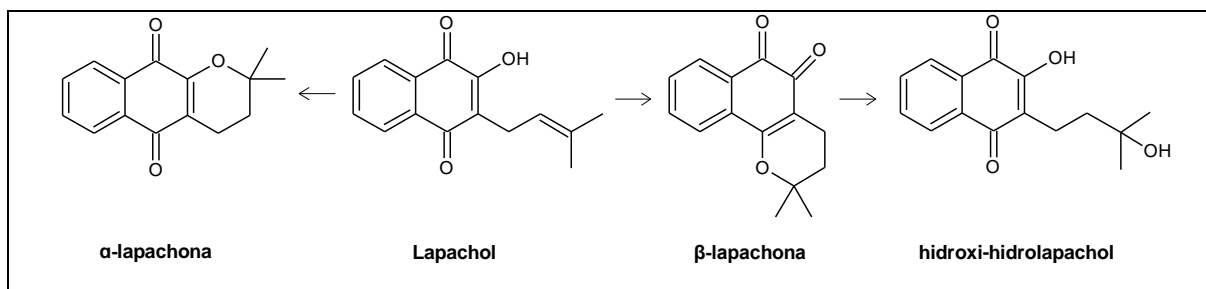
MATERIAL 8**OBTENÇÃO DE DERIVADOS DO LAPACHOL E DO HIDROXI-HIDROLAPACHOL ATRAVÉS DA REAÇÃO DE MICHAEL****Tópicos articuladores**

- Reação de Michael
- Adições conjugadas ou 1,4-adição
- Quinonas

Situação-problema

*Fonte de inspiração: BARBOSA, T. P.; NETO, H. D. Preparação de derivados do Lapachol em meio ácido e em meio básico: uma proposta de experimentos para a disciplina de Química Orgânica Experimental. **Química Nova**, v. 36, n. 2, p. 331-334, 2013.*

Naftoquinonas são compostos amplamente distribuídos na natureza, que exibem ampla gama de atividade biológica. O lapachol é uma naftoquinona extraída da serragem da madeira de várias espécies de ipês brasileiros. Uma vez extraído da matéria de origem vegetal, quando submetido a diferentes condições reacionais o lapachol pode ser convertido tanto em α -lapachona quanto em β -lapachona, seus isômeros constitucionais. Apesar de ainda não ser um fármaco, a β -lapachona vem sendo alvo de diversos estudos devido as suas atividades farmacológicas contra o *Trypanossoma cruzi*, agente causador da doença de Chagas, e contra células cancerosas. Além disso, fornece o produto hidroxilapachol quando submetida a uma solução alcalina sob aquecimento. Isto posto, como explicar as reações envolvidas no processo de obtenção desses compostos quando empregado o lapachol como reagente de partida?



Solução

Na primeira etapa, embora seja submetido a condições reacionais semelhantes o lapachol é convertido a diferentes isômeros. Isso se deve pelo fato que, sendo um produto de controle cinético, isto é, gerado mais rapidamente e com estrutura menos estável, a β -Lapachona pode ser convertida na α -Lapachona, favorecida termodinamicamente e estruturalmente mais estável. Portanto, o controle de temperatura é fundamental para garantirmos a pureza isomérica do produto desejado. No que se refere aos produtos cíclicos a formação dos mesmos é bastante favorecida em meio ácido devido à formação do carbocátion terciário (mecanismo abaixo).

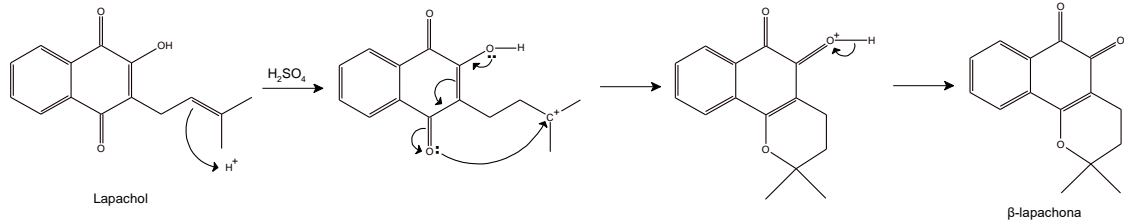
Já na segunda etapa que se refere a formação do hidroxi-hidrolapachol a partir da β -Lapachona o mecanismo proposto para a reação é a abertura do anel heterocíclico através de uma adição do tipo Michael com ataque nucleofílico do íon hidróxido ao sistema α,β -insaturado da naftoquinona, seguido por uma eliminação (mecanismo abaixo).

Mesmo que não seja uma reação que atenda completamente aos requisitos clássicos da reação de Michael, é importante salientar que todas as adições conjugadas, ou 1,4-adição, de qualquer nucleófilo a sistema π ativado é conhecido como uma adição de Michael ou reação de Michael. Mais especificamente, trata-se do mecanismo de transferência mono-eletrônica proposto por House, tal qual apresentou a possibilidade mecanística do ataque direto do nucleófilo ao acceptor, que pode ocorrer no carbono carbonílico gerando alcóxido intermediário ou no carbono β gerando um enolato aduto, como é no referido caso.

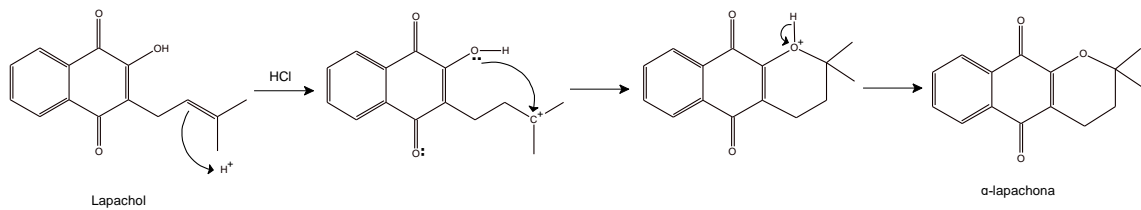
Mecanismo

MECANISMO 8 - MICHAEL

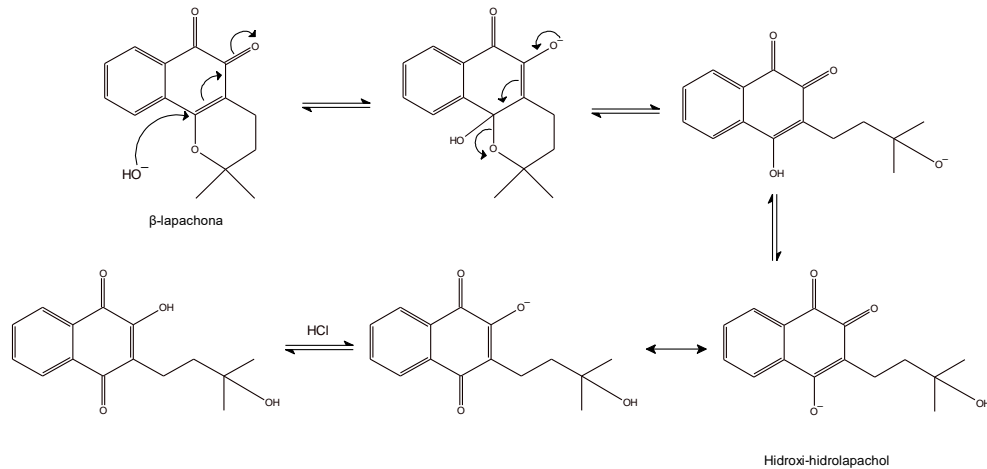
Formação β -lapachona a partir do lapachol.



Formação α -lapachona a partir do lapachol.



Formação do hidroxí-hidrolapachol a partir da β -lapachona.



FONTE: O autor (2019).

Texto Integrador

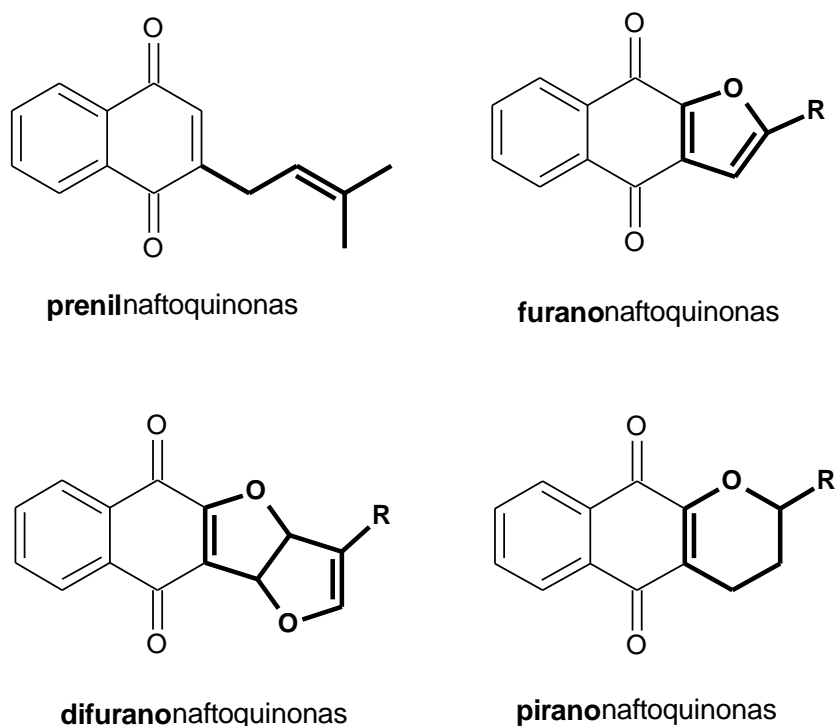
LAPACHOL E HIDROXIHIDROLAPACHOL

As quinonas se caracterizam por ser um grupo de substâncias orgânicas normalmente coloridas e semivoláteis, onipresentes na natureza e pertencentes à classe dos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos Oxigenados (HPAO). Sua estrutura possui dois grupamentos carbonílicos em um anel insaturado de seis átomos de carbono, os quais estão situados em posições “orto” ou “para”. Usando

como referência o tipo de sistema aromático, as quinonas podem ser classificadas em: benzoquinonas, naftoquinonas, antraquinonas e fenantraquinonas (SOUSA; LOPES; ANDRADE, 2016).

Naftoquinonas são metabólitos secundários produzidos por algas, fungos, plantas e animais. Em função da presença de anel heterocíclico oxigenado, podem ser classificadas em prenilnaftoquinonas, furanonaftoquinonas, difuronaftoquinonas e piranonaftoquinonas, demonstrando uma grande variação estrutural para o grupo (Figura 16). Países onde há ocorrência de espécies vegetais produtoras de naftoquinonas, como o Brasil, China e Japão, vêm contribuindo intensamente com os estudos químicos e farmacológicos dessas espécies (THOMSON, 1991; SILVA et al., 2012).

FIGURA 16 – NAFTOQUINONAS



FONTE: O autor (2019).

O lapachol é uma naftoquinona isolada de fontes naturais, principalmente o cerne do lenho de árvores da família do ipê (*Tabebuia* sp., Bignoniaceae) (Figura 17), mas também pode ser encontrado em outras famílias. Dessa forma, pode ser facilmente extraído da serragem da madeira de várias espécies de ipê, que são

plantas do Brasil e da fronteira com a Argentina, sendo que no Brasil há cerca de 46 tipos de madeiras comerciais conhecidas como “ipês” (SILVA; FERREIRA; SOUZA, 2003; BARBOSA; NETO, 2013).

FIGURA 17 - IPÊ (TABEBUIA SP.)



FONTE: Globo Rural (2017).

Uma avaliação dos efeitos terapêuticos do lapachol começou no final dos anos 1960. Os primeiros relatos referem-se à sua atividade antiparasitária (efeito contra o *Trypanosoma cruzi*, que causa a doença de Chagas.). Contudo, posteriormente também ficou conhecido por sua a atividade anticancerígena, atividade anti-metastática, atividade antimicrobiana e antifúngica, atividade antiviral, atividade anti-inflamatória, atividade Leishmanicida (complexo de doenças infecciosas, causadas por parasitos do gênero *Leishmania*), atividade moluscicida (contra o *Biomphalaria glabrata*, causador da doença esquistossomose) e atividade antiulcerogénica (proteção na úlcera induzida pelo stress) (FONSECA et al., 2003; SILVA et al., 2012; HUSSAIN, 2007).

Outra naftoquinona natural que possui destaque é a β -lapachona. Esse isômero constitucional do lapachol, também presente como constituinte minoritário em algumas espécies da família Bignoniaceae, é uma substância que vem tendo grande interesse científico devido ao seu perfil farmacológico (SILVA; FERREIRA; SOUZA, 2003; BARBOSA; NETO, 2013).

A β -Lapachona exhibe atividades antibacteriana, antifúngica, antitripanocida e citotóxica (HUSSAIN, 2007). Ademais, essa naftoquinona se mostrou ativa contra linhagens de células malignas humanas em leucemia, melanoma, câncer

colorretal, de mama e de próstata. Além disso, o uso combinado da β -lapachona com outros fármacos, como por exemplo, o taxol, foi efetivo contra tumores humanos de ovário e próstata (FERREIRA et al., 2010).

Diante do potencial perfil farmacológico demonstrado, o lapachol e a β -lapachona, juntamente com outras naftoquinonas, tem sido objeto de intensa investigação visando a obtenção de novos fármacos mais ativos ou seletivos para se estabelecer uma relação estrutura-atividade (SILVA et al., 2012).

REFERÊNCIAS

BARBOSA, T. P.; NETO, H. D. Preparação de derivados do Lapachol em meio ácido e em meio básico: uma proposta de experimentos para a disciplina de Química Orgânica Experimental. **Química Nova**, v. 36, n. 2, p. 331-334, 2013.

FERREIRA, S. B. et al. β -Lapachona: Sua importância em química medicinal e modificações estruturais. **Revista Virtual de Química**, v. 2, n. 2, p. 140-160, 2010.

FONSECA, S. G. da C.; BRAGA, R. M. C.; DE SANTANA, D. P. Lapachol—química, farmacologia e métodos de dosagem. **Rev. Bras. Farm**, v. 84, n. 1, p. 9-16, 2003.

GLOBO RURAL. **Ipê - Tabebuia sp.** 2017. 1 fotografia, color. Disponível em:

<<http://manuaisdecultivo-plantamundo.blogspot.com/2017/03/ipe-tabebuia-sp.html>>. Acesso em: 25 março 2019.

HUSSAIN, H. et al. Lapachol: an overview. **Arkivoc**, v. 2, p. 145-171, 2007.

SILVA, M. N. da; FERREIRA, V. F.; SOUZA, M. C. B. V. de. Um Panorama Atual da Química e da Farmacologia de Naftoquinonas, com ênfase na β -Lapachona e Derivados. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 407-416, 2003.

SILVA, A. M. P. et al. Atividade biológica de naftoquinonas de espécies de Bignoniaceae. **Revista Fitos**, v. 7, n. 04, p. 207-215, 2012.

SOUSA, E. T.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. de. Fontes, formação, reatividade e determinação de quinonas na atmosfera. **Química Nova**, v. 39, n. 4, p. 486-495, 2016.

THOMSON, R. H. Distribution of naturally occurring quinones. **Pharmaceutisch weekblad**, v. 13, n. 2, p. 70-73, 1991.

Tutorial

Questões do texto

-Considerando o texto, o que você entendeu da “relação estrutura-atividade”, mencionada no último parágrafo?

Questões adicionais

O Lapachol é tóxico?

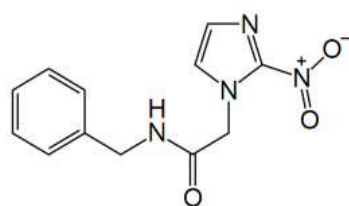
O Lapachol é um produto natural, quimicamente identificado como uma naftoquinona e extraído do Ipê Roxo. Caracteriza-se por sua ação anti-inflamatória, analgésica, antiviral, antifúngica, antioxidante, antibiótica e antineoplásica. Foi fabricado e comercializado pelo Laboratório Farmacêutico do

Estado de Pernambuco (LAFEPE) desde 1980, na forma de cápsulas de 250 mg, para sua utilização como coadjuvante no tratamento de certos tipos de câncer. Porém, não está mais disponível no mercado, devido à alta toxicidade que apresenta quando administrado em determinadas dosagens.

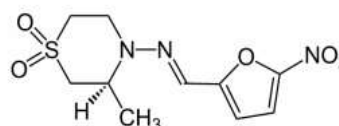
O isômero do lapachol, a β -Lapachona, também resultou eficaz para o tratamento da doença de Chagas, porém, não se tornou um novo fármaco.

Por que isso ocorre?

Os medicamentos tem a função da “cura”, porém também tem seus efeitos. A doença de Chagas, causada pelo parasita *Trypanosoma cruzi*, é endêmica na América Latina. Os fármacos mais usados atualmente para o tratamento da doença são o nifurtimox e o benzonidazol.



Benzonidazol



Nifurtimox

Porém, além destas drogas apresentarem inúmeros efeitos colaterais, ainda estão longe de serem consideradas ideais. A β -lapachona é um potente tripanocida, entretanto, devido à sua citotoxicidade não pode ser utilizada no tratamento da doença de Chagas. Todavia, visto que, o desenvolvimento de pesquisas para identificar alvos de drogas mais eficazes é de grande interesse para a saúde pública, sua estrutura tem servido de inspiração aos químicos medicinais, para a síntese de substâncias mais seletivas contra o *T. cruzi*,

Bibliografia

Referência	Escopo
BARBOSA, T. P.; NETO, H. D. Preparação de derivados do Lapachol em meio ácido e em meio básico: uma proposta de experimentos para a disciplina de Química Orgânica	-Descrição da extração de lapachol de sua fonte natural de acordo com conceitos ácido-base em Química Orgânica; -Uso de seus derivados β -lapachona e

Experimental. Química Nova , v. 36, n. 2, p. 331-334, 2013.	hidroxi-hidrolapacol para exemplificar ciclização intramolecular, estabilidade carbocatalítica, reação de adição de Michael e cromatografia.
MATTOS, M. C. de; MARZORATI, L. Aspectos mecanísticos da adição de Michael. Química Nova , v. 22, n. 5, p. 710-714, 1999.	-Principais características da reação de Michael; -Descrição dos três possíveis mecanismos para a adição de Michael: nucleofílico, transferência mono-eletrônica e proposta mecanística de hoz.

MATERIAL 9

OBTENÇÃO DO ACETATO DE <i>TERC</i>-BUTILA VIA REAÇÃO DE BAEYER DE VILLIGER
<p>Tópicos articuladores</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reação de oxidação -Importância dos ésteres
<p>Estudo de caso</p> <p><i>Fonte de inspiração:</i></p> <p><i>Fonte de inspiração: Bruice, P.Y. Química Orgânica, v.2, Cap.20, p. 267, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.</i></p> <p>Em um evento realizado pelo curso de Química da UNICENTRO, após a execução de um minicurso sobre oxidação a professora finaliza:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Entenderam, então, moçada, que as reações de oxidação envolvem transferência de elétrons, mudança estrutural como o aumento, por exemplo, das ligações C-O,

e que resultam na produção de uma variedade enorme de compostos, inclusive em sistemas biológicos! Como aquele exemplo da ressaca que se explica devido presença do acetaldeído e o agente oxidante NAD^+ nas células, certo?! Então, pensando neste tema, vou propor um desafio: planejem a síntese de um éster.

O aluno José, já empolgado, diz:

-Qualquer éster?

-Não, José. Vamos adotar um mesmo éster para toda a turma, assim o desafio será igual para todos. Sugiro o acetato de *tert*-butila, pois já comentamos sobre ele e vimos que tem aplicação interessante como solvente de nitrocelulose e aditivo em gasolina.

José, agora duvidoso:

-Mas por onde começamos? Podemos propor aquela reação do ácido com álcool, a esterificação de Fischer!

Ana, sua colega, já rebate:

-Espera. Desse jeito, sim, teremos um éster, mas se é para partir do que acabamos de ver no minicurso tem que envolver uma oxidação.

-Isso, diz a professora. Indico, assim, partirem de um composto carbonilado e um perácido simples .

Ana, um pouco pensativa, faz uns rabiscos e após alguns minutos, retruca:

-Então, professora, mas pelo meu rascunho da reação cheguei, na verdade, em outro éster. E agora? Formam dois ésteres?

-Isso que vocês terão que pensar. E não esqueçam de apresentar e explicar todas as etapas do mecanismo desta síntese.

-Hum, entendi!

Ao passo que a professora prossegue:

-Ao final, para completar o desafio, vocês terão que pensar como provariam a formação do éster em questão. Após ouvir tudo atentamente, José comenta apavorado:

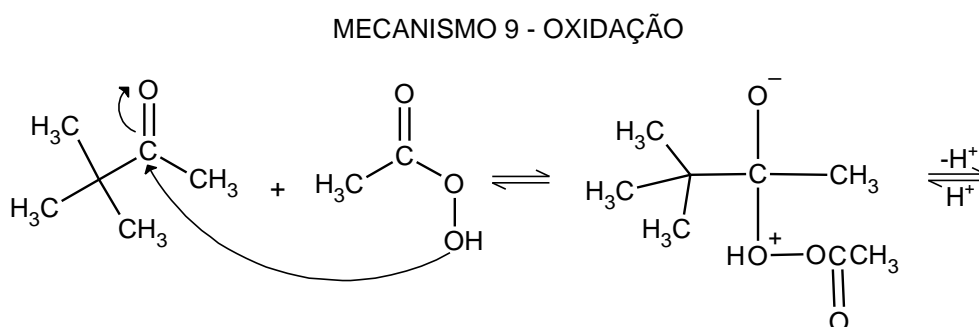
-Vixi....isso vai dar trabalho, hein!

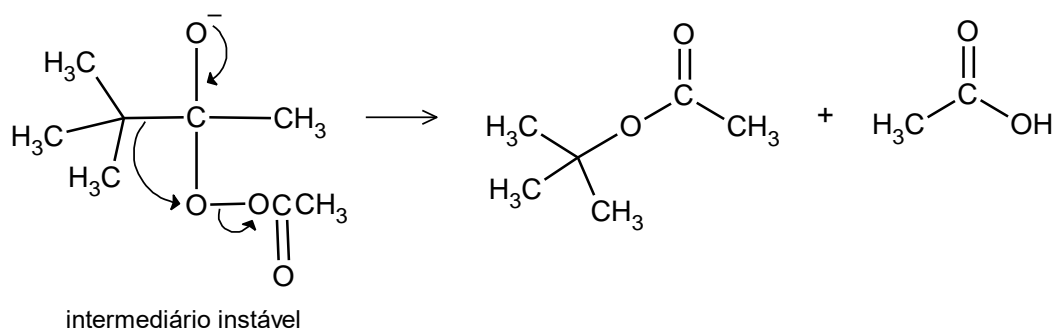
Você é um desses alunos participantes do minicurso. Aplicando seus conhecimentos de Química resolva o desafio sintetizando o éster sugerido de acordo com os critérios estabelecidos pela professora.

Solução

O tratamento de cetonas com perácidos leva à oxidação da função carbonila a éster, em uma transformação conhecida como oxidação de Bayer-Villiger. O mecanismo desta reação começa pela adição nucleofílica da porção hidroperóxido do perácido ao grupo carbonila para gerar um peróxido semelhante a um hemiacetal. Este produto instável decompõe-se de modo que o grupo alquila migra do carbono da carbonila original para o oxigênio e produz o éster. As cetonas assimétricas em princípio podem levar a dois ésteres diferentes, mas somente um é observado, já que alguns substituintes migram mais facilmente do que outros. Dessa forma, as tendências migratórias se dão na seguinte ordem: metila < primário < fenila ~ secundário < terciário (VOLLHARDT, 2013). Portanto, especificamente nesse caso, o grupo *terc*-butil, que deve estar presente na cetona, é o mais propenso a migrar; logo, é conduzida a formação do produto desejado, o acetato de *terc*-butila. Vale ressaltar que, caso o aluno tente partir de um outro composto carbonílico, como um aldeído, via perácido, o resultado seria a formação de um ácido carboxílico, o que não atenderia o desafio proposto. Por fim, visando provar que o produto formado é, justamente, o acetato de *terc*-butila, uma das técnicas que pode ser empregada é a espectrometria de massa (EM), a fim de checar a presença do fragmento $\text{OC}(\text{CH}_3)_3$, ou seja, do oxigênio ligado ao carbono que carrega as três metilas; ou ainda, por Ressonância Magnética de Hidrogênio (RMN), verificar a presença de sinal na região de heteroátomos, em torno de 4 ppm, com integral indicando a proporção de nove hidrogênios. Caso tivesse se formado o éster proveniente da migração da metila, o que não é o caso, o fragmento no EM seria do OCH_3 e, no RMN de hidrogênio, na região de heteroátomo, o sinal da integral conduziria a três hidrogênios somente.

Mecanismo





FONTE: O autor (2019).

Texto Integrador

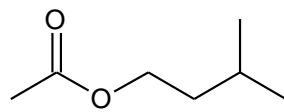
IMPORTÂNCIA DOS ÉSTERES

Ésteres são importantes compostos orgânicos, obtidos por síntese química, enzimática ou simplesmente extraídos de alguns produtos, através do uso de técnicas e solventes adequados (SKORONSKI, 2013). Estes compostos que constituem uma das classes de substâncias químicas mais encontradas na natureza estão comumente associados ao cheiro característico exalado por flores e frutos (COSTA et al., 2004).

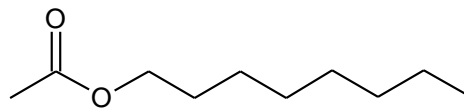
Alguns ésteres, de baixo peso molecular, tendem a apresentar sabor e aroma agradáveis e, por esse motivo, desempenham uma função importante na indústria farmacêutica, de perfumes, de polímeros e de cosméticos. Também estão presentes na composição de produtos alimentícios para realçar e imitar sabores e aromas (COSTA et al., 2004).

Esses compostos possuem importantes aplicações na indústria como flavorizantes, isto é, aditivos químicos, que quando adicionados em pequena quantidade aos produtos fabricados, conferem-lhes características degustativas e olfativas (CALVALCANTE et al., 2015). Os flavorizantes artificiais são os mais empregados atualmente devido ao seu custo muito menor e facilidade de produção. Na maior parte das vezes, o aroma encontrado em alimentos industrializados é devido a essas substâncias sintéticas (BALBANI; STELZER; MONTOVANI, 2006). A figura 18 apresenta alguns exemplos de ésteres e seus respectivos aromas.

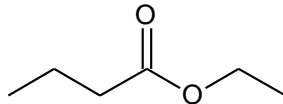
FIGURA 18 - SABORES E FRAGRÂNCIAS DE ALGUNS ÉSTERES USADOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS



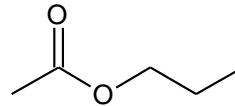
Acetato de isoamila
Banana



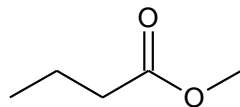
Acetato de octila
Laranja



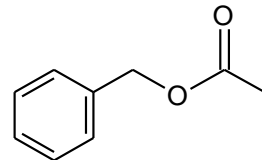
Butirato de etila
Abacaxi



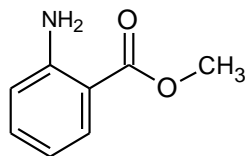
Acetato de n-propila
Pêra



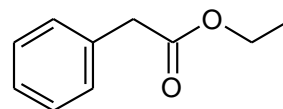
Butirato de metila
Maçã



Acetato de benzila
Pêssego



Antranilato de metila
Uva



Fenilacetato de etila
Mel

Fonte: O autor (2019).

Existe uma ampla variedade de ésteres encontrados na composição de polímeros. O éster polivinílico, por exemplo, presente na forma de emulsões na composição de tintas, é o poliéster utilizado especialmente na fabricação de tecidos, e o acetato de celulose presente em filmes fotográficos. Outro polímero bastante comum que se apresenta como uma resina plástica de grande resistência é o politereftalato de etileno (PET). Esse polímero é usado na produção de embalagens, principalmente de garrafas para refrigerantes, águas e sucos, guarda-chuvas, barracas de *camping*, na produção de fibras têxteis sintéticas, filmes (para adesivos, por exemplo) entre outros (PEREIRA; MACHADO; SILVA, 2002).

Também podemos encontrar os ésteres na gordura animal e nos óleos vegetais (os triglicerídeos) que são, na verdade, triésteres; isto é, moléculas que possuem três grupos de ésteres (CALVALCANTE et al., 2015).

Na indústria química, os ésteres são utilizados com diversos propósitos. O acetato de etila, por exemplo, é um solvente orgânico de vasta aplicação; e ésteres de alquila derivados de ácidos graxos são empregados como plastificantes para evitar que os polímeros tornem-se quebradiços (RAHMAN; BRAZEL, 2004). Destaca-se também o acetato de terc-butil, um líquido incolor com um odor suave, utilizado como adesivos e selantes, tintas e revestimentos (PubChem, 2019).

Ainda, na indústria de medicamentos, os ésteres estão presentes tanto no revestimento de cápsulas quanto na composição química do princípio ativo. O ácido acetilsalicílico (AAS), um anti-inflamatório com propriedades analgésicas e antipiréticas de maior comercialização e popularidade em todo o mundo, tem envolvida em sua síntese a reação de esterificação do ácido salicílico com anidrido acético, sob aquecimento (MENEGATTI; FRAGA; BARREIRO, 2001). Nesse contexto, o acetato de benzila, por exemplo, é um dos componentes de medicamentos com sabor artificial de cereja, abricó e morango (BALBANI; STELZER; MONTOVANI, 2006).

REFERÊNCIAS

- BALBANI, A. P. S.; STELZER, L. B.; MONTOVANI, J. C. Excipientes de medicamentos e as informações da bula. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 72, n. 3, p. 400-406, 2006.
- CALVALCANTE, P. M. M. et al. Proposta de preparação e caracterização de ésteres: um experimento de análise orgânica na graduação. **Educación química**, v. 26, n. 4, p. 319-329, 2015.
- COSTA, T. S. et al. Confirmando a esterificação de Fischer por meio dos aromas. **Química Nova na Escola**, v. 19, n. 1, p. 36-38, 2004.
- MENEGATTI, R.; FRAGA, C. A. M.; BARREIRO, E. J. A importância da síntese de fármacos. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 16, 2001.
- PEREIRA, R. de C. C.; MACHADO, A. H.; SILVA, G. G. Conhecendo o PET. **Química Nova na Escola**, v. 15, n. 1, p. 3-5, 2002.
- PubChem. CID 10908. 2019. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tert-butyl-acetate#section=Industry-Uses>>. Acessado em 01 dez. 2019.
- RAHMAN, M.; BRAZEL, C. S. The plasticizer market: an assessment of traditional plasticizers and research trends to meet new challenges. **Progress in polymer science**, v. 29, n. 12, p. 1223-1248, 2004.
- SKORONSKI, E. et al. Otimização da esterificação de ácido hexanóico com n-butanol empregando lipase (*Thermomyces lanuginosus*) imobilizada em gelatina. **Quim Nova**, v. 36, p. 364-367, 2013.

Tutorial

Questões do texto

-Para que servem os ésteres?

Questões adicionais

Como podem ser obtidos os aromas quando não de fonte natural?

A produção de aromas é um setor que atrai muita atenção, pelo fato que a presença desses adiciona um significativo valor ao produto. Muitos ésteres são usados na indústria alimentícia para contribuir na formação e acentuação dos aromas em alimentos. Esses podem ser obtidos por métodos biotecnológicos (particularmente enzimáticos) ou por métodos tradicionais de síntese química, todos resultando em produtos com o preço final muito alto, devido ao grau de pureza e estereoespecificidade requeridos. Desse modo, quando produzidos por síntese química, não podem ser considerados aromas naturais, logo, se tornam menos valorizados no mercado que outros ésteres obtidos de fontes naturais. Entretanto, quando são produzidos ésteres por via biotecnológica, estes podem ser considerados naturais ou então "idênticos ao natural" e, portanto são preferidos pelo mercado consumidor.

Que fator justifica a intensa procura por flavorizantes?

Durante os últimos 100 anos a demanda por flavorizantes tem crescido de maneira contínua, principalmente em decorrência das mudanças dramáticas causadas pelo estilo de vida cada vez mais industrializado. O deslocamento da produção alimentar do conjunto familiar individual à indústria alimentar foi acompanhado de uma crescente necessidade por sabores. De tal modo, devido aos constantes investimentos tecnológicos e, especialmente, focando nas exigências do cliente, a indústria nacional de aromas apresenta uma taxa de crescimento de 5% ao ano.

Bibliografia

MACEDO, G. A. et al. Lipases microbianas na produção de ésteres formadores de aroma. Food Science and Technology , v. 17, n. 2, p.115-119, 1997.	-Utilização de lipases para catalisar a síntese de ésteres formadores de aroma e fatores que afetaram as taxas de conversão obtidas; -Vias de obtenção de aromas e seu panorama no mercado.
MEDEIROS, C. R. Otimização da	-Demanda e uso de flavorizantes;

<p>síntese de ésteres usados na indústria de sabores e aromas. Trabalho Acadêmico (Estágio Supervisionado) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.</p>	<p>-Exemplo de alguns flavorizantes mais comuns, pertencentes a função éster.</p>
<p>OLIVEIRA, C. A. et al. Síntese de ésteres de aromas de frutas: um experimento para cursos de graduação dentro de um dos princípios da química verde. Revista Virtual de Química, v. 6, n. 1, p. 152-167, 2014.</p>	<p>-Descrição dos ésteres: onde são encontrados e aplicações; -Síntese de ésteres com uso de catalisadores que propiciam uma abordagem de Química Verde em aulas experimentais de cursos de graduação.</p>

MATERIAL 10

<p>OBTENÇÃO DO ÁLCOOL GERANIOL EMPREGANDO REAÇÃO DE REDUÇÃO</p>
<p>Tópicos articuladores</p> <ul style="list-style-type: none"> -Reação de redução -Óleos essenciais
<p>Situação-problema</p> <p><i>Fonte de inspiração: YAMAGUCHI, K. K. L. et al. Atividades biológicas dos óleos essenciais de <i>Endlicheria citriodora</i>, uma Lauraceae rica em geranato de metila. Química Nova, v. 36, n. 6, p. 826-830, 2013.</i></p> <p>O dono de uma empresa de repelentes domésticos onde você trabalha como químico optou por desenvolver produtos com o composto orgânico geraniol e, para obter esse composto, resolveu uma parte extrair de vegetais e outra parte sintetizar. Você, funcionário dessa empresa, tendo que ajudá-lo nessa síntese, recordou da</p>

época em que fazia pós-graduação e trabalhava com um planta da família Lauraceae, lembrando inclusive dos seus constituintes principais, o geranato de metila e o ácido gerânico. Pela semelhança das estruturas, o citral foi outro composto considerado. Deduzindo que esses conhecimentos podiam auxiliá-lo como ponto de partida, quais seriam as possibilidades de síntese do geraniol a partir desses compostos?

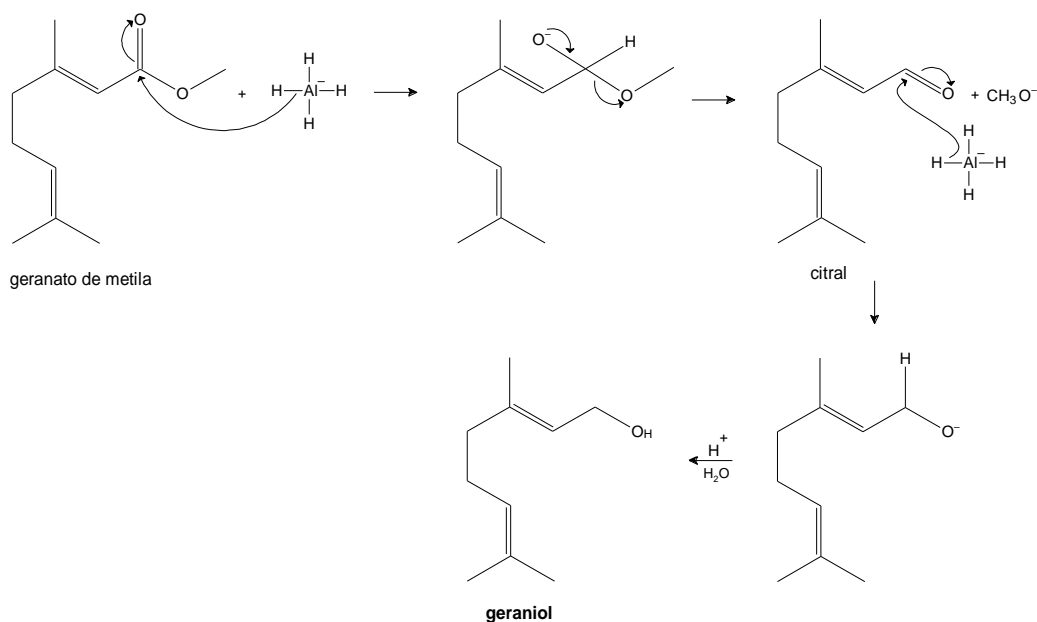
Solução

Levando em conta que os compostos citados tratam-se respectivamente de um éster (geranato de metila), um ácido carboxílico (ácido gerânico) e um aldeído (citral), nota-se que é possível chegar ao álcool desejado (geraniol) através de uma reação de redução. Dessa forma, tendo em vista que ácidos carboxílicos e ésteres são menos reativos, entre os agentes redutores borohidreto de sódio (NaBH_4) e hidreto de lítio alumínio $\text{Li}(\text{AlH}_4)$, opta-se então pelo $\text{Li}(\text{AlH}_4)$, pois se trata de um doador hidreto mais forte, mais reativo e menos seletivo; isto é, possibilita a redução de todos compostos em álcool. Já o (NaBH_4) por ser um doador hidreto mais fraco/frando, é menos reativo, portanto mais seletivo para os aldeídos e cetonas. Logo, não permite a redução de todos os compostos em questão, somente do citral.

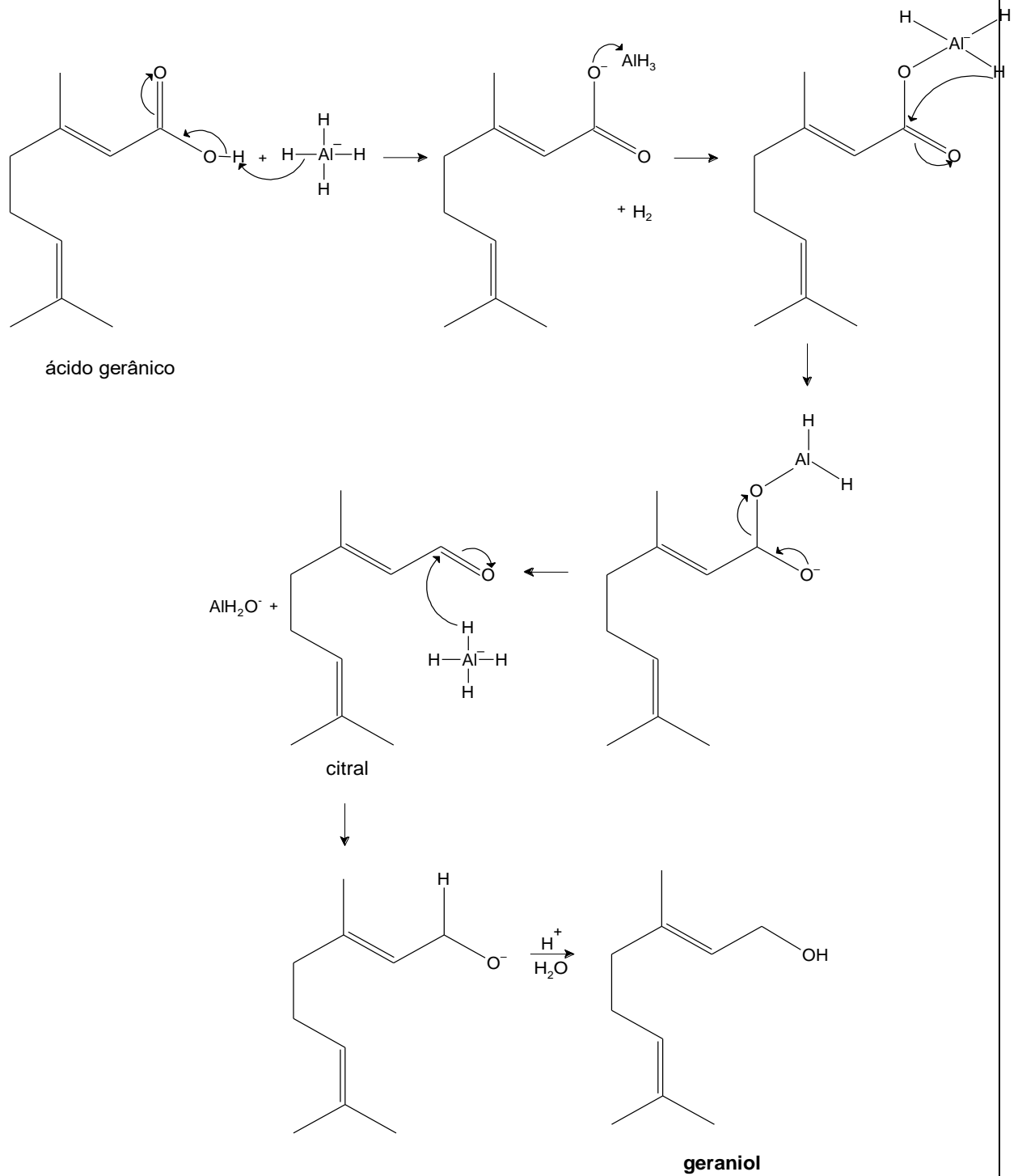
Mecanismo

MECANISMO 10 – REDUÇÃO

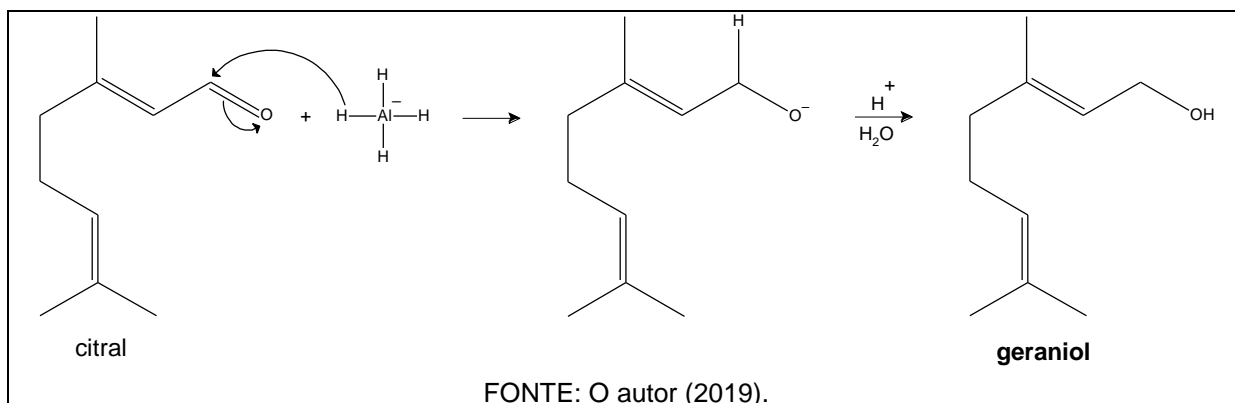
1ª possibilidade: partindo do éster geraniato de metila



2ª possibilidade: partindo do ácido gerânico



3ª possibilidade: partindo do aldeído citral



Obs.: Há a possibilidade do aluno encontrar as reações de Grignard, em que aldeídos (e cetonas) são transformados em álcoois; porém os compostos de partida determinados nesta questão não resulta na formação do geraniol, um álcool primário. Apenas a partir do formaldeído obtém-se um álcool primário via Grignard. De qualquer forma, trata-se de um ponto que o professor pode aproveitar para explorar mais um mecanismo de reação.

Texto Integrador

ÓLEOS ESSENCIAIS

Óleos essenciais são substâncias naturais oriundos de plantas, responsáveis pela fragrância de muitas delas, formados especialmente por moléculas chamadas terpenos. Os monoterpenos (C_{10}) são constituintes básicos voláteis de óleos essenciais aromáticos e pertencem a um grupo diverso de compostos químicos, de modo a constituir 90% dos óleos essenciais (CAMARGO; DE VASCONCELOS, 2014). Há muitos anos, os óleos essenciais são utilizados em indústrias devido as propriedades de suas substâncias voláteis como fonte de matérias primas (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009). Muitas espécies pertencentes a família Lauraceae estão entre as mais utilizadas por essas indústrias, principalmente aquelas que se destacam pelo alto valor econômico (YAMAGUCHI et al, 2013).

Lauraceae é uma família botânica conhecida por apresentar muitas espécies odoríferas e com interesse comercial devido aos seus óleos essenciais. Com cerca de 50 gêneros e 2500 espécies, algumas delas são encontradas no Brasil, possuindo grande incidência na região Amazônica (YAMAGUCHI et al, 2013).

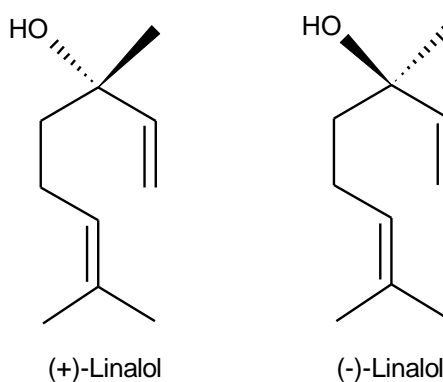
A *Endlicheria citriodora* é um de seus gêneros que tem aproximadamente de

60 espécies distribuídas na América Tropical (CHANDERBALI, 2004). Os constituintes principais dos óleos essenciais desse gênero são geranato de metila, o linalol e o ácido gerânico. Todavia, o geranato de metila é identificado como constituinte majoritário, tanto nos galhos quanto nas folhas, com teores superior a 93% (YAMAGUCHI et al, 2013).

O geranato de metila é um éster monoterpênico pouco conhecido, encontrado principalmente em frutas cítricas como o limão siciliano (0,8%) e em espécies da família Rutaceae. Óleos essenciais contendo essa substância já foram relatados apresentando atividades biológicas como antimicrobiana, antifúngica e antioxidante (YAMAGUCHI et al, 2013).

Já o linalol se refere a um monoterpêno alcoólico, componente de óleos essenciais aromáticos de origem vegetal, sendo uma das substâncias mais relevantes na indústria farmacêutica, de cosméticos e fragrâncias. É empregado como fixador de fragrâncias e pela medicina popular para efeitos anti-inflamatórios, analgésicos, hipotensores, vasorrelaxantes, antinociceptivos e atividade antimicrobiana. Além disso, apresenta ações hipnóticas, hipotérmicas e sedativas (CAMARGO; DE VASCONCELOS, 2014). Uma característica singular do linalol no óleo é a presença do carbono assimétrico na sua estrutura que possibilita a existência de enantiômeros. Assim, o (+)-linalol se caracteriza como adocicado, cítrico e herbáceo. Já o (-)-linalol, é definido pelo odor amadeirado, floral e refrescante (AZAMBUJA, 2019). A estrutura desses compostos é mostrada na figura 19.

FIGURA 19 - ENTANTIÔMEROS DO COMPOSTO LINALOL

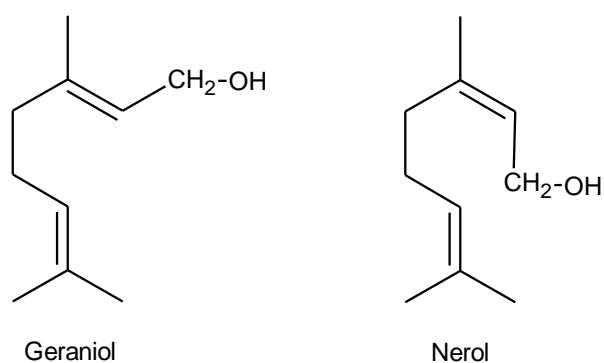


FONTE: O autor (2019).

O geraniol é um álcool monoterpêno, abundante, com importância comercial,

que ocorre nos óleos essenciais de várias plantas aromáticas. É uma das moléculas mais importantes nas indústrias de aromas e fragrâncias, e amplamente utilizada como componente em produtos cosméticos e domésticos (CHEN; VILJOEN, 2010). Além de seu odor agradável, é também conhecido por ser um eficaz repelente de insetos à base de plantas (BARNARD, D. R.; XUE, 2004) e por seu potencial como agente antimicrobiano. O geraniol é uma mistura dos dois isômeros, *cis* e *trans*, convenientemente denominados geraniol (*trans*) e nerol (*cis*) (Figura 20). Ainda, coexiste frequentemente com geranial (*trans*) e neral, (*cis*) que são os produtos de oxidação do geraniol (CHEN; VILJOEN, 2010).

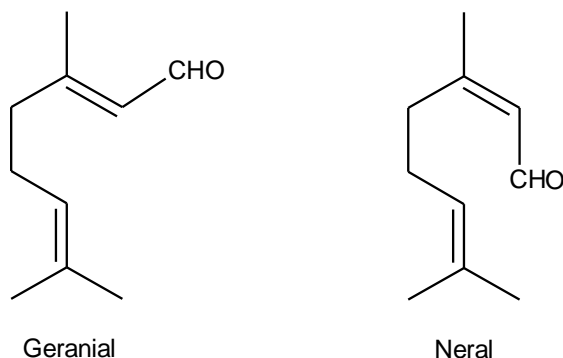
FIGURA 20 - ISÔMEROS DO COMPOSTO GERANIOL



FONTE: O autor (2019).

O citral, por sua vez, se caracteriza por ser o constituinte majoritário do óleo essencial de capim-limão. Também conhecido como lemonal, esse monoterpreno é composto por uma mistura de dois aldeídos isoméricos: o geranial (citral A) e o neral (citral B), como pode ser visto na figura 21. O geranial que representa cerca 55-70% dessa combinação possui um forte odor cítrico, ao passo que o neral que corresponde até 35% apresenta um aroma mais suave (adocicado) (AZAMBUJA, 2019). É uma matéria-prima de bastante importância, sendo amplamente empregado como aromatizante em perfumaria e cosmética, na preparação de colônias, sabonetes e desodorantes. Contudo, sua grande aplicação tem sido na indústria farmacêutica, servindo de material de partida para síntese de importantes compostos, como a vitamina A (PRINS et al., 2008).

FIGURA 21 - ISÔMEROS DO COMPOSTO CITRAL



Geranial

Neral

FONTE: O autor (2019).

REFERÊNCIAS

- YAMAGUCHI, K. K. L. et al. Atividades biológicas dos óleos essenciais de *Endlicheria citriodora*, uma Lauraceae rica em geranato de metila. **Química Nova**, v. 36, n. 6, p. 826-830, 2013.
- BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.
- CHANDERBALI, A. S. *Endlicheria* (Lauraceae). **Flora Neotropica**, v. 91, p.1-141, 2004.
- CAMARGO, S. B.; DE VASCONCELOS, D. F. S. A. Atividades biológicas de Linalol: conceitos atuais e possibilidades futuras deste monoterpeno. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 13, n. 3, p. 381-387, 2014.
- AZAMBUJA W. **Óleos Essenciais: Linalol**. Disponível em: < <https://www.oleosessenciais.org/linalol/>>. Acesso em: 03 nov. 2019.
- CHEN, W.; VILJOEN, A. M. Geraniol - a review of a commercially important fragrance material. **South African Journal of Botany**, v. 76, n. 4, p. 643-651, 2010.
- BARNARD, D. R.; XUE, R. Laboratory evaluation of mosquito repellents against *Aedes albopictus*, *Culex nigripalpus*, and *Ochlerotatus triseriatus* (Diptera: Culicidae). **Journal of medical entomology**, v. 41, n. 4, p. 726-730, 2004.
- AZAMBUJA W. **Óleos Essenciais: Citral**. Disponível em: < <https://www.oleosessenciais.org/citral/>>. Acesso em: 03 nov. 2019.
- PRINS, C. L. et al. Efeitos de confinamento do sistema radicular sobre capim-limão (*Cymbopogon citratus*). **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 03, p. 416-421, 2008.

Tutorial

Questões do texto

- O que são óleos essenciais?
- Em que setores os óleos essenciais são mais amplamente empregados?
- Quais relações isoméricas apresentam os óleos citados no texto?

Questões adicionais

Existe relação das plantas com óleos essenciais e os medicamentos?

Sim. O emprego de plantas como medicamentos no tratamento e na cura de

enfermidades tem sido assinalado ao longo de toda a história da humanidade. Entre essas plantas medicinais, as denominadas de aromáticas, compõem um destacado grupo que tem em comum a presença de óleos essenciais, os quais são encontrados especialmente nas suas flores ou ainda em raízes, folhas, casca das árvores, resinas e casca de frutos. O poder curativo de plantas aromáticas já era conhecido há mais de seis mil anos pelos egípcios e esse conhecimento se expandiu através dos séculos em diferentes culturas, tanto que nos dias de hoje, constitui a base da utilização dos óleos essenciais com os mais diversificados fins terapêuticos (alguns apontados no texto integrador).

Será que há aplicação dos óleos essenciais para controle de micro-organismos nos alimentos?

Sim. Sabe-se que os principais micro-organismos envolvidos nos processos de contaminações de alimentos são as bactérias, já que essas atuam sobre inúmeros tipos de substratos, em diferentes temperaturas, pH e condições do meio ambiente. Assim, considerando os problemas de resistência de micro-organismos a antibióticos e desinfetantes convencionais, e diante da atual tendência do mercado de utilizar produtos ecologicamente seguros, o emprego de óleos essenciais para a conservação de alimentos e controle fitossanitário vem sendo bastante estudado, possibilitando o desenvolvimento de técnicas que reduzam os efeitos negativos de oxidantes, radicais e micro-organismos causadores de grandes prejuízos às indústrias alimentícias. Um exemplo é o óleo essencial de canela, eficaz na inibição do crescimento bacteriano.

Bibliografia

Referência	Escopo
YAMAGUCHI, K. K. L. et al. Atividades biológicas dos óleos essenciais de <i>Endlicheria citriodora</i> , uma Lauraceae rica em geranato de metila. Quimica Nova , v. 36, n. 6, p. 826-830, 2013.	-Descrição de alguns compostos constituintes dos óleos essenciais de certos gêneros da família Lauraceae; -Destaque para os constituintes principais dos óleos essenciais da espécie <i>Endlicheria citriodora</i> com

	<i>ênfase no composto</i> geranato de metila.
NÓBREGA, R. de A.; MOTTA, S. C.; LEITE, J.R. Óleos essenciais com propriedades anticonvulsivantes. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas , v. 2, n. 1, p. 3-6, 2003.	-Destaque para as plantas aromáticas medicinais e sua relação com os óleos essenciais; -Principais ações farmacológicas dos óleos essenciais, especialmente em relação ao efeito anticonvulsionante.
ANDRADE, M. et al. Óleos essenciais de <i>Cymbopogon nardus</i> , <i>Cinnamomum zeylanicum</i> e <i>Zingiber officinale</i> : composição, atividades antioxidante e antibacteriana. Revista Ciência Agronômica , v. 43, n. 2, p. 399-408, 2012.	-Caracterização química e avaliação das atividades antioxidante e antibacteriana de alguns óleos essenciais.

As estratégias que o professor poderá usar para aplicação deste material podem ser no formato de discussão ou atividades em pequenos grupos, conforme já mencionado anteriormente na fundamentação teórica deste trabalho (SÁ, 2010). De qualquer forma aconselha-se ao professor encaminhar o aluno (ou grupo de alunos) à leitura da situação-problema e, ao final, à representação e explicação do mecanismo da reação e, também, à solução encontrada. Nesse meio, após lido o caso/problema, sugere-se que, com base em Sá e Queiroz (2010), o professor encaminhe alguns questionamentos tais como: do que se trata esse caso/problema ou qual é o problema e o tema que estão em evidência? Por onde começamos a solucionar ou o que precisamos saber/buscar? Questionar as ideias prévias dos alunos também é recomendado (SILVA; NÚÑEZ, 2002). Para a sequência, livros didáticos, artigos, tecnologias, entre outros, deverão estar às mãos dos alunos para consulta e busca da solução. O professor deverá exercer, então, um papel de tutor e percorrer entre os alunos, a fim de ouvir suas escolhas, tirar dúvidas, sugerir caminhos, etc. Momentos de debate, com o atento de todos, também são bem-

vindos, bem como fazê-los mostrar no quadro-giz as informações encontradas. A contextualização, via questões do tutorial docente, poderá compor um debate ou atividade de interpretação-reflexão textual, em qualquer momento da aula, de maneira a expor a relevância do assunto que está sendo visto.

Ademais, esse material também pode ser usado como método de avaliação ou, ainda, para introduzir um modo de ensinar diferenciado em turmas de alunos repetentes na disciplina de Química Orgânica. Não é demais refletir que algumas das propostas podem favorecer, ainda, a prática experimental, como o caso da preparação do biodiesel.

Ressalta-se que questões referentes ao mecanismo de reação deverão, obviamente, ser dirigidas aos alunos, na medida em que forem encontrando e rabiscando o referido mecanismo. Porém, entende-se que o docente tem o domínio para fazê-lo e que os livros didáticos, comumente usados nos cursos de graduação em Química Orgânica, atendem a referida demanda. Por esses motivos, optou-se, no material do professor, por não ter um tutorial de como discutir o mecanismo.

Também chama-se a atenção para o fato de que há, nesses materiais, muitos outros elementos desencadeadores de discussão ou de resgate de conceitos, para o melhor entendimento da Química. Os materiais 1 e 2, por exemplo, podem ser explorados conjuntamente para os alunos observarem que a mesma matéria-prima, gordura/éster, em um mesmo meio, básico, favorece a formação de produtos diferenciados. O material 6, por sua vez, faz uso de compostos cujas cadeias são muito interessantes para estabelecer comparações e rever configurações (centros estereogênicos/quirais) como em luteína e zeaxantina.

5.2. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA REALIZADA COM PROFESSORES

O objetivo deste capítulo é apresentar a análise dos resultados da pesquisa realizada com docentes da área de Química Orgânica atuantes em IES do Paraná. Por meio do questionário aplicado, buscou-se verificar se o material proposto agrada e se é promissor e interessante para o ensino e aprendizagem de mecanismos de reações para compostos carbonilados, na opinião desses docentes. Esclarece-se que os professores avaliaram somente 9 dos materiais, uma vez que o material que trata do tema oxidação, estava em fase de desenvolvimento.

Das 7 IES que autorizaram a realização da pesquisa, foram convidados 10 professores para avaliar e responder o questionário, sendo que destes, 5 aceitaram participar da pesquisa até o momento da escrita final desse tópico. É conveniente salientar que a divulgação do nome dos professores, bem como o nome e localização destas instituições, foi omitida em virtude de acordos de sigilo estabelecidos via Comitê de Ética.

A partir das respostas dos questionários puderam ser proporcionadas informações relevantes sobre o material didático desenvolvido, de acordo com a experiência e a apreciação na perspectiva dos professores da educação superior.

Dessa forma, após ser feita a análise e a interpretação/compilação das respostas pode-se obter os seguintes resultados:

1. Há quanto tempo você atua como docente?

Os professores respondentes possuem entre 5 e 20 anos de experiência na prática docente.

2. Em algum momento de sua docência já trabalhou utilizando casos ou situações problema?

Dos 5 professores participantes da pesquisa, 3 deles já trabalharam utilizando casos ou situações-problema em algum momento de sua atuação na docência. Entretanto, é importante salientar que não ficou definido se o uso desses métodos ocorreu dentro das disciplinas específicas de Química, como a Química Orgânica, ou em outras áreas. De qualquer modo, a experiência relatada por esses, mesmo que com certas ressalvas, é bastante positiva:

“A experiência em utilizar metodologias ativas em sala de aula é sempre muito prazerosa e os alunos mostram bastante envolvimento.”

“Trabalhosa, porém, satisfatória”

“(…) a abordagem problematizadora e investigativa é muito mais abrangente, completa, e satisfatória para os aprendizes quanto para o professor, uma vez que os estudantes se tornam parte do processo.”

“Trabalhar com situações problemas faz com que o estudante saia de uma situação de conforto, de expectador e participe de forma pró-ativa na busca e construção do conhecimento. Contudo, ao contrário do que muitos pensam, exige muito tempo e da muito trabalho ao professor, que precisa planejar todas as atividades, pensar em hipóteses, inclusive muitas vezes estudar a própria situação para poder mediar os educandos na busca da solução e resultados.”

“(...) o tempo envolvido é bem maior do que quando se trabalha com determinado tema ou conteúdo de forma tradicional (expositiva), pois há necessidade da pesquisa, da leitura, discussões individuais ou com o grupo de estudo, desenvolvimento da prática experimental em laboratório, análise e interpretação dos resultados, escrita dos relatos e confronto com a literatura, socialização desses resultados com os colegas, discussões e reflexões sobre os dados apresentados.”

“Um ponto negativo que observo nessas metodologias é que alguns alunos muito tímidos sentem muita dificuldade, por isso tento sempre alternar aulas expositivas dialogadas, com metodologias de sala de aula invertida.”

Como se pode observar, os inconvenientes mais ressaltados por esses docentes foram relativos a questão do tempo (tanto em relação ao tempo exigido para o professor preparar a metodologia quanto para execução em sala de aula) e o fato de nem todos os estudantes terem afinidade com esse tipo de abordagem. Contudo, os docentes, consideraram que, de modo geral, a receptividade demonstrada pelos alunos foi excelente diante da aplicação dessa metodologia.

3. Baseado na sua experiência como docente avalie a importância do material (péssimo – ruim – regular – bom – excelente – não sei dizer) no que se refere aos seguintes quesitos:

a) incentiva o ensino e a aprendizagem por meio de uma estratégia de investigação.

Dos 5 respondentes, 3 deles consideraram que o material é excelente para incentivar o ensino e a aprendizagem por meio de uma estratégia de investigação, enquanto 2 deles consideraram o material como bom para atender esse aspecto.

b) Reduz a insatisfação dos alunos com a educação baseada no ensino tradicional.

Similarmente ao primeiro quesito, 3 professores avaliaram o material como excelente para reduzir a insatisfação dos alunos com a educação baseada no ensino tradicional e 2 professores avaliaram o material como bom.

c) Viabiliza os estudantes a serem participantes ativos de seu processo de aprendizagem.

Quanto a eficácia do material em viabilizar os estudantes a serem participantes ativos de seu processo de aprendizagem, 4 professores o consideraram excelente e 1 professor considerou bom.

d) Motiva suscitar as ideias prévias dos alunos.

No que se refere ao material servir de motivação para suscitar as ideias prévias dos alunos, 3 professores o avaliaram como excelente, 1 professor como bom e 1 como regular.

e) Permite desencadear discussões.

Os 5 professores respondentes consideraram o material como excelente para desencadear discussões em sala de aula.

f) Possibilita a contextualização do tema com o conteúdo do qual ele faz parte.

Em relação ao material possibilitar a contextualização do tema com o conteúdo do qual ele faz parte, os 5 professores o avaliaram como excelente.

4. Você utilizaria esse material em suas aulas?

Os 4 professores responderam afirmativamente a essa pergunta demonstrando interesse em utilizar o material em suas aulas.

4.1. Quais aspectos positivos você destacaria na aplicação desses métodos?

Foram evidenciados diversos pontos positivos na aplicação do material, especialmente no que diz respeito na sua viabilidade em manter o aluno no centro de processo ensino-aprendizagem.

Abaixo, trechos descritos pelos professores:

“Coloca o aluno como centro, o incentivando a buscar e propor soluções através do estudo e pesquisa de reações e métodos em Química Orgânica.”

“Acredito que o aprendizado baseado em investigações se diferencia do tradicional por manter o aluno no centro do processo de aprendizagem. Isso resulta em um melhor aproveitamento dos conteúdos e permite que o conhecimento seja realmente adquirido. Além disso, a maior parte dos alunos se sente motivados pelo desafio de aprender algo de forma não tradicional.”

“(…) desenvolve a autonomia, responsabilidade, ética, melhora a leitura, escrita e fala, motiva para pesquisa e melhora a auto-estima do aluno. Importante também deixar claro que quando se aplica uma metodologia como essa em um primeiro momento o aluno fica meio impactado, assustado e, por isso a importância do planejamento e preparo do professor, que deve dar todo o suporte necessário para encorajar o estudante e o trabalho flua com leveza e o aluno se motive para buscar respostas. O aluno cresce muito quando é motivado a fazer parte do processo de construção do conhecimento.”

“(…) creio que os alunos podem tornar-se mais ativos, buscando fontes bibliográficas e interagindo com seus pares, despertando-os ao ensino pela pesquisa.”

Também foi favoravelmente destacada a possibilidade de contextualização e de debates oferecida pelo método:

“Alguns métodos podem ser de grande valia na contextualização, o material retrata situações cotidianas, o que é muito bom.”

“Destaco a possibilidade de contextualização e de atribuição de significado ao estudo mecanístico.”

“(...) a contextualização de aspectos teóricos já estudados, a integração do conhecimento e a promoção do debate em sala de aula, que sem dúvida deve contribuir para elevar o desempenho dos alunos na disciplina.”

4.2. Quais aspectos negativos você destacaria na aplicação desses métodos?

Como ponto negativo, foi ressaltada por dois professores a necessidade, e ao mesmo tempo a dificuldade, em envolver todos os alunos nas discussões que tal metodologia requer.

“Requer habilidade do professor para envolver TODOS os alunos nas discussões em sala de aula e criar um ambiente adequado para discussões frutíferas, com significado para o aprendizado efetivo.”

“(...) um ponto negativo e um desafio aos educadores que utilizam essa metodologia e fazer com que os alunos mais tímidos participem das discussões. Com minha pouca experiência percebi que eles ficam muito retraídos e para eles, acredito que o aprendizado não seja significativo com essas metodologias que precisam que esse aluno seja centro do processo e responsável pelo seu aprendizado.”

Ainda, aparece a questão de falta de tempo para aplicação do método e a complexidade de algumas reações.

“Uma das dificuldades é o tempo envolvido (não necessariamente um aspecto negativo). Cursos integrais ou disciplinas mais integradas e/ou interdisciplinares, que envolveriam mudanças curriculares, poderiam talvez, contribuir com este tipo de abordagens e melhorar a qualidade de ensino.”

“(...) nem todas as situações propostas podem ser utilizadas no curso, devido a falta de carga horária e disponibilidade dos alunos.”

“Algumas situações-problema se tratam de reações um pouco complexas.”

Também é destacada a resistência de alguns discentes diante do método:

“Não considero negativo, mas creio que, inicialmente, possa haver resistência por parte dos alunos que esperam um conteúdo pronto.”

5. Entre as opções expostas pelo material qual delas você considera mais interessante para promover/impulsionar o estudo do mecanismo de reação? Justifique.

Os 4 materiais que tiveram destaque nessa ocasião foram os seguintes:

Material 1: Obtenção de biocombustíveis através de reação de transesterificação;

Material 2: Produção de sabão através da reação de saponificação;

Material 3: Descarboxilação de ácido 3-oxobutanóico;

Material 5: Obtenção de fenacetina a partir do p-aminofenol empregando reação de acilação;

Material 8: Obtenção de derivados do lapachol e do hidroxihidrolapachol através da reação de Michael.

As justificativas pela escolha do material 1 foram as seguintes:

“O material 1, por envolver questionamentos no próprio diálogo sobre a função dos reagentes envolvidos no processo, o que pode levar à necessidade de pensar no mecanismo. E o material 8, pois o mecanismo é a principal ferramenta para a resolução do problema.”

“(…) gostei muito da obtenção do biodiesel porque exige pensar não apenas nos reagentes e mecanismos, mas também nas condições da reação, que são essenciais para o sucesso da reação.”

Foi enfatizada ainda a escolha pelo material 3:

“Apreciei ainda o caso envolvendo um problema de saúde (cetonúria oriunda da descompensação da glicemia) porque faz os alunos compreenderem que as reações que estudamos correspondem às situações reais e que sua compreensão pode impactar sobre a qualidade de vida.”

Também foi ressaltada a preferência pelo material 5:

“A obtenção da fenacetina é bem interessante.”

Outro docente explicou sua preferência pelos materiais 1 e 2:

“Gostei muito do material 1 e do material 2. O Estudo de caso e a situação problema apresentado nestes materiais trazem questões que exploram conceitos importantes para a compreensão dos mecanismos de reações: teorias ácido-base, uso de catalisadores, reagentes nucleófilos, o reagente em excesso, condições experimentais como a necessidade do controle de temperatura, o processo de purificação, possibilidade de tratamento dos resíduos entre outros. Além disso a produção de sabões e biodiesel mostra para os estudantes que quando se usa os mesmos reagentes (óleo de soja, etanol e hidróxido de sódio) pode-se ter produtos finais diferentes, e aí entra a importância das condições experimentais em que se realiza o experimento. Além disso estes temas estão muito próximos da realidade dos educandos, e isso motiva para busca de soluções.”

Dessa forma, como diferentes materiais foram selecionados como preferidos pelos professores, há um indicativo de que as temáticas dos casos foram bem determinadas e que, por chamar a atenção, podem instigar uma aplicação em sala de aula. Apesar da amostragem pequena, é conveniente lembrar que em uma pesquisa qualitativa o foco não está voltado para os números, mas sim para o significado dos dados e/ou visões dos sujeitos participantes. Assim sendo, as respostas obtidas junto aos professores sugerem que a proposta teve receptividade favorável. Esclarece-se que, a fim de reforçar essa evidência, foi resolvido sondar a visão dos estudantes, de maneira que o próximo tópico trata-se de um adendo nesta pesquisa.

5.3. OLHARES SOBRE UM CASO NA PERSPECTIVA DOS ALUNOS

Como apreciado até então, este trabalho foi dedicado ao desenvolvimento de um material didático, com interesse principal de dispor aos professores novas possibilidades de introduzir e estudar os mecanismos de reações com os alunos.

Embora não tenha sido o objetivo desta pesquisa aplicar o material em sala de aula, um caso foi apresentado para alunos de um curso de graduação em Licenciatura em Química, em uma disciplina de Química Orgânica, de uma IES do Paraná. De caráter exploratório, a ação se deu apenas para observar a receptividade dos alunos pelo método. Desse modo, foi selecionado o caso com o tema “Biodiesel” (Material 1 desse trabalho), ao passo que, a professora-orientadora desta pesquisa coordenou a aula em um período de 2 horas-aula, de 50 minutos cada.

Mesmo que o momento de observação tenha sido breve, pôde-se evidenciar que houve bastante interação entre os alunos e alunos-professora, além da busca e troca de informações. Nos estudos de Schaber et al. (2011) e Campbell, Powers e Zheng (2016), por exemplo, este aspecto também foi revelado ao destacarem que a abordagem do estudo de caso mostrou ter um efeito extremamente positivo nas interações entre os estudantes, promovendo o aumento da participação dos alunos e estimulando uma melhor discussão em sala de aula.

Além disso, após o término da aula, os alunos foram convidados a expressar suas opiniões a respeito da metodologia empregada. Assim, pôde ser confirmado que as opiniões foram bastante positivas, de modo que os discentes consideraram a metodologia muito válida e interessante.

Um/a aluno/a descreveu:

“Gostei do método pois ha uma contextualização e por meio dela gerou-se uma discussão, uma pesquisa e envolvimento dos alunos com a problematização, além de que, a partir da problematização discutiu-se todo o conteúdo de maneira aplicada, e não apenas hipotética e mecânica além de toda a parte da curiosidade sobre o biodiesel. Foi um conhecimento construído e não apenas transmitido de um p/ outro.”

Ainda, nesse mesmo sentido, outro discente comentou:

“O uso dos estudos de caso, ou situações-problema é uma metodologia válida, pois torna a procura pelo mecanismo mais interessante, com uma aplicação prática e mais fácil de lembrar.”

Embora não tenham sido encontrados na literatura casos destinados exclusivamente ao ensino de mecanismos de reação, de qualquer forma, é possível inferir que para tal conteúdo o método também se aplica e se mostra apropriado, com as mesmas vantagens apresentadas quando diz respeito ao ensino de outros conteúdos.

Também foi considerada por um discente a possibilidade de levar tal metodologia para a sala de aula quando, por sua vez, estiver atuando como docente. Trata-se de um parecer muito favorável, visto que se refere a um dos objetivos desse trabalho.

“Este tipo de metodologia é muito válida, pois ajuda o aluno que está na graduação entender os mecanismos e quando for na sala de aula poder levar esta metodologia diferenciada.”

O tema adotado no material, bem como, o favorecimento do caráter contextualizador também foram apreciados de modo positivo pelos alunos.

“Gostei. Achei bem interessante. Não havia imaginado que dava para usar um estudo de caso no ensino superior, principalmente em orgânica. O tema bicombustível é um tema atual e bem interessante.”

“Acho muito válida a contextualização dos conteúdos, principalmente em química, que está tão presente no cotidiano. Além disso, desperta o interesse no assunto abordado, tornando o ensino ativo e mais efetivo. Portanto, gostei muito da atividade!”

No Anexo 1, encontram-se os trechos com os relatos de todos os alunos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo moderno estando em constante mudança vem exigindo alternativas às formas tradicionais de ensinar. O ensino por intermédio de casos e situações-problema se destaca como uma estratégia que busca superar a falha no distanciamento do ensino em relação aos contextos profissionais reais, visando a formação de um profissional qualificado com as competências necessárias para atender as demandas do mercado, lidar com situações complexas e solucionar problemas.

O ensino de ciências por investigação é uma eficaz estratégia para o desenvolvimento das competências químicas no ensino superior, ao passo que, estimula a curiosidade, a dúvida, a argumentação, a explicação, o compartilhamento das ideias e a reformulação das ideias, contribuindo para que o estudante exerça uma autonomia no processo de aprendizagem e assuma uma postura ativa na construção do seu próprio conhecimento e na busca de suas próprias respostas ao invés de esperar uma resposta já elaborada.

Assim, vislumbrando que os casos e situações-problema despontariam na disciplina de Química Orgânica, o foco desse trabalho foi o desenvolvimento de uma proposta didática para o ensino dos compostos carbonilados, com o intuito de dispor aos professores um material pronto, isto é, acessível para ser levado em sala de aula e relevante no contexto da disciplina, bem como, para motivar a diversidade metodológica em um curso de licenciatura. Logo, através dos desafios contidos nos casos ou situações-problema pretendeu-se trazer um pouco da realidade a sala de aula situando o conteúdo de aprendizagem em contextos relevantes e reais da profissão.

Reflete-se que o diferencial do material está no modo de apresentar o conteúdo e no incentivo ao ensino e aprendizagem por meio de uma estratégia de investigação, com um opcional de fazer integração com alguma temática relevante do cotidiano, sobretudo, enfatizando o aprendizado dos mecanismos de reações orgânicas. Assim sendo, os alunos responderão ao material que é colocado no contexto de uma história envolvente, com mais interesse e entusiasmo do que resultaria se o mesmo conteúdo fosse apresentado de uma maneira convencional.

Além disso, se aplicado em curso de Licenciatura, faz-se surgir uma metodologia relevante à prática docente, porém em disciplina de área específica.

Isso permite que as dimensões pedagógicas e de conhecimento específico se tornem mais articuladas, resultando em evolução de metodologia e construção do conhecimento em disciplina de Química Orgânica, o que parece ser bastante importante e oportuno para cursos de Licenciatura. Portanto, prevê-se que o emprego de tal metodologia, venha contribuir para a formação de futuros docentes, beneficiando-os com uma visão mais ampla e consolidada da temática abordada e com mais domínio em investigação, comunicação, interpretação de dados e solução de problemas.

Embora não se possam tecer observações, nesta pesquisa, sobre a aprendizagem de alunos, de acordo com os resultados obtidos em outros trabalhos que utilizaram o método de estudo de casos e situações-problema no Ensino de Química no Ensino Superior, a estratégia de ensinar e aprender por investigação é reconhecida como um dos mais bem sucedidos métodos de aprendizagem que vem se difundindo cada vez mais no meio acadêmico; e gradativamente apresentando uma crescente utilização nas instituições de ensino (CHOWDHURY, 2013; SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2013; SAMPAIO; BERNARDO; AMARAL, 2016).

Isto posto, fica evidenciada a potencialidade desse método, ao oferecer aos estudantes a oportunidade de direcionar sua própria aprendizagem, proporcionar-lhes elevado nível de participação, permitir o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico em assuntos de aspectos científicos e sócio científicos e, sobretudo, possibilitar a instauração de uma pedagogia ativa em sala de aula. Especialmente, quando empregada para alunos de curso de licenciatura, o discente demonstra sua pretensão em levar essa experiência para a sua futura prática docente.

Ainda, numa percepção comum acerca da literatura produzida sobre o assunto, a educação em química baseada em abordagem investigativa é vista como uma estratégia bastante enriquecedora que gera reações extremamente positivas nos discentes, desenvolvendo especialmente seus interesse e compreensão em relação às aulas de química. Também, conforme a fundamentação teórica mencionada, essa abordagem se aproxima das considerações de Vygotsky, uma vez que, possibilita as interações em sala de aula, proporcionando que professor ou colegas que sabem mais atuem no nível de desenvolvimento potencial do aluno, ou seja, no nível da solução de problemas. Além disso, tende a possibilitar a busca da informação para além do professor, estimula melhor a discussão em sala de aula e coloca o aluno

como protagonista, isto é, no centro do processo de aprendizagem. Além disso, se destaca por ser uma valiosa e eficaz ferramenta para introduzir e aprimorar a aprendizagem de conceitos, sobretudo, por permitir a contextualização de conceitos químicos pela articulação dos conteúdos científicos com o cotidiano, possibilitando aos estudantes uma melhor percepção do mundo que os cerca. De modo geral, é bem recebida como uma mudança da rotina normal, uma vez que, ao fornecer aprendizagem contextualizada, permite aos alunos ver as situações da vida real em que a química da sala de aula está em ação (SCHABER, 2011; CAMPBELL, POWERS, ZHENG, 2016; CHOWDHURY, 2013; DIESEL, BALDEZ, MARTINS, 2017).

Contudo, embora se trate de uma estratégia bastante relevante para o ensino da química, que fornece o engajamento ativo de professores e alunos, obviamente, o grau de aprendizado dependerá de uma série de fatores, incluindo o tipo de assunto, o interesse, o tempo investido pelos alunos nos estudos, bem como, a familiarização e aplicação adequada do método. Por exemplo, o fator “conteúdos programáticos” parece ser a principal finalidade das instituições de ensino e isso é observado pela excessiva preocupação que professores têm em relação ao cumprimento das “matérias”. Nesse sentido, os conteúdos dominam inteiramente o tempo do professor e superam em importância qualquer outra opção, pois são esses os considerados promotores da aprendizagem. Ou seja, o papel do professor remete a apresentar as informações, enquanto o caráter construtivo do conhecimento é completamente abdicado e o tempo e particularidade do aluno para aprender são desconsiderados (DA SILVA, 2009). Além do mais, de acordo com Mesquita, Meneses, Ramos (2016), existe também as dificuldades que os profissionais enfrentam ao buscar o uso das metodologias ativas como, por exemplo, falta de organização curricular, o conteúdo solicitado não ser coerente com o tempo exigido, e a própria dificuldade de compreensão e aplicabilidade dos métodos ativos (ROSA, 2007 apud MESQUITA; MENESES; RAMOS, 2016).

Diante do exposto, cabe aos docentes refletirem sobre seu papel na educação, pois a implementação de metodologias ativas, como os estudos de casos e as situações-problema requer, certamente, tempo, disponibilidade e, sobretudo, a vontade do profissional para modificar o seu fazer pedagógico (MESQUITA; MENESES; RAMOS, 2016). Nesse sentido, seria de grande valia capacitações docentes para o compartilhamento de conhecimentos a respeito das práticas

educativas e a busca de novas tendências pedagógicas (LIBÂNEO, 2009).

Também, é importante evidenciar que a aprendizagem utilizando estudo de casos e situações-problema não é nem deve ser restritiva e substituir outras metodologias de ensino já utilizadas, mas sim, uma nova opção metodológica que possa enriquecer o processo educacional. Não há um método de ensino ideal, ao contrário, existem diferentes recursos didáticos disponíveis para o ensino e a utilização de forma híbrida com outros métodos de ensino deve ser estimulada em favorcimento à aprendizagem. A vista disso, os estudos de caso e as situações-problema são técnicas suplementares úteis aos métodos mais tradicionais de ensino, sem contar que, ao aplicar diferentes métodos de aprendizagem, quase todo aluno acaba se envolvendo.

Espera-se que esse material possa contribuir para desenvolver no aluno as habilidades e competências de resolução de problemas, de questionamento, promover autonomia de aprendizagem, de trabalho em equipe, contribuir para melhor compreensão dos mecanismos de reações, melhorar o desempenho escolar e futuramente a qualidade do exercício profissional. Enfim, que essa abordagem de aprendizagem possa ser refletida e aplicada no currículo de química, especialmente em Química Orgânica.

Por fim, mediante os resultados apresentados, é possível inferir que os casos e situações-problema com o tema compostos carbonilados podem ser instaurados em Química Orgânica, e os professores podem avistar nesses métodos uma nova possibilidade metodológica para o ensino dessa disciplina no Ensino Superior.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. V. A. S. de. et al. Compostos carbonílicos atmosféricos: fontes, reatividade, níveis de concentração e efeitos toxicológicos. **Química nova**, v. 25, n. 6/B, p. 1117-1131, 2002.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **ANP publica resolução sobre especificação do biodiesel**. 2019. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/noticias/5292-anp-publica-resolucao-sobre-especificacao-do-biodiesel>>. Acesso em: 06 set. 2019.
- ARAÚJO, A. B. N. **As doenças infecciosas e a História dos Antibióticos**. 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências da Saúde, Porto, 2013.
- ASL, M. N.; HOSSEINZADEH, H. Review of pharmacological effects of Glycyrrhiza sp. and its bioactive compounds. **Phytotherapy Research**, v. 22, n. 6, p. 709-724, 2008.
- AZEVÊDO, L. C. de. et al. Efeito da presença e concentração de compostos carbonílicos na qualidade de vinhos. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 1968, 2007.
- AZEVEDO, O. A. et al. Fabricação de sabão a partir do óleo comestível residual: conscientização e educação científica. **SNEF-Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2009.
- BALBANI, A. P. S.; STELZER, L. B.; MONTOVANI, J. C. Excipientes de medicamentos e as informações da bula. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 72, n. 3, p. 400-406, 2006.
- BALL, G. F. M. **Bioavailability and Analysis of Vitamins in Foods**. Springer US, 1998.
- BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. de. Metodologias ativas de aprendizagem na educação profissional e tecnológica. **Boletim Técnico do Senac**, v. 39, n. 2, p. 48-67, 2013.
- BARBOSA, L. C. de A. **Introdução à Química Orgânica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

BARBOSA, T. P.; NETO, H. D. Preparação de derivados do Lapachol em meio ácido e em meio básico: uma proposta de experimentos para a disciplina de Química Orgânica Experimental. **Química Nova**, v. 36, n. 2, p. 331-334, 2013.

BARNARD, D. R.; XUE, R. Laboratory evaluation of mosquito repellents against *Aedes albopictus*, *Culex nigripalpus*, and *Ochlerotatus triseriatus* (Diptera: Culicidae). **Journal of medical entomology**, v. 41, n. 4, p. 726-730, 2004.

BARROWS, Howard S. A taxonomy of problem-based learning methods. **Medical education**, v. 20, n. 6, p. 481-486, 1986.

BENNETT, N.; CORNELLY, K. Thalidomide makes a comeback: a case discussion exercise that integrates biochemistry and organic chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 78, n. 6, p. 759, 2001.

BETTELHEIM, F. A. et al. Introdução à Química Orgânica. Tradução de: SILVA, M. de C.; AZZELLINI, G. C. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.

BOUD, D.; FELETTI, G. Changing problem-based learning: Introduction to the second edition. In: ——— **The challenge of problem-based learning**. Londres: Kogan Page, 2 ed. p. 1-14, 1997

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara De Educação Superior. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química. Resolução CNE/CES 1.303/2001. **Diário Oficial da União**, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n. 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. **Diário Oficial da União**, 2012.

BRENNAN, L.; OWENDE, P. Biofuels from microalgae - A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 2, p. 557-577, 2010.

BRETHAUER, S.; WYMAN, C. E. Continuous hydrolysis and fermentation for cellulosic ethanol production. **Bioresource technology**, v. 101, n. 13, p. 4862-4874, 2010.

BRONIARCZYK-DYLA, G. et al. Assessment of the influence of licochalcone on selected functional skin parameters in patients with impaired vasomotor disorders and rosacea. **Postepy Dermatologii i Alergologii**, v. 28, n. 4, p. 248, 2011.

BRUICE, P. Y. **Química Orgânica**. 4. ed. v.2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

CALVALCANTE, P. M. M. et al. Proposta de preparação e caracterização de ésteres: um experimento de análise orgânica na graduação. **Educación química**, v. 26, n. 4, p. 319-329, 2015.

CAMARGO, S. B.; DE VASCONCELOS, D. F. S. A. Atividades biológicas de Linalol: conceitos atuais e possibilidades futuras deste monoterpene. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 13, n. 3, p. 381-387, 2014.

CAMPBELL, M.; POWERS, T. M.; ZHENG, S. Teaching with the case study method to promote active learning in a small molecule crystallography course for chemistry students. **Journal of Chemical Education**, v. 93, n. 2, p. 270-274, 2016.

CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar química. **Química Nova**, v. 23, n. 3, p. 401-404, 2000.

CARVALHO, A. M. P. de. **O Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning Editores, 2004.

CARVALHO, A. M. P. Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica . In: GATICA, M. Q; ADÚRIZ-BRAVO, A (Ed). **Enseñar ciencias en el Nuevo milenio: retos e propuestas**. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2006. p. 73-90.

CHANDERBALI, A. S. Endlicheria (Lauraceae). **Flora Neotropical**, v. 91, p.1-141, 2004.

CHEN, W.; VILJOEN, A. M. Geraniol - a review of a commercially important fragrance material. **South African Journal of Botany**, v. 76, n. 4, p. 643-651, 2010.

CHIAVENATO, I. **Princípios da administração**: o essencial em teoria geral da administração. 2. ed. São Paulo: Editora Manole, 2006.

CHIN, C.; CHIA, L. Problem-based learning: Using students' questions to drive knowledge construction. **Science Education**, v. 88, n. 5, p. 707-727, 2004.

CHINI, I. **Aprendizagem baseada em problemas**: uma proposta para a disciplina de logística no curso de engenharia de produção. 204 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2015.

CHOWDHURY, M. A. Incorporating a soap industry case study to motivate and engage students in the chemistry of daily life. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 7, p. 866-872, 2013.

CLIFF, W. H.; CURTIN, L. N. The directed case method. **Journal of College Science Teaching**, v. 30, n. 1, p. 64-66, 2000.

CLISSOLD, S. P. Paracetamol e fenacetina. **Drogas**, v. 32, n. 4, p. 46-59, 1986.

COSTA, T. S. et al. Confirmando a esterificação de Fischer por meio dos aromas. **Química Nova na Escola**, v. 19, n. 1, p. 36-38, 2004.

DA COSTA, J. G. et al. Cis-jasmona: alternativa promissora para o controle do pulgão *Alphis gossypii* em plantios protegidos de pimentão. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2012.

DA SILVA, J. A. O sujeito psicológico e o tempo da aprendizagem. **Cadernos de Educação| FaE/PPGE/UFPel| Pelotas**, v. 32, p. 229-250, 2009.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

DUCH, B. J. Problem-Based Learning in Physics: The Power of Students Teaching Students. **Journal of College Science Teaching**, v. 15, n. 5, p. 326-29, 1996.

EL BEITUNE, P. et al. Hipovitaminose A: cofator clínico deletério para o homem. **Medicina (Ribeirão Preto. Online)**, v. 36, n. 1, p. 5-15, 2003.

ENGEL, R. G, et al. **Química Orgânica Experimental**: técnicas de escala pequena. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

ESCRIVÃO FILHO, E.; RIBEIRO, L. R. C. Inovando no ensino de administração: uma experiência com a aprendizagem baseada em problemas (PBL). **Cadernos EBAPE. BR**, número especial, p. 1-9, 2008.

FERNANDES, F. B. B. O paciente diabético no consultório odontológico. **Revista Fluminense de Odontologia**, v. 1, n. 6, p. 19-22, 2013.

FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. da S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja—taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

FERREIRA, S. B. et al. β -Lapachona: Sua importância em química medicinal e modificações estruturais. **Revista Virtual de Química**, v. 2, n. 2, p. 140-160, 2010.

FREITAS, R. A. M. da M.. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 2, p. 403-418, 2012.

FONSECA, S. G. da C.; BRAGA, R. M. C.; DE SANTANA, D. P. Lapachol—química, farmacologia e métodos de dosagem. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 84, n. 1, p. 9-16, 2003.

FOREST STARR E KIM STARR. **Starr Environmental**. 2002. Disponível em: <<http://www.starrenvironmental.com/images/image/?q=24522571276>>. Acesso em: 28 set. 2019.

FURUSAWA, J. et al. Licochalcone A significantly suppresses LPS signaling pathway through the inhibition of NF- κ B p65 phosphorylation at serine 276. **Cellular signaling**, v. 21, n. 5, p. 778-785, 2009.

GARRETT, R. M. Problem-solving in science education. **Studies in Science Education**, v. 13, p. 70-95, 1986.

GASSUL, E.I. et al. A theoretical and experimental study of the formation mechanism of 4- X-chalcones by the Claisen–Schmidt reaction. **Journal of Molecular Structure**. v. 503, n. 3, p. 131-144, 2000.

GEORGIEV, V; ANANGA, A; TSOLOVA, V. Recent advances and uses of grape flavonoids as nutraceuticals. **Nutrients**, v. 6, n. 1, p. 391-415, 2014.

GIL, A. C. **Didática do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 2006.

GLOBO RURAL. **Ipê - Tabebuia sp.** 2017. 1 fotografia, color. Disponível em: <<http://manuaisdecultivo-plantamundo.blogspot.com/2017/03/ipe-tabebuia-sp.html>>. Acesso em: 25 março 2019.

GONÇALVES, E. D. L.; FERREIRA, L. L. Flexibilidade na utilização de Diesel ou Biodiesel: uma abordagem via Opções Reais. **BBR-Brazilian Business Review**, v. 5, n. 3, p. 229-243, 2008.

GRUPO DE PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA DO IQSC. **Casos Investigativos**. Disponível em: < <http://www.gpeqsc.com.br/>>. Acesso em 30 jun. 2019.

HERREID, C. F. Sorting potatoes for Miss Bonner. **Journal of college science teaching**, v. 27, n. 4, p. 236-239, 1998.

_____. Can case studies be used to teach critical thinking?. **Journal of College Science Teaching**, v. 33, n. 6, p. 12-14, 2004.

_____. Using Case Studies to Teach Science. Education: Classroom Methodology. **American Institute of Biological Sciences**, 2005.

_____. **Start with a story: The case study method of teaching college science**. NSTA press, 2007.

HUSSAIN, H. et al. Lapachol: an overview. **Arkivoc**, v. 2, p. 145-171, 2007.

JUNIOR, J. B. S.; DUTRA, R.; FRITZEN, M. Estudo do uso do paracetamol realizado em uma farmácia comercial. Santa Catarina. **Revista Eletrônica Estácio Saúde**. v.2, n. 2, p. 14-21, 2013.

KOIRALA, N. et al. Methylation of flavonoids: Chemical structures, bioactivities, progress and perspectives for biotechnological production. **Enzyme and Microbial Technology**. v. 86, p. 103-116, 2016.

LE COUTEUR, P.; BURRESON, J. **Os botões de Napoleão**: as 17 moléculas que mudaram a história. Tradução de: BORGES, M. L. X. de A. Zahar: Rio de Janeiro, 2006.

LEAL, I. C. R. et al. **A Química do Amor**. Coleção Química no Cotidiano, v. 1. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010.

LEITE, L.; AFONSO, A. Aprendizagem baseada na resolução de problemas. Características, organização e supervisão. **Boletín das Ciências**, 48, 253-260, 2001.

LIBÂNIO, J. C. **Democratização da escola pública**: a pedagogia crítico-social dos conteúdos. 23. ed. São Paulo: Loyola, 2009.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. da. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química nova**, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009.

LOPES, J.; MATHEUS, M. E. Risco de hepatotoxicidade do paracetamol (Acetaminofem). **Revista Brasileira de Farmácia**. v. 93, n. 4, p. 411-414, 2012.

LOPES, R. M. et al. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química toxicológica. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1275-1280, 2011.

MACEDO, L. Situação-Problema: Forma e recurso de avaliação, desenvolvimento de competências e aprendizagem escolar. In: PERRENOUD, P. et al. **As competências para ensinar no século XXI**: A formação dos professores e o desafio da avaliação. Porto Alegre: Artmed, 2002.

MARIATH, J. G. R.; LIMA, M. C. C.; SANTOS, L. M. P. Vitamin A activity of buriti (*Mauritia vinifera* Mart) and its effectiveness in the treatment and prevention of xerophthalmia. **The American journal of clinical nutrition**, v. 49, n. 5, p. 849-853, 1989.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

MEIRIEU, P. **Aprender... sim, mas como?**. Tradução: DRESCH. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

MENEGATTI, R.; FRAGA, C. A. M.; BARREIRO, E. J. A importância da síntese de fármacos. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 16, 2001.

MESQUITA, S. K. da C.; MENESES, R. M. V.; RAMOS, D. K. R. Metodologias ativas de ensino/aprendizagem: dificuldades de docentes de um curso de enfermagem. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 14, n. 2, p. 473-486, 2016.

MESQUITA, S. S.; TEIXEIRA, C. M. L. L.; SERVULO, E. F. C. Carotenoides: propriedades, aplicações e mercado. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 672-688, 2017.

MILARÉ, T. A proposta metodológica de ilha interdisciplinar de racionalidade em um curso de licenciatura em química: discutindo informações de corrente de e-mail. **Química Nova na Escola**. São Paulo, v. 36, n. 2, p. 126-134, 2014.

MORAIS, F. L. D. **Carotenóides**: Características biológicas e químicas. 70 f. Monografia (Especialização em Qualidade de Alimentos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

MORESI, E. et al. **Metodologia da pesquisa**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, v. 108, p. 24, 2003.

MOTA, C. J. A.; MONTEIRO, R. S. Química e sustentabilidade: novas fronteiras em biocombustíveis. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1483-1490, 2013.

NETO, O. G. Z.; PINO, J. C. D. **Trabalhando a química dos sabões e detergentes**. Universidade federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Química, 1997. Disponível em: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/arquivos/File/AIQ_2011/saboes_ufrgs.pdf>. Acessado em 11 abr. 2018.

NICOLINE, A. Qual será o futuro das fábricas de administradores?. **Revista de Administração de Empresas**, v. 43, n. 2, p. 44-54, 2003.

OSORIO, V. K. L.; OLIVEIRA, W. de. Polifosfatos em detergentes em pó comerciais. **Química Nova**, v. 24, n. 5, p. 700-708, 2001.

PASSOS, K. dos. Estudo de Casos sobre a química dos carboidratos: contribuições para a formação profissional dos estudantes de química da UFRGS. **XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química**, 2016.

PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, M. E. F. O estudo de caso como estratégia metodológica para o ensino de química no nível médio. **Revista Ciências & Ideias**, v. 5, n. 2, p. 1-18, 2014.

PEREIRA, R. de C. C.; MACHADO, A. H.; SILVA, G. G. Conhecendo o PET. **Química Nova na Escola**, v. 15, n. 1, p. 3-5, 2002.

PÉREZ, D. G. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

_____. ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación experiencias didácticas**, v. 17, n. 3, p. 503-512, 1999.

PERRENOUD, P. A formação dos professores no século XXI. In: PERRENOUD, P. et al. **As competências para ensinar no século XXI: A formação dos professores e o desafio da avaliação**. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 11-34.

PIETROCOLA, M.; ALVES FILHO, J. P.; PINHEIRO, T. F. Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 131-152, 2003.

PRINS, C. L. et al. Efeitos de confinamento do sistema radicular sobre capim-limão (*Cymbopogon citratus*). **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 3, p. 416-421, 2008.

PubChem. CID 10908. 2019. Disponível em:
<<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tert-butyl-acetate#section=Industry-Uses>>. Acessado em 01 dez. 2019.

RAHMAN, M.; BRAZEL, C. S. The plasticizer market: an assessment of traditional plasticizers and research trends to meet new challenges. **Progress in polymer science**, v. 29, n. 12, p. 1223-1248, 2004.

RAMKUMAR, V. et al. Synthesis, single crystal growth, characterization and comparison of two new enone shifted chalcones and their NLO behaviour. **CrystEngComm**, v. 15, n. 13, p. 2438-2449, 2012.

RIBEIRO, C. **Cosmetologia Aplicada a Dermoestética**. 2. ed. São Paulo: Pharmabooks, 2010.

RINGAN, N. S.; GRAYSON, L. Molecular Modelling in the Undergraduate Chemistry Curriculum: The Use of beta-Lactams as a Case Study. **Journal of chemical education**, v. 71, n. 10, p. 856, 1994.

DA SILVA, L R. et al. Flavonóides: constituição química, ações medicinais e potencial tóxico. **Acta toxicológica argentina**, v. 23, n. 1, 2015.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenóides** – Tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos, Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2008.

ROSSET, I. G.; PORTO, A. L. M. Catálise Enzimática: Transesterificação do Óleo de Soja e Esterificação do Ácido Oleico via Lipases. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 2, p. 64- 78, 2015.

SÁ, L. P. **A argumentação no ensino superior de química**: investigando uma atividade fundamentada em estudos de casos. 153 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química de São Carlos, São Carlos, 2006.

SÁ, L. P.; FRANCISCO C. A.; QUEIROZ S. L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731, 2007.

SÁ, L. P.; KASSEBOEHMER, A. C.; QUEIROZ, S. L. Casos investigativos de caráter sociocientífico: aplicação no ensino superior de Química. *Educación Química*, v. 24, p. 522-528, 2013.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de casos no ensino de química**. Campinas: Editora Átomo, 2010.

SAMPAIO, A. A. M; BERNARDO, D. L.; AMARAL, E. M. R. Análise de uma estratégia de Estudo de Caso vivenciada por Licenciandos de Química. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 2, p. 173-180, 2016.

SCHABER, P. M. et al. Juicing the juice: A laboratory-based case study for an instrumental analytical chemistry course. **Journal of Chemical Education**, v. 88, n. 4, p. 496-498, 2011.

SAN-MARTÍN, A. et al. Molecular docking studies antitumoral activity and characterization of new chalcone. **Current Topics in Medicinal Chemistry**. Chile, v. 15, n. 17, p. 1743-1749, 2015.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. 12. ed. São Paulo: Editora Pearson, 2012.

SILVA, A. M. P. et al. Atividade biológica de naftoquinonas de espécies de Bignoniaceae. **Revista Fitos**, v. 7, n. 04, p. 207-215, 2012.

SILVA, M. N. da; FERREIRA, V. F.; SOUZA, M. C. B. V. de. Um Panorama Atual da Química e da Farmacologia de Naftoquinonas, com ênfase na β -Lapachona e Derivados. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 407-416, 2003.

SILVA, S. F.; NÚÑEZ, I. B. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes-reflexões teórico-metodológicas. **Química Nova**, v. 25, n. 6/B, p. 1197-1203, 2002.

SILVA-FILHO, E. A.; SENA, G. L. Propriedades físico-químicas dos tensoativos em sabonetes líquidos. **Cosmet Toiletries**, v. 20, n. 1, p. 59-60, 2008.

SKORONSKI, E. et al. Otimização da esterificação de ácido hexanóico com n-butanol empregando lipase (*Thermomyces lanuginosus*) imobilizada em gelatina. **Quim Nova**, v. 36, p. 364-367, 2013.

SOUSA, C. L. S. et al. **Novas possibilidades para determinação do teor de biodiesel em óleo diesel para aplicação em distribuidoras de combustíveis**, 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SOUSA, E. T.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. de. Fontes, formação, reatividade e determinação de quinonas na atmosfera. **Química Nova**, v. 39, n. 4, p. 486-495, 2016.

SOUZA, D. V.; FONSECA, R. F. Reflexões acerca da aprendizagem baseada em problemas na abordagem de noções de cálculo diferencial e integral. **Educação Matemática Pesquisa**, v.19, n.1, p 197-221, 2017.

SOUZA, S. C. de; DOURADO, L. Aprendizagem baseada em problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. **Holos**, v. 5, p. 182-200, 2015.

SOUZA, W. A. de; VILAS BOAS, O. M. G. da C. Deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 12, p. 173-179, 2002.

SPAULDING, W. B. The undergraduate medical curriculum (1969 model): McMaster university. **Canadian Medical Association Journal**, v. 100, n. 14, p. 659, 1969.

SUCUPIRA, A. C. S. L; ZUCCOLOTTO, S. M. C. Os programas de combate a hipovitaminose A: há indicação para o município de São Paulo?. **Pediatria**, v. 10, n. 1, p. 14-9, 1988.

TÄRNVIK, A. The multiple-case method. **Journal of College Science Teaching**, v. 32, n. 2, p. 94-97, 2002.

TEIXEIRA, M. C.; TAOUIL, D. S. G. **Biodiesel: uma energia alternativa e verde. Vértices**, v. 12, n. 3, p. 17-40, 2010.

TERRES, D. R. Potencial toxicológico de medicamento de venda livre: ênfase no paracetamol. **FACIDER-Revista Científica**, n. 8, p. 1-15, 2016.

THOMSON, R. H. Distribution of naturally occurring quinones. **Pharmaceutisch weekblad**, v. 13, n. 2, p. 70-73, 1991.

UCKO, D. A. **Química para as ciências da saúde: uma introdução à Química Geral, orgânica e Biológica**. 2. ed. São Paulo: Manole, 1992.

VIEIRA, F. S. V.; REBOUÇAS, M. V.; ANDRADE, J. B. de. Determinação de compostos carbonilados e carboxilados em derivados de petróleo. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 8, p. 1644-1656, 2012.

VIEIRA, I. C.; LUPETTI, K.O.; FATIBELLO-FILHO, O. **Determination of Paracetamol in pharmaceutical products using a carbon paste biosensor modified with crude extract of zucchini (Cucurbita pepo)**. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 39-43, 2003.

VOLHARDT, P.; SCHORE, N. **Química Orgânica: estrutura e função**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. Tradutor: NETO, J. C. et al. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WARTHA, E. J.; LEMOS, M. M.. Abordagens investigativas no ensino de Química: limites e possibilidades. Amazônia: **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 12, n. 24, p. 5-13, 2016.

YAMAGUCHI, K. K. L. et al. Atividades biológicas dos óleos essenciais de *Endlicheria citriodora*, uma Lauraceae rica em geranato de metila. **Química Nova**, v. 36, n. 6, p. 826-830, 2013.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ZERAIK, M. L.; YARIWAKE, J. H. Extração de β -caroteno de cenouras: uma proposta para disciplinas experimentais de química. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1259-1262, 2008.

ZUANAZZI, J. A. S. Flavonóides. In: SIMÕES, C. M. O.; et al. (orgs.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3 ed. Florianópolis: Editora da UFSC, Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001.

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO DOS PROFESSORES

Questionário

Questionário de Pesquisa sobre "Desenvolvimento de Casos e Situações-problema para o Ensino de Química Orgânica no Ensino Superior"

Você concorda com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (anexo)?

- Sim
- Não

1. Há quanto tempo você atua como docente?

Sua resposta _____

1.1. Em que Instituição de Ensino Superior você leciona?

Sua resposta _____

2. Em algum momento de sua docência já trabalhou utilizando casos ou situações problema?

Caso você tenha respondido afirmativamente à pergunta acima, responda as questões 2.1 a 2.2. Caso sua resposta tenha sido negativa, pule para a questão 3.

- Sim
- Não

2.1. Como foi sua experiência?

Sua resposta _____

2.2. Como foi a receptividade que os alunos demonstraram diante da aplicação dessa metodologia?

- Fraca
- Boa
- Excelente
- Outro: _____

3. Baseado na sua experiência como docente, avalie a importância do material (apresentado em anexo) no que se refere aos seguintes quesitos: a) incentiva o ensino e a aprendizagem por meio de uma estratégia de investigação.

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Excelente
- Não sei dizer

b) Reduz a insatisfação dos alunos com a educação baseada no ensino tradicional.

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Excelente
- Não sei dizer

c) Viabiliza os estudantes a serem participantes ativos de seu processo de aprendizagem.

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Excelente
- Não sei dizer

d) Motiva suscitar as ideias prévias dos alunos.

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Excelente
- Não sei dizer

e) Permite desencadear discussões.

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Excelente
- Não sei dizer

f) Possibilita a contextualização do tema com o conteúdo do qual ele faz parte.

- Péssimo
- Ruim
- Regular
- Bom
- Excelente
- Não sei dizer

4. Você utilizaria esse material em suas aulas?

Considera-se o uso desses métodos como complementar e não como única alternativa de ensino.

Sua resposta

4.1. Quais aspectos positivos você destacaria na aplicação desses métodos?

Sua resposta

4.2. Quais aspectos negativos você destacaria na aplicação desses métodos?

Sua resposta

5. Entre as 9 opções expostas pelo material (4 estudo de casos e 5 situações-problema) qual delas você considera mais interessante para promover/impulsionar o estudo do mecanismo de reação? Justifique.

Sua resposta

6. Sugira algum tema acerca do qual possa ser desenvolvida uma situação-problema ou um estudo de caso?

Sua resposta

Comentários adicionais

Sua resposta

ENVIAR

Nunca envie senhas pelo Formulário Google.

APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado(a) Colaborador(a),

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “Desenvolvimento de Casos e Situações-problema para o Ensino de Química Orgânica no Ensino Superior”, sob a responsabilidade de Kellyn Maria Nebesnik, da Universidade Estadual do Centro-Oeste-UNICENTRO, que propõe um material didático empregando estudos de casos e situações-problema para o ensino de Química Orgânica, em cursos de licenciatura. Através do mesmo, pretende-se motivar a aprendizagem de compostos carbonilados e de mecanismos de reação, sobretudo, despertando curiosidades e prezando por estimular os alunos a serem cada vez mais críticos e autônomos em seu aprendizado.

O presente projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa de número 3.663.145, da Universidade Estadual do Centro Oeste. Data da relatoria: 25/10/2019.

1. PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA: Ao participar desta pesquisa você receberá o material didático para apreciar e, também, um questionário, que será aplicado *online* (via *e-mail*/ formulário *google*). O questionário conta com 6 perguntas, algumas sobre método de ensino e experiência docente, porém a grande maioria é referente a avaliação do material didático. Lembramos que a sua participação é voluntária, você tem a liberdade de não querer participar, e pode desistir, em qualquer momento, sem nenhum prejuízo para você.

2. RISCOS E DESCONFORTOS: O procedimento utilizado, que se refere a apreciação do material didático e registro das respostas de um questionário, poderá trazer algum desconforto como cansaço ao responder às perguntas, apresentando um risco mínimo que será reduzido pela não obrigatoriedade de retornos. Se você precisar de algum tratamento, orientação, encaminhamento etc, por se sentir prejudicado por causa da pesquisa, ou sofrer algum dano decorrente da mesma, o pesquisador se responsabiliza por prestar assistência integral, imediata e gratuita. No que se refere aos gastos, você não terá despesas financeiras e sua participação prevê somente a disponibilidade de tempo, devido a leitura do material didático e a emissão de respostas às perguntas do questionário.

3. BENEFÍCIOS: Os benefícios esperados com o estudo são no sentido de que os professores poderão avistar nos casos e nas situações-problema uma nova possibilidade metodológica em disciplina de área específica, a Química Orgânica. Assim, vislumbra-se que ocorra uma ressignificação ao aprendizado das reações orgânicas de modo que as

dimensões pedagógicas e de conhecimento específico se tornem mais articuladas e, o que parece ser bastante importante e oportuno para os cursos de licenciatura.

4. CONFIDENCIALIDADE: Todas as informações que o(a) Sr.(a) nos fornecer serão utilizadas somente para esta pesquisa. Suas respostas ficarão em segredo e o seu nome, e nome da Instituição, não aparecerá em lugar nenhum dos questionários, nem quando os resultados forem apresentados.

5. ESCLARECIMENTOS: Se tiver alguma dúvida a respeito da pesquisa e/ou dos métodos utilizados na mesma, pode procurar a qualquer momento o pesquisador responsável.

Nome do pesquisador responsável: Kellyn Maria Nebesnik

Endereço: Rua Simeão Varela de Sá, 32, Vila Carli. CEP 85040080. Guarapuava – PR.

Telefone para contato: (42) 99927-7741

Horário de atendimento: Segunda a Sexta, das 13 h às 17 h.

6. RESSARCIMENTO DAS DESPESAS: Caso o(a) Sr.(a) aceite participar da pesquisa, não receberá nenhuma compensação financeira.

7. CONCORDÂNCIA NA PARTICIPAÇÃO: Se o(a) Sr.(a) estiver de acordo em participar deverá preencher e assinar o Termo de Consentimento Pós-esclarecido que se segue, em **duas vias**, sendo que uma via ficará com você.

=====

CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO

Pelo presente instrumento que atende às exigências legais, o Sr.(a) _____, portador(a) da cédula de identidade _____, declara que, após leitura minuciosa do TCLE, teve oportunidade de fazer perguntas, esclarecer dúvidas que foram devidamente explicadas pelos pesquisadores, ciente dos serviços e procedimentos aos quais será submetido e, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO em participar voluntariamente desta pesquisa, avaliando um material didático e respondendo a um questionário. E, por estar de acordo, assina o presente termo.

Guarapuava, _____ de _____ de _____.

Assinatura do participante / Ou Representante legal

Kellyn Maria Nelsonnik.

Assinatura do Pesquisador

APÊNDICE 3 – TEMÁTICAS DOS LIVROS E ARTIGOS

TABELA 1 - TEMÁTICAS PESQUISADAS EM LIVROS E SUAS RESPECTIVAS DESCRIÇÕES

Livros			
Autor	Página	Temática	Descrição
VOLHARDT (1998)	748	Protecting Groups in Vitamin C Synthesis	Etapa da síntese da vitamina C utilizando acetal como grupo de proteção
	750	Imines in Biological Transformations	Mecanismo envolvendo a formação de iminas para produzir piridoxal e ácido 2-aminocarboxílico
	759	The Wittig Reaction in Synthesis	Mecanismo da síntese da vitamina A através da reação de Wittig
	787	Haloform Reaction: A Test for Methyl Ketones	Reação de iodoformio empregada para identificar a presença de unidades estruturais de metil cetonas
	790-791	Aldol Condensations in Nature	Fortalecimento das fibras de colágeno pela reticulação química de unidades de aldeído através de condensações de aldol
	852	Soaps from Long-Chain Carboxylates	Formação de micelas, atuação de sabões em lavagens e realce para o ácido cólico
VOLHARDT (2013)	1135	Grupos protetores na síntese de vitamina C	Etapa da síntese da vitamina C utilizando acetal como grupo de proteção
	902-903	Sabões de carboxilatos de cadeia longa	Formação de micelas, atuação de sabões em lavagens e realce para o ácido cólico
	905	Os ácidos graxos trans e sua saúde	Consequências dos AGT para a saúde e aspectos das configurações cis e trans
	944	Alternativa mais verde para o petróleo: Biocombustíveis	Transesterificação do óleo vegetal gerando ésteres que podem ser usados como combustíveis

	946	Atacando os germes: guerra dos antibióticos	Descoberta da penicilina e destaque para os antibióticos da classe das B-lactamas
	953	O isocianato de metila, inseticidas baseados nos carbamatos e a segurança na indústria química	Preparação do carbaril (Sevin), um carbamato do grupo de neurotoxinas de insetos
BRUICE (2006)	90	Ocorrência natural dos ácidos carboxílicos e seus derivados	Características e estruturas de diversos ácidos e seus derivados
	92	Dálmatas: não tente brincar com a mãe natureza	Degradação do ácido úrico em sais de amônio através de reações catalisadas por enzimas
	102	Aspirina	Reação de transesterificação entre aspirina e enzima ativa para torna-la inativa
	118	Penicilina e resistência as drogas	Reação de acilação entre aspirina e enzima ativa para torna-la inativa diminuindo crescimento de bactérias
	176	β -caroteno	Síntese do β -caroteno a partir da vitamina A através da reação de Wittig
	180	Sintetizando substâncias orgânicas	Informações acerca da síntese do taxol, uma droga anticâncer
	184	Quimioterapia do câncer	Papel das reações de adição conjugada na eficácia de substâncias anti-câncer
	214	A síntese da aspirina	Reação de carboxilação de Kolbe-Schmitt como uma das etapas da síntese
	264	O álcool contido no sangue	Processo de oxidação do álcool por dicromato para determinar sua concentração no hálito
	282	Tratando alcóolicos com antabuse	Antabuse atuando na inibição da enzima responsável pela oxidação do acetaldeído a ácido acético
	285	A química da fotografia	Reação para formação do negativo do filme

			fotográfico
BETTELHEIM et al. (2012)	441	O que são ácidos graxos trans e como evitá-los?	Presença dos ácidos graxos trans nos alimentos e seus efeitos na saúde
	439-444	O que são sabões e detergentes	Estrutura e preparação de sabões com destaque para a reação de saponificação, atuação das micelas e funções dos detergentes sintéticos
	450	Corpos cetônicos e diabetes	Descarboxilação do ácido acetoacético no organismo de pessoas com diabetes
	459	Piretrinas: inseticidas naturais proveniente das plantas	Desenvolvimento do composto sintético Permetrin como inseticida natural
	460	Antibióticos Beta-lactâmicos: penicilinas e cefalosporinas	Descoberta da penicilina e informações acerca de alguns antibióticos similares
	461	Da casca do salgueiro à aspirina e muito mais	Descoberta da salicilina e as propriedades agregadas aos seus compostos sucessores
	467	Barbituratos	Etapas de formação do ácido barbitúrico, estrutura dos seus derivados e seus efeitos no organismo
ENGEL et al. (2012)	781-786	Aldeídos e Cetonas – Testes de classificação	Procedimentos para a execução do teste de Tollens, teste do ácido crômico, teste com iodofórmio e teste com cloreto férrico.
	861-863	Aspirina	Histórico da aspirina e seu modo de ação no corpo bloqueando a síntese das substâncias prostaglandinas
	864-868	Analgésicos	Descoberta da acetanilida, conversão do p-aminofenol em fenacetina, descrição e os respectivos usos de diversos analgésicos, antipiréticos e anti-inflamatórios.

	918-921	Biocombustíveis	Fontes de biocombustíveis, opções para a produção de etanol, reação de transesterificação para produção de biodiesel e suas propriedades.
	960-963	A química dos adoçantes	Características estruturais da sacarose, as moléculas resultantes de sua hidrólise e as propriedades de alguns adoçantes artificiais.
MC MURRY (2011)	725-726	Vitamina C	Síntese industrial do ácido ascórbico (Vitamina C) a partir da glicose
	843-844	Um prólogo para o metabolismo	Rota metabólica de conversão da glicose em piruvato
	774-775	Antibióticos Beta-lactama	Descoberta da penicilina e detalhes das estruturas químicas dos antibióticos benzilpenicilina e cefalexina

FONTE: O autor (2019).

REFERÊNCIAS

BRUCE, P. Y. **Química Orgânica**. 4. ed. v.2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

BETTELHEIM, F. A. et al. **Introdução à Química Orgânica**. Tradução de: SILVA, M. de C.; AZZELLINI, G. C. 9. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

VOLLHARDT K. P.; SCHORE, N. **Organic chemistry: structure and function**. WH Freeman, 1998.

VOLLHARDT K. P.; SCHORE, N. **Química Orgânica: Estrutura e Função**. Tradução de: DA SILVA, F. M. et al. 6. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013.

ENGEL, R. G. et al. **Química Orgânica Experimental: técnicas de escala pequena**. Tradução da 3ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

McMURRY, J. **Química Orgânica**. 7. ed. v.2. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TABELA 2 - TEMÁTICAS PESQUISADAS EM ARTIGOS E SUAS RESPECTIVAS DESCRIÇÕES

Artigos		
Reação	Referência Artigo	Informações de interesse
Reação de Diels-Alder	DA SILVA, F. M.; DE LACERDA, P. S. B.; JUNIOR, J. J. Desenvolvimento sustentável e química verde. Química Nova , v. 28, n. 1, p. 103-110, 2005.	Adição de Diels-Alder empregando água como solvente para a produção de butiraldeído e como exemplo de reação com 100% de economia atômica.

Reação de Michael	MATTOS, M. C. de; MARZORATI, L. Michael addition. Mechanistic aspects. Química Nova , v. 22, n. 5, p. 710-714, 1999.	Os três possíveis mecanismos alternativos para a adição de Michael envolvendo transferência de elétrons entre as espécies aceitadora e doadora
Reação de Michael	BARBOSA, T. P.; NETO, H. D. Preparação de derivados do Lapachol em meio ácido e em meio básico: uma proposta de experimentos para a disciplina de Química Orgânica Experimental. Química Nova , v. 36, n. 2, p. 331-334, 2013.	Proposta de mecanismo para a reação da abertura do anel heterocíclico da β -lapachona através de uma adição do tipo Michael para a formação do hidroxí-hidrolapachol.
Reação de Michael	SÁ, M. M. et al. Reator de Micro-ondas do DQ/UFSC: Quatro Anos Acelerando Reações, Descobertas e Oportunidades. Revista Virtual de Química , v. 2, n. 3, p. 165-177, 2010.	Síntese empregando a adição de Michael para a preparação de uma amina terciária.
Reações de Claisen-Schmidt	CUNHAA, S.; MATOSA, J. S. Além da caipirinha: cachaça como solvente para síntese orgânica e extração de pigmento. Química Nova , v. 40, n. 10, p. 1253-1258, 2017.	Demonstração da síntese da benzalacetofenona e da dibenzalacetona exemplificando a reação de Claisen-Schmidt e empregando cachaça como solvente alternativo.
Reações de Claisen-Schmidt	CORDEIRO, M. N. S. et al. Síntese e caracterização de chalconas derivadas da 3, 4, 5-trimetoxiacetofenona com potencial atividade antileucêmica . 329 f. Trabalho Acadêmico (Estágio Supervisionado II) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.	Síntese de 18 chalconas derivadas da 3,4,5-trimetoxiacetofenona com diferentes substituintes no anel B, através da condensação de Claisen-Schmidt.
Síntese de Gabriel	SENRA, M. R. Estudo da n-alquilação do ácido isocianúrico e síntese de aminas . 71 f. Trabalho Acadêmico (Projeto final de curso) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.	Proposta de metodologia para a síntese de aminas primárias usando como precursor o ácido isocianúrico no lugar da ftalimida tradicionalmente empregada na síntese de Gabriel.

FONTE: O autor (2019).

APÊNDICE 4 – MATERIAIS DOS ALUNOS**MATERIAL 1****ESTUDO DE CASO**

Ao início do projeto de Iniciação Científica - I.C. do aluno Valdo (V), sobre a produção de um biodiesel, o orientador sugeriu que, primeiramente, ele se inteirasse do assunto, na literatura, para breve debate sobre o tema. Convicto de que tinha que fazer um bom trabalho, trocou algumas ideias com o seu colega (C) de república:

(V) - Cara, você se lembra da aula de Orgânica que tivemos ontem?

(C) - Mais ou menos.

(V) - A “profe” falou lá dos ésteres. Vou usar isso na I.C. para produzir um biodiesel.

(C) - Massa, cara!!! Para biodiesel é aquela reação de éster com álcool?

(V) - É. Mas não sei se vou usar metanol ou etanol. Será que coloco o álcool em excesso?

(C) - Mas tem grande importância isso?

(V) - Há de ter, “véio”!!! E lembra que tem a reação com catálise ácida ou básica?

(C) - Lembro. Acho que uma delas é mais lenta e de menor rendimento. E qual éster você vai usar?

(V) - O professor disse que tem um estoque de óleo de soja.

(C) - Cara, agora veio na cabeça que ter muita água no meio não é bom.

(V) - Não sei explicar isso.

(C) - Tem aquele lance de formar ácido graxo ou talvez sabão, que também não é bom.

(V) – Eita! E agora? Como preparo esse biodiesel? Vou trocar uma ideia com o João... Ele já cursou as disciplinas de Química Orgânica e faz tempo está lá no laboratório de pesquisa.

(C) - Põe tempo nisso. Quem sabe esse ano ele se forma...

Nesta história você é o João. Ajude o Valdo neste drama da I.C.

***Anexar o texto integrador**

MATERIAL 2

SITUAÇÃO-PROBLEMA
Um convite real dirigido ao Departamento de Química-UNICENTRO
<p>O sistema prisional da cidade de Guarapuava está à procura de um profissional que auxilie os privados de liberdade a fabricarem seu próprio sabão, uma vez que este produto já está em falta no sistema, devido à falta de verba. Supondo que você seja o(a) indicado(a) para realizar tal atividade, qual procedimento de síntese você realizaria, considerando que você tem os reagentes abaixo para selecionar.</p> <p>Reagentes: Ácido Sulfúrico; Hidróxido de Sódio; Acetona; Glicerina; Triacilglicerol</p>
<p>Palavras-chave</p> <p>-Ácidos graxos -Catalisador</p>

*Anexar o texto integrador

MATERIAL 3

ESTUDO DE CASO
<p>Helena, aluna do curso de Química, conversa sobre a consulta médica da colega de curso, Carine, que trata da diabetes:</p> <p>-Carine...e seus exames? Tudo certo?</p> <p>-Ah Helena, o médico solicitou mais exames. Por enquanto, segundo ele, tanto o exame de urina, como minha diabetes e outros sinais indicaram cetonúria. Até aquele hálito estranho que comentei com você, lembra, que parece de acetona, parece confirmar isso.</p> <p>-Puxa... cuida disso, hein!</p> <p>-Sim, vou tratar, vou tratar... E o doutor até pediu para eu não fazer essa dieta louca que tenho feito.</p> <p>-Eita Carine, viu só. Aquelas náuseas e fraqueza que você tem sentido</p>

devem ter relação com esse diagnóstico!

E... Sabe que agora também fiquei intrigada! Será que é a propanona, mesmo, que se forma?

-Será? Qual deve ser a reação por trás disso, né?

-Vamos tentar encontrar.

Ajude Carine e Helena a sanarem suas curiosidades químicas.

Palavras-chave

-Remoção de Grupo de carbono α

-Acetoacetato

*Anexar o texto integrador

MATERIAL 4

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Em uma das etapas da atividade de Química Orgânica Experimental, um grupo de alunos se esqueceu de rotular os frascos com duas soluções preparadas na aula anterior e que usariam para dar continuidade ao experimento. Lembravam apenas que uma delas era composta por acetofenona e a outra por propiofenona. Mesmo assim, acreditaram que essas informações poderiam lhes ajudar, já que, em aulas anteriores, ouviram a professora falar da existência de testes que identificam a presença de certos grupos em compostos orgânicos, o que nesse caso, permitiria distingui-las. Se você estivesse na posição desses alunos, qual teste aplicaria e como explicaria a reação que identifica a cetona presente em cada um dos frascos?

Palavras-chave

-Cetonas metílicas

-Halogenação

*Anexar o texto integrador

MATERIAL 5**ESTUDO DE CASO**

Heitor é um profissional muito qualificado formado em Química pela Universidade de Harvard, em 1886. Desde então, trabalha numa empresa do ramo farmacêutico, onde, devido a sua notável competência e excelente desempenho está avançando de cargo desde que foi efetivado.

Nos últimos dias, Arthur, o diretor de pesquisas da empresa, tem se deparado com o problema de como se livrar de aproximadamente 50 toneladas de p-aminofenol, um subproduto oriundo de uma das sínteses químicas dessa companhia. Preocupado que essa eliminação deve ser realizada de maneira rentável, Arthur resolve conversar com o químico Heitor para então decidirem como proceder.

Arthur inicia a conversa ressaltando o assunto em pauta:

-Heitor, como você deve ter percebido a quantidade de p-aminofenol está aumentando excessivamente. Acredito que deveríamos achar alguma maneira vantajosa de nos livrar desse subproduto.

Ligeiramente Heitor responde:

-Que tal tentarmos convertê-lo em um composto com estrutura similar, para depois verificamos sua potencialidade como novo fármaco?

O diretor então questiona:

-Você tem alguma sugestão em vista?

Heitor pensa por alguns minutos e prossegue...

-Transformá-lo em acetaminofeno, quem sabe! Porém, devemos levar em conta que esse composto ainda é fenólico, e o fenol é considerado tóxico.

Arthur, por sua vez, rebate:

-Poxa! E não há solução para isso?

Ao passo que o químico articula:

-O único jeito seria retirar essa hidroxila do acetaminofeno.

Naquele momento Heitor não conseguiu mais prosperar sobre o assunto nem esclarecer que produto poderia ser formado. Contudo, como era necessária uma solução urgentemente, e tendo imensa confiança nas habilidades químicas

de Heitor, Arthur deixou essa missão para o químico.

Você é o Heitor e está no século XIX. Utilizando seus conhecimentos de Química Orgânica, demonstre como resolveria esse impasse, destacando os passos reacionais a partir do p-aminofenol.

Palavras-chave

-Acilação

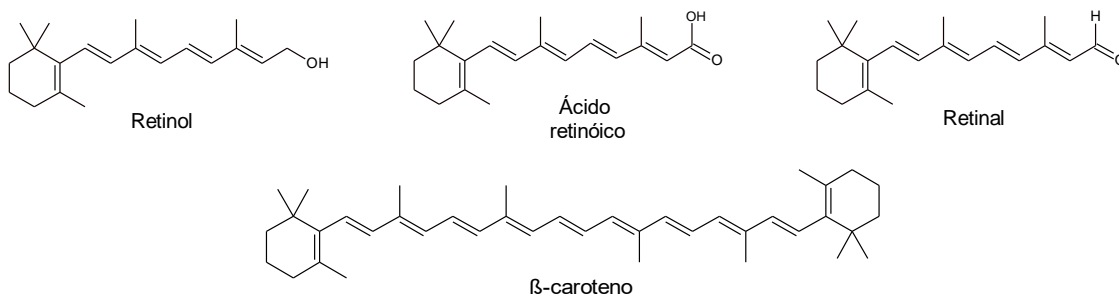
-Formação de Éteres

*Anexar o texto integrador

MATERIAL 6

SITUAÇÃO-PROBLEMA

A vitamina A faz parte de um grupo de compostos chamado retinoides. No organismo dos seres humanos esta vitamina pode se apresentar na forma de retinol, retinal ou quando oxidada, ácido retinóico. Em laboratório, é possível sintetizar o composto β -caroteno a partir desses retinoides?



Palavras-chave

-Adição nucleofílica

-Formação de dupla C=C

-Prêmio Nobel de Química -1979

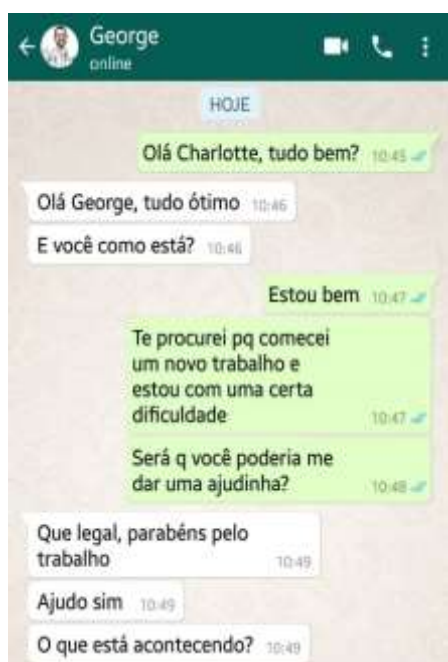
*Anexar o texto integrador

MATERIAL 7**ESTUDO DE CASO**

George é recém-formado em Química e acabou de iniciar seu primeiro emprego em um laboratório de manipulações. Logo nos primeiros dias de trabalho se depara com a solicitação para manipular um produto que tem como função reduzir a vermelhidão da pele, cuja formulação contém licochalcona A.

Num primeiro momento George vai em busca da estrutura dessa chalcona e prontamente lembra que a mesma se assemelha à estrutura da benzalacetofenona, tal qual, trabalhou durante as aulas de Química Orgânica quando aluno. No entanto, mesmo sem lembrar detalhadamente o procedimento ele tenta sintetizá-la, porém sem obter muito êxito, pois tem como resultado baixo rendimento e uma mistura de produtos formados de difícil separação.

Ciente de que deve entregar esse produto até o final do dia ele socorre-se com sua colega Charlotte, que é formada em química há alguns anos e atualmente trabalha numa indústria de cosméticos. Rapidamente lhe envia um Whatsapp:



Você é Charlotte e necessita auxiliar o seu colega que está com esse problema. Termine de responder a mensagem enviando a solução correta para George.

Palavras-chave

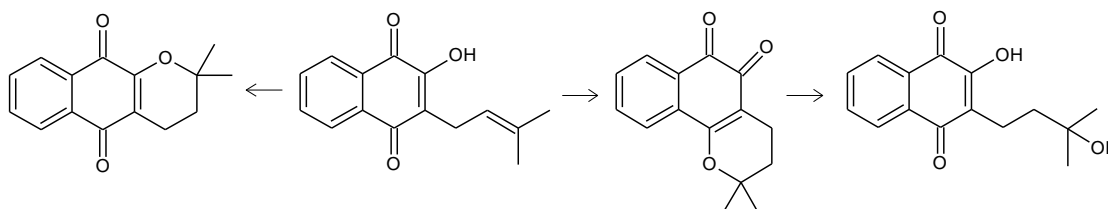
- Derivados de acetofenona e benzaldeído
- Enolatos

*Anexar o texto integrador

MATERIAL 8

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Naftoquinonas são compostos amplamente distribuídos na natureza, que exibem ampla gama de atividade biológica. . O lapachol é uma naftoquinona extraída da serragem da madeira de várias espécies de ipês brasileiros. Uma vez extraído da matéria de origem vegetal, quando submetido a diferentes condições reacionais o lapachol pode ser convertido tanto em α -lapachona quanto em β -lapachona, seus isômeros constitucionais. Apesar de ainda não ser um fármaco, a β -lapachona vem sendo alvo de diversos estudos devido as suas atividades farmacológicas contra o Trypanossoma cruzi, agente causador da doença de Chagas, e contra células cancerosas. Além disso, fornece o produto hidroxí-hidrolapachol quando submetida a uma solução alcalina sob aquecimento. Isto posto, quais as reações envolvidas no processo de obtenção desses compostos quando empregado o lapachol como reagente de partida?



Palavras-chave

- Markovnikov
- Adição nucleofílica conjugada

*Anexar o texto integrador

MATERIAL 9**ESTUDO DE CASO**

Em um evento realizado pelo curso de Química da UNICENTRO, após a execução de um minicurso sobre oxidação a professora finaliza:

-Entenderam, então, moçada, que as reações de oxidação envolvem transferência de elétrons, mudança estrutural como o aumento, por exemplo, das ligações C-O, e que resultam na produção de uma variedade enorme de compostos, inclusive em sistemas biológicos! Como aquele exemplo da ressaca que se explica devido presença do acetaldeído e o agente oxidante NAD⁺ nas células, certo?! Então, pensando neste tema, vou propor um desafio: planejem a síntese de um éster.

O aluno José, já empolgado, diz:

-Qualquer éster?

-Não, José. Vamos adotar um mesmo éster para toda a turma, assim o desafio será igual para todos. Sugiro o acetato de *terc*-butila, pois já comentamos sobre ele e vimos que tem aplicação interessante como solvente de nitrocelulose e aditivo em gasolina.

José, agora duvidoso:

-Mas por onde começamos? Podemos propor aquela reação do ácido com álcool, a esterificação de Fischer!

Ana, sua colega, já rebate:

-Espera. Desse jeito, sim, teremos um éster, mas se é para partir do que acabamos de ver no minicurso tem que envolver uma oxidação.

-Isso, diz a professora. Indico, assim, partirem de um composto carbonilado e um perácido simples .

Ana, um pouco pensativa, faz uns rabiscos e após alguns minutos, retruca:

-Então, professora, mas pelo meu rascunho da reação cheguei, na verdade, em outro éster. E agora? Formam dois ésteres?

-Isso que vocês terão que pensar. E não esqueçam de apresentar e explicar todas as etapas do mecanismo desta síntese.

-Hum, entendi!

Ao passo que a professora prossegue:

-Ao final, para completar o desafio, vocês terão que pensar como provariam a

formação do éster em questão. Após ouvir tudo atentamente, José comenta apavorado:

-Vixi....isso vai dar trabalho, hein!

Você é um desses alunos participantes do minicurso. Aplicando seus conhecimentos de Química resolva o desafio sintetizando o éster sugerido de acordo com os critérios estabelecidos pela professora.

*Anexar o texto integrador

MATERIAL 10

SITUAÇÃO-PROBLEMA

O dono de uma empresa de repelentes domésticos onde você trabalha como químico optou por desenvolver produtos com o composto orgânico geraniol e, para obter esse composto, resolveu uma parte extrair de vegetais e outra parte sintetizar. Você, funcionário dessa empresa, tendo que ajudá-lo nessa síntese, recordou da época em que fazia pós-graduação e trabalhava com um planta da família Lauraceae, lembrando inclusive dos seus constituintes principais, o geranato de metila e o ácido gerânico. Pela semelhança das estruturas, o citral foi outro composto considerado. Deduzindo que esses conhecimentos podiam auxiliá-lo como ponto de partida, quais seriam as possibilidades de síntese do geraniol a partir desses compostos?

Palavras-chave

- Adição de hidrogênio
- Doador de hidreto

*Anexar o texto integrador

ANEXO 1 – RELATOS DOS ALUNOS

O uso dos estudos de caso, ou situações problema é uma metodologia válida, pois torna a procura pelos mecanismos mais interessante, com uma aplicação prática e mais fácil de lembrar.

Acho muito válida a contextualização dos conteúdos, principalmente em química, que está tão presente no cotidiano. Além disso, desperta o interesse no assunto abordado, tornando o ensino ativo e mais efetivo.

Portanto, gostei muito da atividade!

Gostei do método pois há uma contextualização e por meio dela gerou-se uma discussão, uma pesquisa e envolvimento dos alunos com a problematização, além de que, a partir da problematização discutiu-se todo o conteúdo de maneira aplicada, e não apenas hipotética e mecânica além de toda a parte da curiosidade sobre o biodiesel foi um conhecimento construído e não apenas transmitido de um para outro.

Utilizar o método de estudo de caso muito interessante, por proporcionar a busca aos conteúdos relacionar os conteúdos e relacionar com algo que parece mais próximo.

Eu acho bom com metodologia de estudo de caso por que cria uma situação problema que obriga o aluno a querer responder. ^{o investigar sobre.} Neste estudo de caso, achei muito interessante pois é um assunto é um tanto quanto difícil para os alunos da graduação e é muito melhor fazer algo diferente além de só apresentar o mecanismo no quadro.

Quedito ser importante devido a aplicação do ~~conteúdo~~ conteúdos de forma a sair do mecanismo.

A utilização do conteúdo é de forma investigativa no dia a dia de uma indústria, por isso a situação problema é importante. O mesmo ocorre em sala de aula.

O MÉTODO DE SITUAÇÕES PROBLEMA MESMO NA GRADUAÇÃO É MUITO VÁLIDO, POIS EXERCE O APRENDIZADO DE VÁRIAS FORMAS, ASSOCIANDO O CONTEÚDO INTEIRAMENTE APLICADO NA PRÁTICA

Este tipo de metodologia é muito válida, pois ajuda o aluno que está na graduação entender os mecanismos e quando for na sala de aula pode levar esta metodologia diferenciada

Aula muito realista, ajuda a quebrar a rotina, porém embora seja na graduação talvez trabalhar com mais calma, pois mecanismo é mais complexo e tem-se de lidar com mais facilidade que outros.

gostei. Achei bem interessante. Não havia imaginado que dava para usar um estudo de caso no ensino superior, principalmente em orgânicos. O tema bioconstrutível é um tema atual e bem interessante.

A metodologia mostra-se útil para facilitar a aprendizagem e memorização, principalmente de mecanismos, porque há a busca etiológica, do sentido, do conceito estudado.

A metodologia é válida, mas com ressalvas.

⇒ Acredito que deve ser feito um pré-teste antes da aplicação. Os alunos devem ter uma noção básica do conteúdo antes da aula de estudo de caso, por essa razão os alunos ~~deveriam~~ deveriam ser motivados antes do estudo de caso propriamente dito.

⇒ Achei o texto muito rebuscado com gírias.

⇒ Pontos positivos

↳ Os problemas foram apresentados de forma clara.