

**CURSO: “QUALIDADE DAS
ÁGUAS E POLUIÇÃO:
ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS”**

AULA 4

**REVISÃO DE QUÍMICA: CONCEITOS DE QUÍMICA
ORGÂNICA APLICADOS AOS ESTUDOS DE CONTROLE
DA QUALIDADE DAS ÁGUAS**

Prof. Dr. Roque Passos Piveli

AULA 4: REVISÃO DE QUÍMICA: CONCEITOS DE QUÍMICA ORGÂNICA APLICADOS AOS ESTUDOS DE CONTROLE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

1. Características fundamentais

A química orgânica é a parte da química dedicada ao estudo dos compostos de carbono. Originou-se em 1685 quando se compreendia que os compostos orgânicos eram derivados apenas de seres vivos, plantas e animais. Este pensamento se verificou até 1828 quando ocorreu acidentalmente a primeira síntese de composto orgânico. Após o advento da química orgânica moderna, muitos compostos puderam ser produzidos através de reações químicas, sendo que hoje são conhecidos mais de um milhão de compostos orgânicos diferentes.

Os compostos orgânicos contêm carbono ligado a outros elementos. Os hidrocarbonetos contêm apenas carbono e hidrogênio, e muitos outros compostos possuem apenas carbono, hidrogênio e oxigênio. Em compostos orgânicos naturais, o carbono associa-se a nitrogênio, fósforo e enxofre. Os compostos orgânicos sintéticos contêm carbono associado a halogênios (cloro, flúor, bromo e iodo) ou a certos metais e diversos outros elementos.

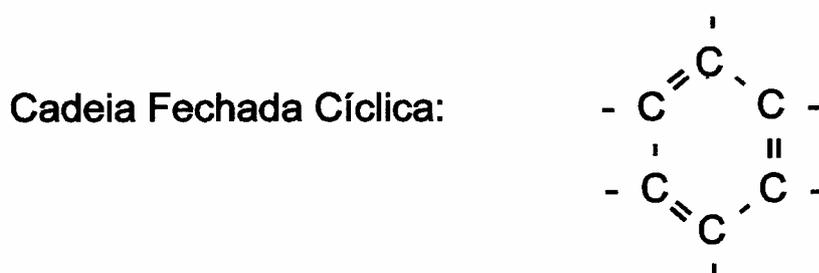
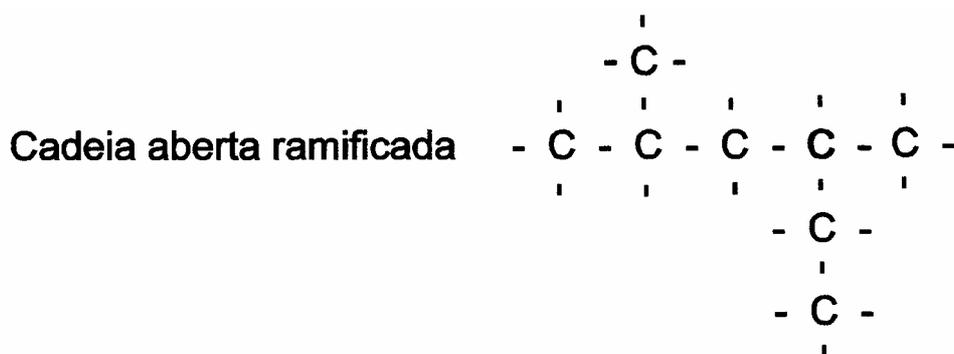
Os compostos orgânicos são diferentes dos inorgânicos sob diversos aspectos, que podem ser sintetizados pelas seguintes principais propriedades:

- peso molecular: os compostos orgânicos possuem pesos moleculares elevados
- combustão: muitos compostos orgânicos são combustíveis
- pontos de fusão e ebulição: os compostos orgânicos possuem baixos pontos de fusão e de ebulição
- solubilidade: os compostos orgânicos são pouco solúveis em água
- Isomeria: diversos compostos orgânicos diferentes podem apresentar a mesma fórmula química
- reações: os compostos orgânicos apresentam reações moleculares geralmente de baixa velocidade
- energia: os compostos orgânicos apresentam em geral elevado nível energético, servindo como nutrientes para bactérias e outros organismos.

Os compostos orgânicos podem ser naturais, como por exemplo óleos minerais e vegetais, açúcares, celulose, etc, podem ser obtidos em processos fermentativos como os álcoois ou por síntese, de onde se origina uma variedade muito grande de compostos.

O carbono tetravalente apresenta a singular propriedade de formar cadeias através de ligações covalentes. Estas cadeias podem ser abertas com ou sem ramificações, ou fechadas. Estas cadeias, compostas fundamentalmente por átomos de carbono, podem conter outros elementos, como é o caso freqüente do nitrogênio.

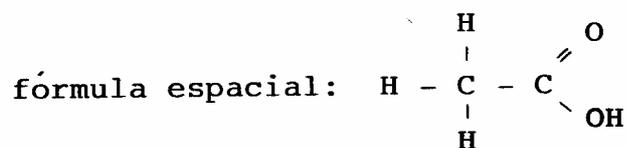
Exemplos:



As possibilidades de combinação são muitas. Alguns compostos podem se apresentar com mesma fórmula molecular, onde se identifica apenas quais os átomos que tomam parte do composto e as quantidades de cada um, e configurações ou arranjos diversos que podem levar até mesmo a diferentes funções químicas. Esta propriedade é conhecida por isomeria. Por isso, há a necessidade da definição da fórmula espacial do composto, nas questões da química orgânica. Esta fórmula pode também ser apresentada de forma simplificada.

Exemplo: ácido acético:

fórmula molecular: $C_2H_4O_2$



fórmula espacial simplificada: $H_3C-COOH$

2. Principais grupos de compostos orgânicos

Existem três grupos principais de compostos orgânicos: os alifáticos ou de cadeia aberta, os aromáticos, que são formados por anéis contendo seis carbonos com ligações simples e duplas alternadamente, e os heterocíclicos, quando estes anéis contêm outros elementos que não o carbono.

2.1. Compostos alifáticos

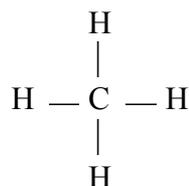
2.1.1. Hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos apresentam apenas o hidrogênio além do carbono. São chamados de saturados quando apresentam apenas ligações simples, e insaturados quando apresentam ligações duplas ou triplas.

Os hidrocarbonetos saturados podem variar de um até muitos átomos de carbono na cadeia, caracterizando uma série de compostos chamados de alcanos ou parafinas. Provêm principalmente do petróleo. Gasolina e óleo diesel, por exemplo, são misturas de alcanos. As indústrias petroquímicas produzem muitos outros compostos.

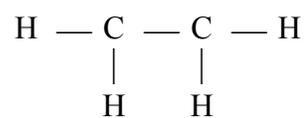
Exemplos:

Metano: CH_4

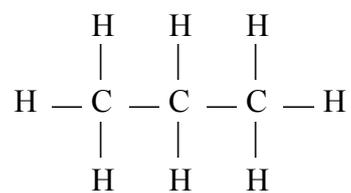


Etano: C_2H_6





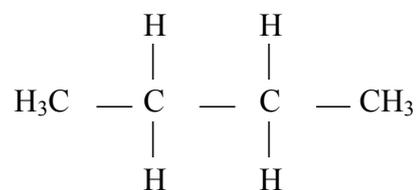
Propano: C₃H₈



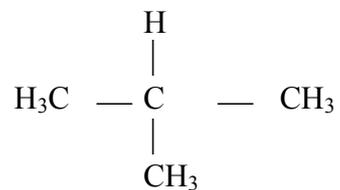
A partir de quatro carbonos ocorre isomeria.

Exemplos:

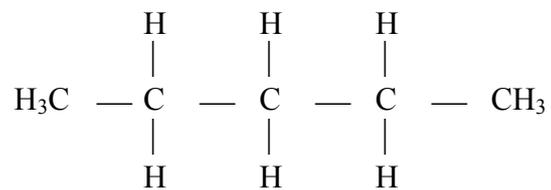
normal butano ou n-Butano:



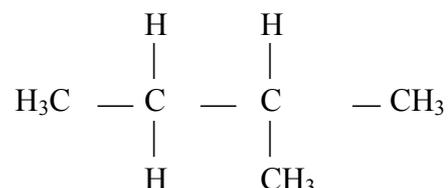
isobutano:



n-pentano:



isopentano:

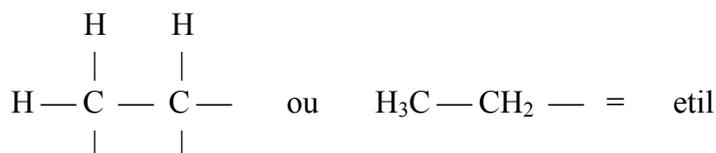
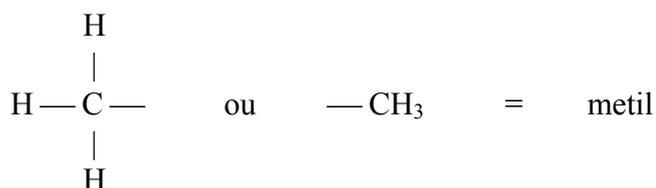


O prefixo normal ou n significa cadeia linear e o prefixo iso, ramificada.

Os compostos desta série podem ser expressos genericamente por $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

Os hidrocarbonetos são caracterizados pelas seguintes propriedades físicas: não possuem cor, praticamente não possuem odor, são bastante solúveis em água, especialmente aqueles que possuem mais de cinco carbonos na cadeia, são solúveis em solventes orgânicos e, em condições normais de temperatura e pressão, são gases até o pentano, líquidos de C_5 a C_{17} e sólidos acima de C_{17} . Os compostos desta série costumam ser expressos na forma de “séries homólogas”, genericamente notados por $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.

Devido à propriedade de isomeria, uma mesma fórmula estrutural de hidrocarboneto pode representar mais de um composto. Portanto, foi preciso estabelecer uma nomenclatura para que cada composto pudesse ser definido exatamente, introduzindo-se o conceito de radical, que é uma parte do composto com uma ligação livre. São notados substituindo-se o sufixo ano dos compostos completos pelo sufixo il. Exemplos:

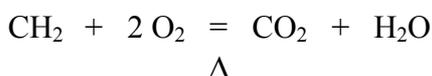


H H

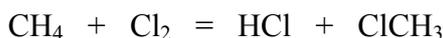
Reações Químicas

Nas condições normais de temperatura e pressão, os hidrocarbonetos saturados não reagem com bases fortes, ácidos ou agentes oxidantes. A temperaturas elevadas, o ácido sulfúrico oxida esses compostos em $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. É a chamada digestão química, empregada em diversas determinações de constituintes na água. É o caso das determinações de nitrogênio orgânico e amoniacal. Podem ser consideradas importantes as seguintes outras reações:

a) Oxidação com o oxigênio do ar:



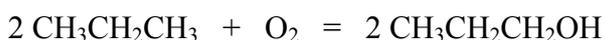
b) Substituição do hidrogênio por halogênios:



Esta reação não ocorre em meio aquoso, não sendo de interesse nos estudos de controle da qualidade das águas.

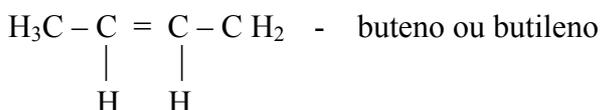
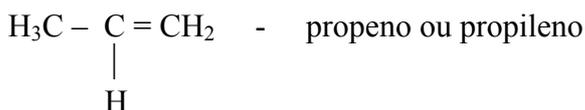
c) Pirólise ou “cracking”: É a quebra de longas cadeias de hidrocarbonetos em outras menores pela ação do calor. Este processo é usado na indústria do petróleo para a obtenção de produtos de baixo ponto de ebulição para serem vendidos como gasolina.

d) Oxidação biológica: Os hidrocarbonetos saturados são oxidados por bactérias e outros microrganismos em condições aeróbias. Esta oxidação se dá em vários estágios. No primeiro, os átomos de carbono de extremidade são atacados e os hidrocarbonetos são convertidos em álcoois. Conforme:



Os microrganismos aproveitam energia dessa oxidação e, através de outros estágios, convertem finalmente o hidrocarboneto em CO_2 e H_2O . Estas reações são, certamente, de grande interesse nos estudos do tratamento biológico de águas residuárias.

Já os hidrocarbonetos insaturados são classificados através das séries dos etilenos e dos acetilenos. O eteno é o primeiro composto da série dos etilenos e emprestou o nome a esse grupo de hidrocarbonetos. Cada componente da série, exceto o metano, pode ter dupla ligação com o carbono adjacente na cadeia.

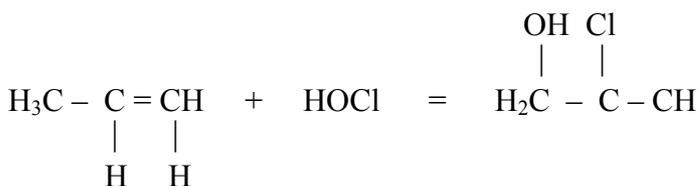


O nome de todos os compostos desta série termina com o sufixo eno. São, por isso, também chamados de alcenos ou oleofinas. O etileno, o propileno e o butileno são formados em grande parte durante o fracionamento do petróleo. Os compostos alifáticos que possuem duas ligações duplas são chamados de dioleofinas e os que contêm mais de duas são chamados de polienos.

A série dos alcinos, por sua vez, é caracterizada pela presença de uma tripla ligação em sua cadeia carbônica. Aparecem em efluentes industriais, como os da indústria de borracha sintética. Exemplo: $\text{HC}\equiv\text{CH}$

Reações químicas dos hidrocarbonetos insaturados

Os compostos insaturados reagem com certa facilidade, sendo oxidados em meio aquoso pelo permanganato de potássio. Podem também ser reduzidos: sob certas condições de temperatura e pressão e na presença de catalisador, o hidrogênio poderá ser adicionado nas duplas ou triplas ligações. Estas reações são importantes comercialmente, pois resultam na conversão de óleos vegetais em gorduras sólidas, como a margarina. Sofrem também adição de hidrogênio nas ligações não saturadas:



Os hidrocarbonetos insaturados sofrem também polimerização, isto é, moléculas de certos compostos de ligação não saturada combinam-se entre si formando polímeros de pesos moleculares maiores, a altas pressões e temperaturas:



Reações semelhantes a estas servem como base para a síntese de muitos produtos sintéticos como resinas, fibras, borracha, detergentes, etc..

Finalmente, em geral os hidrocarbonetos insaturados são mais propensos à oxidação biológica do que os correspondentes saturados, pela maior facilidade de oxidação das ligações duplas.

2.1.2. Álcoois

Formam-se a partir da oxidação de hidrocarbonetos.

Exemplos:

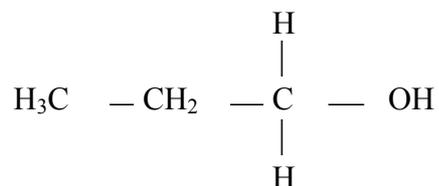


A química dos álcoois é decorrente da presença do grupamento OH, podendo ser genericamente designados por R-OH, seno que R representa um radical orgânico, metil, etil, propil, etc.

Os álcoois são classificados em primários, quando o grupo OH está ligado a um carbono de extremidade da molécula; secundários, quando o grupo OH está ligado a outros dois e, terciários, quando o grupo OH está ligado a um carbono ligado a outros três.

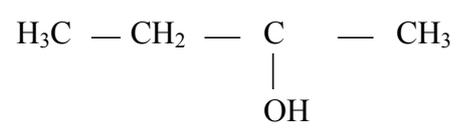
Exemplos:

- álcool primário:

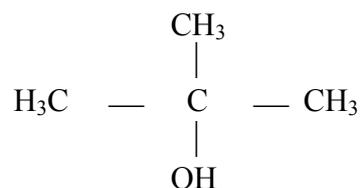


- álcool secundário:

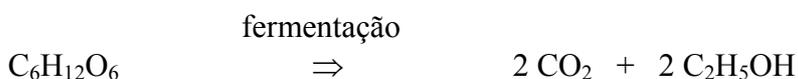
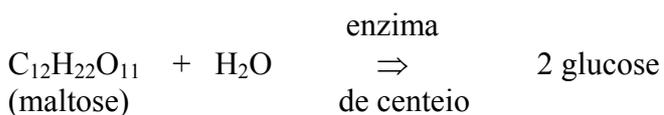
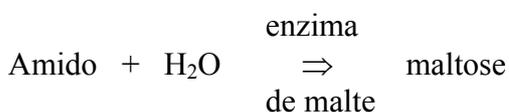




- álcool terciário:



O álcool metílico é largamente usado na síntese de compostos orgânicos, o mesmo ocorrendo com o álcool etílico, usado na produção de bebidas e produtos farmacêuticos. O álcool para bebida pode ser produzido pela fermentação do milho, trigo, arroz, batata ou centeio. Ocorre a seguinte seqüência de reações:



Os álcoois de cadeia curta são completamente solúveis em água. Os que têm moléculas com mais de 12 carbonos são cerosos, incolores e muito pouco solúveis em água.

Nomenclatura

Os álcoois são designados pelo sufixo ol:

CH ₃ OH	-	álcool metílico	-	metanol
CH ₃ CH ₂ OH	-	álcool etílico	-	etanol
CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	-	álcool n propílico	-	1 propanol

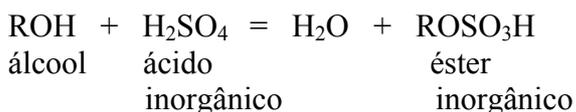
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \backslash \\ \text{CHOH} \\ / \\ \text{CH}_3 \end{array}$	-	álcool isopropílico	-	2 propanol
---	---	---------------------	---	------------

Reações Químicas dos Álcoois

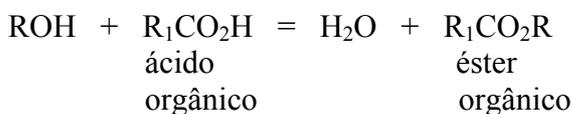
Ocorrem dois tipos principais de reações com os álcoois que são de interesse no campo do saneamento ambiental:

a.) Reações com ácidos formando ésteres:

a.1.) Ácidos inorgânicos:



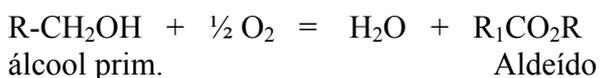
a.2.) Ácidos orgânicos:



b.) Oxidação

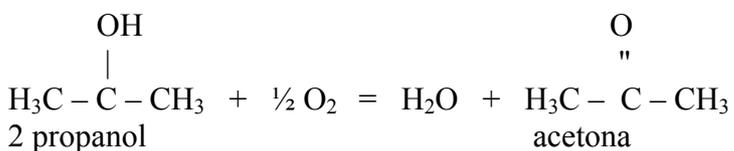
Na presença de oxidantes fortes ou de microrganismos sob condições aeróbias, os álcoois são rapidamente oxidados:

b.1.) álcoois primários em aldeídos:



Dependendo do oxidante, a reação poderá prosseguir transformando o álcool em ácido.

b.2.) Álcoois secundários em cetonas:

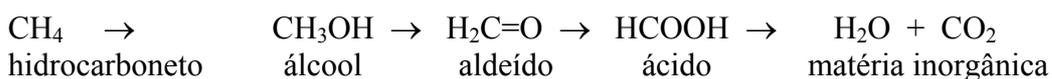


As cetonas não são facilmente oxidáveis e podem ser recuperadas completamente.

Os álcoois terciários apenas sob forte oxidação são convertidos a CO_2 e H_2O . Os microrganismos aeróbios oxidam rapidamente álcoois primários e secundários a CO_2 e H_2O , tendo como produtos intermediários aldeídos e cetonas.

2.1.3. Ácidos orgânicos

Correspondem ao nível mais oxidado em que os compostos orgânicos podem se apresentar. Este fato é representado pela seqüência:



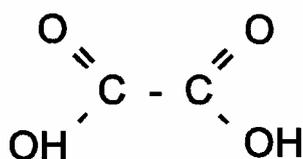
Os ácidos orgânicos caracterizam-se pela presença do grupamento carboxílico, ou $-\text{COOH}$.

São classificados em mono ou policarboxílicos, em função do número presente deste grupo. Podem ser ainda saturados ou não.

Dos ácidos monocarboxílicos, os saturados são em geral constituintes de gorduras, óleos e graxas. Exemplos: ácido metanóico: HCOOH ; ácido etanóico: CH_3COOH ; ácido propanóico: $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$; ácido butanóico: $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$.

Os ácidos monocarboxílicos insaturados também são encontrados em materiais gordurosos e denominam-se ácidos graxos.

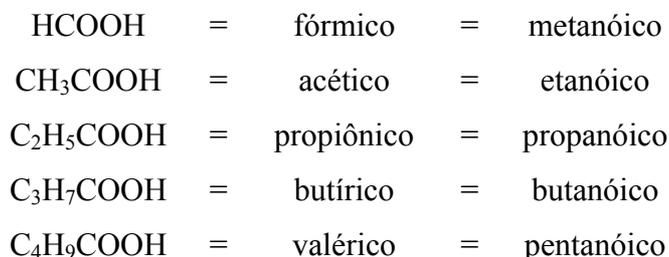
Os ácidos policarboxílicos são os que possuem mais de um grupo COOH . Por exemplo, o ácido oxálico é utilizado como padrão primário para a padronização de bases:



Propriedades físicas

Os ácidos orgânicos com 1 a 9 carbonos na cadeia são líquidos. Todos os outros são sólidos, como as graxas. Os ácidos fórmico, acético e propiônico apresentam odores penetrantes. Os outros apresentam maus odores, como o butírico e o valérico. O ácido butírico pode estar presente nos efluentes de laticínios, trazendo o problema de odor. Todos os ácidos orgânicos são fracos sob o ponto de vista de ionização. O ácido fórmico é o mais forte de todos.

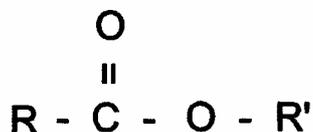
Todos os ácidos orgânicos são de grande interesse no campo do tratamento de efluentes líquidos por processos anaeróbios, onde representam estágios intermediários desta via metabólica. Utiliza-se como nomenclatura para os ácidos orgânicos o sufixo **óico**. Exemplos:



As propriedades químicas dos ácidos orgânicos são determinadas pelo grupo carboxílico. Todos formam sais metálicos que são largamente utilizados comercialmente.

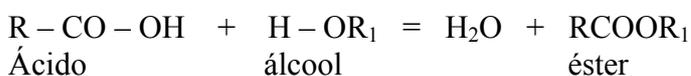
2.1.4. Ésteres

São compostos formados a partir de reações entre ácidos e álcoois. Corresponde aos sais da química inorgânica. São geralmente representados por:



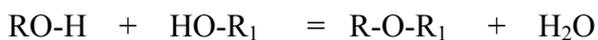
A reação é reversível e no sentido inverso representa a hidrólise de ésteres. São utilizados em indústrias de perfumarias.

Equação genérica:



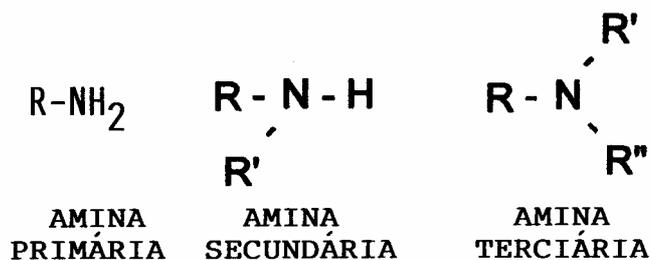
2.1.5. Éteres

Os éteres são formados através de forte desidratação de ésteres. São designados genericamente por R-O-R', e frequentemente são utilizados como solventes. São muito resistentes à degradação biológica, muito embora sejam facilmente separados da água, devido à sua baixa solubilidade. Na reação de desidratação de álcoois formando um éter, uma molécula de água é liberada de duas moléculas de álcool:

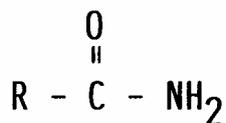


2.1.6. Compostos alifáticos nitrogenados

Classificam-se em aminas, amidas e cianidas ou nitrilas. As aminas são formadas pela ligação entre amônia e radicais alquil, subdividindo-se em primárias, secundárias e terciárias:



As amidas são derivadas da reação entre ácidos orgânicos e amônia. Designação genérica:

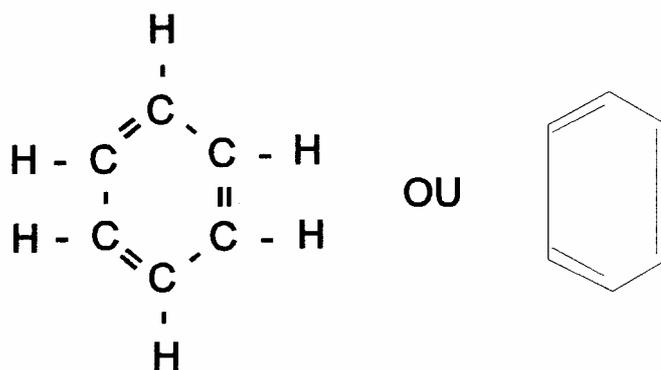


A uréia é um exemplo de amida de grande importância ambiental.

As nitrilas apresentam como fórmula genérica R-CN, sendo R um radical saturado ou não. São de importância industrial para a produção de fibras sintéticas. Apresentam problemas de toxicidade.

2.2. Compostos aromáticos

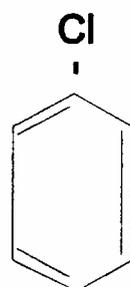
Estes compostos possuem anéis ou grupamentos cíclicos em suas estruturas moleculares. Os átomos de carbono apresentam apenas uma ligação livre. O composto mais simples é o benzeno:



Podem possuir um ou mais hidrogênios substituídos produzindo outros compostos:



C_6H_5Cl -monoclorobenzeno



1-3 cloronitrobenzeno ou
metaclorobenzeno

Observação: Designações das posições dos hidrogênios substituídos:

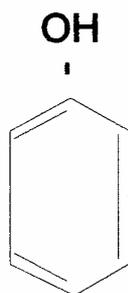


1-2: orto

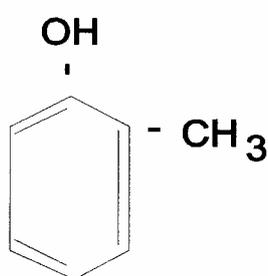
1-3: meta

1-4: para

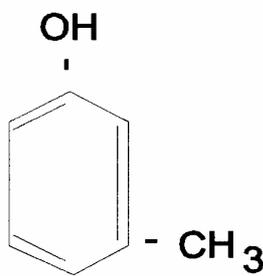
Os fenóis são compostos aromáticos de grande interesse ambiental:



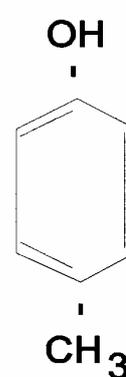
Os cresóis dão seqüência à série de fenóis:



O-Cresol



m-Cresol



p-Cresol

São conhecidas duas séries homólogas desses compostos: a série do benzeno e a série dos polinucleares. A série do benzeno é formada por um radical alquil na substituição de um ou mais hidrogênios do anel de benzeno. Exemplos: benzeno, tolueno e xileno. Esta série de produtos é largamente utilizada como solvente e na síntese de produtos químicos. Os hidrocarbonetos polinucleares são constituídos de diversos anéis de benzeno interligados.

3. Exercícios Propostos

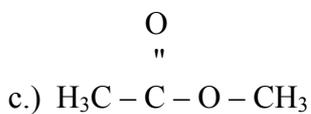
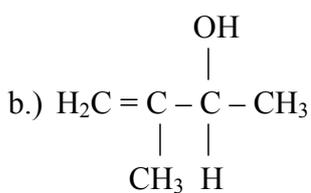
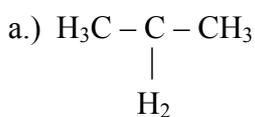
1. Diferenciar química orgânica e química inorgânica. Qual delas possui maior número de compostos conhecidos? Por quê?
2. Classifique os compostos abaixo em orgânicos ou minerais:

Composto	Classif.	Composto	Classif.
Éter – C ₄ H ₁₀ O		Gesso – CaSO ₄	
Ác. Sulfúrico – H ₂ SO ₄		DDT – C ₁₄ H ₉ Cl ₅	
Ác. Oxálico – H ₂ C ₂ O ₄		Ác. Acético – H ₃ C-COOH	
Vitamina A – C ₂₀ H ₃₀ O		Cal virgem – CaO	
Salitre – NaNO ₃		Metano – CH ₄	

3. Completar as ligações que estão faltando:



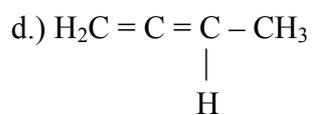
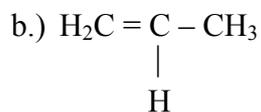
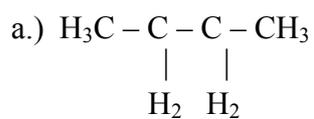
4. Dar a classificação das cadeias abaixo:



5. Relacionar:

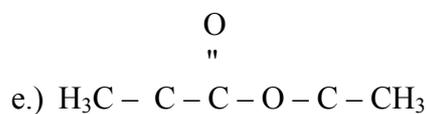
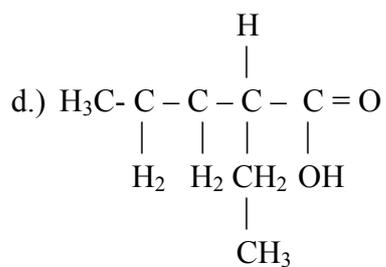
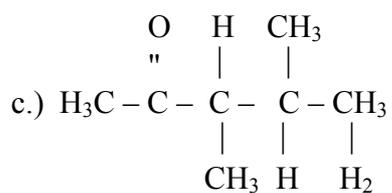
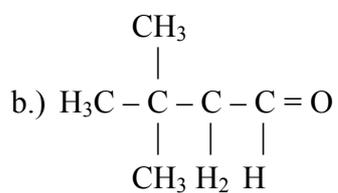
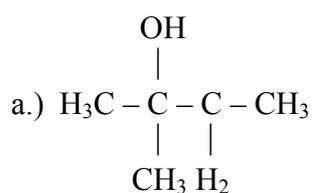
1. $\text{H}_3\text{C} - \text{C} - \text{CH}_3$ $\quad \quad $ $\quad \quad \text{H}_2$	Alcino	C _n H _{2n}
2. $\text{H}_3\text{C} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$	Alceno	C _n H _{2n + 2}
3. $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$	Alcano	C _n H _{2n - 2}

6. Dar o nome oficial do composto:



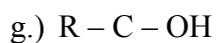
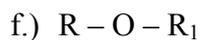
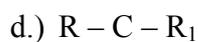
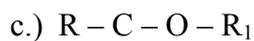
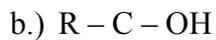
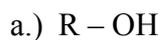
7 Dê exemplo de um álcool primário.

8 Dar o nome dos compostos:



$\frac{1}{H_2}$

9. Reconhecer as funções:



10 Completar:

a.) Hidrocarbonetos com cadeia alifática saturada pertencem à classe dos _____.

b.) Hidrocarbonetos com cadeia alifática insaturada com dupla ligação pertencem à classe dos _____.

c.) Hidrocarbonetos com cadeia alifática insaturada com tripla ligação pertencem à classe dos _____.

d.) Hidrocarbonetos com cadeia alicíclica saturada pertencem à classe dos _____.

e.) Hidrocarbonetos com cadeia alicíclica com uma dupla ligação pertencem à classe dos _____.

f.) Hidrocarbonetos com cadeia aromática pertencem à classe dos _____.

g.) Álcool é um composto resultante de um hidrocarboneto, pela substituição de _____.

h.) Aldeído é um composto resultante de um hidrocarboneto, pela _____.

i.) Cetona é um composto resultante de um hidrocarboneto, pela _____.

j.) Ácido carboxílico é um composto resultante de _____.

k.) O grupo funcional - O - caracteriza um _____.

l.) Substituindo-se o hidrogênio do grupo COOH de um ácido carboxílico por um radical monovalente derivado de hidrocarboneto, obtém-se um composto da função _____.

4. Referências Bibliográficas

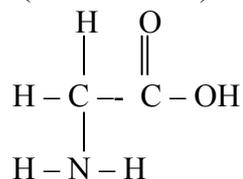
1. GENDA, A., "Química Orgânica – Conceitos Básicos". Apostila do Curso de Saúde Pública para Engenheiros. Faculdade de Saúde Pública, 1972.
2. ROSSIN, A.C., Notas de aula da disciplina Química Sanitária I, do Curso de Especialização em Engenharia em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública – USP, 1988.

Questões de múltipla escolha – Aula 4

- 1) Em qual das alternativas são apresentadas apenas substâncias orgânicas
 - a) Gesso, óleo, fenol, butano
 - b) Etanol, querosene, benzina, salitre
 - c) Cal hidratada, BHC, uréia, ácido fosfórico
 - d) DDT, ácido acético, glicose, fenol
 - e) n.d.a.

- 2) Identifique a alternativa incorreta.
 - a) Os compostos orgânicos são pouco solúveis em H₂O
 - b) Os compostos orgânicos apresentam reações moleculares geralmente de baixa velocidade
 - c) Os compostos orgânicos possuem altos pontos de fusão e ebulição
 - d) Os compostos orgânicos possuem pesos moleculares elevados
 - e) Os compostos orgânicos apresentam em geral elevado nível energético, servindo como nutrientes para bactérias e outros organismos.

- 3) (FUVEST-SP) A glicerina tem a seguinte fórmula estrutural:



Podemos afirmar que essa substância apresenta as funções:

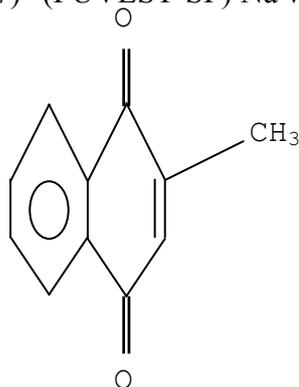
- a) amina e ácido carboxílico
 - b) amina e cetona
 - c) cetona e álcool
 - d) amida e ácido carboxílico
 - e) amida e álcool
-
- 4) (OSEC-SP) Qual das reações abaixo pode ser classificada como de esterificação?
 - a) Etanol + cloreto de metilmagnésio
 - b) Fenol + bromo
 - c) Etanóico + etanol
 - d) Acetato de sódio + cal sodada
 - e) Benzeno + ácido sulfúrico

 - 5) (FUVEST-SP) Um composto orgânico com a fórmula molecular C₃H₂OH deve ser classificado como:
 - a) Ácido
 - b) Álcool
 - c) Aldeído
 - d) Base
 - e) Fenol

6) (FUVEST-SP) Um composto orgânico com a fórmula molecular C_3H_7OH deve ser classificado como:

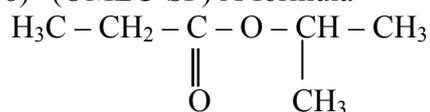
- a) Ácido
- b) Álcool
- c) Aldeído
- d) Base
- e) Fenol

7) (FUVEST-SP) Na vitamina K3, reconhece-se o grupo funcional:



- a) Ácido carboxílico
- b) Aldeído
- c) Éter
- d) Fenol
- e) Cetona

8) (OMEC-SP) A fórmula



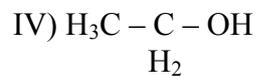
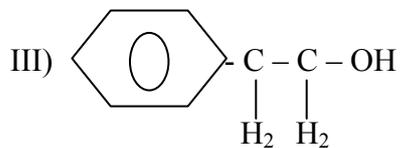
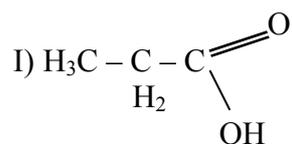
Indica:

- a) metilacetato de propilo
- b) propanoato de isopropilo
- c) etilisopropilcetona
- d) oxopropano – oxiiiso propano
- e) n.d.a.

9) FUVEST-SP) Pentanal, conhecido também como valeraldeído, apresenta a seguinte fórmula molecular.

- a) $C_3 H_6O$
- b) C_4H_8O
- c) $C_4 H_8O_2$
- d) $C_5H_{10}O$
- e) $C_5H_{10}O_2$

10) (FUVEST-SP) Considerando os compostos:



Podemos afirmar que:

- Todos apresentam OH alcoólico
- Apenas os compostos II, III e IV apresentam OH alcoólico
- Somente o composto I é ácido
- Os compostos I e II tem caráter mais ácido que os demais
- Os compostos I, II e III não têm ação sobre indicadores.

11) (PUC-SP) O ácido monocarboxílico, de massa molecular igual a 88 e que apresenta cadeia acíclica ramificada é o :

- Butanóico
- Metilpropanóico
- Benzóico
- Pentanóico
- 2metilbutanóico

QUADRO DE RESPOSTAS – AULA 4

Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A											
B											
C											
D											
E											
Valor	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9