

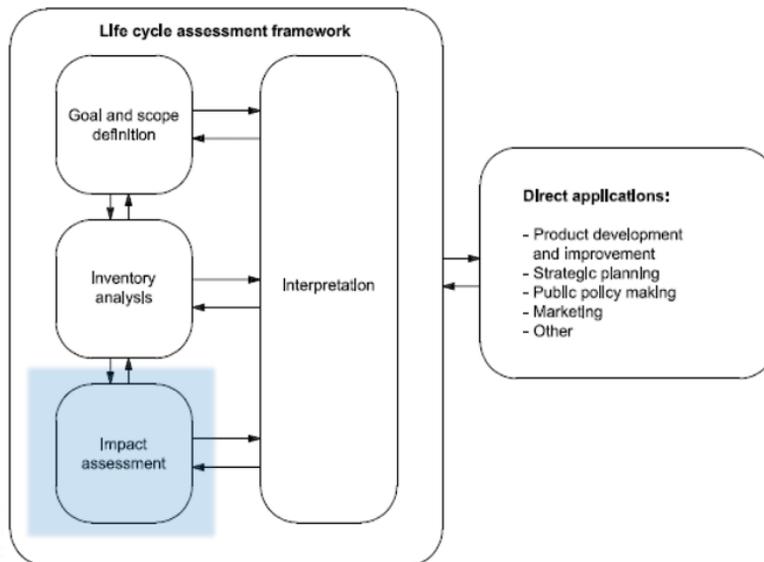
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

PQI 3535: Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)



Gil Anderi da Silva
Luiz Kulay

Estrutura do Método de ACV



(ISO 14040:2006)

Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida

Impacto ambiental: modificação no meio ambiente causada por uma atividade antrópica

Avaliação de impacto ambiental: descrição da modificação do meio ambiente proporcionada (portanto) por ações originárias da Tecnosfera

Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida

Avaliação de impacto ambiental:

- identificação das causas;
- quantificação das conseqüências.

Causas: atividades antrópicas:

- retirada de recursos naturais;
 - descarte de rejeitos;
 - transformação e uso do meio físico
-
-

Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida

Descrição das conseqüências

- Problemas ambientais são complexos
- Nem sempre são bem conhecidos (= capazes de serem modelados) pela ciência
- Há modelos ' *muito bons* ', mas também há outros ainda são precários, restritos, e/ou não consolidados

Complexidade da descrição:

- cascata
- um agente → várias categorias de impacto
- uma categoria → vários agentes
- efeitos secundários

Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida Categorias de impacto



Categorias relacionadas ao consumo de recursos

- Depleção de recursos naturais



Categorias relacionadas às saídas

- Acidificação
- Depleção de ozônio estratosférico
- Aquecimento Global
- Formação de foto-oxidantes
- Eutrofização
- Toxicidade: Toxicidade humana e Eco-toxicidade



Categorias relacionadas a transformação do meio físico

- Uso do solo

Acidificação

Fenômeno

Acidificação, ou Chuva Ácida é um fenômeno que se reverte no aumento do teor de acidez nos diferentes meios naturais

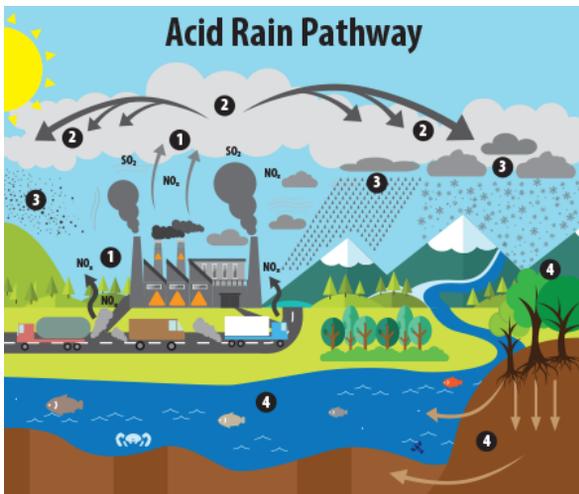
Conseqüências

- Sobre a saúde humana: queimaduras, ardências, incômodo
- Sobre o meio ambiente: danos a florestas, monumentos, agricultura

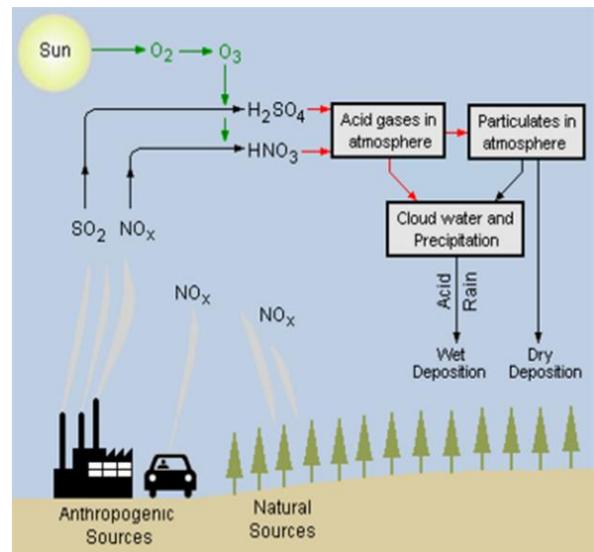
Agentes

Emissões atmosféricas de SO_x , NO_x , HCl, entre outros

Acidificação



This image illustrates the pathway for acid rain in our environment:
 (1) Emissions of SO_2 and NO_x are released into the air, where (2) the pollutants are transformed into acid particles that may be transported long distances. (3) These acid particles then fall to the earth as wet and dry deposition (dust, rain, snow, etc.) and (4) may cause harmful effects on soil, forests, streams and lakes.



Acidificação: Prejuízos para o Meio Ambiente



Figura 1: floresta na Alemanha (1970)



Figura 2: floresta na Alemanha (1983)
(após sofrer efeitos da Chuva Ácida)

Acidificação: Prejuízos para o Ser Humano Destruição de Moradias, Monumentos e Edifícios Públicos



Acrópole (Atenas)



Taj Mahal (Agra)



Coliseu (Roma)



Acidificação: Prejuízos para o Ser Humano
Destruição de Moradias, e Monumentos e Edifícios Públicos

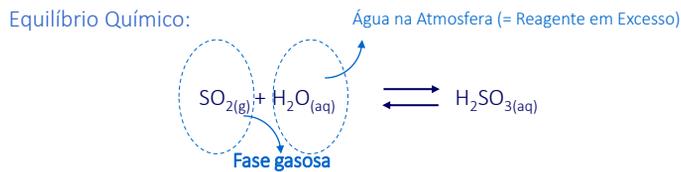


Figura 3: Estátua de mármore localizada na cidade de Herten - Alemanha



Figura 4: Mesmo monumento depois de 60 anos de exposição a intempéries, incluindo Chuva Ácida

Acidificação
Como se explica quimicamente o fenômeno?



O equilíbrio deve ser expresso segundo a Lei de Henry

$$K_H = [\text{H}_2\text{SO}_{3(aq)}] / P'_{\text{SO}_{2(g)}}$$

Tipicamente:

$$\text{SO}_{2(g)} = 0.1 \text{ ppm (25}^\circ\text{C)}$$

Acidificação

Como se explica quimicamente o fenômeno?

Além disso:

$$P'_{\text{SO}_2(\text{g})} = [\text{SO}_2(\text{g})] \cdot P_T$$

Como: $P_T = 1 \text{ atm}$ (25°C) (= Pressão Atmosférica, medida na Troposfera baixa)

Então:

$$P'_{\text{SO}_2(\text{g})} = 0,1 \times 10^{-6} \times 1.0 = 1 \times 10^{-7} \text{ atm}$$

Acidificação

Como se explica quimicamente o fenômeno?

A 25°C, temos que $K_H = 1 \text{ mol/L.atm}$

Logo:

$$[\text{H}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}] = 1 \times 1 \times 10^{-7} = 10^{-7} \text{ mol/L}$$

Esse valor de concentração está **impreciso**, já que imediatamente após sua formação, o $\text{H}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}$ tende a se dissociar



Constante de dissociação (K_a) do ácido sulfuroso: $1,7 \times 10^{-2}$

Acidificação

Como se explica quimicamente o fenômeno?

Assim, a $[\text{H}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}]$ representa apenas a concentração de $\text{H}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}$ que não está ionizado

Considerando-se ser essa a única fonte de acidez no meio,

$$K_a = [\text{HSO}_3^-] \cdot [\text{H}^+] / [\text{H}_2\text{SO}_{3(\text{aq})}]$$

Além disso, pela estequiometria da reação: $[\text{HSO}_3^-] = [\text{H}^+]$

$$[\text{HSO}_3^-] = \sqrt{1,7 \times 10^{-2} \times 10^{-7}} = 4,0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

Acidificação

Como se explica quimicamente o fenômeno?

Como $[\text{HSO}_3^-] = [\text{H}^+]$:

$$[\text{H}^+] = 4,0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

Dessa forma, como o pH da água de chuva é dado por

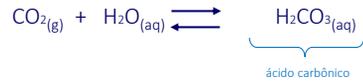
$$\text{pH} = -(\log_{10} [\text{H}^+]) \longrightarrow \text{pH} = 4,4$$

Conclusão:

em uma porção da atmosfera poluída apenas com SO_2 a uma concentração de 0,1ppm a água de chuva proporcionará um valor de acidez da ordem de $\text{pH} = 4,4$

Bem, nesse contexto e, a rigor, o CO_2 também poderia ser considerado um gás de chuva ácida

- O CO_2 disperso na atmosfera combina-se com a umidade do ar dissociando-se parcialmente:



- Em seguida o H_2CO_3 ioniza-se parcialmente, liberando um íon (H^+), o que resulta em consequente redução do pH do sistema:



No entanto, as duas constantes de ionização são (felizmente) muito baixas:

$$k_1 = 4,20 \times 10^{-7} \text{ e } k_2 = 4,80 \times 10^{-11}$$

Depleção de Ozônio Estratosférico

Fenômeno

Redução da capacidade de retenção de radiação ultravioleta pela estratosfera

Conseqüências

- Sobre a saúde humana: câncer de pele; diminuição da capacidade imunológica; catarata.
- Sobre o meio ambiente: destruição de fitoplâncton (base da cadeia alimentar)

Agentes

Clorofluorcarbonos (CFCs); hidroclorofluorcarbonos (HCFCs); hidrofluorcarbonos (HFCs)

Camada de Ozônio

O que é o OZÔNIO?

- O ozônio é um gás (ponto de ebulição de -112°C) que está presente em pequena concentração em toda a atmosfera
 - Como se "mede" a Camada de Ozônio ??
 - A quantidade de ozônio atmosférico é expressa em termos de Unidades Dobson (DB)
 - Esta unidade é equivalente à espessura de **0,01 mm** de ozônio puro, com densidade calculada à **1,0 atm e 0°C** (= CNTP)
 - Outra forma de expressar a quantidade de O_3 : miliatmosferas centímetro (= matm cm)
-
-

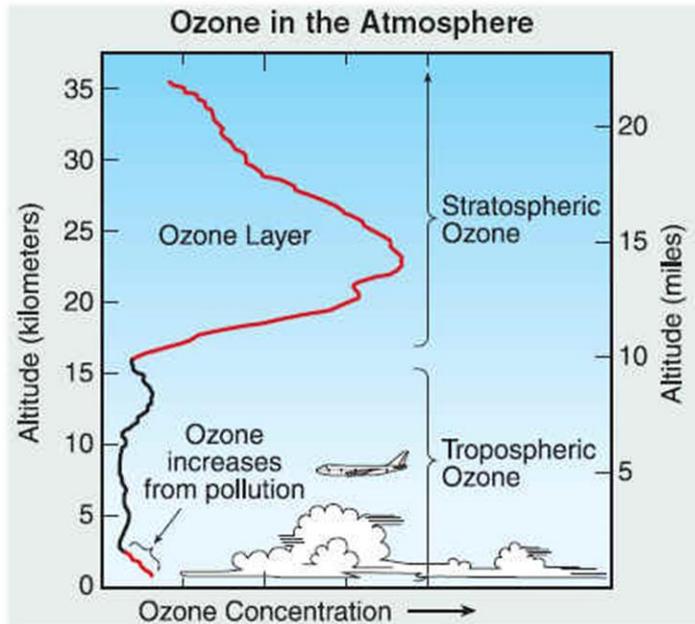
Camada de Ozônio

Como a Camada de Ozônio se distribui sobre a Terra ??

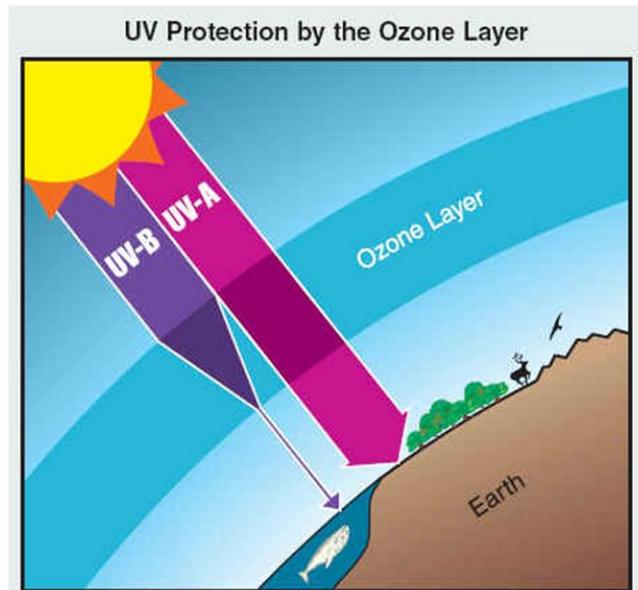
- Quantidade normal de ozônio onde há climas temperados: 350 UD
- Concentração médio de O_3 nos TRÓPICOS: 250 UD
- Concentração nas REGIÕES POLARES: 450 UD



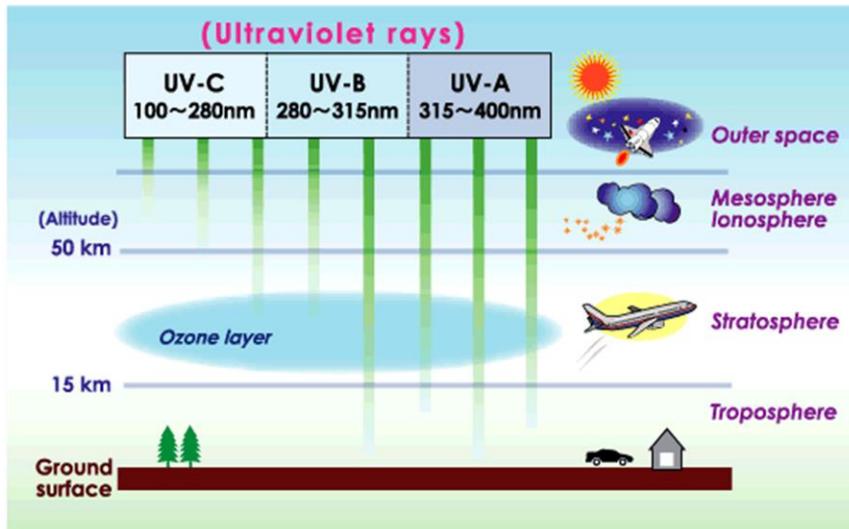
MOTIVO: deslocamento provocado pelos Ventos Estratosféricos



Como a Camada de Ozônio protege a superfície do Planeta?



Como a Camada de Ozônio protege a superfície do Planeta?



Camada de Ozônio

Buraco na Camada de Ozônio ?? É verdade ?? Quando surgiu ?? Onde ??

- Foi descoberto pelo Dr. J.C.Farman (1957)
- Registros indicavam queda da quantidade de O_3 a cada ano, sempre durante o mês de OUTUBRO. Mais acentuada na década de 1970

ANO	$[O_3]^*$ (UD)
1980	200
1984	140
1988	175
1992	115
1996	100
Máximo: 1980	200
Mínimo: 1993	78

(*): Medidas efetuadas em Halley Bay – Antártida

Camada de Ozônio

Buraco na Camada de Ozônio ?? É verdade?? Quando surgiu?? Onde ??

- SETEMBRO-NOVEMBRO no Polo Sul: PRIMAVERA

- Em algumas altitudes, a perda de O_3 durante a primavera do Polo Sul era virtualmente constatável (= **Buraco!**)

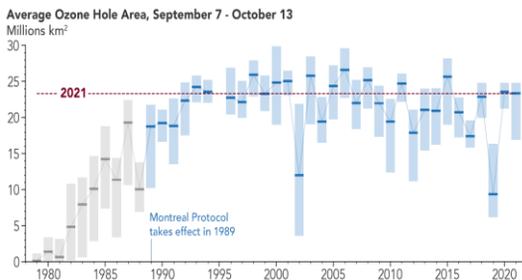
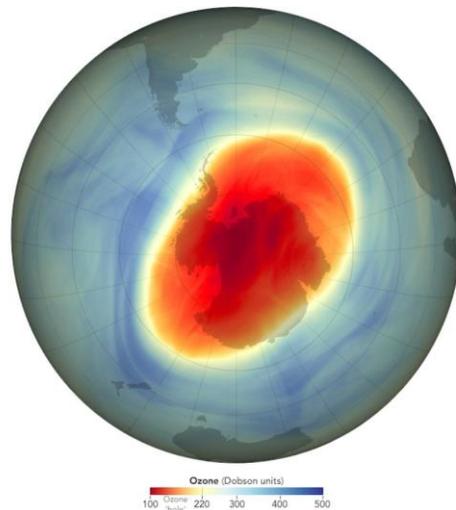
Qual o tamanho desse “buraco”??

ANO	Área (10^6 km ²)
1980	0,20
1984	10,0
1988	8,50
1992	22,5
1994	23,0
2000	30,0
2006	estável???

Camada de Ozônio hoje

NASA: buraco anual de ozônio da Antártida atingiu uma área média de 23,2 milhões km² entre 7 de setembro e 13 de outubro de 2022

Essa área foi ligeiramente menor do que em 2021 (24,2 milhões km²) antes de começar a encolher em meados de outubro



Camada de Ozônio

Tá legal.... mas, quem fez isso à Camada de Ozônio ??

Suspeito nº. 1: CLORO

Origem: geração a partir de gases lançados no ar em grande quantidade como resultado de sua utilização antrópica

Fonte: aparelhos de ar-condicionado, entre outros

Determinação: A presença de moléculas de (Cl) em altitudes diferentes foi detectada no Polo Sul por um grupo chefiado pela Dra. S. Solomon (1986)



Camada de Ozônio

Esse problema ocorre apenas lá ??

- A resposta é **NÃO** !!!! As concentrações de O_3 vem se reduzindo em todo o mundo
- As perdas em regiões não polares vem ocorrendo sucessivamente desde a década de 1980. Nesse período: 3,0%
- A maior redução ocorre no **INVERNO** e na **PRIMAVERA**
- As perdas de O_3 no planeta elevaram-se a 9% entre 1970 e 1990
- No **VERÃO** também há perdas: em julho de 1993, os níveis de O_3 em Toronto - Canadá, foram 12% menores que valores medidos na mesma época em 1980

Camada de Ozônio - Recuperação?

Satélite NOAA/NASA: aumento de Cl na estratosfera associado a declínio da espessura da Camada de ozônio entre 1979-1997

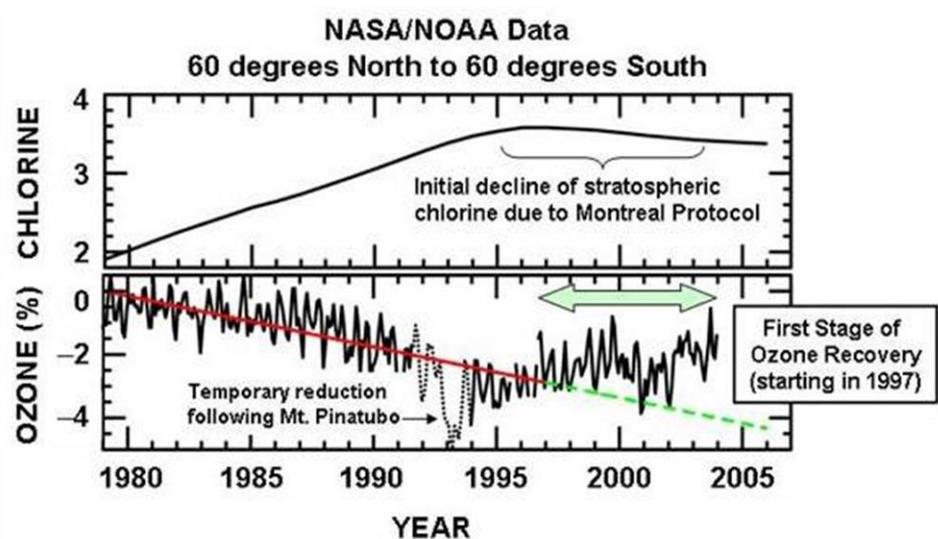
Teorias científicas sugerem que, uma vez emitidos para a atmosfera, estes compostos poderão destruir a Camada de Ozônio estratosférico que protege o planeta das radiações do tipo UV-B

Surgem fortes evidências de que derivados clorados sintéticos da família CFCs, contribuem para a redução da $[O_3]$

O Protocolo de Montreal prevê que a produção e o consumo destes compostos devem ser suspensas até 2000

Como a $[Cl]$ estratosférico diminuiu em resposta à adoção do Protocolo de Montreal, a primeira fase de recuperação do O_3 já começou

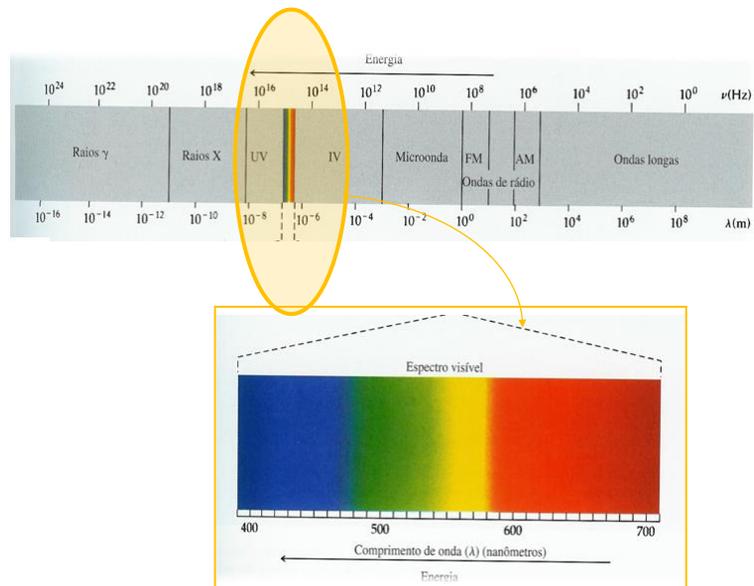
Camada de Ozônio



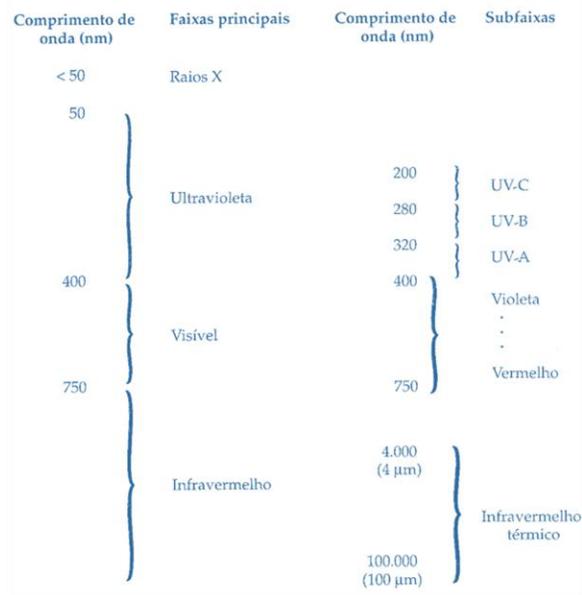
Camada de Ozônio

- A Química da Depleção da Camada de Ozônio é controlada pela energia associada com a luz solar
- Um objeto de cor **preta** absorve luz de todos os comprimentos de onda do espectro visível:
Desde 400 nm – luz **violeta** até 750 nm – luz **vermelha**
- O_2 e O_3 absorve apenas alguns tipos de luz ultravioleta (UV) que é radiação eletromagnética com comprimento de onda que varia entre 50 – 400 nm

Camada de Ozônio



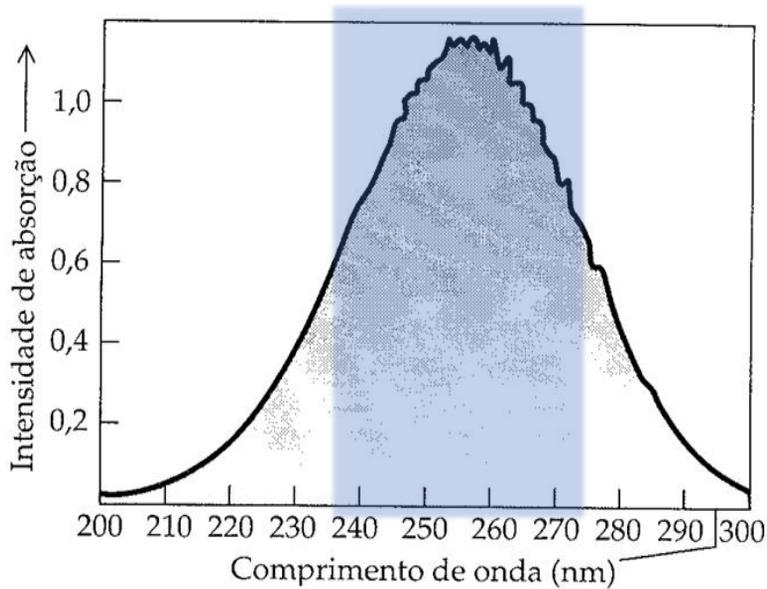
Espectro Eletromagnético



Espectro Eletromagnético

- A fração de luz absorvida pelo O_2 varia significativamente com a faixa de comprimento de onda
- O_2 situado acima da estratosfera filtra a maior parte da luz UV procedente do sol na faixa compreendida entre 120 e 220 nm
- O restante da luz nessa região é filtrado pelo O_2 situado na estratosfera
- A luz ultravioleta com comprimento de onda < 120 nm é filtrada na estratosfera e acima dela pelo O_2 e por outros constituintes do ar, como N_2
- A luz UV com comprimento de onda < 220 nm não atinge a superfície da Terra
- O O_2 filtra também alguma, mas não toda luz UV na faixa entre 220 – 240 nm

Espectro Eletromagnético



Espectro Eletromagnético

- A luz UV na faixa de 220 – 320 nm é filtrada por O_3 que está espalhado pela estratosfera média e inferior
- O_3 , auxiliado por O_2 filtra toda a luz ultravioleta procedente do Sol na faixa de 220 – 290 nm (= UV-C)
- No entanto, sua capacidade de absorção para a faixa de 290 – 320 nm é limitada e portanto, o O_3 absorve apenas uma fração da luz solar nesse caso. O restante da luz solar – 10 a 30% - chega à superfície da Terra.
- Como nem O_3 nem qualquer outro constituintes da atmosfera mostra-se efetivo quanto a absorção de luz na faixa entre 320 – 400 nm (UV-A), a maior parte dessa radiação (menos prejudicial ao homem) chega à Terra

Conseqüências Biológicas da Depleção da Camada de Ozônio

A redução da [O₃] aumenta a intensidade dos raios UV-B: estima-se que para cada 1,0% de afinamento da Camada de Ozônio haja um acréscimo de 2,0% na intensidade de luz do tipo UV-B sobre a Terra

E no que resulta uma exposição a raios UV-B para os seres vivos ??

- bronzeamento da pele e queimaduras;
 - câncer de pele (em caso de superexposição);
 - comprometimento do sistema imunológico; e
 - redução das expectativas de crescimento de certas plantas e animais
-
-

Conseqüências Biológicas da Depleção da Camada de Ozônio

- Os raios UV-B podem ser absorvidos pelo DNA promovendo neste, reações ditas prejudiciais
 - Pessoas claras apresentam taxa máxima de absorção de UV-B solar de 300 nm
 - Maioria dos casos de câncer de pele não é, felizmente, do tipo conhecido por MELANOMA MALIGNO, que é fatal
 - O câncer mais usual pertence a uma classe que se espalha lentamente sobre a pele podendo assim ser tratado. Este afeta de 1 a 4 americanos em algum momento da vida
-
-

Conseqüências Biológicas da Depleção da Camada de Ozônio

- O melanoma maligno provoca câncer de pele em cada 1 de 100 americanos
 - exposição curtas a raios UV-B de alta intensidade sobretudo ao longo das idades mais tenras;
 - Pessoas de loiras, sardentas e de pele clara, que se queimam facilmente nas quais, sobre a superfície da pele se desenvolvam verrugas de cores ou formas irregulares;
 - Homens brancos viventes em locais mais próximos à Linha do Equador tem duas vezes mais propensão a vir a falecer motivados por essa forma de câncer que pessoas de mesmo estereotipo que habitem locais mais próximos dos extremos Norte e Sul do planeta
-
-

Conseqüências Biológicas da Depleção da Camada de Ozônio

- Pessoas trabalham em locais fechados tem maior suscetibilidade ao melanoma maligno que outras cujos ofícios se dêem em locais abertos
 - Período regular desde a primeira exposição à luz do Sol e o aparecimento de câncer varia entre 15 e 25 anos
 - Melanoma tem origem na pele, mas pode se disseminar por outros órgãos do corpo humano – como cérebro e fígado – via corrente sanguínea
 - O uso de produtos que protejam o ser humano contra raios UV-B, mas que desconsideram os UV-A aumentam a possibilidade de câncer de pele por proporcionar maior exposição ao sol sem que ocorram queimaduras
 - Protetores solares: compostos de ZnO e TiO₂; refletem, espalham e absorvem a luz solar
-
-

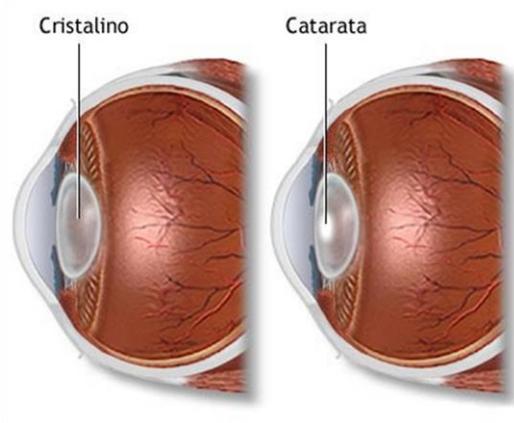
Conseqüências Biológicas da Depleção da Camada de Ozônio

- Uma redução de 1,0% na espessura a Camada de Ozônio pode elevar entre 1,0 e 2,0% a incidência de câncer de pele
 - Entre 1972 e 1992 a [O3] diminui 6,6% na latitude 45°N. Espera-se com isso aumentos: de 11% carcinoma célula basal, e 22% carcinoma célula escamosa;
 - Parte frontal do olho é porta de entrada de raios UV-B no organismo. A córnea e o cristalino filtram 99% de sua incidência;
 - Isso pode causar com o tempo, deformação do globo ocular (= catarata). Diagnosticou-se que um aumento de 10% na intensidade dos raios UV-B resulta em 6,0% a mais de casos de catarata em pessoas de ~ 50 anos
-

Catarata – O que é? Quais os sintomas? Como ocorre?

- Catarata é a opacidade da lente natural do olho. Esta pode ser tanto localizada como generalizada no cristalino
 - A doença inicia-se com diminuição da acuidade visual, sendo que o uso de recursos ópticos – óculos ou lentes de contato – não melhorado a visão do enfermo. Atua geralmente de maneira progressiva
 - Efeitos da catarata: diminuição da visão; imagens duplas, confusão na distinção de cores, alteração freqüente do grau de óculos, dificuldade de leitura e visão pior com luminosidade do sol
 - Nos dias atuais, a catarata corresponde a maior causa de cegueira no mundo. Pode ser congênita (mais rara) ou adquirida, que é a forma mais frequente
-

Catarata – O que é? Quais os sintomas? Como ocorre?



Catarata Bilateral Congênita

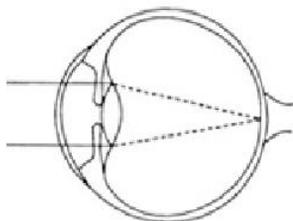
Normal, sem lentes

Lentes nubladas com catarata

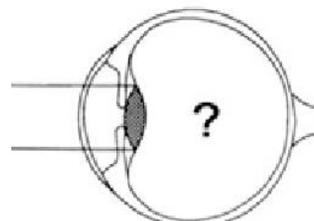


Catarata é a opacificação do cristalino, que pode ser causada pelo envelhecimento, desordens no metabolismo, trauma ou hereditariedade.

Catarata – O que se enxerga?



Olho Normal



Olho com Catarata



Catarata – O que é? Quais os sintomas? Como ocorre?

- Causas possíveis:

As cataratas adquiridas, ocorrem em geral, em pessoas acima dos 50 anos. Estas são chamadas de cataratas senis

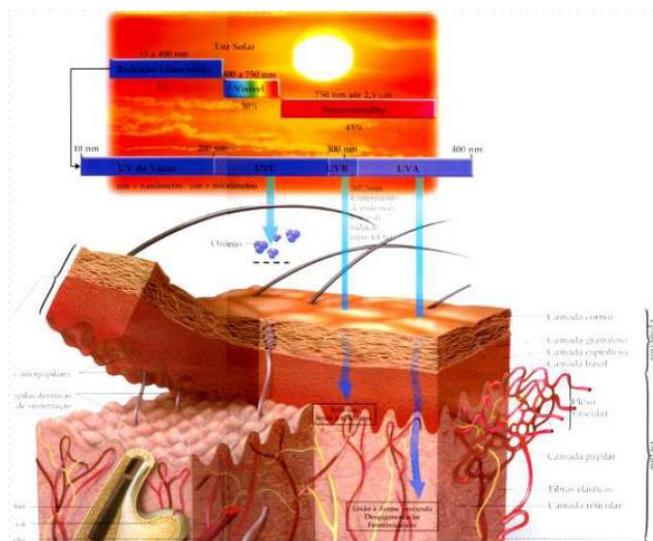
Alem da exposição excessiva à radiação ultravioleta traumas oculares, inflamações intra-oculares, uso de corticoesteróides, e doenças associadas (como diabetes) são também causas conhecidas

- Tratamentos:

O tratamento mais usual para catarata consiste de intervenção cirúrgica para remoção do cristalino opaco

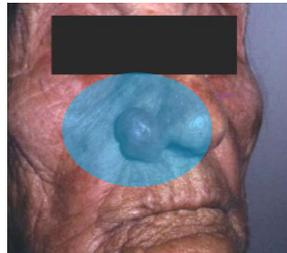
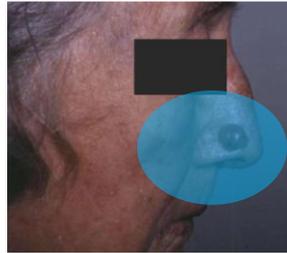
Como o cristalino é uma lente natural, quando retirado, deve-se colocar uma outra lente no lugar para evitar que o paciente seja obrigado a utilizar óculos de alto grau

Conhecendo Melhor o Câncer de Pele e seus Desdobramentos



Câncer de Pele – Carcinoma Basocelular

- neoplasia cutânea mais freqüente (70%)
- malignidade local: incapaz de gerar metástases
- mais comum em indivíduos acima dos 40 anos
- exposição contínua e prolongada a Raios UV
- pele clara
- portador tem 20-40% de voltar a ter anomalia
- EUA: mais de 1 000 000 de casos por ano
- Brasil: 43 600 (2012)



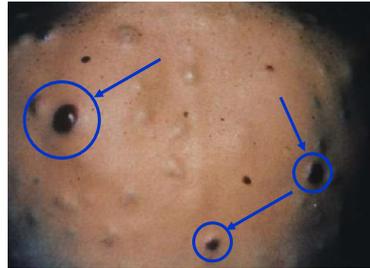
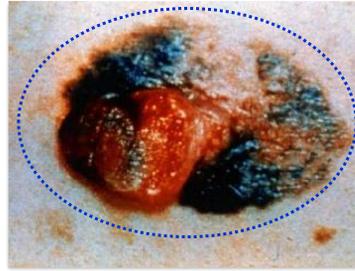
Câncer de Pele – Carcinoma Espinocelular

- 25% das neoplasias da pele (mucosas)
- comum acima dos 50 anos,
- pele clara largamente exposta a radiação UV
- outros fatores: fatores imunológicos,
- queimaduras, queratoses, drogas, e traumas
- pode gerar metástases
- história familiar e pessoal
- EUA: mais de 200 000 casos
- Brasil: 15 600 (2012)



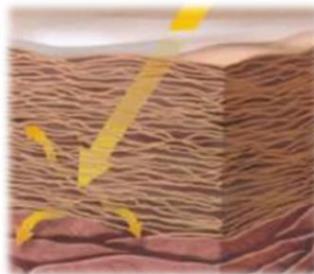
Câncer de Pele – Melanoma Cutâneo

- origina-se do melanócito
- mais agressivo dos tumores cutâneos
- mais comum após a puberdade
- 5% dos tumores malignos cutâneos
- fatores predisponentes: biótipo, carga genética
- EUA: 51 400 casos (7 800 óbitos) (2012)
- Brasil: 3 050 casos (1 085 óbitos) (2012)



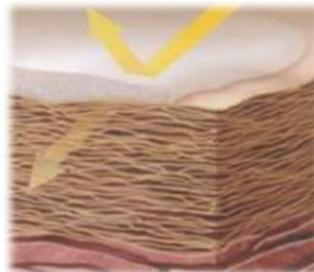
Protetores Solares

- Proteção UV-B: FPS
- Proteção UV-A
- Proteção IR
- Bloqueadores Físicos
- Veículo
- Instruções aos pacientes
- Auto bronzeadores



Filtros Químicos

Filtros Físicos



Protetores Solares

FPS = fator de proteção solar



Se o FPS for 30, significa que o produto protege 30 vezes mais o tempo em que a pessoa se bronzearia

EXEMPLO: se ela fica vermelha após 10 minutos no sol sem protetor, com o protetor ela ficaria protegida por 5 horas

Raios

UVA

- Responsável pelo bronzeado, manchas e rugas
- Médio grau de intensidade
- Não é bloqueado totalmente com protetor solar

UVB

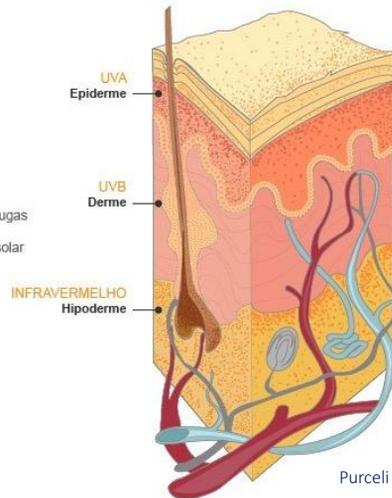
- Deixa a pele vermelha e queimada
- Ajuda na fabricação da vitamina D
- Aumenta o risco de câncer
- Abundante entre 10h e 16h
- Alto grau de intensidade

INFRAVERMELHO

- Provoca sensação de calor
- Causador do envelhecimento
- Baixo grau de intensidade

Fatores que determinam o bronzeado

- Quantidade de melanina produzida pela pele
- Tempo de exposição à radiação solar



Purceli & Maluf (2014)

% de Redução de UV B por Fator FPS

SPF	ABSORÇÃO UVB
2	50%
4	75%
8	87,5%
15	93,3%
20	95%
30	96,7%
45	97,8%
50	98%

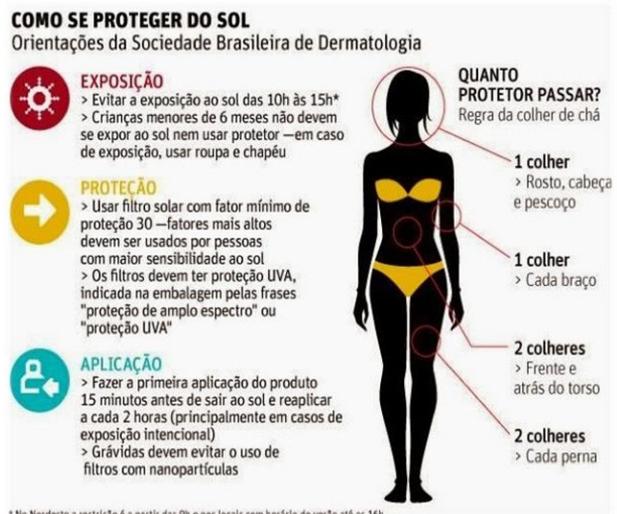
Protetores Solares: como usar

- $FPS = (MED \text{ protegido}) / (MED \text{ desprotegido})$
- Depende da quantidade aplicada (espessura)
 - 2,0 mg/cm² – padrão FDA
 - 1,5 mg/cm² – padrão DIN
 - ≤ 1,0 mg/cm² – in vivo
- Resistente à água: SPF intacto após 40 minutos
- À prova d'água: SPF intacto após 80 minutos



Protetores Solares: como usar

- $FPS = (MED \text{ protegido}) / (MED \text{ desprotegido})$
- Depende da quantidade aplicada (espessura)
 - 2,0 mg/cm² – padrão FDA
 - 1,5 mg/cm² – padrão DIN
 - ≤ 1,0 mg/cm² – in vivo
- Resistente à água: SPF intacto após 40 minutos
- À prova d'água: SPF intacto após 80 minutos



Protetores Solares: como usar

USE PROTETOR SOLAR

O uso do protetor é indispensável, seja dentro ou fora de casa, mesmo em dias nublados. O produto deve ter um fator de proteção solar (FPS) maior que 30 — se for menor, a proteção é insuficiente. Se estiver fora de casa, reaplique o protetor a cada três horas ou a cada mergulho, sem limpar a aplicação anterior. Se estiver em casa, basta aplicar uma vez de manhã e outra à tarde.

ONDE PASSAR O PROTETOR

Segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia, a distribuição de protetor solar pelo corpo deve ser feita da seguinte maneira: uma colher de chá para a região do rosto, cabeça e pescoço; uma colher de chá para cada braço; duas colheres de chá para o tronco e para as costas; e duas colheres de chá para cada perna. Não se esqueça de passar o protetor na orelha, onde são comuns casos de câncer de pele.

CONSIDERE PRODUTOS MULTIFUNÇÃOAIS

Existem no mercado produtos como hidratantes, cremes anti-idade e outros itens cosméticos que contêm fator de



Maquiagem + Protetor Solar



Antes de utilizar pó, bases, blushes e batons com proteção, utilize algodão e adstringente para limpar o rosto. Isso manterá os poros fechados, segurando o filtro e a maquiagem por mais tempo.



Mesmo que a maquiagem possua fator de proteção, é recomendado sempre usar protetor solar facial antes da maquiagem. Ao longo do dia, é suficiente que a manutenção seja feita apenas com maquiagem (FPS 30 e proteção UVA e UVB).



Aplique o filtro para rosto cinco minutos antes de passar a maquiagem. O fator de proteção deve ser acima de 30, contra raios UVA e UVB. Opte por um tipo de textura que facilite a aplicação da maquiagem.



Aplicar mais camadas de produtos que contêm filtro solar não aumenta o fator de proteção. A proteção será feita pelo mais alto FPS. Exemplo: passar filtro solar com FPS 30 e, em seguida, uma base com FPS 15, a proteção será 30.



A manutenção da proteção deve ser feita a cada duas horas ou sempre que transpirar muito ou molhar o rosto.

Conteúdo produzido pela equipe de comunicação da Portus Cosméticos

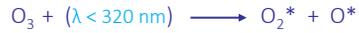
Conseqüências Biológicas da Depleção da Camada de Ozônio

- Aumento da incidência de raios UV-B interferem na fotossíntese
- As plantas, quando submetidas a esse efeito reduzem sua produção de folhas, frutos e sementes
- O fitoplâncton residente sobre a superfície espelhada da água pode também ser afetado pela presença de energia solar
- Sua mortandade afeta diretamente a cadeia alimentar, uma vez que:

Fitoplâncton → insetos → rãs → cobras → águas →

Criação e Destruição Não-catalítica de Ozônio

O₃ absorve de maneira eficiente luz UV com $\lambda < 320$ nm. O estado excitado gerado em decorrência desse fenômeno pode levar à sua dissociação



Por meio de colisões entre O₂ e O forma-se O₃. Além do produto material, constata-se ainda a geração de calor



Logo, a existência da Camada de Ozônio está condicionada a que:

$$r_d \approx r_f$$

Processo Catalítico de Destruição de Ozônio

Alguna espécie química – aqui denominada X – reage com O₃, promovendo a abstração de um dos átomos de oxigênio que o constituem

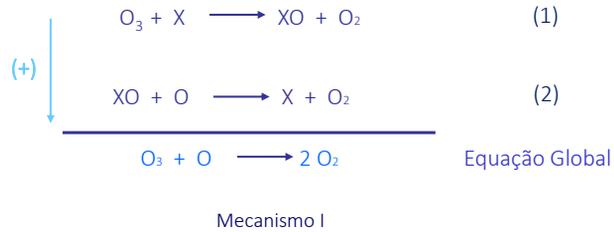


Caso a [O] seja elevada, as moléculas de XO se combinarão a ele para formar O₂, liberando assim a espécie X para nova reação com O₃



Processo Catalítico de Destruição de Ozônio

Pode-se dizer, portanto, que o MECANISMO GLOBAL da presente reação compreende a somatória das Equações 1 e 2

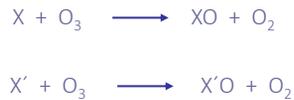


- O Mecanismo I de destruição de O_3 com “auxílio” de catalisador mostra características semelhantes às do processo não-catalítico
- A principal diferenciação entre ambos reside na presença de X, que ao fomentar a reação entre O e O_3 aumenta a eficiência de dissociação

Processo Catalítico de Destruição de Ozônio

Segundo os especialistas, a Depleção de Camada de Ozônio pode se dar por outro mecanismo catalítico geral – denominado Mecanismo II

Este ocorre na estratosfera inferior principalmente em situações nas quais a [X] for elevada



A seguir,



Mecanismo II

XOOX' é um intermediário instável que, por ação de luz e calor acaba por se decompor quase que instantaneamente em produtos

Processo Catalítico de Destruição de Ozônio

Exemplo de aplicação do Mecanismo I para CFC 11

