

# As Camadas da Atmosfera e sua Evolução no Tempo Geológico

As camadas da atmosfera da Terra são um resultado de bilhões de anos de evolução e processos geológicos e químicos complexos. Desde a sua formação, a atmosfera sofreu profundas transformações que moldaram o ambiente em que vivemos hoje. Esse processo começou com a origem do planeta, há aproximadamente 4,6 bilhões de anos, quando a Terra ainda estava em formação no Sistema Solar primordial.

## Origem da Atmosfera

A atmosfera primitiva da Terra era composta principalmente de hidrogênio e hélio, gases abundantes na nebulosa solar. No entanto, essa atmosfera inicial foi rapidamente perdida para o espaço devido à fraca gravidade da Terra jovem e à intensa atividade solar. A formação subsequente da atmosfera atual está ligada à liberação de gases vulcânicos, um processo chamado desgasificação vulcânica, que ocorreu durante o período chamado de Hadeano. A liberação de vapor d'água, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), amônia (NH<sub>3</sub>) e outros gases foi responsável por moldar a atmosfera secundária.

## Primeiras Transformações: Era Arqueana

No início do Arqueano, entre 4 e 2,5 bilhões de anos atrás, a atmosfera da Terra era composta principalmente de dióxido de carbono e vapor d'água, com quantidades mínimas de oxigênio livre. Nessa época, a Terra passou por um intenso resfriamento, o que permitiu a condensação do vapor d'água, levando à formação dos oceanos. Este foi um marco importante na evolução do planeta, pois possibilitou a criação de ambientes para o surgimento das primeiras formas de vida.

A evolução da vida, particularmente o surgimento das cianobactérias, foi crucial para as mudanças atmosféricas. As cianobactérias, organismos fotossintetizantes, começaram a produzir oxigênio

como subproduto da fotossíntese, um processo que teve consequências drásticas para a atmosfera e a biosfera.

### A Grande Oxidação

Cerca de 2,4 bilhões de anos atrás, durante o Paleoproterozoico, ocorreu o chamado "Grande Evento de Oxigenação" (GOE). A atividade fotossintética das cianobactérias resultou na liberação de oxigênio, que inicialmente se combinava com minerais e elementos presentes na crosta terrestre. Quando esses elementos foram saturados, o oxigênio começou a se acumular na atmosfera, resultando em um aumento significativo de O<sub>2</sub>. Este evento alterou profundamente a composição química da atmosfera e permitiu a eventual evolução de formas de vida aeróbicas.

### A Atmosfera Atual: Camadas e Estrutura

A atmosfera da Terra moderna é dividida em várias camadas, cada uma com características distintas, baseadas em fatores como temperatura e composição:

1. Troposfera: É a camada mais baixa, onde ocorrem todos os fenômenos meteorológicos. Ela se estende até cerca de 12 km de altitude e é composta majoritariamente por nitrogênio (78%) e oxigênio (21%). A temperatura diminui com a altitude.
2. Estratosfera: Localizada acima da troposfera, até cerca de 50 km de altitude, a estratosfera contém a camada de ozônio, responsável por absorver a maior parte da radiação ultravioleta prejudicial do Sol. A temperatura aumenta com a altitude devido à absorção dessa radiação.
3. Mesosfera: Acima da estratosfera, entre 50 e 85 km, a mesosfera é onde as temperaturas voltam a cair, sendo a camada mais fria da atmosfera. A maioria dos meteoros que entram na atmosfera queima nesta região.
4. Termosfera: Estendendo-se até cerca de 600 km de altitude, a termosfera é caracterizada por um aumento significativo da temperatura, que pode ultrapassar 2.000°C, devido à absorção de radiação solar de alta energia. Esta camada abriga a ionosfera, uma região importante para a

propagação das ondas de rádio.

5. Exosfera: A camada mais externa da atmosfera, onde as moléculas de ar são tão raras que praticamente não há colisões entre elas. Ela se estende a milhares de quilômetros no espaço e marca a transição para o vácuo do espaço interplanetário.

### Transformações ao Longo do Tempo Geológico

Além dos eventos descritos, outros fatores contribuíram para a evolução da atmosfera, como os ciclos de carbono, a tectônica de placas e eventos de extinção em massa. Por exemplo, o Ciclo de Milankovitch, que descreve as variações na órbita da Terra, influenciou períodos de glaciação e mudanças climáticas, afetando a composição e a dinâmica da atmosfera. As grandes erupções vulcânicas e os impactos de asteroides também desempenharam papéis cruciais ao injetar grandes quantidades de partículas e gases na atmosfera, alterando a temperatura global e provocando mudanças climáticas drásticas.

### Impactos Atuais e Futuro da Atmosfera

Nos tempos atuais, a atmosfera da Terra está em constante mudança devido à atividade humana. A queima de combustíveis fósseis, desmatamento e outras atividades estão contribuindo para o aumento dos níveis de dióxido de carbono, o que acelera o aquecimento global. A destruição da camada de ozônio e a poluição atmosférica são preocupações que também impactam a saúde da biosfera.

Concluindo, a atmosfera da Terra é um sistema dinâmico que passou por inúmeras transformações ao longo do tempo geológico. De sua composição primordial à atmosfera rica em oxigênio que conhecemos hoje, cada etapa de sua evolução foi influenciada por processos físicos, químicos e biológicos, que interagiram para criar as condições que sustentam a vida no planeta. A compreensão dessas mudanças é essencial para prever e mitigar os impactos futuros que as atividades humanas podem ter sobre este frágil sistema.

## Composição das Camadas da Atmosfera:

### 1. Troposfera:

- Nitrogênio (N<sub>2</sub>): 78%
- Oxigênio (O<sub>2</sub>): 21%
- Argônio (Ar): 0,93%
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): 0,04%
- Outros gases (Neônio, Hélio, Metano, Criptônio, Hidrogênio): < 0,03%
- Vapor d'água (H<sub>2</sub>O): varia de 0% a 4%

### 2. Estratosfera:

- Nitrogênio (N<sub>2</sub>): 78%
- Oxigênio (O<sub>2</sub>): 21%
- Argônio (Ar): 0,93%
- Ozônio (O<sub>3</sub>): quantidade variável (máxima concentração entre 15 e 35 km)
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): 0,04%
- Outros gases (Neônio, Hélio, Metano, Criptônio): < 0,03%

### 3. Mesosfera:

- Nitrogênio (N<sub>2</sub>): 78%
- Oxigênio (O<sub>2</sub>): 21%
- Argônio (Ar): 0,93%
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>): 0,04%

### 4. Termosfera:

- Nitrogênio (N<sub>2</sub>): concentração decrescente com a altitude

- Oxigênio (O<sub>2</sub>): concentração decrescente com a altitude
- Oxigênio Atômico (O): concentra-se em altitudes elevadas (acima de 150 km)
- Íons de oxigênio, nitrogênio e outros elementos presentes devido à ionização de gases

#### 5. Exosfera:

- Hidrogênio (H<sub>2</sub>): predomina em baixas concentrações
- Hélio (He): também presente em baixas concentrações
- Traços de outros gases: moléculas extremamente dispersas