

Origem das Cargas nos Solos

Origem das cargas; Ponto de carga zero

- **ERNANI, P.R. Química do Solo e Disponibilidade de Nutrientes, 2008. cap. 3 – p. 46-55.**
- **LEPSCH, I.F. 19 Lições de Pedologia, 2011. cap. 5 – p. 107-117.**
- **LOPES, A.S. Manual da Fertilidade do Solo, 1989. cap. 1 – p. 22-23.**
- **MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S. et al. Fertilidade do Solo, 1987. cap. 3 – p. 45-50 e cap. 5 – p. 78-82.**
- **MEURER, E.J. Fundamentos de Química do Solo, 2006. cap. 5 – p. 125-146.**
- **NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo, 2007. cap. 4 - p.151-157 e cap. 5 – p. 215-230.**
- **RAIJ, B. van. Avaliação da Fertilidade do solo, 1981. cap. 3 – p. 17-30 e cap. 6 – p. 83-85.**

➤ Tipos de carga no solo:

1. Cargas permanentes ou constantes
2. Cargas variáveis

1. Cargas permanentes ou constantes

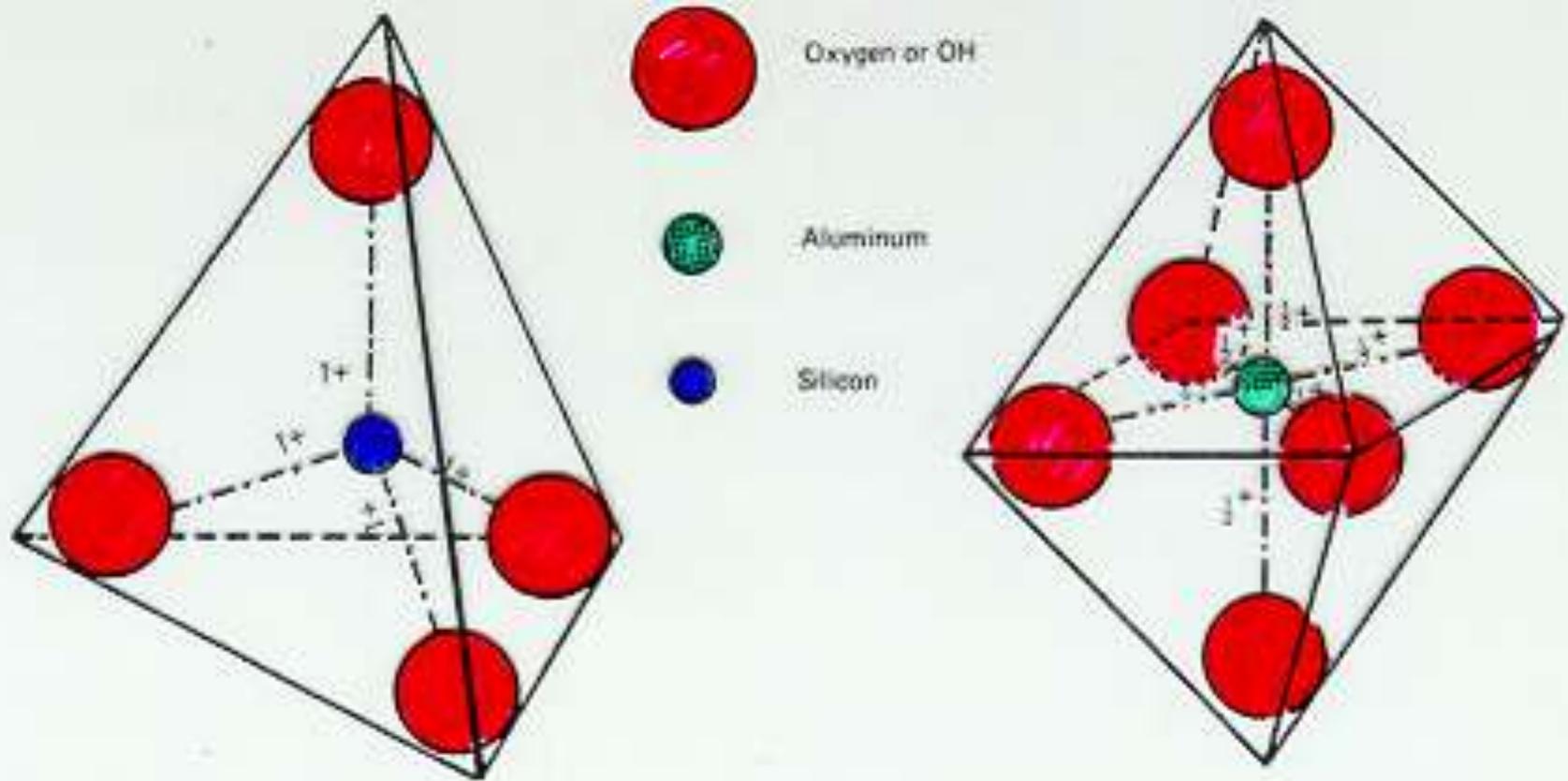
Principal processo: substituição isomórfica, também chamada iônica, de íons de tamanhos semelhantes, mas com cargas diferentes.

➤ Características:

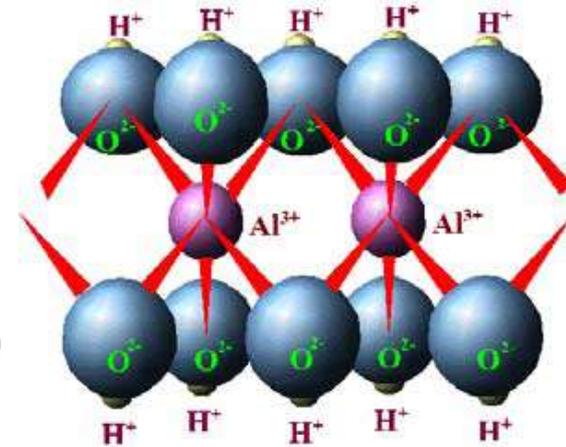
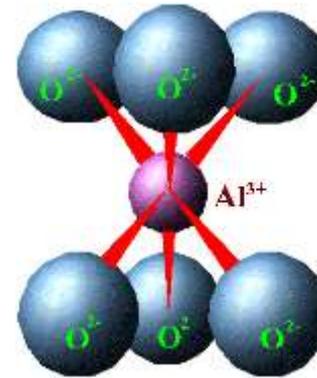
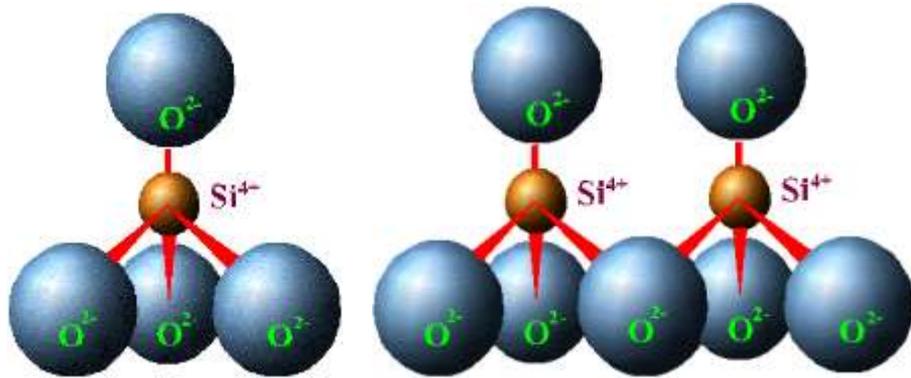
- Formam-se cargas permanentes
- Grande quantidade de cargas (-)

permanentes é formada em argilas do tipo 2:1

TETRAEDROS DE SÍLICA E OCTAEDROS DE ALUMINA

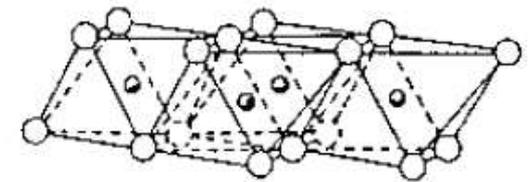
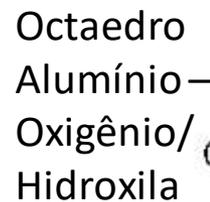
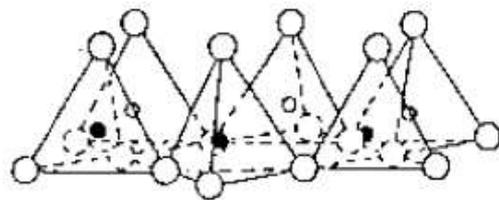


Tetraedros de sílica e octaedros de alumina



Camada de tetraedro

Camada de octaedro

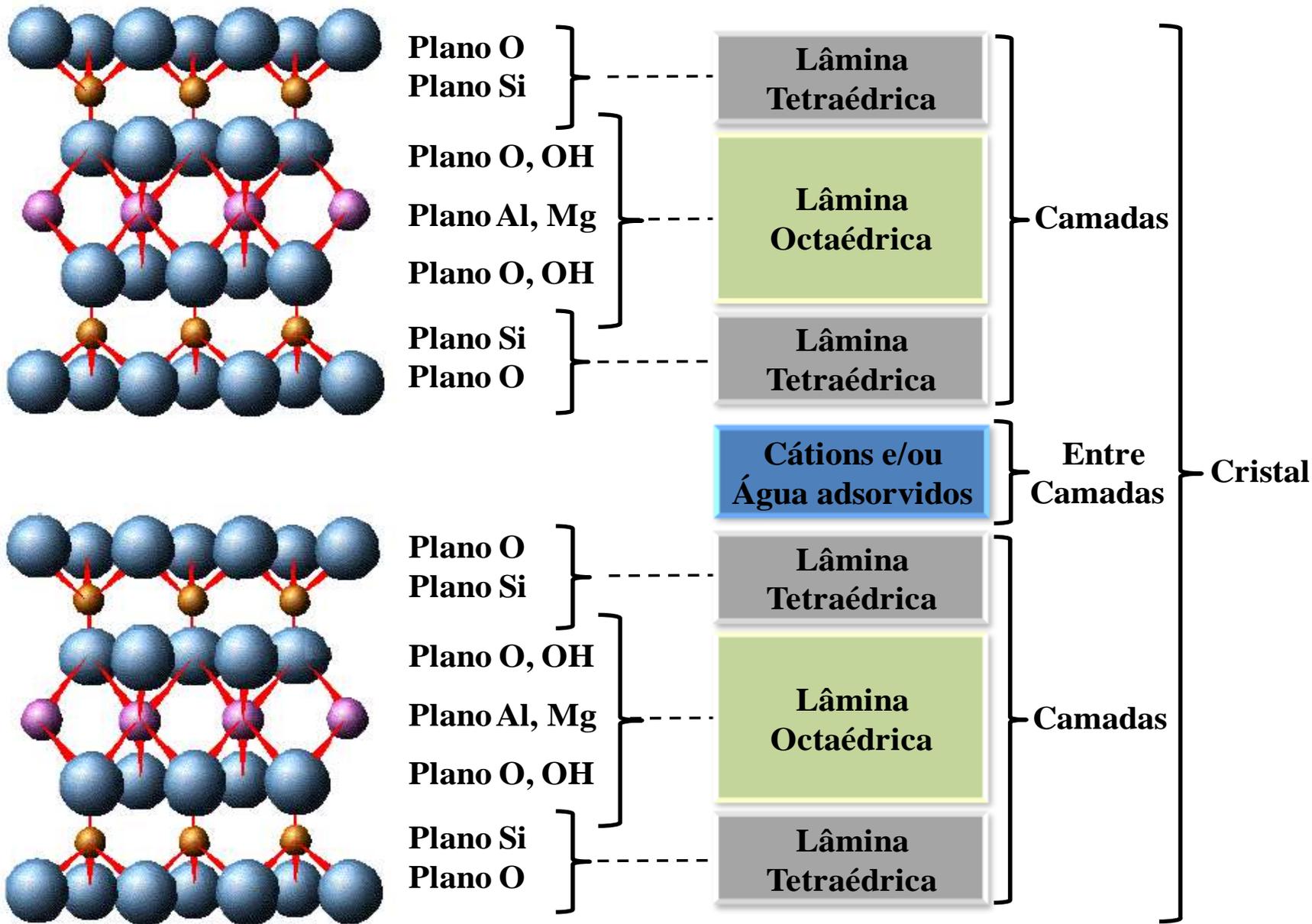


○ ○ Oxigênio

○ ● Silício

○ ○ Hidroxila ● Alumínio, Magnésio...

Tetraedros e Octaedros



➤ **Principais substituições iônicas:** geram cargas negativas na superfície do mineral

➤ **Tetraedros de sílica**

$\text{Si}^{4+} \rightarrow \text{Al}^{3+}$: gera uma carga negativa

➤ **Octaedros de alumina**

$\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$: gera uma carga negativa

$\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Mg}^{2+}$: gera uma carga negativa

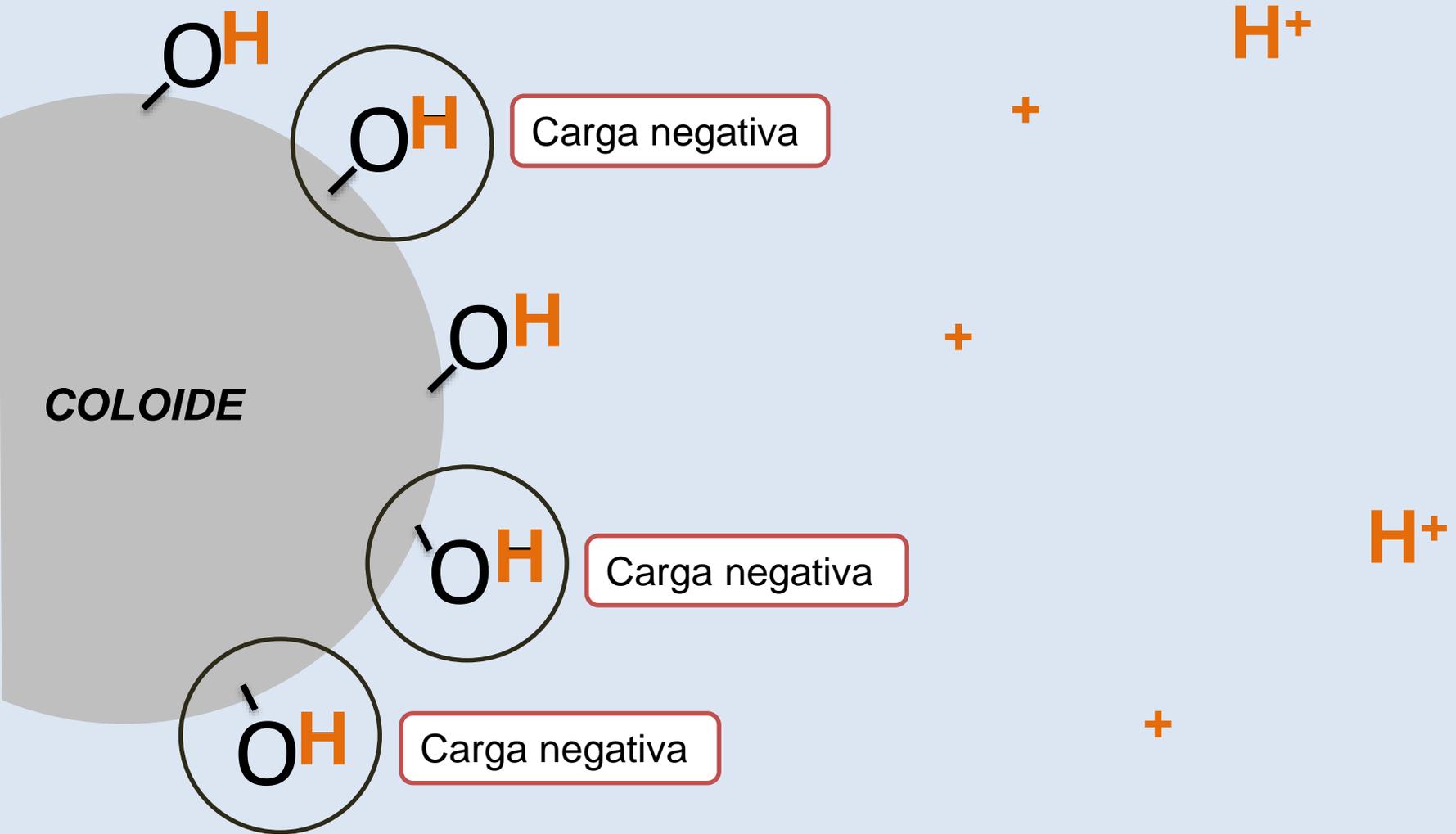
2. Cargas variáveis

Ocorrem por dois mecanismos nos grupos OH
expostos na superfície dos colóides:

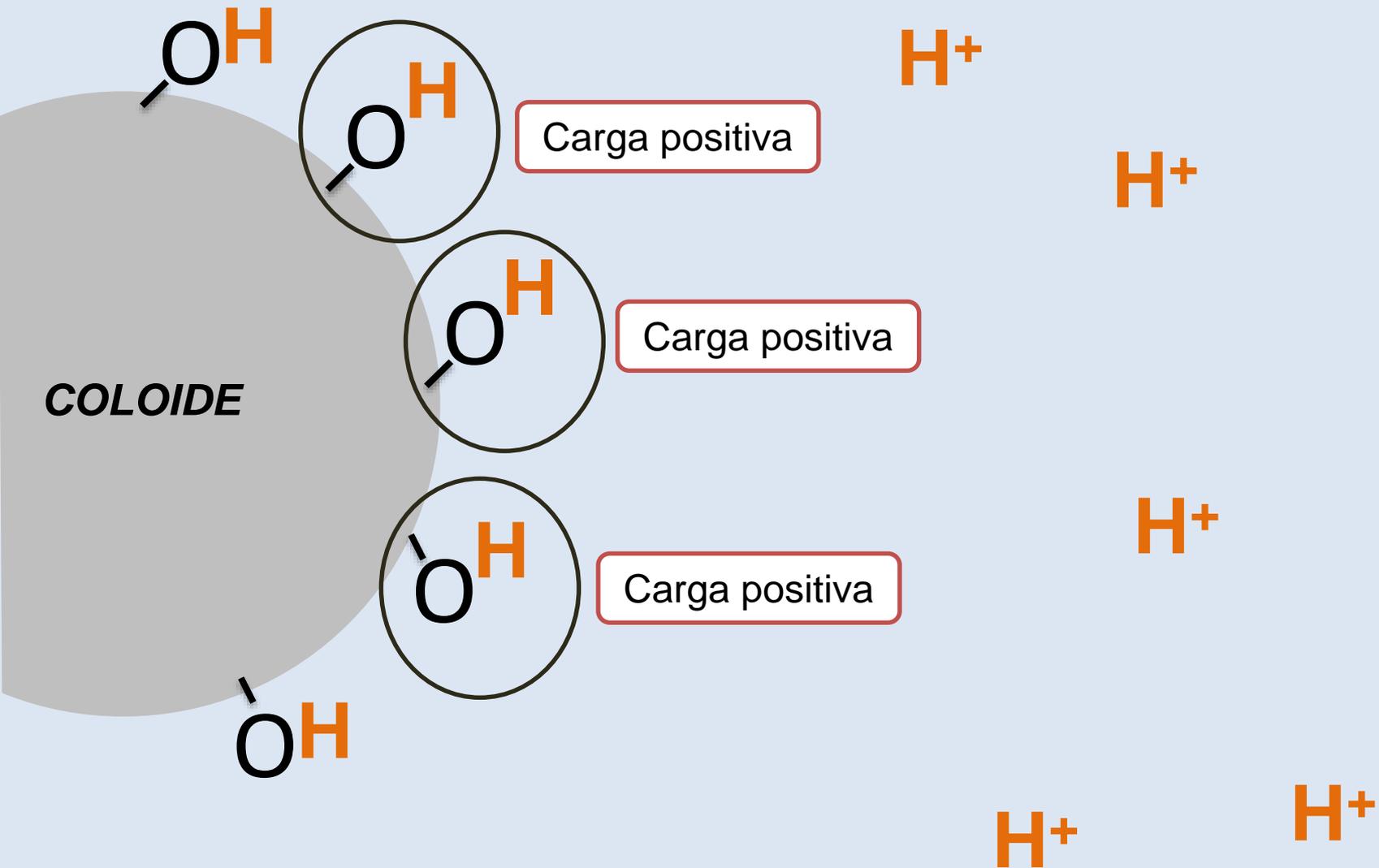
1) Dissociação

2) Protonação

Dissociação



Protonação



Resumo

- * Dissociação: geração de cargas negativas –
retenção de cátions = Capacidade de troca
de cátions (CTC)
- * Protonação: geração de cargas positivas –
retenção de ânions = Capacidade de troca
de ânions (CTA)

Características das cargas variáveis

- **variam c/ pH**
- **Importantes para:**
 - **minerais silicatados 1:1 (nas bordas);**
 - **colóides orgânicos;**
 - **hidróxidos de Fe e de Al.**

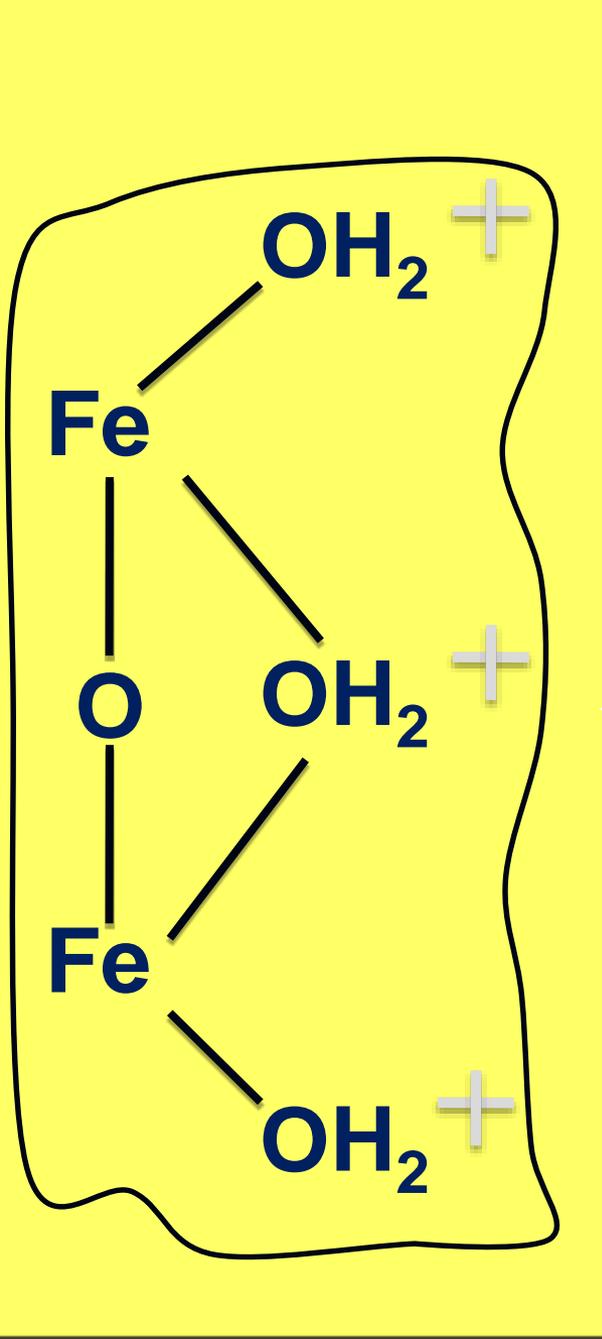
Geração de cargas negativas na matéria orgânica

- Principais grupos: *carboxílico* e *fenólico*

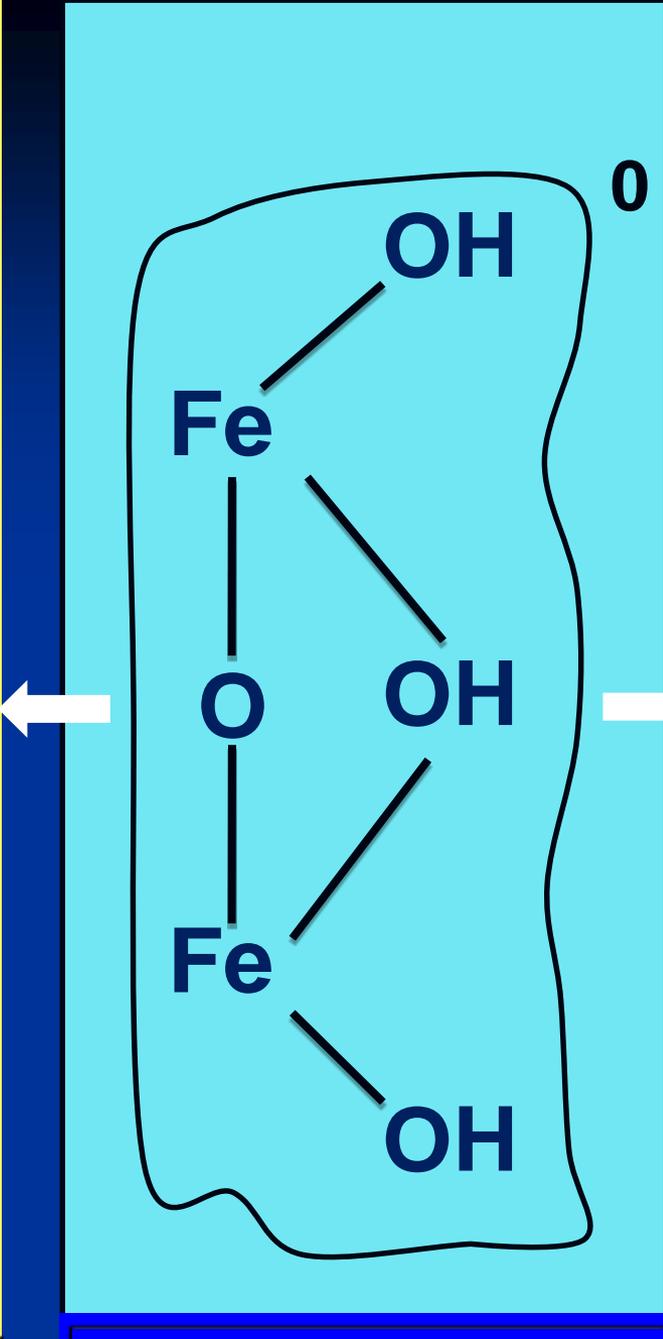


Geração de cargas nos hidróxidos de Fe e de Al

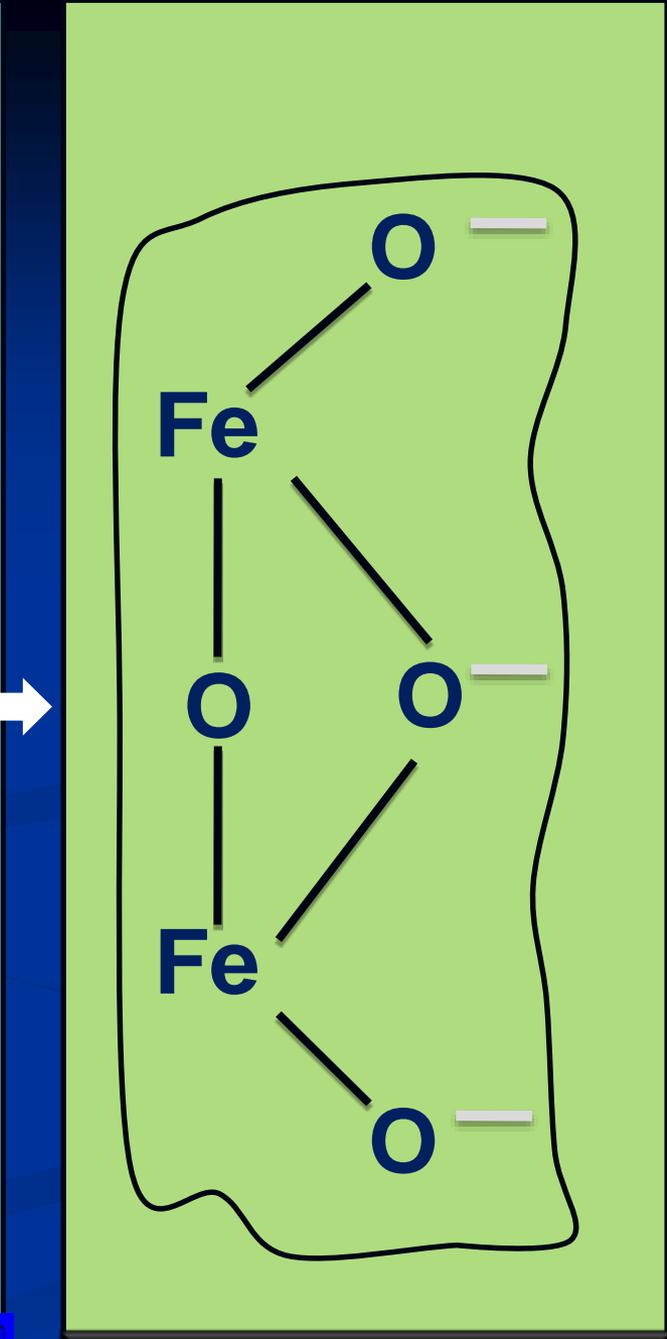
- Importantes em solos tropicais altamente intemperizados: altos teores de hidróxidos de Fe e de Al
- Apresentam caráter anfótero (anfi = duplo): podem ter balanço positivo ou negativo de cargas, dependendo do pH.



Protonação - carga (+)



Carga nula



Dissociação - carga (-)

Características das cargas elétricas do solo

•CARGAS CONSTANTES •(Negativas)	CARGAS VARIÁVEIS (Negativas e positivas)
<ul style="list-style-type: none">• Resultam de substituições iônicas de Si por Al ou de Al por Mg ou Fe^(II) na grade cristalina	<ul style="list-style-type: none">• Resultam de reações entre os íons H⁺ e átomos de O existentes na superfície da partícula
<ul style="list-style-type: none">• Ocorrem somente nos minerais de argila de grade 2:1.	<ul style="list-style-type: none">• Ocorrem nos óxidos de Fe e Al, nos minerais de argila e no húmus
<ul style="list-style-type: none">• Não são influenciadas pelas condições do meio como pH e concentração da solução	<ul style="list-style-type: none">• São influenciadas pelas condições do meio como pH e concentração da solução
<ul style="list-style-type: none">• Têm origem interna	<ul style="list-style-type: none">• Têm origem externa
<ul style="list-style-type: none">• São sempre negativas	<ul style="list-style-type: none">• Podem ser negativas ou positivas

Ponto de Carga Zero (PCZ)

Definição:

Valor de pH em que a superfície de determinado colóide (orgânico ou inorgânico) tem carga nula.

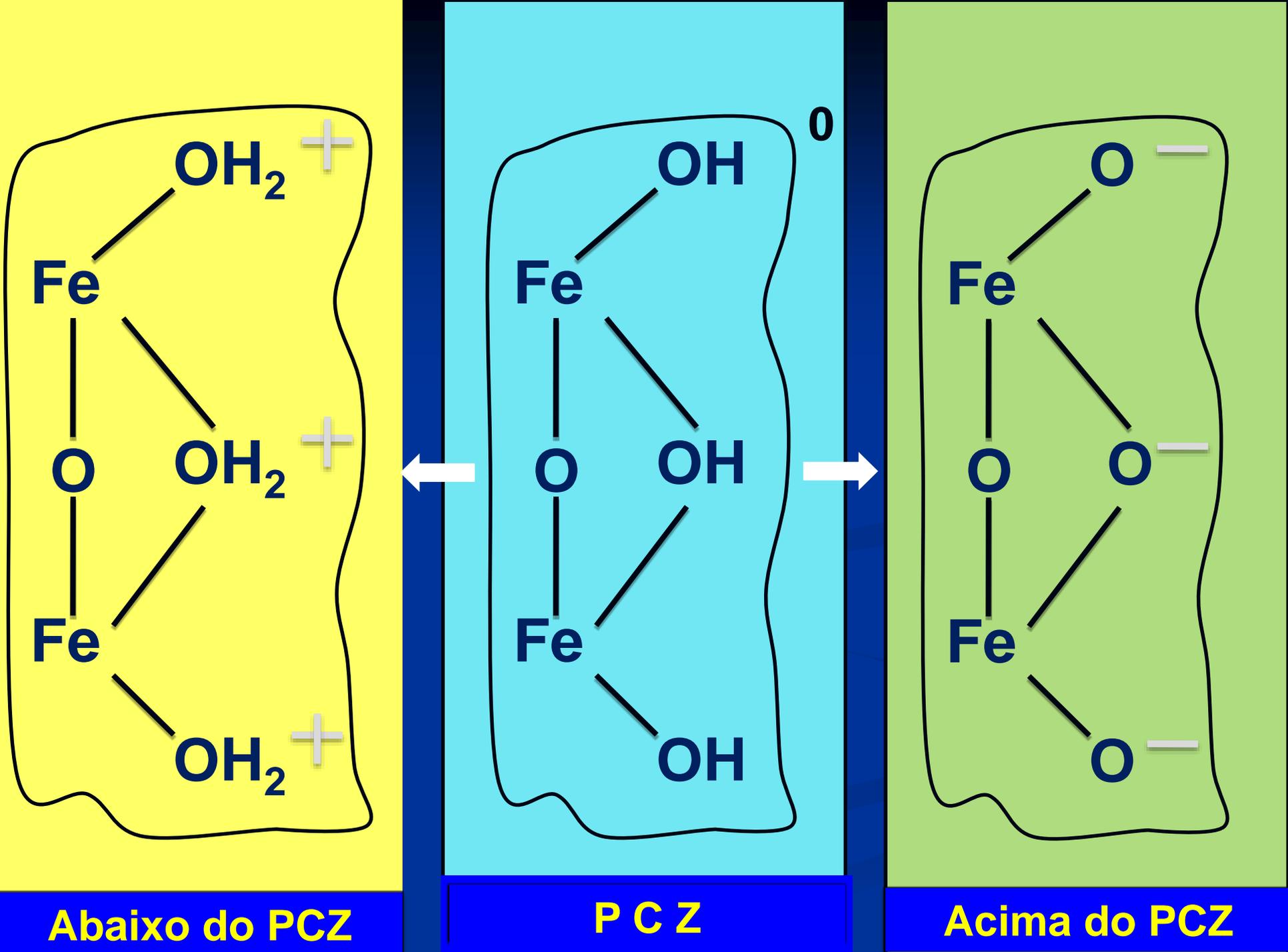
PCZ de alguns constituintes dos solos

0	2	4	6	8	10 (pH)	Colóide	PCZ
+ + + + + + + + + + + + + + + - - - - -						Hematita / Goethita	8,5
+ + + + + + + + + + + + + - - - - -						Gibbsita	7,5
+ + + + + + - - - - - - - - - - - - - - -						Caulinita	3,5
+ + + -						Húmus	<2,0
- -						Esmectita / Vermiculita	-

- Se o material estiver num meio em que o pH do meio $>$ PCZ do material: **material apresenta carga negativa.**
- Se o material estiver num meio em que o pH do meio $<$ PCZ do material: **material apresenta carga positiva.**
- Se o material estiver num meio em que o pH do meio $=$ PCZ do material: **material terá carga nula.**

- Hidróxidos de Fe e de Al: apresentam caráter anfótero – podem ter tanto carga negativa como positiva, dependendo do pH do meio em que estão.

- *Observem a representação esquemática da variação na carga na superfície de um hidróxido de Fe em função do pH do meio.*



Abaixo do PCZ

PCZ

Acima do PCZ

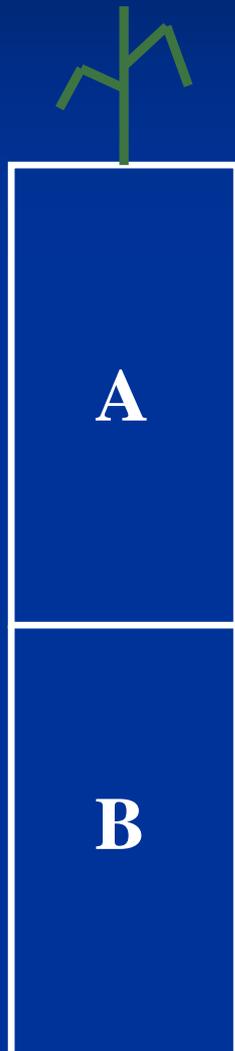
- **Solo**: composto por vários constituintes, cada um com seu PCZ.
- **PCZ do solo**: vai depender dos PCZs de seus constituintes e das interações entre eles.
- **Exemplo de interação**: recobrimento da matéria orgânica nas superfícies dos óxidos e minerais silicatados.

Valores comuns de PCZ de solos

Camada superficial (0-20 cm): PCZ na faixa de 3 a 4.

Camada subsuperficial: geralmente os valores de PCZ se mantêm na faixa de 3 a 4, mas podem ser mais altos dependendo, principalmente, dos teores de hidróxidos de Fe e de Al.

Teores de matéria orgânica e de óxidos, PCZ, pH e carga líquida de um solo tropical altamente intemperizado



- > teor de matéria orgânica;
 - < valor de PCZ;
 - pH do solo > PCZ;
 - carga líquida (-);
 - pred. retenção de cátions == **CTC > CTA.**
-
- < teor de matéria orgânica;
 - predominam os óxidos;
 - > valor de PCZ;
 - pH do solo pode ser < PCZ;
 - carga líquida pode ser (+) == **CTA > CTC.**

Questões: Origem das cargas elétricas do solo e Ponto de Carga Zero – Prof. Alleoni

- As cargas elétricas do solo são divididas em duas classes principais. Quais são elas?
- Qual o principal mecanismo de geração de cargas permanentes ou constantes? Esse tipo de carga é mais comum em solos tropicais úmidos bem drenados ou em solos temperados? Por quê?
- Quais as principais substituições iônicas (ou isomórficas) que ocorrem nos tetraedros de sílica e nos octaedros de alumina?
- Explique o mecanismo de geração de cargas por dissociação do grupo OH e por protonação. Como a variação do pH da solução do solo afeta os mecanismos?

- Quais os principais radicais orgânicos que participam da geração de cargas elétricas? São formadas predominantemente cargas positivas ou negativas?
- Qual o mecanismo de geração de cargas nos seguintes colóides do solo:
 - matéria orgânica
 - minerais de argila
 - óxidos e hidróxidos de Fe e de Al
- Por que é mais comum que o solo tenha carga líquida negativa do que positiva?
- Defina Ponto de Carga Zero (PCZ).
- Quais os valores médios de PCZ dos óxidos de ferro e de alumínio, minerais de argila e matéria orgânica?

- Em valores comuns de pH do Solo (de 4 a 6,5) é mais comum que apareçam cargas positivas na superfície dos colóides orgânicos ou de óxidos de Fe e de Al? Relacione sua resposta com o conceito de PCZ.
- Considerando a diversidade dos componentes da fase sólida, qual seria o valor médio do PCZ da camada superficial da maioria dos solos tropicais? Qual é faixa de variação do pH da solução do solo? Com base nessas informações, é mais comum se encontrar carga líquida negativa ou positiva nos solos?
- Qual o principal colóide que atua na redução do PCZ dos solos? Se o pH do solo for maior do que o seu PCZ, há predomínio de que tipo de carga (negativa ou positiva)? E se o pH for menor que o PCZ, o que ocorre?
- À medida que a profundidade do solo aumenta, o PCZ de um solo tropical altamente intemperizado aumenta ou diminui? Por quê?