



[www.estudar.com.vc](http://www.estudar.com.vc)

# **Trabalho e Energia**

## **Classificação de Pontos de**

### **Equilíbrio**

#### **Explicação**





Os pontos de equilíbrio  $x_{eq}$  são aqueles que zeram a seguinte derivada da função energia potencial ( $U(x)$ ):

$$\frac{dU(x_{eq})}{dx} = 0$$

Esses pontos de equilíbrio possuem classificações dos seguintes tipos:

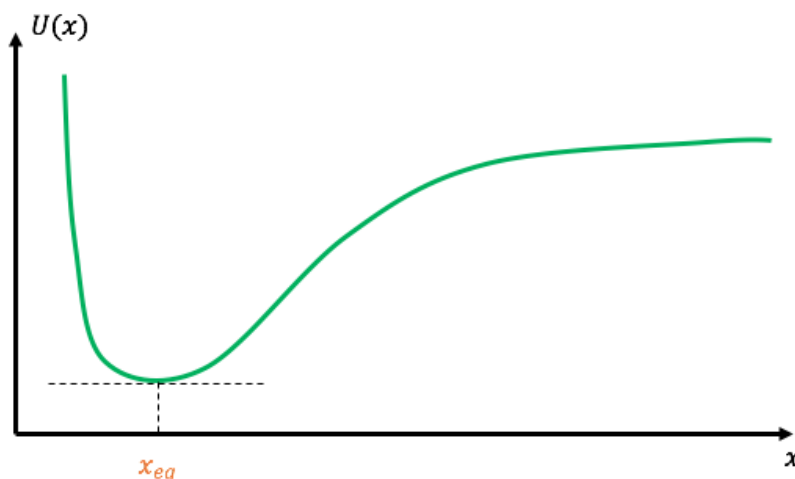
## 1. Ponto de Equilíbrio Estável

O **equilíbrio estável** é aquele em que, se a partícula se deslocar levemente para uma posição próxima ao ponto de equilíbrio, ela **tenderá** a voltar para o ponto de equilíbrio  $x_{eq}$ .

Ela ocorre quando a **concavidade** no ponto de equilíbrio for **para cima**. Ou seja:

$$\frac{d^2U(x_{eq})}{dx^2} > 0$$

A **segunda derivada** da energia potencial nesse **ponto de equilíbrio** deve ser **positiva**:





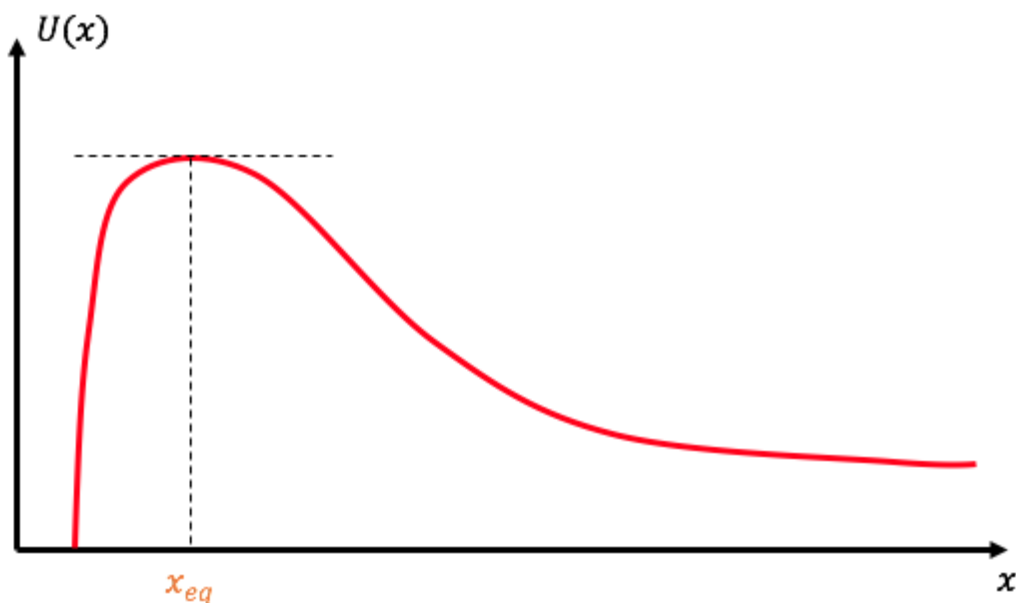
## 2. Ponto de **Equilíbrio Instável**

O **equilíbrio instável** é aquele em que, se a partícula se deslocar levemente para uma posição próxima ao ponto de equilíbrio, ela **não** irá voltar para o ponto de equilíbrio, e só se afastará mais ainda do ponto de equilíbrio.

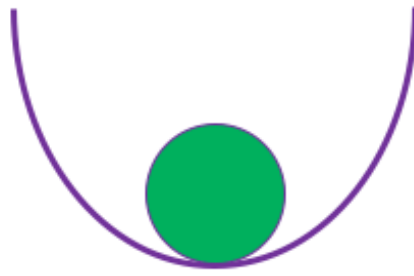
Ela ocorre quando a **concavidade** no ponto de equilíbrio for **para baixo**. Ou seja:

$$\frac{d^2U(x_{eq})}{dx^2} < 0$$

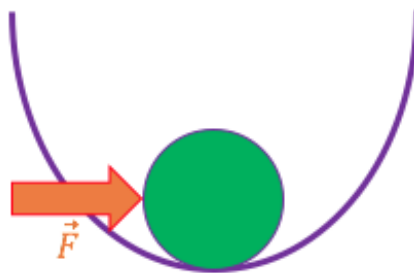
A **segunda derivada** da **energia potencial** nesse **ponto de equilíbrio** deve ser **negativa**:



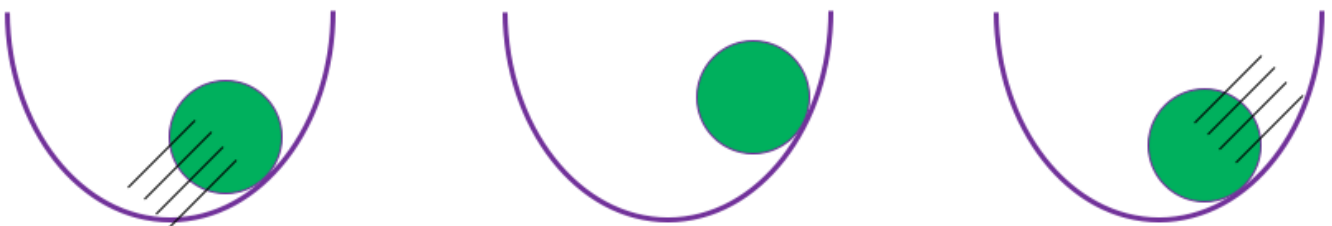
A gente tem um esquema prático para lembrar da relação entre a concavidade e a estabilidade do ponto. Veja a bolinha abaixo colocada em uma curva de energia potencial com **equilíbrio estável**:



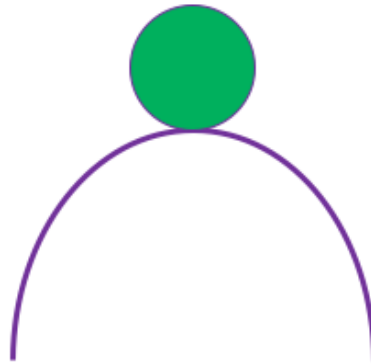
Vamos “cutucar” a bolinha:



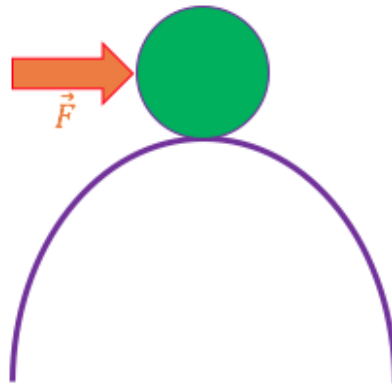
Repare que ela irá subir por essa curva, parar, descer de novo, e ficar oscilando **ao redor do ponto de equilíbrio**. Ou seja, a bolinha tenta sempre voltar para esse ponto de equilíbrio. Por isso o ponto de equilíbrio é **estável**:



Agora vamos ver o caso em que curva é de um **ponto de equilíbrio instável**:



Vamos, novamente, “cutucar” a bolinha:



Veja que depois de cutucada, ela irá **cair** para **nunca mais voltar**, caracterizando um **ponto de equilíbrio instável**.

