- alguns processos simples não têm um ganho limite (por exemplo, processos modelados por atrasos de transferência de primeira ou segunda ordem e sem tempo morto).

### 8.2.2 MÉTODO DAS OSCILAÇÕES CONTÍNUAS OU MANTIDAS DE ZIEGLER E NICHOLS

Métodos de sintonia por tentativa e erro baseados em oscilações mantidas podem ser encarados como variantes do método das Oscilações Contínuas ou Oscilações Mantidas, proposto por Ziegler e Nichols em 1942. Esse método clássico, aplicado com o sistema em malha fechada, é provavelmente o mais conhecido para ajustar controladores PID e também é intitulado sintonia de malha ou método do ganho limite. Deve-se estimar experimentalmente o valor de $K_{CU}$, como descrito na Subseção 8.2.1, e o período da oscilação mantida, intitulado de período crítico ou período limite (*ultimate period*) $P_U$. Esses termos equivalem, respectivamente, ao ganho e ao período no ponto em que o lugar geométrico das raízes relativo à função de transferência $G(s)$ do processo intercepta o eixo real negativo, ou seja, o limite de estabilidade do sistema. O PID é sintonizado a partir de $K_{CU}$ e $P_U$, usando as relações da Tabela 8.1. Os parâmetros desse método se baseiam na experiência com processos típicos e foram empiricamente criados para prover taxa de decaimento de ¼.

**Tabela 8.1 –** Ajustes propostos para o método das Oscilações Contínuas de Ziegler-Nichols

| Controlador | $K_C$ | $T_I$ | $T_D$ |
|---|---|---|---|
| P | $0{,}50 \cdot K_{CU}$ | ------ | ------ |
| PI | $0{,}45 \cdot K_{CU}$ | $P_U/1{,}2$ | ------ |
| PD | $0{,}60 \cdot K_{CU}$ | ------ | $P_U/2$ |
| PID | $0{,}60 \cdot K_{CU}$ | $P_U/2$ | $P_U/8$ |

As desvantagens desse método são: perturba-se a planta várias vezes até atingir as oscilações mantidas, sendo que pode levar muito tempo para atingi-las, e é arriscado levar uma planta industrial ao limiar da estabilidade. Para evitá-las, sugere-se obter $K_{CU}$ e $P_U$ de modo aproximado pelo método da Realimentação por Relé (ver Subseção 8.4.1).

Esse método define $K_C = 0{,}50 \cdot K_{CU}$ para um controlador P, implicando que a margem de segurança é razoável. Ao adicionar o termo integral, o ganho $K_C$ diminui para $0{,}45 \cdot K_{CU}$, denotando o caráter instabilizante da ação integral. Ao se incluir o termo derivativo, o ganho $K_C$ sobe para $0{,}60 \cdot K_{CU}$, indicando a natureza estabilizante da ação derivativa.

A seguir, aplica-se essa sintonia ao seguinte processo: