

## Altura AVL

A altura máxima e mínima de uma árvore AVL depende do número de nós na árvore. A altura de uma árvore AVL é limitada superiormente pela altura logarítmica, e a altura mínima é próxima à constante.

A altura mínima de uma árvore AVL é 1. Isso ocorre quando a árvore AVL é uma árvore com um único nó, que é a raiz da árvore e contém uma única chave.

A altura máxima de uma árvore AVL com  $n$  nós é aproximadamente  $\log$  base 2 de  $n$ . Especificamente, a altura máxima de uma árvore AVL com  $n$  nós é  $O(\log n)$ .

A altura de uma árvore AVL é mantida balanceada para garantir que as operações de inserção, remoção e busca possam ser realizadas em tempo  $O(\log n)$ . A altura de uma árvore AVL é limitada superiormente por uma constante vezes o logaritmo base 2 do número de nós na árvore. Especificamente, a altura de uma árvore AVL com  $n$  nós é  $O(\log n)$ .

Em resumo, a árvore AVL tem altura mínima 1 e altura máxima  $O(\log n)$ , onde  $n$  é o número de nós na árvore.

---

## Altura Rubro-Negra

A altura máxima de uma árvore rubro-negra com  $n$  nós é  $2 \log$  base 2 de  $(n+1)$ . Especificamente, a altura máxima de uma árvore rubro-negra com  $n$  nós é  $O(\log n)$ .

A altura mínima de uma árvore rubro-negra depende da estrutura da árvore. Se a árvore tem pelo menos um nó, sua altura mínima é 2. A altura mínima é alcançada quando a árvore tem apenas um nó preto, que é a raiz.

A árvore rubro-negra tem uma altura limitada superiormente por uma constante vezes o logaritmo base 2 do número de nós na árvore, o que garante que as operações de inserção, remoção e busca possam ser realizadas em tempo  $O(\log n)$ . A árvore rubro-negra é uma árvore balanceada que mantém a altura da árvore em  $O(\log n)$  e, ao mesmo tempo, mantém uma estrutura de árvore binária de busca.

Em resumo, a altura máxima de uma árvore rubro-negra com  $n$  nós é  $O(\log n)$ , e a altura mínima é 2, se a árvore tiver pelo menos um nó.

### **Máximo e mínimo de nós Rubro-Negra**

O número máximo de nós em uma árvore rubro-negra é determinado pelo seu tamanho e sua altura máxima. A altura máxima de uma árvore rubro-negra com  $n$  nós é  $2 \log_{\text{base } 2} (n+1)$ , então o número máximo de nós que uma árvore rubro-negra pode ter é limitado superiormente por 2 elevado à altura máxima, menos 1.

Em outras palavras, o número máximo de nós que uma árvore rubro-negra pode ter é dado por  $2^{(2 \log_{\text{base } 2} (n+1))} - 1$ , o que simplifica para  $2n - 1$ . Portanto, o número máximo de nós que uma árvore rubro-negra pode ter é  $2n - 1$ , onde  $n$  é o número de nós na árvore.

Por exemplo, uma árvore rubro-negra com altura máxima de 3 pode ter no máximo 15 nós ( $2^3 - 1$ ). Uma árvore rubro-negra com altura máxima de 4 pode ter no máximo 31 nós ( $2^4 - 1$ ). E assim por diante.

É importante observar que essa fórmula fornece apenas um limite superior para o número de nós em uma árvore rubro-negra e que o número real de nós pode ser menor, dependendo da estrutura da árvore.

Já o número mínimo de nós em uma árvore rubro-negra é 2. Esse número é alcançado quando a árvore tem apenas um nó preto, que é a raiz.

Em uma árvore rubro-negra, cada nó pode ser vermelho ou preto, e o número de nós pretos em qualquer caminho da raiz a uma folha é sempre o mesmo. Como a altura da árvore é limitada superiormente por  $2 \log_{\text{base } 2} (n+1)$ , onde  $n$  é o número de nós na árvore, isso implica que o número mínimo de nós em uma árvore rubro-negra é alcançado quando a altura da árvore é 2 e o caminho mais longo da raiz a uma folha tem um único nó preto em seu caminho.

A árvore rubro-negra é uma árvore balanceada que mantém a altura da árvore em  $O(\log n)$  e, ao mesmo tempo, mantém uma estrutura de árvore binária de busca. A altura mínima de uma árvore rubro-negra é 2, garantindo que qualquer operação de busca, inserção ou remoção possa ser realizada em tempo  $O(\log n)$ .

## Máximo e mínimo de nós AVL

O número máximo de nós em uma árvore AVL é limitado superiormente por uma função exponencial do logaritmo da altura da árvore. Mais precisamente, se  $h$  é a altura da árvore AVL, então o número máximo de nós  $n$  é tal que:

$$n \leq 2^{(h+1)} - 1$$

Isso significa que a árvore AVL tem no máximo  $2^{(h+1)} - 1$  nós, onde  $h$  é a altura da árvore. Essa fórmula estabelece uma relação entre a altura da árvore AVL e o número máximo de nós que ela pode conter.

A altura de uma árvore AVL é limitada superiormente por  $O(\log n)$ , então o número máximo de nós em uma árvore AVL é limitado superiormente por  $2^{(\log n + 1)} - 1$ , que é igual a  $2n - 1$ . Isso significa que uma árvore AVL com  $n$  nós tem no máximo  $2n - 1$  nós.

Vale ressaltar que essa fórmula fornece apenas um limite superior para o número de nós em uma árvore AVL e que o número real de nós pode ser menor, dependendo da estrutura da árvore. Além disso, essa fórmula pressupõe que a árvore AVL está perfeitamente balanceada, o que nem sempre é o caso.

O número mínimo de nós em uma árvore AVL é 1. Isto ocorre quando a árvore tem apenas um nó, que é a raiz.

Uma árvore AVL é uma árvore binária de busca balanceada em que a diferença entre as alturas das subárvores esquerda e direita em cada nó é no máximo 1. Como a altura de uma árvore AVL é limitada superiormente por  $O(\log n)$ , onde  $n$  é o número de nós na árvore, a árvore AVL deve ter altura pelo menos 1.

A altura mínima da árvore AVL é atingida quando tem apenas um nó, que é a raiz. Neste caso, a árvore tem altura 0 e a única operação que pode ser realizada é a busca pelo nó raiz. Qualquer outra operação (inserção, remoção, etc.) requer pelo menos mais um nó na árvore.