

1. Considere o array abaixo onde se encontra armazenada uma min-heap de tamanho 10.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	8	25	9	24	32	37	110	120	31

Apresente a evolução da min-heap ao remover todos os seus elementos (um a um, e por isso 10 remoções).

2. A função apresentada ao lado testa se um array tem números repetidos em tempo quadrático no tamanho do array argumento.

Usando uma estrutura de dados auxiliar à sua escolha, apresente uma definição alternativa desta função que execute em tempo linear no tamanho do array argumento. Mostre, mesmo que informalmente, que a complexidade da função apresentada é de facto linear.

```
int repetidos (int v[], int N){
    int i, j;
    for (i=0; i<N-1; i++)
        for (j=i+1; j<N; j++)
            if (v[i]==v[j]) return 1;
    return 0;
}
```

3. Considere a definição ao lado para representar (as arestas de) grafos em listas de adjacência.

O grau de entrada (*indegree*) de um vértice define-se como o número de arestas do grafo que têm esse vértice como destino.

Um grafo diz-se uma árvore sse (1) existe um único vértice chamado raiz cujo grau de entrada é zero e (2) para todos os outros vértices existe um único caminho da raiz para esse vértice.

```
#define NV ...
typedef struct aresta {
    int destino, peso;
    struct aresta *prox;
} *Grafo [NV];
```

Defina uma função `int isTree (Grafo g)` que testa se um dado grafo orientado é um árvore. A função deverá retornar -1 se o grafo não for uma árvore. No outro caso deverá retornar a raiz da árvore.

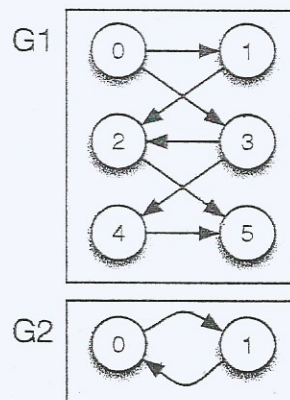
- 4.

Considere que se usam arrays de inteiros para representar transformações dos vértices de um grafo.

Por exemplo o array $f = \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{matrix}$ transforma os vértices pares em 1 e os ímpares em 0.

Uma transformação de vértices f diz-se um homomorfismo de um grafo g num grafo h sse para cada aresta (a, b) do grafo g existe uma aresta $(f(a), f(b))$ no grafo h . Por exemplo, a transformação F acima é um homomorfismo entre os grafos $G1$ e $G2$ ao lado.

O problema de, dados dois grafos, determinar se existe um homomorfismo entre eles é NP-completo.



- Descreva um algoritmo não determinístico polinomial que resolva este problema.
- Usando a parte determinística do algoritmo anterior, defina uma função `int homomorphic (Grafo g, Grafo h, int N)` que, usando *força bruta* determina se existe um homomorfismo entre os grafos argumento (assuma que ambos os grafos têm N vértices).