

### 7.3 Busca em Profundidade

A **busca em profundidade** (do inglês *depth-first search*) é um algoritmo para caminhar no grafo. A estratégia seguida pelo algoritmo é a de buscar, sempre que possível, o mais profundo no grafo. Na busca em profundidade, as arestas são exploradas a partir do vértice  $v$  mais recentemente descoberto que ainda possui arestas não exploradas saindo dele. Quando todas as arestas adjacentes a  $v$  tiverem sido exploradas, a busca anda para trás (do inglês *backtrack*) para explorar vértices que saem do vértice do qual  $v$  foi descoberto. O processo continua até que sejam descobertos todos os vértices alcançáveis a partir do vértice original. O algoritmo é a base para muitos outros algoritmos importantes, tais como verificação de grafos acíclicos (Seção 7.4), ordenação topológica (Seção 7.6) e componentes fortemente conectados (Seção 7.7).

Sempre que um vértice  $v$  é descoberto durante a leitura da lista de adjacentes de um vértice  $u$  já descoberto, a busca em profundidade registra esse evento atribuindo  $u$  a  $\text{Antecessor}[v]$ . Para acompanhar o progresso do algoritmo, cada vértice é colorido de branco, cinza ou preto. Todos os vértices são inicializados brancos e podem posteriormente se tornar cinza e, finalmente pretos. Quando um vértice é descoberto pela primeira vez durante a busca, ele torna-se cinza, e muda para preto depois que sua lista de adjacentes é completamente examinada.

A busca em profundidade registra em  $d[v]$  o tempo (ou momento) em que o vértice é descoberto (e tornado cinza), e em  $t[v]$  o tempo em que a busca termina o exame da lista de adjacentes de  $v$  (e tornado preto). A razão de usar os tempos de descoberta e de término é que eles são empregados em muitos algoritmos para grafos, além de serem úteis para acompanhar o comportamento da busca em profundidade. Esses registros são inteiros entre 1 e  $2|V|$ , pois existe um evento de descoberta e um evento de término para cada um dos  $|V|$  vértices. O Programa 7.9 implementa a busca em profundidade. O grafo  $G(V, A)$  pode ser direcionado ou não direcionado. A variável Tempo é usada para marcar o tempo de descoberta e de término.

O procedimento BuscaEmProfundidade funciona como se segue. Na primeira linha, a variável global Tempo, usada para registrar os tempos de descoberta e de término, é inicializada com zero. O primeiro anel logo a seguir colore todos os vértices de branco e inicializa os seus antecessores para -1 na variável Antecessor. O anel seguinte verifica cada vértice em  $V$  e, quando um vértice branco é encontrado, visita-o usando VisitaDfs. Nesse caso, toda vez que  $\text{VisitaDfs}(u)$  é chamado, o vértice  $u$  torna-se a raiz de uma nova **árvore de busca em profundidade**, e o conjunto de árvores forma uma **floresta** de árvores de busca.

Em cada chamada  $\text{VisitaDfs}(u)$ , o vértice  $u$  é inicialmente branco. Na primeira linha,  $u$  é tornado cinza, a variável Tempo é incrementada, e o novo valor de Tempo é registrado como o tempo de descoberta  $d[u]$ . O comando **if** seguinte examina a lista de vértices  $v$  adjacentes a  $u$  e visita recursivamente  $v$  se ele for

branco. Quando  $\text{VisitaDfs}$  retorna, cada vértice  $u$  possui um tempo de descoberta  $d[u]$  e um tempo de término  $t[u]$ .

#### Programa 7.9 Busca em profundidade

```

procedure BuscaEmProfundidade (var Grafo: TipoGrafo);
var
    Tempo      : TipoValorTempo;
    x           : TipoValorVertice;
    d, t       : array [TipoValorVertice] of TipoValorTempo;
    Cor        : array [TipoValorVertice] of TipoCor;
    Antecessor : array [TipoValorVertice] of integer;

procedure VisitaDfs (u: TipoValorVertice);
var FimListaAdj: boolean;
    Peso      : TipoValorAresta;
    Aux       : TipoApointador;
    v         : TipoValorVertice;
begin
    Cor[u] := cinza;
    Tempo := Tempo + 1;
    d[u] := Tempo;
    writeln ('Visita', u:2, 'Tempo descoberta:', d[u]:2, 'cinza'); readln;
    if not ListaAdjVazia (u, Grafo)
    then begin
        Aux := PrimeiroListaAdj (u, Grafo);
        FimListaAdj := false;
        while not FimListaAdj do
            begin
                ProxAdj (u, v, Peso, Aux, FimListaAdj);
                if Cor[v] = branco
                then begin
                    Antecessor[v] := u;    VisitaDfs (v);
                end;
            end;
        end;
    end;
    Cor[u] := preto;
    Tempo := Tempo + 1;    t[u] := Tempo;
    writeln ('Visita', u:2, 'Tempo termino:', t[u]:2, 'preto'); readln;
end; { VisitaDfs }

begin
    Tempo := 0;
    for x := 0 to Grafo.NumVertices-1 do
        begin Cor[x] := branco; Antecessor[x] := -1; end;
    for x := 0 to Grafo.NumVertices-1 do
        if Cor[x] = branco then VisitaDfs (x);
    end; { BuscaEmProfundidade }

```