

NESTE CAPÍTULO

- » Definindo a importância de redes
- » Demonstrando técnicas de desenho de grafos
- » Considerando funcionalidades de grafos
- » Usando formatos numéricos para representar grafos

Capítulo 8

Entendendo o Básico de Grafos

Grafos são estruturas que apresentam um número de nós (ou vértices) conectados por um número de arestas ou arcos (dependendo da representação). Quando se pensa em um grafo, pensa-se em uma estrutura como um mapa, na qual cada localização no mapa é um nó e as ruas são as arestas. Esta representação difere de uma árvore, na qual cada caminho termina em um nó folha. Lembre-se, do Capítulo 7, que uma árvore poderia parecer um organograma ou uma hierarquia familiar. Mais importante, estruturas de árvores, na verdade, parecem árvores e têm um começo e um fim definidos. Este capítulo começa ajudando a entender a importância de redes, que são um tipo de grafo comumente usado para todo tipo de propósito.



LEMBRE-SE

É possível representar grafos de todos os jeitos, a maioria deles abstratos. A menos que seja muito bom em visualizar coisas na sua cabeça (a maioria das pessoas não é), você precisa saber como desenhar um grafo para poder realmente vê-lo. As pessoas dependem da visão para entender como as coisas funcionam. O ato de transformar os números que representam um grafo em uma visualização gráfica chama-se plotagem. Linguagens como Python são excelentes em plotar, pois este é um recurso incrivelmente importante. Na verdade, esta é uma das

razões pelas quais este livro usa Python em vez de outra linguagem, como C (que é boa em executar um conjunto completamente diferente de tarefas).

Depois de conseguir visualizar um grafo, é importante saber o que fazer com a representação gráfica. Este capítulo inicia você na medição da funcionalidade de grafos. Você fará atividades como contar as arestas e os vértices para determinar coisas como a complexidade do grafo. Ver um grafo também permite executar tarefas do tipo calcular a centralidade com maior facilidade. E é claro, o que você descobre neste capítulo, desenvolve no Capítulo 9.

A representação numérica de um grafo é importante, mesmo que torne difícil a sua compreensão. A plotagem é para você, mas o computador não a entende realmente (embora a tenha desenhado). Pense no computador mais como um pensador abstrato. Tendo em mente a necessidade de apresentar o grafo de uma forma que o computador possa entender, este capítulo discute três técnicas para pôr um grafo em formato numérico: matrizes, representações esparsas e listas. Todas essas técnicas têm vantagens e desvantagens, e você as usará de maneiras específicas em capítulos futuros (começando no Capítulo 9). Outros modos de pôr um grafo em formato numérico também estão disponíveis, mas esses três métodos servirão bem para se comunicar com o computador.

Explicando a Importância de Redes

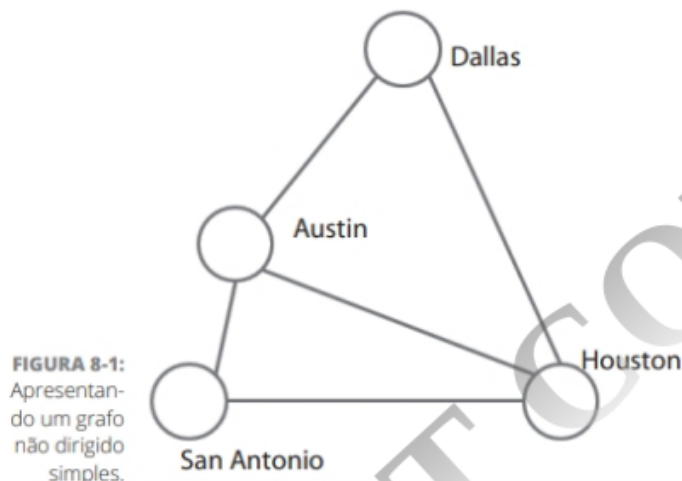
Uma *rede* é um tipo de grafo que associa nomes aos vértices (nós ou pontos), às arestas (arcos ou linhas), ou a ambos. Associar nomes com recursos de grafos reduz o nível de abstração e torna o entendimento do grafo mais fácil. Os dados que o grafo modela se tornam reais na mente da pessoa que os visualiza, embora ele, na verdade, seja uma abstração do mundo real posto de uma forma que tanto humanos quanto computadores possam entender de maneiras diferentes. As seções seguintes ajudam a compreender melhor a importância de redes para que você possa ver como seu uso neste livro simplifica a tarefa de descobrir como algoritmos funcionam e como se beneficiar com seu uso.

Considerando a essência de um grafo

Grafos aparecem como pares ordenados na forma $G = (V, E)$, na qual G é o grafo, V é a lista de vértices e E é a lista de arestas que conectam os vértices. Uma aresta é, na verdade, um par numérico que expressa os dois vértices que conecta. Consequentemente, se você tem dois vértices que representam cidades, Houston (que é igual a 1) e Dallas (que é igual a 2), e quer conectá-las a uma estrada, então você cria uma aresta, *Estrada*, que contém um par de referência de vértices $Estrada = [Houston, Dallas]$. O grafo pode aparecer como $G = [(Houston, Dallas)]$, que simplesmente diz que há um primeiro vértice, Houston, com uma conexão com Dallas, o segundo vértice. Usando a ordem de

apresentação dos vértices, Houston é adjacente a Dallas; em outras palavras, um carro pode sair de Houston e entrar em Dallas.

Grafos vêm em diversas formas. Um *grafo não dirigido* (como mostrado na Figura 8-1) é um em que a ordem das entradas das arestas não importa. Um mapa rodoviário representaria um grafo não dirigido na maioria dos casos, pois os veículos podem trafegar pela estrada em ambas as direções.

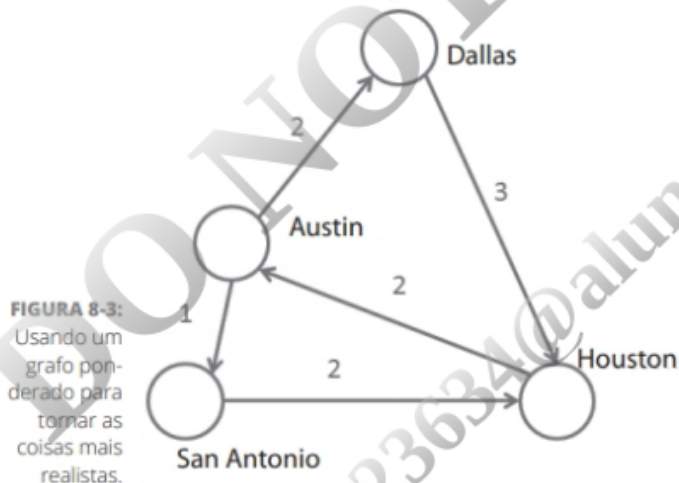
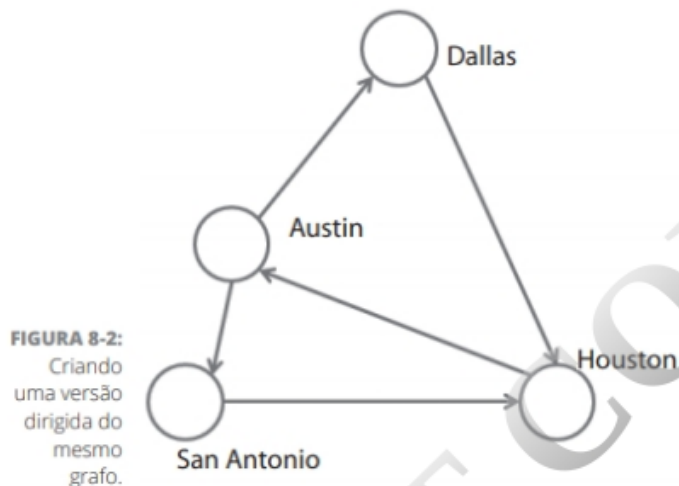


Um *grafo dirigido*, como o mostrado na Figura 8-2, é um em que a ordem das entradas das arestas importa, pois o fluxo vai da primeira entrada para a segunda. Neste caso, a maioria das pessoas chamam as arestas de *arcos* para diferenciá-las das arestas não dirigidas. Considere uma representação de um grafo de uma sequência de semáforo na qual Vermelho é igual a 1, Amarelo é igual a 2 e Verde é igual a 3. Os três arcos exigidos para expressar a sequência são: Siga = [Vermelho, Verde], Cuidado = [Verde, Amarelo] e Pare = [Amarelo, Vermelho]. A ordem das entradas é importante porque o fluxo de Siga para Cuidado e Pare é importante. Imagine o caos que aconteceria se o sinal decidisse ignorar a natureza dirigida da sequência do grafo.

Um terceiro tipo essencial de grafo que deve ser considerado é o *grafo misto*. Pense no mapa rodoviário novamente. Nem sempre os veículos trafegam em ambas as direções em todas as estradas. Ao criar alguns mapas, a presença de vias de mão única deve ser considerada. Consequentemente, são necessários subgrafos tanto dirigidos quanto não dirigidos no mesmo grafo, que é o que você tem com um *grafo misto*.

Outro tipo de grafo a ser considerado é o *grafo ponderado* (mostrado na Figura 8-3), que é um grafo que tem valores atribuídos a cada uma das arestas ou arcos. Pense no mapa rodoviário novamente. Algumas pessoas querem saber mais do que apenas em que direção viajar; também querem saber a distância até o próximo destino ou quanto tempo alocar para chegar lá. Um grafo ponderado

fornece esse tipo de informação, e você usa ponderações de vários jeitos diferentes quando faz cálculos usando grafos.



Junto com o grafo ponderado, você também pode precisar de um grafo de vértices rotulados ao criar um mapa rodoviário. Ao trabalhar com um *grafo de vértices rotulados*, cada vértice tem um nome associado a si. Considere olhar um mapa rodoviário no qual o cartógrafo não identificou as cidades. Sim, é possível ver as cidades, mas não é possível saber qual é qual sem as identificações. Você pode encontrar tipos de grafos adicionais descritos em <http://web.cecs.pdx.edu/~sheard/course/Cs163/Doc/Graphs.html> (conteúdo em inglês).

Encontrando grafos em todo lugar

Grafos podem parecer um daqueles recursos matemáticos obscuros que você achava chatos na escola, mas, na verdade, são bem interessantes, porque os usamos o tempo todo sem realmente nos dar conta disso. É claro, ajuda saber que normalmente não é necessário lidar com os números por trás dos grafos. Pense em um mapa. O que você vê é um grafo, mas vê na forma gráfica, com cidades, estradas e todo tipo de outros recursos. A questão é que, ao ver um mapa, você pensa em um mapa, não em um grafo (mas o seu GPS vê um grafo, e é por isso que ele sempre sugere a rota mais curta até o seu destino). Se começar a olhar em volta, encontrará muitos itens comuns que são grafos, mas são chamados de outras coisas.



LEMBRE-SE

Alguns grafos não são de natureza visual, mas você ainda não os vê como grafos. Por exemplo, sistemas de menu de telefone são uma forma de grafo dirigido. Na verdade, por sua aparente simplicidade, grafos de telefone são realmente complexos. Eles podem incluir loops e várias outras estruturas interessantes. Uma coisa que pode tentar é mapear o grafo para um sistema de menu em algum momento. Você pode se surpreender com o quanto alguns deles conseguem ser complexos.

Outra forma de sistema de menu aparece como parte de aplicações. Para executar tarefas, a maioria das aplicações leva você através de uma série de passos em um tipo especial de subaplicação chamada assistente. O uso de assistentes torna aplicações aparentemente complexas mais fáceis de usar, mas, para fazer os assistentes funcionarem, o desenvolvedor da aplicação precisou criar um grafo descrevendo essa série de passos.

Pode ser surpreendente descobrir que até receitas em livros de culinária são um tipo de grafo (e criar uma representação pictórica das relações entre ingredientes pode se mostrar interessante). Cada ingrediente na receita é um nó. Os nós conectam-se usando as arestas criadas pelas instruções para misturar os ingredientes. É claro, uma receita é apenas um tipo de química, e gráficos químicos mostram a relação entre elementos em uma molécula (sim, as pessoas realmente estão tendo essa discussão; você pode ver uma dessas discussões em <http://stackoverflow.com/questions/7749073/representing-a-cooking-recipe-in-a-graph-database> [conteúdo em inglês]).



LEMBRE-SE

O ponto é que você vê esses grafos o tempo todo, mas não os vê como grafos — você os vê como outras coisas, como uma receita ou uma fórmula química. Grafos podem representar muitos tipos de relações entre objetos, implicando em uma sequência de ordem, dependência de tempo ou causalidade.

Mostrando o lado social dos grafos

Grafos têm implicações sociais, pois frequentemente refletem relações entre pessoas em vários contextos. Um dos usos mais óbvios de grafos são os organogramas. Pense neles. Cada nó é uma pessoa diferente na organização, com

arestas conectando os nós para mostrar as várias relações entre indivíduos. O mesmo ocorre para todos os tipos de grafos, como aqueles que mostram a história familiar. Porém, no primeiro caso, o grafo é não dirigido, porque a comunicação flui em ambas as direções entre gerência e subordinados (embora a natureza da conversa mude baseada na direção). No segundo caso, o grafo é dirigido porque pai e mãe geram filhos. O fluxo mostra a direção da hereditariedade de um membro fundador até os filhos atuais.

Mídias sociais também se beneficiam do uso de grafos. Por exemplo, existe uma indústria para analisar relações entre tweets no Twitter (veja <http://twittertoolsbook.com/10-awesome-twitter-analytics-visualization-tools/> [conteúdo em inglês] para um exemplo de apenas algumas dessas ferramentas). A análise conta com o uso de grafos para descobrir as relações entre tweets individuais.

No entanto, não é necessário olhar para nada mais misterioso que e-mails para ver grafos sendo usados para necessidades sociais. O corpus Enron inclui as 200.399 mensagens de e-mail de 158 executivos sênior, despejadas na internet pela *Federal Energy Regulatory Commission* (FERC). Cientistas e acadêmicos têm usado esse corpus para criar muitos grafos sociais para revelar como a sétima maior empresa dos Estados Unidos precisou declarar falência em 2001 (veja <https://www.technologyreview.com/s/515801/the-immortal-life-of-the-enron-e-mails/> [conteúdo em inglês] para descobrir como esse corpus ajudou e ainda ajuda a avançar na análise de grafos complexos).

Mesmo seu computador tem grafos sociais em si. Não importa qual aplicação de e-mail usada, é possível agrupar e-mails de vários modos, e esses métodos de agrupamento normalmente dependem de grafos para fornecer uma estrutura. Afinal, tentar seguir o fluxo de discussão sem saber quais mensagens são respostas para outras mensagens é uma causa perdida. Sim, é possível fazer isso, mas conforme o número de mensagens aumenta, o esforço exige cada vez mais tempo até ser um desperdício por causa das limitações de tempo que a maioria das pessoas tem.

Entendendo subgrafos

Relações demonstradas por grafos podem se tornar bem complexas. Por exemplo, ao retratar ruas de cidades, a maioria das ruas permite tráfego em mão dupla, tornando um grafo não dirigido perfeito para efeitos de representação. Porém, algumas ruas permitem tráfego em apenas uma direção, o que significa que você precisa de um grafo dirigido neste caso. A combinação de ruas de mão única e de mão dupla torna a representação usando um único tipo de grafo impossível (ou, pelo menos, inconveniente). Misturar grafos dirigidos e não dirigidos em um único grafo significa que deve criar subgrafos para representar cada tipo e aí conectar os subgrafos em um grafo maior. Alguns grafos