

Estruturas de Dados

Motivação

Marco A L Barbosa
malbarbo.pro.br

Departamento de Informática
Universidade Estadual de Maringá

Um sítio de conteúdo pretende fazer uma série de postagens com as palavras/expressões mais comuns em diversos idiomas, incluindo também listas especializadas para determinadas áreas (como engenharia, culinária, etc).

Para criar as listas foi levantado diversos corpus (coleções de textos) para cada possível postagem. Também foi contratado especialistas em cada idioma / área. Para ajudar os especialistas existe a necessidade de processar os textos e gerar uma lista preliminar das palavras/expressões mais frequentes.

Uma equipe já pré-processou os corpus e gerou arquivos textos contendo uma palavra/expressão em minúsculo por linha. Cada arquivo tem entre 1.000 e 1.000.000 de palavras. A equipe também já criou uma função para ler o arquivo e devolver uma lista com cada palavra/expressão de um arquivo.

Agora é preciso um programa que analise uma lista e gere uma tabela com as palavras/expressões mais frequentes. A quantidade de itens na tabela pode variar, dependendo do corpus e da equipe de especialistas que vai usar o programa.

Determinar um número específico de palavras/expressões mais frequentes em uma lista de palavras/expressões.

Cada palavra/expressão será representada por uma strings.

A saída será uma lista de valores `PalavraVezes`.

```
@dataclass
```

```
class PalavraVezes:
```

```
    '''
```

```
    Representa uma palavra e quantidade de vezes  
    que ela apareceu em um lista.
```

```
    '''
```

```
    palavra: str
```

```
    vezes: int
```

```
def encontra_mais_frequentes(palavras: list[str], m: int) -> list[PalavraVezes]:  
    ...  
  
    Encontra as *m* palavras mais frequentes em *palavras*.  
    Se a frequência de duas palavras for a mesma, então a  
    que vem primeiro em ordem alfabética aparece primeiro.  
    Se *m* for menor que a quantidade de palavras distintas,  
    então devolve a frequência de todas as palavras.  
    Requer que  $m > 0$ .
```

Exemplos

```
>>> encontra_mais_frequentes(['casa', 'de', 'a', 'ti', 'de', \  
                               'a', 'casa', 'a', 'de'], 3)  
[PalavraVezes(palavra='a', vezes=3),  
  PalavraVezes(palavra='de', vezes=3),  
  PalavraVezes(palavra='casa', vezes=2)]  
...
```

Agora precisamos fazer a implementação!

Forme equipes de até 5 pessoas.

Proponha um algoritmo para resolver o problema.

Apresente o algoritmo usando um exemplo.

Abordagem incremental direta:

- Temos uma lista de palavras e frequência (em ordem de maior frequência) e temos uma palavra. Precisamos atualizar a lista considerando a palavra:
 - Se a palavra está na lista, aumentamos a frequência em 1 e “movemos” a palavra para manter a lista em ordem.
 - Senão adicionamos na lista a palavra com a frequência 1.

Implementação da abordagem incremental

```
def encontra_mais_frequentes(palavras: list[str], m: int) -> list[PalavraVezes]:
    contagem: list[PalavraVezes] = []
    for p in palavras:
        # Procura o índice i de p na contagem
        i = 0
        while i < len(contagem) and contagem[i].palavra != p:
            i = i + 1
        # Encontrou o índice de p? Ou seja, p está na contagem?
        if i < len(contagem):
            contagem[i].vezes = contagem[i].vezes + 1
        else:
            contagem.append(PalavraVezes(p, 1))
        # Ajusta contagem para manter a ordem
        while i > 0 and contagem[i - 1] < contagem[i]:
            troca(contagem, i - 1, i)
            i = i - 1
    return contagem[:m]
```


Abordagem usado um plano (etapas):

- Calculamos a frequência de cada palavra
 - Podemos usar o método incremental: começamos sem nenhuma palavra e analisamos uma palavra por vez. Se a palavra já aparece, aumentamos sua frequência em 1, senão adiciona a palavra com frequência inicial de 1
- Ordenamos as palavras em ordem de maior frequência
 - Podemos usar a ordenação por seleção: encontramos a palavra com maior frequência e colocamos na posição 0 da lista, repetimos o processo para as posições 1, 2, ... até a última posição da lista.

Implementação da abordagem de etapas

```
def encontra_mais_frequentes(palavras: list[str], m: int) -> list[PalavraVezes]:  
    # Calcula a frequência de cada palavra  
    contagem: list[PalavraVezes] = []  
    for p in palavras:  
        i = 0 # Procura o índice i de p na contagem  
        while i < len(contagem) and contagem[i].palavra != p:  
            i = i + 1  
        # Encontrou o índice de p? Ou seja, p está na contagem?  
        if i < len(contagem):  
            contagem[i].vezes = contagem[i].vezes + 1  
        else:  
            contagem.append(PalavraVezes(p, 1))  
    # Ordena por maior frequência  
    for i in range(len(contagem)):  
        m = i  
        for j in range(i + 1, len(contagem)):  
            if contagem[m] < contagem[j]:  
                m = j  
        troca(contagem, i, m)  
    return contagem[:m]
```

Como avaliar qual desses algoritmos é mais adequado?

Se os algoritmos funcionam corretamente, porque algum seria mais adequado do que outro?

A implementação da abordagem incremental está disponível no arquivo `mais-frequentes-inc.py`.

Encontra as 20 palavras mais frequentes entre as primeiras 10.000 primeiras palavras do arquivo `palavras.txt`

```
$ python mais-frequentes-inc.py 20 10000 palavras.txt
```

```
Palavras mais frequentes:
```

```
the 620
```

```
of 340
```

```
...
```

```
Tempo de execução: 0.57 segundos
```

Parece bom!

Encontra as 20 palavras mais frequentes entre as primeiras 200.000 primeiras palavras do arquivo `palavras.txt`

```
$ python mais-frequentes-inc.py 20 200000 palavras.txt
```

```
Palavras mais frequentes:
```

```
the 13143
```

```
of 6228
```

```
...
```

```
Tempo de execução: 31.49 segundos
```

Demorou muito para executar...

A implementação da abordagem com etapas está disponível no arquivo `mais-frequentes-etapas.py`.

Encontra as 20 palavras mais frequentes entre as primeiras 10.000 primeiras palavras do arquivo `palavras.txt`

```
$ python mais-frequentes-etapas.py 20 10000 palavras.txt
```

```
Palavras mais frequentes:
```

```
the 620
```

```
of 340
```

```
....
```

```
Tempo de execução: 0.59 segundos
```

Parece bom!

Encontra as 20 palavras mais frequentes entre as primeiras 200.000 primeiras palavras do arquivo `palavras.txt`

```
$ python mais-frequentes-etapas.py 20 200000 palavras.txt
```

```
Palavras mais frequentes:
```

```
the 620
```

```
of 340
```

```
....
```

```
Tempo de execução: 28.32 segundos
```

Demorou muito para executar...

Nenhum das duas abordagens é viável...

Podemos fazer melhor? Sim! Mas precisamos de estruturas de dados e métodos de ordenação eficientes, que é o que vamos estudar nessa disciplina!

Dentre as várias estruturas de dados e algoritmos que vamos estudar podemos destacar:

- Árvores binárias balanceadas de busca: mantêm uma coleção de itens ordenados que podem ser pesquisados e alterados de forma eficiente. Permitirá que o algoritmo incremental que nós vimos seja implementado de forma eficiente.
- Tabelas de dispersão: mantêm uma coleção de itens que podem ser pesquisados e alterados de forma eficiente.
- Algoritmo de ordenação por particionamento: ordena uma coleção de itens de forma eficiente. Junto com tabelas de dispersão permitirá que o algoritmo por etapa que nós vimos seja implementado de forma eficiente.

Tá, mas quão eficiente podemos deixar os algoritmos que implementados?

A biblioteca do Python disponibiliza um tipo chamado `dict` (dicionário), que é implementado com uma tabela de dispersão. Além disso, também temos a função `sort`, que é implementada com um algoritmo mais eficiente do que aquele que fizemos.

Podemos implementar nosso algoritmo por etapas com `dict` e `sort`.

Note que não vamos utilizar as coisas prontas do Python durante a disciplina, a ideia aqui é apenas mostrar qual eficiente pode ser alcançada usando estruturas de dados e algoritmos de ordenação adequados.

Implementação eficiente

```
def encontra_mais_frequentes(palavras: list[str], m: int) -> list[PalavraVezes]:  
    # Calcula a frequência de cada palavra  
    contagem: dict[str, int] = {}  
    for p in palavras:  
        if p in contagem:  
            contagem[p] = contagem[p] + 1  
        else:  
            contagem[p] = 1  
  
    # Cria uma lista de PalavrasVezes  
    freqs = []  
    for p, vezes in contagem.items():  
        freqs.append(PalavraVezes(p, vezes))  
  
    # Ordena a lista  
    freqs.sort(reverse=True)  
  
    return freqs[:m]
```

Essa implementação está disponível no arquivo `mais-frequentes-etapas-dict-sort.py`.

Encontra as 20 palavras mais frequentes entre as primeiras 200.000 primeiras palavras do arquivo `palavras.txt`

```
$ python mais-frequentes-etapas.py 20 200000 palavras.txt
```

```
Palavras mais frequentes:
```

```
the 13143
```

```
of 6228
```

```
...
```

```
Tempo de execução: 0.037 segundos
```

Conclusões

- Mesmo que um algoritmo funcione corretamente e seja rápido para algumas entradas, ele pode ser inviável devido ao seu tempo de execução para entradas maiores.
- Precisamos de uma forma para determinar o tempo de execução de um algoritmo sem precisar implementá-lo.
- As estruturas de dados são essenciais para algoritmos eficientes.
- Algoritmos de ordenação eficientes são importantes para a computação.