

Representação e Manipulação de Dados

Este módulo trata de formas de representação de dados mais complexos e em grande quantidade. São apresentados vetores, matrizes e estruturas (conjunto de dados heterogêneos).

1. Vetores

Muitas vezes é necessário fazer o processamento de muitos dados. Suponha o caso de encontrar o maior valor lido de um conjunto de 5 valores. O seguinte algoritmo resume esse problema.

```
Início
  Var: A, B, C, D, E
  Ler A, B, C, D, E
  Se( A > B e A > C e A > D e A > E ) então
    Escreva( A )
  Senão Se( B > A e B > C e B > D e B > E) então
    Escreva( B )
  Senão Se( C > A e C > B e C > D e C > E) então
    Escreva( C )
  Senão Se( D > A e D > B e D > C e D > E ) então
    Escreva( D )
  Senão
    Escreva ( E )
  Fim se
Fim.
```

Imagine como ficaria esse exemplo se fosse necessário encontrar o maior valor de um conjunto de 100 valores. Para tratar esse problema, faz-se de uso de vetores. Um vetor é semelhante a uma variável, porém pode armazenar vários valores de um mesmo tipo, que são indexados por um índice inteiro.

Abaixo temos um exemplo de como definir um vetor de 100 elementos e como acessar cada um de seus elementos.

```
Início
  Var: vet[100], cont
  cont = 0

  Enquanto( cont < 100 ) repita
    vet[cont] = ler()
    cont = cont + 1
  Fim enquanto
Fim.
```

No exemplo acima, a variável `cont` é um número inteiro que varia entre 0 e 99, por isso, ela pode ser usada para acessar os elementos do vetor `vet`. Esse exemplo demonstra a leitura de dados para dentro de um vetor. Para exibir os dados, o princípio é o mesmo, basta criar um laço com um contador variando de 0 a 99 e escrever `vet[cont]`.

A indexação de um vetor começa pelo número 0 e termina em $n-1$, sendo n o número de elementos do vetor. Ou seja, no caso de um vetor de 8 elementos, o primeiro elemento é o $\text{vet}[0]$ e o último elemento é o $\text{vet}[7]$. A figura a seguir ilustra esse exemplo.

Índices	0	1	2	3	4	5	6	7
Vetor	19	13	12	15	11	10	18	16

Figura 1: Exemplo de um vetor de 8 posições

Observe que o vetor ilustrado na figura acima possui 8 elementos e que os seus índices variam entre 0 e 7. Esse conceito é muito importante, pois grande parte dos erros nos algoritmos surgem da indexação errada dos vetores!

Abaixo temos exemplos em código e imagem da troca de dois valores dentro de um vetor. Trocaremos o valor $\text{v}[0]$ com o valor em $\text{v}[5]$. Os valores em **vermelho** são aqueles que foram modificados a cada passo do algoritmo.

Índices	0	1	2	3	4	5	6	7
Vetor	19	13	12	15	11	10	18	16

Auxiliar

Índices	0	1	2	3	4	5	6	7
Vetor	19	13	12	15	11	10	18	16

Auxiliar

Índices	0	1	2	3	4	5	6	7
Vetor	19	13	12	15	11	19	18	16

Auxiliar

Índices	0	1	2	3	4	5	6	7
Vetor	10	13	12	15	11	19	18	16

Auxiliar

Figura 2: Exemplo de troca de valores dentro de um vetor.

Em código, o exemplo acima tomaria a seguinte forma:

```
Início
  Var: vet[8], aux
  aux = vet[5]
  vet[5] = vet[0]
  vet[0] = aux
Fim.
```

Para trocar dois valores dentro de um vetor, é necessária uma variável auxiliar para armazenar temporariamente o valor de uma das posições. Agora considere o seguinte exemplo com o vetor preenchido com os valores da figura 2.

```
Início
  Var: vet[8]
  vet[0] = vet[5]
  vet[5] = vet[0]
Fim.
```

Quais seriam os valores presentes nas posições 0 e 5 do vetor? Ocorreria a troca de posição dos valores 10 e 19?

Para encontrar o maior valor de um conjunto com N elementos, armazenados em um vetor, tem-se uma solução bem simples e compacta. Observem como foi inicializada a variável max.

```
Início
  Var: vet[100], cont, max
  max = vet[0]
  Para cont = 1 até 99 repita
    Se ( vet[cont] > max ) então
      max = vet[cont]
    Fim se
    cont = cont + 1
  Fim para
  Escrever("o maior valor é " + max)
Fim.
```

Outro exemplo interessante envolve ler um conjunto de valores, armazená-los em um vetor e escrevê-los junto com os seus índices. Por exemplo, para o vetor a seguir, o resultado do algoritmo é exibido abaixo.

Índices	0	1	2	3	4	5	6	7
Vetor	2000	1321	1009	2314	9008	2314	1223	2555

Início	2000, 0
Var: vet[8], cont	1321, 1
	1009, 2
Para cont = 0 até 7 repita	2314, 3
Escreva (vet[cont], cont)	9008, 4
cont = cont + 1	2314, 5
Fim para	1223, 6
Fim.	2555, 7

Figura 3: Exemplo da escrita dos valores de um vetor juntamente com os seus índices.

Para escrever os valores de um vetor de trás para frente não é necessário inverter o vetor, basta iterar de trás para frente. O exemplo a seguir demonstra isso.

```

Início
  Var: vet[20], cont

  Para cont = 19 até 0 repita
    Escreva vet[cont]
    cont = cont - 1
  Fim para
Fim.

```

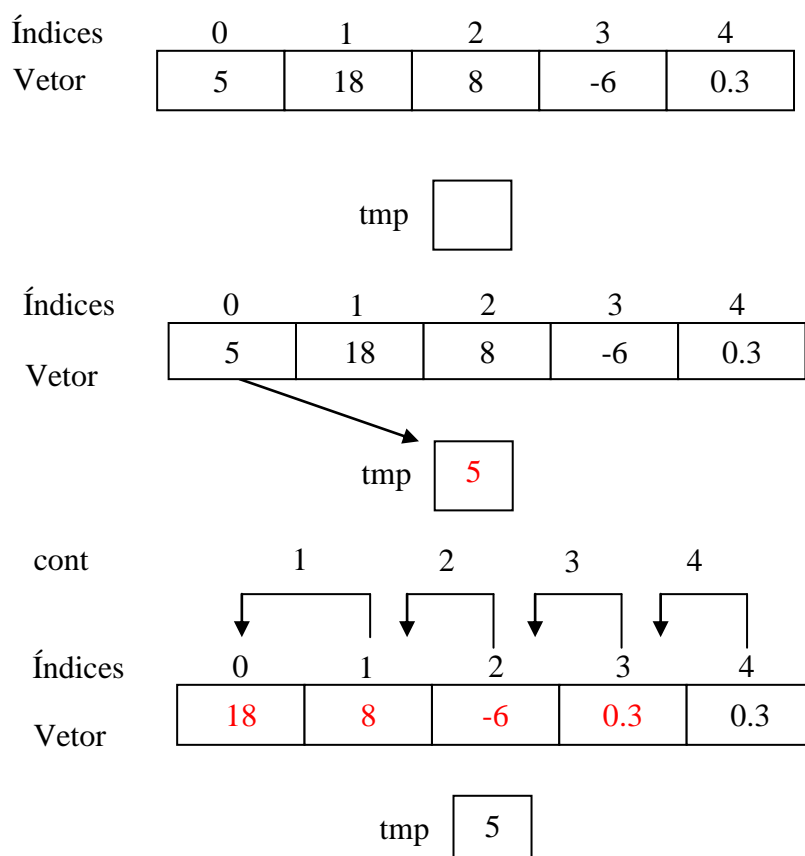
Observe que a variável `cont` começa com o valor 19 (última casa do vetor) e decresce até chegar a 0 (primeira casa do vetor). Assim, não é necessário inverter o vetor, basta iterar nele de trás para frente.

O exemplo a seguir demonstra o deslocamento dos valores para a esquerda em um vetor. O primeiro valor, como é o valor mais a esquerda é enviado para a última casa do vetor dando a impressão de que o vetor é circular.

<pre> Início Var: vet[5], cont, tmp tmp = vet[0] Para cont = 1 até 4 repita vet[cont - 1] = vet[cont] cont = cont + 1 Fim para vet[4] = tmp Fim. </pre>	<p>Exercícios:</p> <p>Função Procura(vet, elem, tam)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Imprime achou/naoachou - retorna idx <p>Função Remove(vet, elem, tam)</p> <ul style="list-style-type: none"> - shift esquerda - troca com último removido - marca como não válido <p>Função principal()</p> <pre> idx = Procura() tam = Remove() </pre>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Observe que no exemplo acima é necessário armazenar o valor de `vet[0]` em uma variável temporária, caso contrário ele será sobrescrito na primeira iteração do laço, onde `vet[0] = vet[1]`.

A figura 4 ilustra o processo do algoritmo anterior.



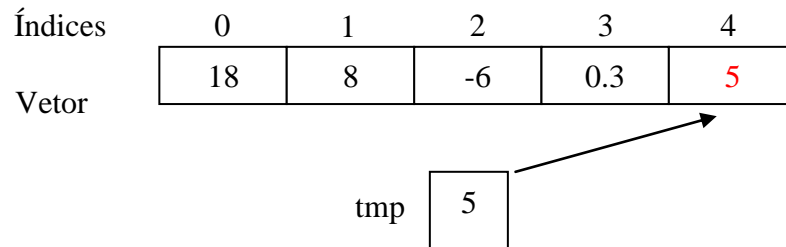


Figura 4: Exemplo o deslocamento para a esquerda de todos os elementos de um vetor.

Abaixo temos um exemplo da eliminação de valores repetidos em uma string (vetor de caracteres), com no máximo 20 caracteres, juntamente com a entrada do algoritmo e a saída esperada para a entrada. Os caracteres repetidos serão substituídos por um "-". Note que no exemplo abaixo, a primeira ocorrência da letra não é substituída, e que o algoritmo substitui todas as ocorrências posteriores da mesma letra.

<p>Início</p> <pre> Var: str[20], i, j Para i=0 até 19 repita Ler(str[i]) i++ Fim para Para i=0 até 18 repita Para j=i+1 até 19 repita Se str[i] == str[j] então str[j] = '-' Fim se j++ Fim para i++ Fim para Fim </pre>	<p>Entradas:</p> <p>TEMPERA PINGUIM GARRAFA BATATA MORCEGO PANO</p>	<p>Saídas:</p> <p>TEMP-RA PINGU-M GAR--F- BAT--- MORCEG- PANO</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------

O exemplo acima atua da seguinte forma: Escolhe um elemento do vetor e compara-o com todos os elementos seguintes. Se encontrar alguma repetição, substitui a letra repetida por um "-". O algoritmo não precisa comparar uma determinada letra com as anteriores, pois ele garante que não haverá caracteres repetidos até o ponto atual. E o algoritmo não pode comparar uma posição do vetor com ela mesma, pois ele acusará repetição e substituirá o primeiro caractere, o que não é desejado, por isso o valor de j começa sempre em i + 1.

Também pode ser feito um teste dentro do primeiro laço que verifica se o caractere já foi substituído por um "-" e apenas se não foi substituído ele procura por repetições, senão, ele pula para o próximo elemento. O algoritmo ficaria da seguinte forma:

```

Início
  Var: str[20], i, j
  Para i=0 até 19 repita
    Ler(str[i])
    i++
  Fim para
  Para i=0 até 18 repita
    Se str[i] != '-' então
      Para j=i+1 até 19 repita
        Se str[i] == str[j] então
          str[j] = '-'
        Fim se
      j++
    Fim para
    Fim se
    i++
  Fim para
Fim.

```

Vetores também podem ser passados para funções, como mostrado no seguinte exemplo, que troca o valor de duas posições do vetor. Assume-se que o tamanho do vetor na função `troca()` seja conhecido. Caso não seja (caso genérico), deve-se passar uma variável indicando o tamanho do vetor, como mostrado nos exercícios abaixo.

<pre> Início Var: vet[20] vet[2] = 6 vet[4] = 10 troca(vet, 2, 4) Escreva(vet[2], vet[4]) Fim </pre>	<pre> Funcao troca(v[20], i, j) Var: aux aux = v[i] v[i] = v[j] v[j] = aux Fim Funcao. </pre>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

Existe uma diferença em relação a passagem de variáveis convencionais. No exemplo anterior, ao realizar a troca dos elementos `i` e `j` do vetor `v[]` na função `troca()` faz com que os valores do vetor `vet[]` na função principal sejam trocados, ou seja, o vetor `v[]` é o mesmo vetor `vet[]`. Alterar `v[]` é equivalente a alterar `vet[]`. A função `escreva()` vai imprimir 10,6.

Para variáveis convencionais, como mostrado no seguinte exemplo, a alteração da variável `a` na função `troca` não altera o valor da variável `a` da função principal, pois são variáveis **locais** em cada função.

<pre> Início Var: a a = 5 troca(a) Escreva(a) Fim. </pre>	<pre> Funcao troca(a) a = 20 Fim Funcao </pre>
-------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------

TODO: exemplos de funções recursivas

Exercícios: Faça também versões com soluções recursivas sempre que possível:

1. Encontrar o maior valor em um array de 10 números.
2. Encontrar o maior e menor valor de 5 números lidos pelo usuário.
3. Função `procura(vetor[], valor, tam)` que retorna 1 se valor é igual a algum elemento de vetor. Deve retornar 0 caso contrário. O parâmetro `tam` representa o tamanho do vetor.
4. Função `repetido(vetor[], tam)` que retorna 1 se existem algum valor repetido dentro de vetor. Deve retornar 0 caso contrário.
5. Função `maisRepete(vetor[], tam)` que retorna o índice do elemento que mais se repete dentro de vetor. Deve retornar -1 caso não exista.
6. Fazer troca de posição de elementos de um vetor usando uma variável auxiliar. As posições origem e destino devem ser lidas.
7. Função que altera a ordem dos elementos de um vetor de 30 posições. O primeiro elemento deverá ser o último, e assim por diante. Este vetor deverá ser preenchido com o uso de um laço de repetição. Imprimir o vetor antes e depois da inversão. Usar apenas uma variável auxiliar para fazer a troca.
8. Função para calcular o número de repetições de cada elemento do vetor de inteiros.
9. Dado um vetor com números ordenados de forma não decrescente, faça uma função que imprime somente os números que não sejam repetidos.
10. Ler dois vetores A e B com C elementos cada e dizer quantos elementos de A são maiores que qualquer elemento de B.
11. Dado um vetor de inteiros não ordenado, faça uma função que retorne o valor mais próximo de um número fornecido pelo usuário. O vetor não pode ser ordenado.

12. Assumindo-se que se tenha um vetor de inteiros randômicos com tamanho M. Implemente as seguintes funções, sem ordenar previamente o vetor:
 - a. Mostrar os valores do vetor;
 - b. encontrar o maior valor deste vetor;
 - c. encontrar os dois maiores valores do vetor, com apenas uma leitura do vetor;
 - d. encontrar os N maiores valores do vetor, com a mesma restrição do item anterior. N é fornecido pelo usuário;
 - e. Função para calcular a média dos valores do vetor;
 - f. Função para dizer se existem dois valores iguais no vetor.
13. Dados dois vetores com um N e M valores, faça uma função para imprimir todos os valores que estão presentes nos dois vetores. Ex: se v1={19, 5, 2, 6} e v2={5, 0, 9, 4, 18, 56} deverá ser impresso somente o valor 5.
14. Funções para ordenar um vetor de forma que:
 - a. Os elementos fiquem em ordem crescente.
 - b. Os menores elementos fiquem localizados ao centro.
 - c. Os menores elementos fiquem localizados nos extremos
 - d. Os menores elementos fiquem localizados próximos a uma posição determinada do vetor

2. Matrizes

Um fato a ser observado é que também podem ser declarados vetores de vetores, também conhecidos como matrizes, de um tipo de dados. Ou seja, o programador pode declarar uma matriz de inteiros, ou de números ponto-flutuante, caracteres, estruturas, etc. Um exemplo dessa declaração segue abaixo.

Início

```

Var: mat[5][5], l, c  //uso variável l para linha e c para coluna
l = 0
Enquanto(l < 5) repita
  c = 0
  Enquanto(c < 5) repita
    mat[l][c] = ler()
    c = c + 1
  Fim Enquanto
  l = l + 1
Fim Enquanto
Fim.

```

No exemplo anterior, foi declarada uma matriz de 5x5 elementos e duas dimensões e o seu conteúdo foi lido usando o teclado. Na figura a seguir temos o formato da matriz do exemplo anterior.

i/j	0	1	2	3	4
0					
1					
2					
3					
4					

Figura 4: Exemplo de uma matriz de 5x5 elementos

Observe que as regras de indexação são as mesmas que para os vetores. Para a matriz de 5x5 elementos acima, o número de linhas, bem como o número de colunas varia entre 0 e 4, pois a matriz tem 5 linhas e 5 colunas.

O exemplo anterior demonstrou o uso de uma matriz de dimensões 5x5, mas podem ser usados quaisquer números para o número de linhas e colunas, contanto que sejam inteiros e maiores que zero. Como exercício, repita essa mesma solução usando laços de repetição para.

Início

```
Var: mat[3][300], l, c, acc
l = 0
acc = 0
Enquanto(l < 3) repita
    c = 0
    Enquanto(c < 300) repita
        mat[l][c] = ler()    #Lê todos os valores para a matriz.
        c = c + 1
    Fim Enquanto
    l = l + 1
Fim Enquanto

l = 0
Enquanto(l < 3) repita
    c = 0
    Enquanto(c < 300) repita
        acc = acc + mat[l][c]
        c = c + 1
    Fim Enquanto
    l = l + 1
Fim Enquanto

acc = acc / 900    #Calcula a média de todos os valores da matriz.
Escreva("A média dos valores da matriz é: " + acc)
Fim.
```

Matrizes são muito utilizadas, pois alguns problemas e tipos de dados são representados mais intuitivamente com esse formato. Por exemplo, o formato mais intuitivo para uma tabela de dados é uma matriz de duas dimensões, enquanto os cubos de um rubik's cube são melhor representados por uma matriz de três dimensões.

As matrizes podem possuir um número arbitrário de dimensões, não se restringindo a apenas 1 ou 2 dimensões. Mas deve ser levado em consideração que quanto maior o número de dimensões da matriz, maior a complexidade do algoritmo, pois é necessário um número maior de laços encadeados para percorrê-la. O exemplo a seguir ilustra a busca do maior valor em uma matriz de 3 dimensões.

Início

```
Var: mat[10][10][10], maior, i, j, k
i = 0
Enquanto(i < 10) repita
    j = 0
    Enquanto(j < 10) repita
        k = 0
        Enquanto(k < 10) repita
            mat[i][j][k] = ler()
            k = k + 1
        Fim Enquanto
        j = j + 1
    Fim Enquanto
    i = i + 1
Fim Enquanto
```



```

maior = mat[0][0][0]

i = 0
Enquanto(i < 10) repita
    j = 0
    Enquanto(j < 10) repita
        k = 0
        Enquanto(k < 10) repita
            Se(mat[i][j][k] > maior) repita
                maior = mat[i][j][k]
            Fim Se
            k = k + 1
        Fim Enquanto
        j = j + 1
    Fim Enquanto
    i = i + 1
Fim Enquanto

Escrever(maior)
Fim.

```

Note que no exemplo anterior, a matriz possui 1.000 elementos, pois cada uma de suas dimensões possui 10 elementos e cada elemento é formado por outros 10 elementos que são formados por outros 10 elementos, assim por diante. Isso faz com que seja muito fácil possuir uma matriz com mais dados que a memória seja capaz de suportar.

O seguinte exemplo ilustra a passagem de matrizes (e vetores) para funções.

```

Inicio
    Var: mat[3][4], vet[10], ret[10]
    ret = Func(mat, vet)
Fim.

```

```

Funcao Func(m[][], v[])
    Var: aux[10], i
    Para i = 0 até 9 repita
        aux[i] = v[i]
        i++
    Fim para
    Retorna aux
Fim Funcao

```

Exercícios:

1. Função para leitura, via teclado, de uma matriz de qualquer dimensão. Deve-se inicialmente estipular as suas dimensões.
2. Funções para inicializar uma matriz NxN de forma que:
 - a. os elementos da diagonal principal tenham valor 1 e os demais valor 0.
 - b. cada coluna possua o mesmo valor
 - c. cada linha possua o mesmo valor, que deverá ser o fatorial do número da linha.
 - d. cada elemento seja a soma dos índices da linha com a coluna
 - e. cada elemento da coluna seja maior que o anterior. O mesmo vale para as linhas
 - f. elementos acima da diagonal superior sejam 1, e o resto zero
 - g. elementos abaixo da diagonal superior sejam 1, e o resto zero
 - h. os elementos do centro sejam maiores que os dos extremos (como uma função gaussiana)
 - i. Após inicializadas, chamar função que imprime a matriz na tela de forma estruturada.
3. Função que diz qual linha de uma matriz bidimensional possui a maior soma.

4. Função para achar o maior e menor valor de uma matriz qualquer de inteiros
5. Fazer troca de duas linhas de uma matriz de NxM: a linha N-1 pela linha M-2.
6. Dada uma matriz NxN, trocar linhas por colunas (matriz transposta)
7. Dada uma matriz NxN, trocar colunas por linhas
8. dada uma matriz de dimensão NxM (linhas e colunas) de números inteiros, dizer se existirem duas colunas cuja soma de todos os valores seja igual.
9. Simular uma matriz quadrada de N dimensões com uso de um vetor de M posições.

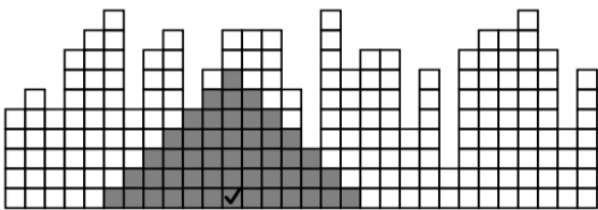
beecrowd | 2243

Isosceles


By Maratona de Programação da SBC 2016 🇧🇷 Brazil

Timelimit: 1

The brothers Sergio and Luiz were playing with wooden cubes and wanted to build a wall, which ended up being incomplete, with the columns having different heights, as in this figure.



They decided now that the game would remove cubes, always from top to bottom in columns so that the end was left only an isosceles triangle cubes. They can only take small cubes of the wall, without replacing in another column, and the triangles have to be complete. The figure below illustrates the top five isosceles triangles, cubes, the kind they want, with heights 1, 2, 3, 4 and 5 respectively.



Given the sequence of heights of the wall columns, your program should help Sergio Luiz and figure out what is the maximum height that the triangle could be the end. In the first figure wall 30 columns of cubes, the highest triangle can have a height equal to seven.

Input

The first line of input contains an integer **N**, $1 \leq N \leq 50000$, representing the number of the wall columns. The second line contains **N** integers **A_i**, $1 \leq A_i \leq N$, for $1 \leq i \leq N$, indicating the heights of each column.

Output

Your program should produce a single line with an integer **M**, representing the maximum height that a triangle could be the end.

Input Samples	Output Samples
16 5 6 5 8 9 10 5 8 9 5 7 9 9 9 6 3	6
8 5 1 1 1 1 1 1 3	1

3. Estruturas de Dados Heterogêneos

Conforme os programas se tornam mais complexos, é desejável que seja possível agrupar de alguma forma dados relacionados. Considere o seguinte trecho de código.

Início

```
Var: nomeAluno1, nomeAluno2, nomeAluno3, nomeAluno4, nomeAluno5
Var: notaAluno1, notaAluno2, notaAluno3, notaAluno4, notaAluno5
Var: mediaTurma = 0

Ler nomeAluno1, nomeAluno2, nomeAluno3, nomeAluno4, nomeAluno5
Ler notaAluno1, notaAluno2, notaAluno3, notaAluno4, notaAluno5

mediaTurma=(notaAluno1+notaAluno2+notaAluno3+notaAluno4+notaAluno5)/5
Se mediaTurma >= 7 então
    Escreva "A turma está acima da média"
Senão então
    Escreva "A turma possui média abaixo de 7"
Fim se
Fim.
```

O exemplo acima ilustra a leitura dos nomes de cinco alunos e suas notas, então ele calcula a média desses alunos e se ela for maior ou igual a 7 uma mensagem informativa é exibida, senão uma mensagem de que a turma possui média abaixo de 7 é exibida.

Agora imagine seja necessário adicionar também o número de faltas de cada aluno, isso implicaria na criação de cinco novos registros, cada um para armazenar o número de faltas de cada aluno. Imagine a mesma situação na universidade, uma variável "nomeAluno", bem como uma variável "notaAluno" para cada um dos 19000 alunos.

Seria mais conveniente se pudéssemos agrupar o nome do aluno com a sua nota, criando um único tipo de dado que encapsule as informações de cada aluno.

O mecanismo mais utilizado para agrupar esses dados é chamado de **Estrutura** e um exemplo da declaração de uma estrutura segue abaixo.

<pre>Estrutura Aluno Var: nome, nota</pre>

Ou seja, cada aluno possui um "nome" e uma "nota" associados ao seu registro. Caso seja necessário adicionar o número de faltas ao registro do aluno, basta adicionar uma variável "nrFaltas" à estrutura aluno.

É importante ressaltar que os campos (ou membros) em uma estrutura não precisam ser do mesmo tipo, ou seja, um campo pode ser um número real, outro pode ser um número inteiro, ou um conjunto de caracteres, etc. Isso dá flexibilidade às estruturas, pois permite que qualquer tipo de variável, até mesmo outras estruturas, sejam membros de uma estrutura de dados mais complexa.

A vantagem principal das estruturas é que elas permitem encapsular os dados relevantes a uma determinada entidade, por exemplo, nome e notas de um aluno, informações básicas de um computador (quantidade de memória, número de HDs presentes, número de GPUs, CPUs, etc), dados sobre os clientes e fornecedores de uma empresa, etc. Cada um desses dados dentro de uma "caixa".

<pre>Estrutura Aluno Var: nome, nota, faltas</pre>	<pre>Estrutura Turma Var: alunos[50], media, período, professor</pre>
------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------

Estrutura HD Var: nrCilindros, nrTrilhas, nrSetores, tamTotal	Estrutura Computador Var: memoria, CPUs, GPUs, HDs, idade, nrUsuarios
---------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------

Agora, como usar a estrutura aluno, e como acessar o nome e a nota de cada registro? O exemplo abaixo responde a essas perguntas. Utiliza-se, neste texto, a convenção **Var NomeEstrutura: variáveis** para informar que as variáveis criadas são de um tipo estrutura. No seguinte exemplo, al1, al2, etc são do tipo Estrutura Aluno.

Início

```
Var Aluno: al1, al2, al3, al4, al5
Var: mediaTurma = 0
```

```
Ler al1.nome, al2.nome, al3.nome, al4.nome, al5.nome
Ler al1.nota, al2.nota, al3.nota, al4.nota, al5.nota
```

```
mediaTurma = (al1.nota+al2.nota+al3.nota+al4.nota+al5.nota)/5
Se mediaTurma >= 7 então
  Escreva "A turma está acima da média"
Senão então
  Escreva "A turma possui média abaixo de 7"
Fim se
```

Fim.

Será adotada uma forma mais compacta de leitura dos dados para a estrutura, considere o seguinte trecho de código idêntico ao trecho acima.

Início

```
Var Aluno: al1, al2, al3, al4, al5
Var: mediaTurma = 0
```

```
Ler al1, al2, al3, al4, al5
```

```
mediaTurma = (al1.nota+al2.nota+al3.nota+al4.nota+al5.nota)/5
Se mediaTurma >= 7 então
  Escreva "A turma está acima da média"
Senão então
  Escreva "A turma possui média abaixo de 7"
Fim se
```

Fim.

O comando "Ler" executará a leitura de todos os dados da estrutura, ou seja, para as variáveis al1, al2, al3, al4 e al5 serão lidos o nome e a nota correspondentes a cada uma.

Para acessar um membro de uma estrutura basta usar "nomeDaVariavel.nomeDoCampo". Esse formato funciona para qualquer estrutura. No caso do exemplo acima, é fácil adicionar um campo "nrFaltas", basta adicioná-lo à estrutura Aluno. O exemplo abaixo demonstra a nova estrutura Aluno.

Estrutura Aluno Var: nome, nota, nrFaltas

Usando o mesmo conceito, é possível adicionar vários campos à estrutura Aluno, como o número de vezes que o aluno foi expulso de sala, o número de vezes que repetiu o 7º ano, quantas vezes ele faltou dizendo que estava doente, etc.

Outro conceito útil é o aninhamento de estruturas, ou seja, declarar uma estrutura que possua outra estrutura como membro. Veja o exemplo a seguir, nele definimos a estrutura Turma contendo vários alunos e a média de notas deles. Para este exemplo nós continuamos usando a estrutura Aluno definida anteriormente.

```
Estrutura Turma
  Var Aluno: aluno1, aluno2, aluno3, aluno4, aluno5
  Var: mediaTurma
```

É possível notar que a estrutura Turma possui cinco alunos e a média da turma como membros. Cada aluno é uma estrutura do tipo Aluno definida nos exemplos anteriores. A variável mediaTurma é uma variável ponto-flutuante.

Mas como acessar o nome e a nota do aluno1 na estrutura Turma? O exemplo abaixo demonstra esse caso.

```
Início
  Var Turma: turma
  Ler turma.aluno1.nome, turma.aluno1.nota

  Se turma.aluno1.nota >= 7 então
    Escreva "O aluno1 está acima da média"
  Senão
    Escreva "O aluno1 está em exame"
  Fim se
Fim.
```

3.1 Vetor de Estruturas

É interessante perceber que é possível usar vetores dentro de estruturas, o que facilita o encapsulamento de grandes conjuntos de dados. A nossa estrutura Turma pode ser reescrita da seguinte forma.

```
Estrutura Turma
  Var Aluno: alunos[50]  #alunos é um vetor de estrutura do tipo Aluno
  Var: mediaTurma
```

Observe que essa nova forma de escrever a estrutura Turma permitiu que o número de alunos fosse aumentado de 5 para 50 sem esforço, bastou aumentar o número de posições do vetor de alunos. Um algoritmo que calcule a média de todos os alunos da turma e guarde-a na variável mediaTurma da estrutura Turma segue abaixo.

```
Início
  Var Turma: turma  //não confundir Turma com turma
  Var: i
  Para i=0 até 49 repita
    Ler turma.alunos[i]
    i++
  Fim para

  Para i=0 até 49 repita
    turma.mediaTurma = turma.mediaTurma + turma.alunos[i].nota
    i++
  Fim para
  turma.mediaTurma = turma.mediaTurma / 50
  Escreva("A média de notas da turma é: " + turma.mediaTurma)
Fim.
```

Pode-se também criar um vetor de turmas, para representar, por exemplo, uma universidade, como no seguinte exemplo. Observa-se que neste caso tem-se uma **matriz de dados**, onde cada linha pode representar uma turma e cada coluna um aluno.

Início

```
Var Turma: turma[100]
Var: t, a
Para t=0 até 99 repita → para cada turma. Usei a variável t de turma
    Para a=0 até 49 repita → para cada aluno de cada turma
        Ler turma[t].alunos[a]
        a++
    Fim Para
    t++
Fim para
Fim.
```

Exercício:

1. Defina estruturas para representar uma universidade composta por várias turmas.
2. Programa para fazer a declaração de um vetor de universidades e sua respectiva inicialização. Faça uso de alocação estática e dinâmica.

3.2 Matriz de Estruturas

Da mesma forma, pode-se criar matrizes de estruturas, como no seguinte exemplo, onde `ponto` representa uma matriz de 10x10 pontos. Em termos espaciais, temos a representação de um espaço 3D.

Estrutura Ponto Var: x, y, z

Início

```
Var Ponto: ponto[10][10] //não confundir Ponto com ponto
Var: lin, col
Para lin=0 até 9 repita
    Para col=0 até 9 repita
        ponto[lin][col] = ler() #le as 3 coordenadas de cada ponto
        col = col + 1
    Fim para
    lin = lin + 1
Fim para
Fim.
```

De forma mais detalhada, a leitura poderia ser realizada da seguinte forma:

Início

```
Var Ponto: ponto[10][10]
Var: lin, col
Para lin=0 até 9 repita
    Para col=0 até 9 repita
        ponto[lin][col].x = ler()
        ponto[lin][col].y = ler()
```

```

        ponto[lin][col].z = ler()
        col = col + 1
    Fim para
    lin = lin + 1
Fim para
Fim.

```

Definindo a estrutura ponto como um vetor de números temos:

Estrutura Ponto Var: coord[3]

```

Início
Var Ponto: ponto[10][10]
Var: lin, col, idx
Para lin=0 até 9 repita
    Para col=0 até 9 repita
        Para idx=0 até 2 repita
            ponto[lin][col].coord[idx] = ler()
            idx = idx + 1
        Fim Para
        col = col + 1
    Fim para
    lin = lin + 1
Fim para
Fim.

```

Pode-se fazer a passagem de estruturas ou vetores de estruturas para funções, como mostrado no seguinte exemplo.

Estrutura Ponto Var: coord[3] Início Var Ponto: p[10][10] imprime(p, 10) Fim.	Funcao imprime(Ponto: p[][], dim) Var: l, c, idx Para(l=0 ate dim-1) Para(c=0 ate dim-1) Para(idx=0 ate 2) Escreva(p[l][c].coord[idx]) idx = idx + 1 Fim para c = c + 1 Fim para l = l + 1 Fim para Fim Funcao
----------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Exercícios Genéricos e interessantes:

1. Implementar o problema da mochila. Tendo-se uma sequência decrescente de números inteiros positivos que inicia em N, com decremento inteiro positivo K, deseja-se empacotá-los em uma mochila com tamanho M, de forma que se coloque dentro dela preferencialmente os maiores valores, até que ela esteja cheia. N e K são inteiros e devem ser definidos pelo usuário. Implementar o problema sem usar vetores ou matrizes temporárias. Imprimir cada um dos itens em uma linha específica da tela:
 - a. Os elementos a serem colocados na mochila;
 - b. Os elementos que entraram na mochila;
 - c. Os que ficaram fora da mochila;
 - d. Qual a soma dos que entraram na mochila;

- e. Qual a soma dos elementos que não entraram na mochila.
2. Os números de Fibonacci são representados pela sequência: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, ... onde cada valor é calculado pela soma dos dois anteriores. Faça um programa que usa esta definição e imprima os primeiros 1000 valores desta sequência. Fazer outra versão otimizada que utiliza apenas duas variáveis.
 3. Quanto deve ser o incremento INC para que a somatória $A + (A+INC) + (A+INC+INC) + \dots + (A+N*INC)$ resulte num valor M, com N passos. Resolva este problema usando um processo iterativo, com variações de INC não lineares, assumindo um erro máximo de 1% de M.
 4. Quantas iterações são necessárias para a soma $1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 + \dots$ produzir os valores 10, 20 e 40. Dica: para 40 deixe processando enquanto você dorme, num fim de semana enquanto você estiver na praia ou nas férias escolares de fim de ano. Diga o tempo de execução para cada caso.
 5. Apresente algumas soluções para descobrir qual o valor do último dígito de um número inteiro de 3 dígitos.
 6. Assuma as funções $f(x) = x^2$ e $f(x) = 2345x$. Desenvolva um algoritmo iterativo para descobrir:
 - a. em que valor de x as funções têm o mesmo valor. Assumir erro menor que 0.001. Utilizar incremento de x fixo. Quanto tempo o algoritmo leva para achar este valor supondo que o valor inicial de x é 1. Caso demorar pouco tempo, aumentar o erro.
 - b. otimizar o algoritmo anterior para valores variados do incremento de x. Qual o novo tempo do algoritmo. Qual o menor erro obtido com no máximo 1000 passos com este novo algoritmo?
 - c. Comente as abordagens usadas nos dois algoritmos anteriores (pontos fortes e fracos) e mostre em porque o segundo algoritmo é mais eficiente que o primeiro.