

Universidade Federal de Goiás – UFG
Instituto de Informática – INF
Bacharelados (Núcleo Básico Comum)

Algoritmos e Estruturas de Dados 1 – 2021/2

Lista de Exercícios nº 03 – Tipo Abstrato de Dados (TAD)
Turmas: INF0286 – Prof. Wanderley de Souza Alencar)

Sumário

1	Conjuntos de Números Naturais	4
2	Manipulando Datas	7
3	Processamento de Textos	10
4	Mundo das Bactérias	12
5	Números Complexos	18

Observações:

- A resolução de cada um dos exercícios desta lista pressupõe a utilização do conceito de *Tipo Abstrato de Dados* (TAD) durante a implementação utilizando a linguagem de programação \mathbb{C} ou $\mathbb{C}++$;
- Tendo em vista que, por característica de construção do ambiente *Sharif Judge System* do INF/UFG utilizado nesta disciplina, **apenas um único arquivo** pode ser enviado como proposta de solução para um problema, tal arquivo deverá ter a estrutura apresentada na figura a seguir;
- Detalhando: o único arquivo com a extensão `.c` deverá conter o que *deveria estar* em dois arquivos: o `tad.h` e o próprio `tad.c`;
- O uso do arquivo `tad.h` significa que a função `main()` elaborada como proposta de solução para o problema deve somente utilizar operações presentes neste arquivo.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

<TADs: conteúdo do(s) arquivo(s) .h>

<TADs: conteúdo do(s) arquivo(s) .c , sem #include "TAD.h">

int main () {
    <seu código>
}
```

Veja o exemplo a seguir:

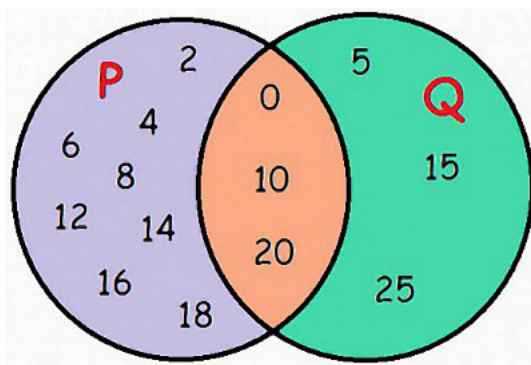
```
1 //=====
2 // Arquivo ponto.h
3 //=====
4 //
5 #include <stdio.h>
6 #include <stdlib.h>
7 #include <math.h>
8 #include <stdbool.h>
9
10 typedef struct ponto Ponto;
11 Ponto* ponto_cria(float x, float y, bool visibilidade);
12 void ponto_libera(Ponto* p);
13 void ponto_acessa(Ponto* p, float* x, float* y);
14 void ponto_atribui(Ponto* p, float x, float y);
15 float ponto_distancia(Ponto* p1, Ponto* p2);
16 void ponto_oculta(Ponto* p);
17 void ponto_mostra(Ponto* p);
18 void ponto_move(Ponto* p, float x, float y);
19 //
20 //=====
21 // Arquivo ponto.c
22 //=====
23 //
24 struct ponto {
25     float x;
26     float y;
27     bool visibilidade;
28 };
29 //
30 // Cria um ponto
31 //
32 Ponto* ponto_cria (float x, float y, bool visibilidade) {
33     Ponto* p = (Ponto*) malloc(sizeof(Ponto));
34     if (p != NULL) {
35         p->x = x;
36         p->y = y;
37         p->visibilidade = visibilidade;
38     }
39
40     return (p);
41 }
42 //
43 // Libera (desaloca) um ponto...
44 //
45 void ponto_libera (Ponto* p) {
46     if (p != NULL) {
47         free(p);
48     }
49 }
50 //
51 // Acessa um ponto, coletando suas coordenadas
52 //
53 void ponto_acessa (Ponto* p, float* x, float* y) {
54     if (p != NULL) {
55         *x = p->x;
56         *y = p->y;
57     }
58 }
59 //
60 // Atribui coordenadas a um ponto, modificando-o
61 //
62 void ponto_atribui (Ponto* p, float x, float y) {
63     if (p != NULL) {
64         p->x = x;
65         p->y = y;
66     }
67 }
68 //
69 // Retorna a distancia entre dois pontos
70 //
71 float ponto_distancia (Ponto* p1, Ponto* p2) {
72     float dx = p1->x - p2->x;
73     float dy = p1->y - p2->y;
74     return (sqrt(dx*dx+dy*dy));
75 }
```

```

76
77 //
78 // Oculta (torna invisível) o ponto
79 //
80 void ponto_oculta (Ponto* p) {
81
82     p->visibilidade = false;
83 }
84 //
85 // Mostra (torna visível) o ponto
86 //
87 void ponto_mostra (Ponto* p) {
88
89     p->visibilidade = true;
90 }
91
92 void ponto_move(Ponto * p, float x, float y) {
93     //
94     // Código para movimentação do ponto
95     //
96 }
97 //
98 // Corpo principal
99 //
100
101 int main(){
102     float xp,yp,xq,yq,d;
103     Ponto *p,*q;
104
105     printf("digite as coordenadas x e y para o ponto 1: ");
106     scanf("%f %f",&xp,&yp);
107     printf("digite as coordenadas x e y para o ponto 2: ");
108     scanf("%f %f",&xq,&yq);
109     p = ponto_cria(xp,yp, true);
110     q = ponto_cria(xq,yq, true);
111     d = ponto_distancia(p,q);
112     ponto_acessa(p,&xp,&yp); ponto_acessa(q,&xq,&yq);
113     printf("Distancia entre os pontos (%.2f,%.2f) e (%.2f,%.2f) = %.5f\n",xp,yp,xq,yq,d);
114     ponto_libera(p); ponto_libera(q);
115     return (0);
116 }

```

./programas/pontoCompleto.c



1 Conjuntos de Números Naturais



(++) A linguagem \mathbb{C} não possui um *tipo de dado* que seja capaz de representar a ideia de

conjunto finito conforme a aceção Matemática do termo, ou seja, “Uma coleção finita de elementos (*entes ou componentes*), na qual a ordem e a repetição destes elementos é irrelevante e, por isso, desconsiderada.”. Escreva, em \mathbb{C} , um programa que seja capaz de representar um *conjunto de números naturais* por meio do uso do conceito de Tipo Abstrato de Dado (TAD).

O programa deve implementar, no mínimo, as seguintes operações fundamentais:

1. criar um conjunto C , inicialmente *vazio*:

```
int criaConjunto(C);
retornando SUCESSO ou FALHA.
```

A falha ocorre se não for possível, por alguma ocorrência, criar o conjunto C .

2. verificar se o conjunto C é *vazio*:

```
int conjuntoVazio(C);
retornando TRUE ou FALSE.
```

3. incluir o elemento x no conjunto C :

```
int insereElementoConjunto(x, C);
retornando SUCESSO ou FALHA.
```

A falha acontece quando o elemento x já está presente no conjunto C ou, por algum outro motivo, a inserção não pode ser realizada.

4. excluir o elemento x do conjunto C :

```
int excluirElementoConjunto(x, C);
retornando SUCESSO ou FALHA.
```

A falha acontece quando o elemento x não está presente no conjunto C ou, por algum outro motivo, a remoção não pode ser realizada.

5. calcular a cardinalidade do conjunto C :

```
int tamanhoConjunto(C);
```

retornando a quantidade de elementos em C . O valor 0 (zero) indica que o conjunto está *vazio*.

6. determinar a quantidade de elementos do conjunto C que são maiores que x :

```
int maior(x, C);
```

O valor 0 (zero) indica que todos os elementos de C são maiores que x .

7. determinar a quantidade de elementos do conjunto C que são menores que x :

```
int menor(x, C);
```

O valor 0 (zero) indica que todos os elementos de C são menores que x .

8. verificar se o elemento x pertence ao conjunto C :
`int pertenceConjunto(x, C);`
retornando TRUE ou FALSE.
9. comparar se dois conjuntos, C_1 e C_2 são idênticos:
`int conjuntosIdenticos(C1, C2);`
retornando TRUE ou FALSE.
10. identificar se o conjunto C_1 é subconjunto do conjunto C_2 :
`int subconjunto(C1, C2);`
retornando TRUE ou FALSE.
11. gerar o complemento do conjunto C_1 em relação ao conjunto C_2 :
`Conjunto complemento(C1, C2);`
retornando um *conjunto* que contém os elementos de C_2 que não pertencem a C_1 .
Se todos os elementos de C_2 estão em C_1 , então deve retornar um conjunto vazio.
12. gerar a união do conjunto C_1 com o conjunto C_2 :
`Conjunto uniao(C1, C2);`
retornando um *conjunto* que contém elementos que estão em C_1 ou em C_2 .
13. gerar a intersecção do conjunto C_1 com o conjunto C_2 :
`Conjunto interseccao(C1, C2);`
retornando um *conjunto* que contém elementos que estão em C_1 e, simultaneamente, em C_2 .
Se não houver elementos comuns deverá retornar um conjunto vazio.
14. gerar a diferença entre o conjunto C_1 e o conjunto C_2 :
`Conjunto diferenca(C1, C2);`
retornando um *conjunto* que contém elementos de C_1 que não pertencem a C_2 .
Se todos os elementos de C_1 estão em C_2 deve retornar um conjunto vazio.
15. gerar o conjunto das partes do conjunto C :
`Conjunto conjuntoPartes(C);`
16. mostrar os elementos presentes no conjunto C :
`void mostraConjunto(C, ordem);`
Mostrar, no dispositivo de saída, os elementos de C .
Se *ordem* for igual a CRESCENTE, os elementos de C devem ser mostrados em ordem crescente. Se *ordem* for igual a DECRESCENTE, os elementos de C devem ser mostrados em ordem decrescente.
Observação: Como o dispositivo típico de saída é o monitor de vídeo, o(a) programador(a) tem liberdade para definir como os elementos serão dispostos nele. Por exemplo: dez ou vinte elementos por linha. Noutro exemplo: o programa definirá quantos elementos mostrar, por linha, de acordo com o número de elementos existentes no conjunto a ser apresentado.
17. copiar o conjunto C_1 para o conjunto C_2 :
`int copiarConjunto(C1, C2);`
retornando SUCESSO ou FALHA.
A falha acontece quando, por algum motivo, não é possível copiar os elementos do conjunto C_1 para o conjunto C_2 .
18. destruir o conjunto C :
`int destroiConjunto(C);`

retornando SUCESSO ou FALHA.

A falha acontece quando, por algum motivo, não é possível eliminar o conjunto C da memória.

Observações: Considere que:

- SUCESSO = 1; FALHA = 0;
- TRUE = 1; FALSE = 0;
- CRESCENTE = 1; DECRESCENTE = 0;
- qualquer conjunto poderá ter no máximo 1.000.000 (um milhão) de elementos, ou seja, esta é a *cardinalidade máxima* de um conjunto. Se qualquer operação resultar num conjunto com cardinalidade maior, então a função correspondente deverá retornar um *conjunto vazio* (se ela retorna um conjunto) ou FALHA (se ela retorna SUCESSO ou FALHA);
- a biblioteca `limits.h` da linguagem C contém duas constantes para denotar quais são o *menor* e o *maior* `long int` que pode ser utilizado no ambiente computacional em que o programa está sendo elaborado. São elas: `LONG_MIN` e `LONG_MAX`. Elas deverão ser, respectivamente, o menor e o maior número que podem ser armazenados num conjunto qualquer do programa;
- os nomes das funções anteriormente apresentados no texto devem ser obedecidos, ou seja, o código-fonte C elaborado deverá obrigatoriamente utilizá-los. É claro que outras funções acessórias podem ser criadas livremente pelo(a) programador(a).

Entradas e Saídas

Não serão fornecidas entradas/saídas para testes, pois o(a) estudante deverá apenas submeter o código-fonte por ele(a) elaborado no *Sharif Judge System* do INF/UFG.

O programa elaborado deverá ter um *menu* que permita ao usuário selecionar cada uma das operações supramencionadas, executá-la e, em seguida, retornar ao *menu* para escolher uma nova opção.

Para *finalizar o programa* o usuário deverá fornecer um entrada especial. Por exemplo, o número 0 (zero) como opção no *menu*.

O(A) estudante terá liberdade para escolher como implementar a funcionalidade de *menu*.



2 Manipulando Datas



(++)

É inquestionário que a capacidade de *manipular datas* é de extrema importância em muitas aplicações práticas na área de processamento de dados. Infelizmente nem sempre há, numa determinada linguagem de programação que se está utilizando para o desenvolvimento de aplicações, uma *biblioteca* com variadas funções para realizar a manipulação de datas.

Considere que você está participando do desenvolvimento de uma *biblioteca* para esta finalidade, sendo que ela deverá ser integralmente escrita em C e conter pelo menos as seguintes funções, expressas por seus cabeçalhos: `data.h`.

1. `Data * criaData (unsigned int dia, unsigned int mes, unsigned int ano);`
Cria, de maneira dinâmica, uma *data* a partir dos valores para dia, mês e ano fornecidos.
2. `Data * copiaData (Data d);`
Cria uma *cópia* da data *d*, retornando-a.
3. `void liberaData (Data * d);`
Destroi a data indicada por *d*.
4. `Data * somaDiasData (Data d, unsigned int dias);`
Retorna uma data que é *dias* dias posteriores à data *d*.
Por exemplo, fornecendo a data *d* = 16/03/2020 e *dias* = 5, retornará a data 21/03/2020.
5. `Data * subtrairDiasData (Data d, unsigned int dias);`
Retorna uma data que é *dias* dias anteriores à data *d*.
Por exemplo, fornecendo a data *d* = 16/03/2020 e *dias* = 15, retornará a data 01/04/2020.
6. `void atribuirData (Data * d, unsigned int dia, unsigned int mes, unsigned int ano);`
Atribui, à data *d*, a data *dia/mes/ano* especificada.
Se não for possível, então faz com que *d* seja alterada para NULL.

7. `unsigned int obtemDiaData (Data d);`
Retorna a componente dia da data d.
8. `unsigned int obtemMesData (Data d);`
Retorna a componente mes da data d.
9. `unsigned int obtemAnoData (Data d);`
Retorna a componente ano da data d.
10. `unsigned int bissextoData (Data d);`
Retorna TRUE se a data pertence a um ano bissexto. Do contrário, retorna FALSE.
11. `int comparaData (Data d1, Data d2);`
Retorna MENOR se $d1 < d2$, retorna IGUAL se $d1 = d2$ ou retorna MAIOR, se $d1 > d2$.
12. `unsigned int numeroDiasDatas (Data d1, Data d2);`
Retorna o número de dias que existe entre as datas d1 e d2.
Se $d1 = d2$, então o número de dias é igual a 0 (zero). Do contrário, será um número estritamente positivo.
13. `unsigned int numeroMesesDatas (Data d1, Data d2);`
Se d1 e d2 estão no mesmo mês/ano, então o número de meses é igual a 0 (zero). Do contrário, será um número estritamente positivo.
14. `unsigned int numeroAnosDatas (Data d1, Data d2);`
Se d1 e d2 estão no mesmo ano, então o número de anos é igual a 0 (zero). Do contrário, será um número estritamente positivo.
15. `unsigned int obtemDiaSemanaData (Data d);`
Retorna o *dia da semana* correspondente à data d.
Considerando que DOMINGO = 1; SEGUNDA-FEIRA = 2; ... ; SÁBADO = 7.
16. `char * imprimeData (Data d, char * formato);`
Retorna uma *string* com a data “*formatada*” de acordo com o especificado em `formato`.
Se `formato = “ddmmaaaa”`, então a *string* retornada deverá apresentar os dois dígitos do dia, os dois dígitos do mês e os quatro dígitos do ano, nesta ordem, e separados por uma (/ – barra). Por exemplo: “12/11/2019”.
Se `formato = “aaaammdd”`, então a *string* retornada deverá apresentar os quatro dígitos do ano, os dois dígitos do mês e os dois dígitos do dia, nesta ordem, e separados por uma (/ – barra).
Por exemplo: “2019/11/12”.
De maneira análoga, são válidas as seguintes *strings* de formatação:
 - “aaaa”;
 - “mm”;
 - “dd”;
 - “ddmm”.

Entrada e Saídas

Não serão fornecidas entradas/saídas para testes, pois o(a) estudante deverá apenas submeter o código-fonte por ele(a) elaborado no *Sharif Judge System* do INF/UFG.

O programa elaborado deverá ter um *menu* que permita ao usuário selecionar cada uma das operações supramencionadas, executá-la e, em seguida, retornar ao *menu* para escolher uma nova opção.

Para *finalizar o programa* o usuário deverá fornecer uma entrada especial. Por exemplo, o número 0 (zero) como opção no *menu*.

O(A) estudante terá liberdade para escolher como implementar a funcionalidade de *menu*.

Observações

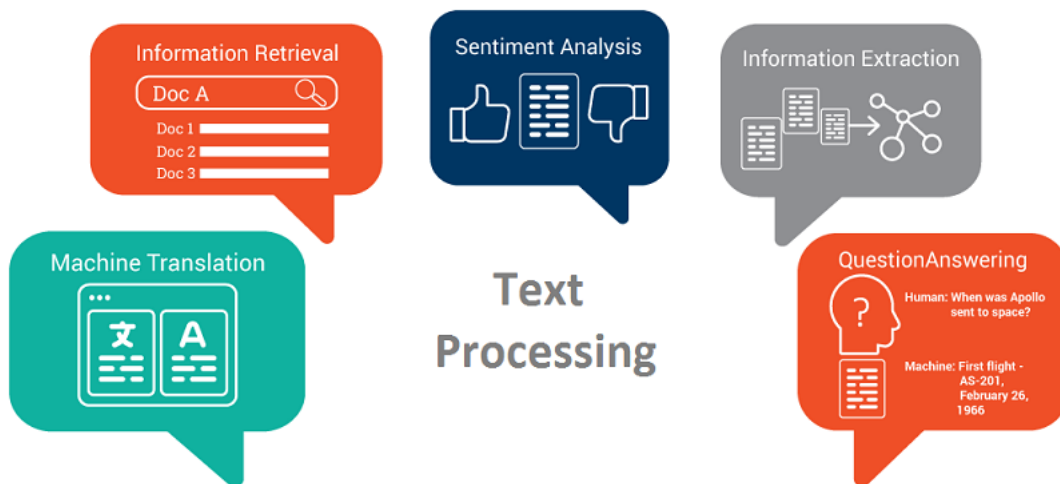
1. Uma data é formada por seu dia, mês e ano;
2. Considere que as datas a serem aplicadas ao sistema serão, sempre, no intervalo de 01/01/1900 a 31/12/2200;
3. Fique atento a um importante evento que ocorreu no mês de outubro de 1582 envolvendo o calendário Gregoriano – pesquise sobre isto antes de implementar todas as funções. Em particular a função `obtemDiaSemanaData (Data d);`
4. `TRUE = 1; FALSE = 0;`
5. A função `comparaData (Data d1, Data d2)` deve retornar:

MENOR quando `d1 < d2;`

IGUAL quando `d1 = d2;`

MAIOR quando `d1 > d2.`

com `MENOR = -1; IGUAL = 0` e `MAIOR = 1.`



3 Processamento de Textos



(+++)

Vamos, agora, elaborar um TAD que seja capaz, de maneira simples, representar um *texto* e disponibilizar diversas funções que sejam capazes de manipulá-lo.

Neste contexto, um *texto* é concebido como sendo “uma sequência de caracteres sem nenhuma formatação especial, ou seja, não existe **negrito**, *itálico* ou qualquer outro atributo especial aplicado sobre os caracteres que formam o texto: há simplesmente o caractere. Entretanto, ele pode ser uma letra maiúscula ou minúscula, um dígito ou um símbolo especial.

Considere que as seguintes operações estão previstas para estarem presentes no TAD `texto.h`:

1. `Texto * criarTexto (char * t);`
2. `void liberarTexto (Texto * t);`
3. `unsigned int tamanhoTexto (Texto * t);`
4. `char * obterTexto (Texto * t;`
5. `void mostrarTexto (Texto *t, unsigned int colunas).`
6. `Texto * copiarTexto (Texto * t);`
7. `void substituirTexto (Texto * t, char * alteracao);`
8. `Texto * concatenarTextos (Texto * t1, Texto * t2);`
9. `char * obterSubtexto (Texto * t, unsigned int inicio, unsigned int tama`
10. `unsigned int encontrarSubtexto (Texto * t, char * subtexto, unsigned int ocorrencia);`
11. `int compararTextos (Texto * t1, Texto * t2).`

Entrada e Saídas

Não serão fornecidas entradas/saídas para testes, pois o(a) estudante deverá apenas submeter o código-fonte por ele(a) elaborado no *Sharif Judge System* do INF/UFG.

O programa elaborado deverá ter um *menu* que permita ao usuário selecionar cada uma das operações supramencionadas, executá-la e, em seguida, retornar ao *menu* para escolher uma nova opção.

Para *finalizar o programa* o usuário deverá fornecer uma entrada especial. Por exemplo, o número 0 (zero) como opção no *menu*.

O(A) estudante terá liberdade para escolher como implementar a funcionalidade de *menu*.

Observações

1. O procedimento `substituirTexto` substitui o texto presente em `t` pelo texto recebido em `alteracao`, mesmo que eles tenham tamanhos diferentes;
2. A função `obterTexto` deverá retornar uma cadeia de caracteres com o texto armazenado;
3. A função `compararTextos (Texto * t1, Texto * t2)` deve retornar:

MENOR quando $t1 < t2$;

IGUAL quando $t1 = t2$;

MAIOR quando $t1 > t2$.

com $MENOR = -1$; $IGUAL = 0$ e $MAIOR = 1$.

4. A função `obterSubtexto` deverá retornar uma cadeia de caracteres que se inicia na *início-ésima* posição do texto `t` e conter `tamanho` caracteres de extensão.
A primeira posição do texto `t` é a de número 1 (um).
Se, a partir da posição `início` não for possível obter os `tamanho` caracteres solicitados, a função deverá retornar uma cadeia que se inicia na posição `início` do texto `t` e conter até seu último caractere.
Se a posição `início` for inválida, ou seja, menor que 1 (um) ou maior que o tamanho do texto `t`, a função deve retornar uma cadeia *nula*.
5. A função `encontrarSubtexto` deve *procurar* pela ocorrência de número `ocorrência` (1^a , 2^a , 3^a , ..., n^a) do `subtexto` em `t`.
Se encontrar esta ocorrência, deverá retornar a posição do *primeiro caractere* dela em `t`. Do contrário, deverá retornar 0 (zero), pois o primeiro caractere de `t` é considerado como sendo o de número 1 (um);
6. A função `mostrarTexto` deve apresentar `t` no dispositivo de saída do computador (normalmente o monitor de vídeo), de tal maneira que a cada linha do dispositivo de saída sejam apresentados `colunas` caracteres. Por consequência, o texto `t` poderá ocupar uma ou mais linhas em função de seu tamanho total.



4 Mundo das Bactérias



(+++++)

Um estudante do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas precisa, durante o seu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), fazer uma sequência de experimentos com uma “cultura de bactérias” para comprovar hipóteses a respeito da *movimentação* de cada uma destas bactérias nesta cultura.

O problema do estudante é que para fazer experimentos no “*mundo real*” das bactérias, consome-se muito tempo e, sabendo que você é estudante de um dos cursos de bacharelado do INF/UFG, pediu que você elaborasse um programa de computador que tornasse possível fazer uma *simulação* de culturas de bactérias, o que acelerará a obtenção dos resultados desejados.

Você gostou do desafio e passou algumas horas conversando com o estudante e, ao final, imaginou que uma “cultura de bactérias” pode ser representada, computacionalmente, por meio de uma matriz bidimensional W (de *world*) que contém um par de números naturais (x_i, y_i) , com n linhas e m colunas. Você considerou que $n, m \in \mathbb{N}$ e $1 \leq n, m \leq 1000$, ou seja, que haverá no máximo 1.000.000 de bactérias numa cultura.

Cada *bactéria* é representada por um par (x_i, y_i) , onde:

x_i é a identificação daquela *bactéria*, ou seja, o número associado a ela – que é chamada de *ordem* da bactéria. Sabe-se que $1 \leq x_i \leq (n \cdot m)$;

y_i é a *força* da bactéria em relação às demais bactérias de sua cultura ou de outras culturas.

A *força* é expressa por um número que varia de 1 a 100, inclusive extremos, sendo que a força máxima é 100 (cem) e a mínima é 1 (um).

z_i é a *expectativa de vida* da bactéria, ou seja, o tempo, expresso em número de *épocas*, que a bactéria viverá se não houver uma intercorrência durante sua vida. Você apenas precisará utilizar este conceito se for implementar a porção “*opcional*” desta questão: veja a seção específica ao final deste texto.

Como você está, neste momento, estudando os TADs, se propôs elaborar o programa solicitado utilizando este conceito e a linguagem de programação \mathbb{C} , para tornar a aventura mais “*hard*”.

Depois de alguns rascunhos, você chegou à conclusão de que as seguintes operações devem ser disponibilizadas para o estudante de Ciências Biológicas por seu programa:

```
[01] World * newWorld (unsigned int n, unsigned int m):
```

Cria uma nova cultura de bactérias, com n linhas e m colunas de tamanho.
A cultura deverá, após a operação, ficar vazia, ou seja, não conterá nenhuma bactéria.

[02] `World * cloneWorld (World * w):`

Faz a cópia da cultura de bactérias presente em w , gerando um *clone* dela, mesmo que esta esteja vazia.

[03] `void freeWorld (World * w):`

Se a cultura de bactérias w existe, a destrói. Do contrário ignora a solicitação.

[04] `unsigned int randomWorld (World * w, unsigned int n):`

Inserir, em posições aleatórias, livres e distintas da cultura w , n bactérias.

A ordem a ser utilizada para as bactérias a serem adicionadas se inicia no número natural seguinte ao associado à bactéria que possuir o *maior ordem* na cultura w .

A *força* de cada bactéria deverá ser gerada aleatoriamente na faixa de valores permitida, o mesmo acontecendo com o tempo de *vida* de cada bactéria.

Se não for possível inserir as n bactérias em w , a função deverá retornar FALHA. O sucesso será indicado retornando SUCESSO.

Observação: Se w estiver inicialmente vazia, então a ordem das bactérias deve ser iniciada em 1 (um) e, por consequência, terminar em n .

[05] `unsigned int addBacterium (World * w, unsigned int n, unsigned int f, unsigned int e):`

Inserir, numa posição livre aleatoriamente escolhida da cultura w , a bactéria cuja ordem é dada pelo número n , cuja *força* é dada por f e cuja *expectativa de vida* seja expressa por e .

Se a bactéria de ordem n já está na cultura ou se a cultura não possui espaço para nenhuma bactéria adicional, a função deve retornar FALHA. Na hipótese de sucesso, a função deve retornar SUCESSO;

[06] `unsigned int addBacteriumXY (World * w, unsigned int n, unsigned int x, unsigned int y, unsigned int f, unsigned int e):`

Inserir, na linha x e coluna y da cultura w , a bactéria cuja ordem é dada pelo número n , cuja *força* é f e cuja *expectativa de vida* seja expressa por e .

Se a bactéria de ordem n já está na cultura ou se a cultura não possui espaço para nenhuma bactéria adicional ou se a posição (x, y) estiver ocupada ou, ainda, se a expectativa e for inválida, a função deve retornar FALHA. Na hipótese de sucesso, a função deve retornar SUCESSO.

[07] `unsigned int killBacterium (World * w, unsigned int n):`

Mata (destrói) a bactéria cuja ordem é dada pelo número n , independentemente de sua localização na cultura.

Se a bactéria de ordem n não estiver na cultura, a função deve retornar FALHA. Na hipótese de sucesso, a função deve retornar SUCESSO.

[08] `unsigned int killBacteriumXY (World * w, unsigned int x, unsigned int y):`

Mata (destrói) a bactéria que está na linha x e coluna y da cultura w .

Se não há bactéria na posição (x, y) , a função deve retornar FALHA. Na hipótese de sucesso, a função deve retornar SUCESSO.

[09] `World * jointWorlds (World * w1, World * w2):`

Realiza a *união* das culturas de bactérias $w1$ e $w2$, gerando uma nova cultura.

A operação de união deve ser consensual, ou seja, não pode haver *colisão* entre as posições ocupadas por

nenhuma das bactérias proveniente das culturas originais: é uma *união* pacífica.

Se houver colisão, a função deverá retornar `NULL` para indicar que a união não é possível. Do contrário, retorna a *nova cultura* gerada é retornada.

Observação: Lembre-se de que a cultura gerada deverá ter seus indivíduos renumerados, ou seja, a ordem dos elementos pertencentes à cultura gerada deverá ser alterada. Faça isto *renumerando* as bactérias provenientes da cultura w_2 de maneira a dar sequência à máxima ordem existente na cultura w_1 .

[10] `World * warWorlds (World * w1, World *w2):`

Coloca as culturas de bactérias w_1 e w_2 em *guerra*, gerando uma nova cultura com as bactérias sobreviventes de acordo com as seguintes regras:

1. se houver duas bactérias que deveriam, na nova cultura, ocupar a mesma posição, a bactéria *mais forte* fagocita a bactéria *mais fraca* e ocupa aquele lugar na nova cultura. Além disso, sua *nova força* é dada pela soma da sua própria *força* e a da bactéria que acabou de fagocitar. Se houver *empate* entre as forças de ambas bactérias originais, escolha aquela proveniente da cultura w_1 para ir para a nova cultura, com *força dobrada*. A *expectativa de vida* da bactéria resultante é a maior expectativa de vida dentre as bactérias originais.
Se a *força* da bactéria vencedora superar a força máxima estabelecida, a ela deverá ser atribuída a *força máxima*.
2. se não houver disputa, a bactéria deverá permanecer, na nova cultura, na mesma posição em que está na cultura de origem, com sua mesma *força* e *expectativa de vida* originais.

Observação: Lembre-se de que a cultura gerada deverá ter seus indivíduos renumerados, ou seja, a ordem dos elementos pertencentes à cultura w deverá ser alterada. Faça isto *renumerando* as bactérias provenientes da cultura w_2 de maneira a dar sequência à máxima ordem existente na cultura w_1 .

[11] `World * probabilisticWarWorlds (World * w1, World *w2, float p):`

Coloca as culturas de bactérias w_1 e w_2 em *guerra*, gerando uma nova cultura com as bactérias sobreviventes de acordo com as seguintes regras:

1. se houver duas bactérias que deveriam, na nova cultura, ocupar a mesma posição, a bactéria *mais forte* fagocita a bactéria *mais fraca* de acordo com a probabilidade p , sabendo-se que $0 < p \leq 1$, e ocupa aquele lugar na nova cultura. Do contrário, a bactéria *mais fraca* é que fagocita a bactéria *mais forte* e ocupa aquele lugar na nova cultura.
Além disso, a *nova força* da bactéria vencedora é adicionada à da bactéria derrotada. Se a *força* da bactéria vencedora superar a força máxima estabelecida, a ela deverá ser atribuída a *força máxima*. A *expectativa de vida* da bactéria resultante é a maior expectativa de vida dentre as bactérias originais.
2. se não houver disputa, a bactéria deverá permanecer, na nova cultura, na mesma posição em que está na cultura de origem, com sua mesma *força* e *expectativa de vida* originais.

Observação: Lembre-se de que a cultura gerada deverá ter seus indivíduos renumerados, ou seja, a ordem dos elementos pertencentes à cultura w deverá ser alterada. Faça isto *renumerando* as bactérias provenientes da cultura w_2 de maneira a dar sequência à máxima ordem existente na cultura w_1 .

[12] `unsigned int sizeWorld (World * w):`

Retorna o número de bactérias existentes na cultura w .

O valor 0 (zero) indicará que a cultura está vazia.

[13] unsigned int forceWorld (World * w):

Retorna a soma de todas as *forças* das bactérias existentes na cultura w.

O valor 0 (zero) indicará que a cultura está vazia.

[14] unsigned int showWorld (World * w):

Apresenta, no dispositivo de saída (normalmente o monitor de vídeo), uma “imagem” matricial da cultura w de acordo com seu tamanho (expressso por $n \cdot m$).

Observação: A proposta aqui é que você elabore, livremente, uma maneira de *mostrar* o que está presente na cultura w no dispositivo de saída.

Por exemplo, mesmo no modo texto, é possível construir um mapa como o representado abaixo, para uma cultura de tamanho $5 \cdot 5$:

	1	2	3	4	5
1	6,1	2,100	5,70		
2				4,32	3,3
3	7,4		8,3		
4		1,80			10,80
5				9,45	

O conteúdo da linha 1, coluna 1, indica que nesta célula está a bactéria de ordem 6 e cuja *força* é igual a 1. Na posição (2,4), portanto, está a bactéria de ordem 4 e de 32.

Apesar do exemplo, você estará livre para criar outras maneiras de mostrar a cultura de bactérias: solte sua imaginação para concebê-la, mesmo que isso faça com que você utilize a “*parte gráfica*” da linguagem.

Observação: Se a cultura w for *muito grande*, ou seja, a dimensão $n \cdot m$ não cabe inteiramente no dispositivo de saída, você poderá fazer com que o usuário escolha uma *porção* da cultura a ser visualizada. Isto pode ser feito fazendo com que ele selecione a porção das linhas e das colunas a serem mostradas.

Por exemplo, informando (1,10) e (6,14) significa que ele deseja visualizar as linhas de 1 a 10 e as colunas de 6 a 14. Evidentemente esta *porção* a ser visualizada não poderá superar a possibilidade de apresentação do dispositivo de saída. Se superar, avise-o da incorreção e peça para que ele selecione uma área menor.

IMPLEMENTAÇÃO OPCIONAL

A implementação das funções a seguir é **opcional**, pois elas são um *experimento* contínuo com o que acontecerá durante o processo de sucessivas interações entre duas culturas de bactérias.

Para aqueles(as) que gostam que “*quebra-cabeças*”, este é um bom exercício.

[15] World * continuumWarWorlds (World * w1, World * w2):

Coloca as culturas de bactérias w1 e w2 em *guerra contínua*, gerando uma sequência de novas culturas com as bactérias sobreviventes que, novamente, voltam à *guerra*.

Na *guerra contínua* é necessário entender o conceito de *época*: ele é um relógio que será iniciado em 0 (zero) marcando o número de batalhas já realizadas entre culturas de bactérias. Assim, este relógio contará continuamente: 0, 1, 2, 3, 4, ...

Todas as bactérias são consideradas “*nascidas*” na *época* 0 (zero). Assim, se uma bactéria tiver *expectativa de vida* igual a 50, significa que ela poderá participar de até 50 batalhas, pois a cada batalha vencida sua *expectativa de vida* é diminuída de uma unidade. Quando a expectativa chegar a 0 (zero), aquela bactéria morre naturalmente, ou seja, sem participar de uma batalha.

É claro que uma bactéria poderá morrer antes do término de sua *expectativa de vida* por ter perdido uma batalha com outra bactéria (mais forte ou mais fraca se, por exemplo, se a disputa for a probabilística).

As regras para uma *batalha* desta guerra são as seguintes:

1. verifique quais as bactérias atingiram sua *expectativa de vida* e as elimine de ambas culturas – w_1 e w_2 – antes da batalha começar.
2. se houver duas bactérias que deveriam, na nova cultura, ocupar a mesma posição, a bactéria *mais forte* fagocita a bactéria *mais fraca* e ocupa aquele lugar na nova cultura. Além disso, sua *nova força* é adicionada à força da bactéria que acabou de fagocitar. Se houver *empate*, escolha a originária da cultura w_1 para ir para a nova cultura, com *força dobrada*. A *expectativa de vida* da bactéria resultante é a maior expectativa de vida dentre as bactérias originais.
Se a *força* da bactéria vencedora superar a força máxima estabelecida, a ela deverá ser atribuída a *força máxima*.
3. se não houver disputa, a bactéria deverá permanecer, na nova cultura, na mesma posição em que está na cultura de origem, com sua mesma *força* e *expectativa de vida* originais.

Ao terminar uma batalha, a nova cultura (ou seja, a gerada pela batalha das culturas w_1 e w_2 . Vamos chamá-la de w .) irá travar uma nova batalha com w_1 ou w_2 originais.

Quem irá para a batalha com w ?

Aquela que tiver a maior soma das forças de suas bactérias! (Lembre-se que a função:

`forceWorld (World * w)`

lhe fornecerá esta informação).

Assim, a cultura w tomará o lugar w_1 na nova batalha e a cultura *mais forte* entre w_1 e w_2 originais tomará o lugar de w_2 nesta nova batalha.

Esta guerra terá fim?

Esta é uma ótima questão para experimentação:

uma guerra terminará depois de uma sequência de `DuracaoGuerra` batalhas ou, se por algum motivo, haverá uma *estabilização* do processo de guerrilha que, por consequência, se tornará uma “Guerra Infinita”?

O valor de `DuracaoGuerra` será fixado por você durante a experimentação: 10, 20, 30, 50, ... 1000.

O que é uma *estabilização* da guerra?

Vamos considerar que a guerra ficou *estável* se após uma sequência de `DuracaoEstabilizacao` batalhas, não há mudança no valor retornado pela função `forceWorld` quando esta é aplicada na cultura vencedora da batalha.

Por exemplo: Depois de uma sequência de 10 batalhas (que seria o valor fixado para `DuracaoEstabilizacao`) a cultura vencedora está sempre com o mesmo valor de `forceWorld` obtido.

O valor `DuracaoEstabilizacao` terá que ser fixado para ser menor que o valor de `DuracaoGuerra` corrente.

Ao terminar a função deve retornar `NULL` se houve algum problema que a impediu de continuar até completar. Do contrário, deve retornar a cultura vencedora da guerra contínua.

Observação: Lembre-se de que a cultura gerada em cada batalha deverá ter seus indivíduos renumerados, ou seja, a ordem dos elementos pertencentes à cultura w deverá ser alterada. Faça isto *renumerando* as bactérias provenientes da cultura w_2 de maneira a dar sequência à máxima ordem existente na cultura w_1 .

[16] `World * continuumProbabilisticWarWorlds (World * w1, World *w2, float p):`

É a versão probabilística da função:

`World * continuumWarWorlds (World * w1, World *w2),`

ou seja, ela utiliza as regras estabelecida por esta função para a guerra contínua, mas cada batalha entre w_1 e w_2 é realizada de acordo com as regras de probabilidade fixada em

`World * probabilisticWarWorlds (World * w1, World *w2, float p).`

Entradas e Saídas

Não serão fornecidas entradas/saídas para testes, pois o(a) estudante deverá apenas submeter o código-fonte por ele(a) elaborado no *Sharif Judge System* do INF/UFG.

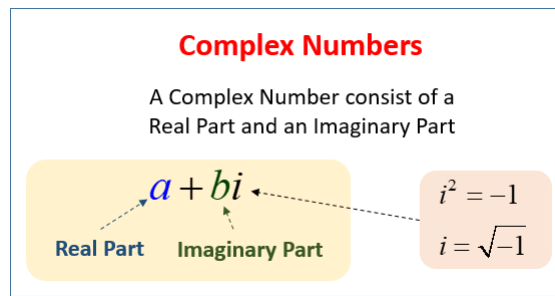
O programa elaborado deverá ter um *menu* que permita ao usuário selecionar cada uma das operações supramencionadas, executá-la e, em seguida, retornar ao *menu* para escolher uma nova opção.

Para *finalizar o programa* o usuário deverá fornecer um entrada especial. Por exemplo, o número 0 (zero) como opção no *menu*.

O(A) estudante terá liberdade para escolher como implementar a funcionalidade de *menu*.

Observações

- `SUCESSO = 1; FALHA = 0;`
- `TRUE = 1; FALSE = 0;`
- `DuracaoGuerra` varia entre 1 e 1000, inclusive extremos;
- `DuracaoEstabilizacao` varia entre 1 e o valor de `DuracaoGuerra`, inclusive extremos;
- a *expectativa de vida* de uma bactéria varia de 1 a 1000, inclusive extremos.



5 Números Complexos



(+++)

Na ciência Matemática, um *número complexo* é um número expresso na forma $a + b \cdot i$, onde a e b são números reais ($a, b \in \mathbb{R}$) e i é um símbolo especial chamado de *unidade imaginária*, que satisfaz à equação $i^2 = -1$. Como nenhum número *real* é capaz de satisfazer a esta equação, o número que a satisfaz foi chamado, por René Decartes (1596–1650), de “*número imaginário*” e, atualmente, é representado pela letra i .

Para o número complexo $a + b \cdot i$, a é chamado de *parte real* do número, e b de *parte imaginária* do número. O conjunto dos números complexos é denotado por \mathbb{C} o que, em nosso caso, o torna idêntico à grafia utilizada para denotar a linguagem de programação C... mera coincidência.

Apesar de sua origem a nomenclatura de *imaginário*, os números complexos se mostram extremamente importantes para a Matemática e para diversas outras ciências, como a Física e a Engenharia, por exemplo. Eles nos auxiliam na resolução de muitos problemas do mundo natural que, sem eles, não teriam solução. Por exemplo: eles permitem encontrar uma solução para qualquer equação polinomial dada, mesmo para aquelas que não possuem solução real, comom, por exemplo, a equação $x^2 - x + 1 = 0$, cujas soluções são:

$$x_1 = \frac{1 + \sqrt{3} \cdot i}{2}$$

e

$$x_2 = \frac{1 - \sqrt{3} \cdot i}{2}$$

Outro exemplo é $(x + 1)^2 = -9$, cujas soluções são $x_1 = -1 + 3 \cdot i$ e $x_2 = -1 - 3 \cdot i$.

O que se deseja é que você, de maneira análoga ao que foi realizado na uestão nº 1 desta lista, elabore, utilizando a linguagem \mathbb{C} um programa que seja capaz de representar um *conjunto de números complexos* por meio do uso do conceito de Tipo Abstrato de Dado (TAD).

O programa deve implementar, no mínimo, as seguintes operações fundamentais:

1. criar um conjunto C , inicialmente *vazio*:

```
int criaConjunto(C);
retornando SUCESSO ou FALHA.
```

A falha ocorre se não for possível, por alguma ocorrência, criar o conjunto C .

2. verificar se o conjunto C é *vazio*:

```
int conjuntoVazio(C);
retornando TRUE ou FALSE.
```

3. incluir o elemento x no conjunto C :
`int insereElementoConjunto(x, C);`
 retornando SUCESSO ou FALHA.
 A falha acontece quando o elemento x já está presente no conjunto C ou, por algum outro motivo, a inserção não pode ser realizada.
4. excluir o elemento x do conjunto C :
`int excluirElementoConjunto(x, C);`
 retornando SUCESSO ou FALHA.
 A falha acontece quando o elemento x não está presente no conjunto C ou, por algum outro motivo, a remoção não pode ser realizada.
5. calcular a cardinalidade do conjunto C :
`int tamanhoConjunto(C);`
 retornando a quantidade de elementos em C . O valor 0 (zero) indica que o conjunto está vazio.
6. verificar se o elemento x pertence ao conjunto C :
`int pertenceConjunto(x, C);`
 retornando TRUE ou FALSE.
7. comparar se dois conjuntos, C_1 e C_2 são idênticos:
`int conjuntosIdenticos(C1, C2);`
 retornando TRUE ou FALSE.
8. identificar se o conjunto C_1 é subconjunto do conjunto C_2 :
`int subconjunto(C1, C2);`
 retornando TRUE ou FALSE.
9. gerar o complemento do conjunto C_1 em relação ao conjunto C_2 :
`Conjunto complemento(C1, C2);`
 retornando um *conjunto* que contém os elementos de C_2 que não pertencem a C_1 .
 Se todos os elementos de C_2 estão em C_1 , então deve retornar um conjunto vazio.
10. gerar a união do conjunto C_1 com o conjunto C_2 :
`Conjunto uniao(C1, C2);`
 retornando um *conjunto* que contém elementos que estão em C_1 ou em C_2 .
11. gerar a intersecção do conjunto C_1 com o conjunto C_2 :
`Conjunto interseccao(C1, C2);`
 retornando um *conjunto* que contém elementos que estão em C_1 e, simultaneamente, em C_2 .
 Se não houver elementos comuns deverá retornar um conjunto vazio.
12. gerar a diferença entre o conjunto C_1 e o conjunto C_2 :
`Conjunto diferenca(C1, C2);`
 retornando um *conjunto* que contém elementos de C_1 que não pertencem a C_2 .
 Se todos os elementos de C_1 estão em C_2 deve retornar um conjunto vazio.
13. mostrar os elementos presentes no conjunto C :
`void mostraConjunto(C, ordem);`
 Mostrar, no dispositivo de saída, os elementos de C .
 Se *ordem* for igual a CRESCENTE, os elementos de C devem ser mostrados em ordem crescente, primeiramente de sua “*parte real*” e, havendo empate, utilizar a “*parte imaginária*”. Se *ordem* for igual a DECRESCENTE, os elementos de C devem ser mostrados em ordem decrescente, primeiramente de sua “*parte real*” e, havendo empate, utilizar a “*parte imaginária*”.

Observação: Como o dispositivo típico de saída é o monitor de vídeo, o(a) programador(a) tem liberdade para definir como os elementos serão dispostos nele. Por exemplo: dez ou vinte elementos por linha. Noutro exemplo: o programa definirá quantos elementos mostrar, por linha, de acordo com o número de elementos existentes no conjunto a ser apresentado.

14. copiar o conjunto C_1 para o conjunto C_2 :

```
int copiarConjunto(C1, C2);
```

retornando SUCESSO ou FALHA.

A falha acontece quando, por algum motivo, não é possível copiar os elementos do conjunto C_1 para o conjunto C_2 .

15. destruir o conjunto C :

```
int destroiConjunto(C);
```

retornando SUCESSO ou FALHA.

A falha acontece quando, por algum motivo, não é possível eliminar o conjunto C da memória.

Observações: Considere que:

- SUCESSO = 1; FALHA = 0;
- TRUE = 1; FALSE = 0;
- CRESCENTE = 1; DECRESCENTE = 0;
- qualquer conjunto poderá ter no máximo 1.000.000 (um milhão) de elementos, ou seja, esta é a *cardinalidade máxima* de um conjunto. Se qualquer operação resultar num conjunto com cardinalidade maior, então a função correspondente deverá retornar um *conjunto vazio* (se ela retorna um conjunto) ou FALHA (se ela retorna SUCESSO ou FALHA);
- a biblioteca `limits.h` da linguagem \mathbb{C} contém duas constantes para denotar quais são o *menor* e o *maior* `long int` que pode ser utilizado no ambiente computacional em que o programa está sendo elaborado. São elas: `LONG_MIN` e `LONG_MAX`. Elas deverão ser, respectivamente, o menor e o maior número que podem ser armazenados num conjunto qualquer do programa;
- os nomes das funções anteriormente apresentados no texto devem ser obedecidos, ou seja, o código-fonte \mathbb{C} elaborado deverá obrigatoriamente utilizá-los. É claro que outras funções acessórias podem ser criadas livremente pelo(a) programador(a).

Entradas e Saídas

Não serão fornecidas entradas/saídas para testes, pois o(a) estudante deverá apenas submeter o código-fonte por ele(a) elaborado no *Sharif Judge System* do INF/UFG.

O programa elaborado deverá ter um *menu* que permita ao usuário selecionar cada uma das operações supramencionadas, executá-la e, em seguida, retornar ao *menu* para escolher uma nova opção.

Para *finalizar o programa* o usuário deverá fornecer um entrada especial. Por exemplo, o número 0 (zero) como opção no *menu*.

O(A) estudante terá liberdade para escolher como implementar a funcionalidade de *menu*.