Aula 06 - Tipos Abstratos de Dados (TAD)

Prof. Me. Claudiney R. Tinoco

profclaudineytinoco@gmail.com

Faculdade de Computação (FACOM)
Bacharelado em Ciência da Computação (BCC)
Bacharelado em Sistemas de Informação (BSI)

Algoritmos e Estruturas de Dados 1 (AED1)
GBC024 - GSI006

Introdução

Na construção de **bons modelos computacionais** é necessário expressar os **detalhes relevantes do problema** que se deseja modelar através de uma **estrutura de dados adequada** e desenvolver **um algoritmo eficiente** que atue sobre essa estrutura.

Programas = Estrutura de Dados + Algoritmos

Introdução

- **Estrutura de Dados:**
  - Estruturação **conceitual** dos dados
  - Reflete um **relacionamento lógico entre dados** de acordo com o problema considerado
- **Algoritmos:**
  - **Implementação** da operações sobre os dados
  - Reflete as **ações sobre a estrutura de dados** necessárias para o problema considerado

Exemplo de Estrutura de Dados

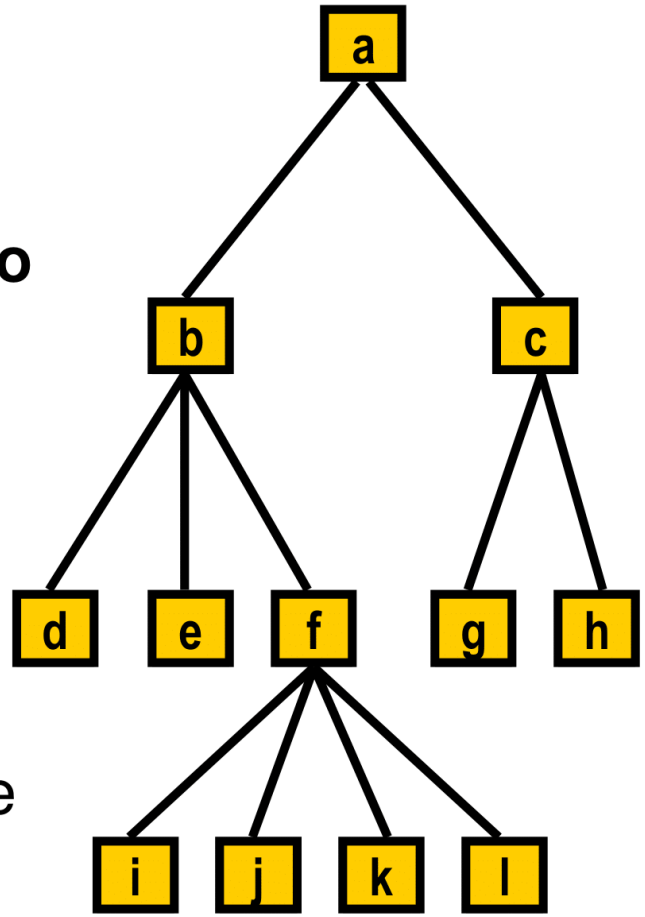
- **Listas:**
  - Estruturas **lineares** sequenciais
  - **Relação de ordem** entre os dados

Exemplo de aplicação:

- Listas de funcionários de uma empresa

Exemplo de Estrutura de Dados

- **Árvores:**
  - Estruturas **espaciais**
  - **Relação de subordinação** entre os dados



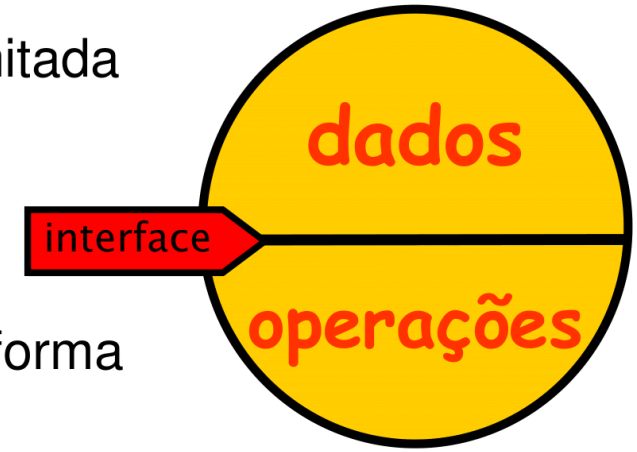
Exemplo de aplicação:

- Organograma funcional de uma empresa

Tipo Abstrato de Dados (TAD)

- Forma de definir um **novo** **tipo de dado** e as **operações** que o manipulam
  - Baseada na definição de **tipos estruturados**

- **Ideia central:** encapsular (**esconder**) de quem usa o TAD a forma como ele foi implementado
  - Visibilidade da estrutura fica limitada às operações
  - Cliente tem acesso somente à forma abstrata do TAD



Tipo Abstrato de Dados (TAD)

- Um TAD é definido por:
  - Um **conjunto de valores** (dados)
    - Atributos/campos da estrutura
    - Define o que a estrutura deve representar
  - Um **conjunto de operações** que atuam sobre esses valores
    - Determinam as **ações** realizadas na manipulação dos dados do TAD
    - Devem ser consistentes com os tipos utilizados

Exemplos de Operações

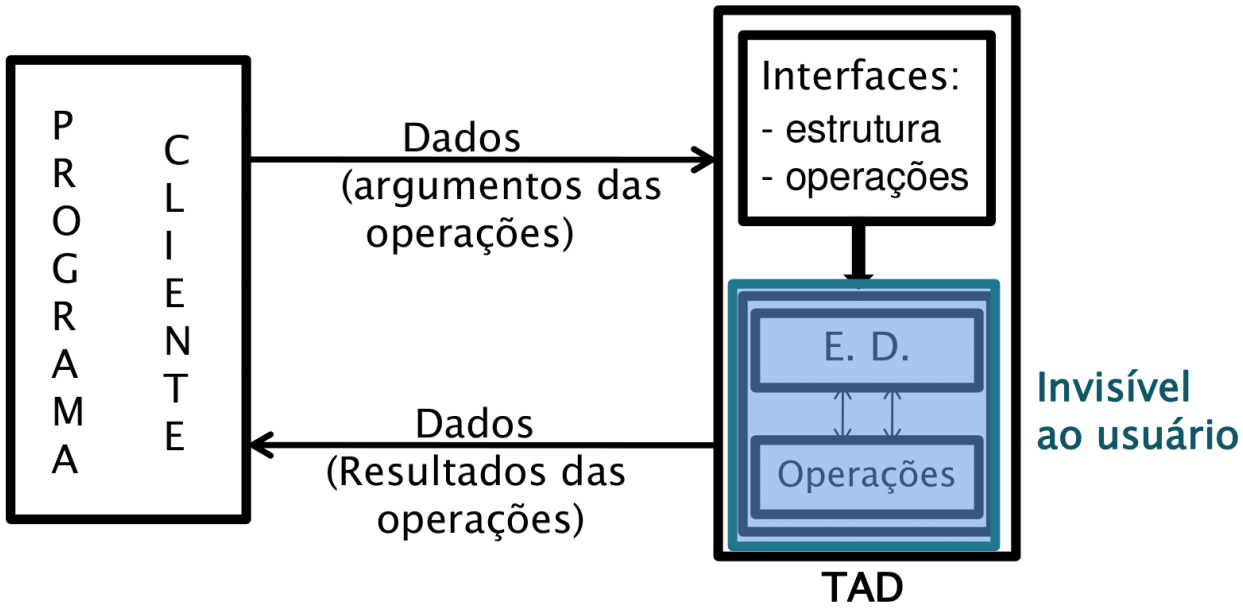
- **Criação** de uma instância da estrutura
- **Inclusão** de um novo elemento
- **Remoção** de um elemento existente
- **Acesso** ao conteúdo de um elemento
- **Liberação** de uma instância da estrutura

Tipo Abstrato de Dados (TAD)

- Permite a separação entre o conceito (**o que fazer**) e a implementação (**como fazer**)

- **Vantagens:**
  - **Encapsulamento e segurança:**
    - Somente o conceito do TAD é visível externamente
    - Usuário **NÃO** tem acesso direto aos dados
    - Acesso somente através das operações
  - **Flexibilidade e reutilização:**
    - **Compilação separada:** mudança na implementação do TAD não afeta o programa que o utiliza (programa usuário ou cliente)
    - As interfaces das operações devem ser mantidas

Iteração entre o TAD e Programa Usuário



Especificação de umTAD

- Define a **parte conceitual** do TAD (**o que deve ser feito**)
  - Determina as interfaces

- Deve conter as seguintes informações:
  - **Cabeçalho:**
    - **Nome:** identificação do TAD
    - **Dados:** descrição dos tipos dos dados da estrutura
    - **Lista das operações:** nome das operações que manipulam a estrutura

  - **Especificação das operações:**
    - **Entradas:** informação necessária para executar a operação
    - **Pré-condição:** verificada antes de executar a operação
    - **Processo:** tarefas que devem ser realizadas para realizar a operação
    - **Saída:** valor resultante do processamento
      - Retornado explicitamente pela operação
    - **Pós-condição:** indica alterações na estrutura após a operação
      - Retorno implícito (alteração em uma variável passada por referência)

Estrutura Geral da Especificação

TAD **nome_TAD**:

Dados: descrição dos campos da estrutura de dados
Lista de operações: operação1, operação2, ..., operação *N*

Operações:

Operação1:
Entrada:
Pré-condição:
Processo:
Saída:
Pós-condição:

Operação2:
Entrada:
Pré-condição:
Processo:
Saída:
Pós-condição:

...

Operação *N* :
Entrada:
Pré-condição:
Processo:
Saída:
Pós-condição:

Exemplo de Especificação

- Especificar o TAD **números racionais**:
  - Números expressos como quocientes de 2 inteiros (numerador e denominador)
    Ex: ½, ¾
  - Considerar as seguintes operações:
    - ***generate***: cria uma instância de número racional sem valor
    - ***set_value***: atribui valores para o numerador e o denominador
    - ***get_value:*** retorna os valores do numerador e do denominador de um número racional
    - ***sum:*** soma 2 números racionais
    - ***delete:*** liberar a memória usada por um número racional

Exemplo (TAD Racional)

- TAD **racional**:
  - **Dados:** 2 números inteiros, representando o numerador e o denominador do número racional
  - **Lista de operações:** *generate*, *set_value*, *get_value, sum e delete*

Exemplo (TAD Racional)

- Operação ***generate:***
  - **Entrada:** nenhuma
  - **Pré-condição:** nenhuma
  - **Processo:** criar um número racional
  - **Saída:** endereço do número racional criado
  - **Pós-condição:** nenhuma

Exemplo (TAD Racional)

- Operação ***set_value:***
  - **Entrada:** endereço de um Nº racional (*R*) e 2 inteiros (*I*1 e *I*2)
  - **Pré-condição:** número racional ser válido e *I*2 ser diferente de zero
  - **Processo:** atribuir ao numerador de *R* o valor de *I*1 e ao denominador de *R* o valor de *I*2
  - **Saída:** 1 (sucesso) ou 0 (falha)
  - **Pós-condição:** racional *R* com valores alterados

Exemplo (TAD Racional)

- Operação ***get_value:***
  - **Entrada:** endereço de um Nº racional (*R*) e endereço de 2 inteiros (*I1* e *I2*)
  - **Pré-condição:** número racional ser válido
  - **Processo:** atribuir ao conteúdo de *I1* o valor do numerador de *R* e ao conteúdo de *I2* o valor do denominador de *R*
  - **Saída:** 1 (sucesso) ou 0 (falha)
  - **Pós-condição:** os inteiros com os valores do numerador e denominador de R

Exemplo (TAD Racional)

- Operação ***sum:***
  - **Entrada:** endereço de dois racionais (*R1* e *R2*)
  - **Pré-condição:** números racionais serem válidos
  - **Processo:** criar um novo racional *R3* e atribuir a ele o resultado da soma de *R1* e *R2*:
    - num de *R3* = (num de *R1* x den de *R2*) + (num de *R2* x den de *R1*)
    - den de *R3* = (den de *R1* x den de *R2*)
  - **Saída:** endereço do número racional *R3* ou NULL se operação falhar
  - **Pós-condição:** nenhuma

Exemplo (TAD Racional)

- Operação ***sum (2ª opção):***
  - **Entrada:** endereço dos 2 Nº racionais operandos (*R1* e *R2)* e do Nº racional resultante (*R3*)
  - **Pré-condição:** números racionais serem válidos
  - **Processo:** atribuir a *R3* a soma de *R1* e *R2*:
    - num de *R3* = (num de *R1* x den de *R2*) + (num de *R2* x den de *R1*)
    - den de *R3* = (den de *R1* x den de *R2*)
  - **Saída:** 1 (sucesso) ou 0 (falha)
  - **Pós-condição:** número racional *R3* contendo o resultado da soma de *R1* e *R2*

Exemplo (TAD Racional)

- Operação ***delete:***
  - **Entrada:** endereço do end. de um Nº racional
  - **Pré-condição:** nenhuma
  - **Processo:** liberar a memória usada pelo número racional e limpar o seu endereço
  - **Saída:** nenhuma
  - **Pós-condição:** número racional liberado

Implementação de umTAD

- Define **como** o TAD deve realizar suas operações
  - Implementação deve seguir as especificações (garantia da interface)
  - Converte um TAD em um **tipo de dado concreto**
- TAD e programa usuário (aplicação) devem ser implementados em módulos separados
  - Garante a independência e reutilização
  - Cada módulo é implementado em um arquivo c
  - Interface implementada através de um arquivo cabeçalho (.h)
- Códigos são **compilados separadamente**
  - Mudanças exigem recompilação **apenas** do módulo alterado
  - Cada arquivo c gera um código objeto próprio
- Códigos são ligados na linkedição
  - Junta todos os arquivos objeto em um único executável

Implementação em C

- Um arquivo com a implementação do TAD
  - Contém a estrutura e as funções (operações)

  Ex: racional.c

- Pelo menos um arquivo de aplicação
  - Programa cliente/usuário que irá utilizar o TAD

  Ex: principal.c

- Um arquivo cabeçalho (extensão .h) com as definição do novo tipo e dos protótipos das funções
  - Permite o reconhecimento e o uso do TAD em outros arquivos
  - Demais arquivos devem ter a diretiva ***#include "<nm_arquivo>.h"***

  Ex: racional.h

Uso da diretiva *#include*

- **#include <arq.h>:**
  - O arquivo ***arq.h*** está no diretório padrão de include.
  - Usada para arquivos de cabeçalho (.h) das bibliotecas padrões do C.

- **#include “arq.h”:**
  - O arquivo ***arq.h*** está no diretório de trabalho do programa
  - Muito usada para informar o caminho completo do arquivo

  Ex: *#include "c:\Meus_Progs\Bib\arq.h"*

Geração do Executável

- **Windows:**
  - *Frameworks* de desenvolvimento associam os arquivos de uma aplicação através de um **projeto**.

  Ex: CodeBlocks e DevC

- **Linux:**
  - Pode-se usar o projeto (ex: CodeBlocks)

    OU
  - Compilar os arquivos isoladamente e juntá-los na linkedição

  Ex: compilação e linkedição no gcc

  gcc -c racional.c

  gcc -c usuario.c

  gcc -o prog usuario.o racional.o

Geração do Executável

- **Windows:**
  - *Frameworks* de desenvolvimento associam os arquivos de uma aplicação através de um **projeto**.

  Ex: CodeBlocks e DevC

- **Linux:**
  - Pode-se usar o projeto (ex: CodeBlocks)

    OU
  - Compilar os arquivos isoladamente e juntá-los na linkedição

  Ex: compilação e linkedição no gcc

  gcc -c racional.c — **gera arquivo objeto racional.o**

  gcc -c usuario.c

  gcc -o prog usuario.o racional.o

Geração do Executável

- **Windows:**
  - *Frameworks* de desenvolvimento associam os arquivos de uma aplicação através de um **projeto**.

  Ex: CodeBlocks e DevC

- **Linux:**
  - Pode-se usar o projeto (ex: CodeBlocks)

    OU
  - Compilar os arquivos isoladamente e juntá-los na linkedição

  Ex: compilação e linkedição no gcc

  gcc -c racional.c

  gcc -c usuario.c — **gera arquivo objeto usuario.o**

  gcc -o prog usuario.o racional.o

Geração do Executável

- **Windows:**
  - *Frameworks* de desenvolvimento associam os arquivos de uma aplicação através de um **projeto**.

  Ex: CodeBlocks e DevC

- **Linux:**
  - Pode-se usar o projeto (ex: CodeBlocks)

    OU
  - Compilar os arquivos isoladamente e juntá-los na linkedição

  Ex: compilação e linkedição no gcc

  gcc -c racional.c

  gcc -c usuario.c

gcc -o prog usuario.o racional.o

junta os arqs objeto formando o executável prog

Exemplo de Implementação

- **Especificação** dos dados do TAD **racional**:
  - **Dados:** 2 números inteiros, representando o numerador e o denominador do número racional

Exemplo (TAD Racional)

- **Especificação** dos dados do TAD **racional**:
  - **Dados:** 2 números inteiros, representando o numerador e o denominador do número racional
- **Implementação** da estrutura:

```
struct racional {
        int num, den;
};

typedef struct racional Racional;
```

Exemplo (TAD Racional)

- Especificação dos dados do TAD **racional**:
  - **Dados:** 2 números inteiros, representando o numerador e o denominador do número racional

- Implementação da estrutura:

```
struct racional {
        int num, den;
};

typedef struct racional Racional;
```

racional.c (definição)

racional.h (referência)

Exemplo (TAD Racional)

- **Especificação** da operação ***generate:***
  - **Entrada:** nenhuma
  - **Pré-condição:** nenhuma
  - **Processo:** criar um número racional
  - **Saída:** endereço do número racional criado
  - **Pós-condição:** nenhuma

Exemplo (TAD Racional)

- **Implementação** da operação ***generate*:**

```
Racional * generate() {
        Racional * p;
        p = (Racional *) malloc(sizeof(Racional));
        return p;
}
```

Exemplo (TAD Racional)

- **Especificação** da operação ***set_value:***
  - **Entrada:** endereço de um Nº racional (*R*) e 2 inteiros (*I*1 e *I*2)
  - **Pré-condição:** número racional ser válido e *I*2 ser diferente de zero
  - **Processo:** atribuir ao numerador de *R* o valor de *I*1 e ao denominador de *R* o valor de *I*2
  - **Saída:** 1 (sucesso) ou 0 (falha)
  - **Pós-condição:** racional *R* com valores alterados

Exemplo (TAD Racional)

- **Implementação** da operação ***set_value***:

```
int set_value(Racional *p, int N, int D) {
        if (p == NULL || D == 0)
                return 0; // Falha

        p->num = N;
        p->den = D;
        return 1; // Sucesso
}
```

Exemplo (TAD Racional)

- **Especificação** da operação ***get_value:***
  - **Entrada:** endereço de um Nº racional (*R*) e endereço de 2 inteiros (*I1* e *I2*)
  - **Pré-condição:** número racional ser válido
  - **Processo:** atribuir ao conteúdo de *I1* o valor do numerador de *R* e ao conteúdo de *I2* o valor do denominador de *R*
  - **Saída:** 1 (sucesso) ou 0 (falha)
  - **Pós-condição:** os inteiros com os valores do numerador e denominador de R

Exemplo (TAD Racional)

- **Implementação** da operação ***get_value***:

```
int get_value(Racional *p, int *N, int *D) {
        if (p == NULL)
                return 0; // Falha

        *N = p->num;
        *D = p->den;
        return 1; // Sucesso
}
```

Exemplo (TAD Racional)

- **Especificação** da operação ***sum:***
  - **Entrada:** endereço de dois racionais (*R1* e *R2*)
  - **Pré-condição:** números racionais serem válidos
  - **Processo:** criar um novo racional *R3* e atribuir a ele o resultado da soma de *R1* e *R2*:
    - num de *R3* = (num de *R1* x den de *R2*)+(num de *R2* x den de *R1*)
    - den de *R3* = (den de *R1* x den de *R2*)
  - **Saída:** endereço do número racional *R3* ou NULL se operação falhar
  - **Pós-condição:** nenhuma

Exemplo (TAD Racional)

- **Implementação** da operação ***sum***:

```
Racional * sum(Racional *R1, Racional *R2) {
    Racional *R3;
    R3 = generate(); // Cria um racional e atribui seu end. a R3

    if (R3 != NULL) {
        R3->num = (R1->num*R2->den) + (R2->num*R1->den);
        R3->den  = (R1->den * R2->den);
    }

    return R3; // Sucesso ou Falha
}
```

Exemplo (TAD Racional)

- **Especificação** da operação ***sum*** ***(2ª opção):***
  - **Entrada:** endereço dos 2 Nº racionais operandos (*R1* e *R2)* e do Nº racional resultante (*R3*)
  - **Pré-condição:** números racionais serem válidos
  - **Processo:** atribuir a *R3* a soma de *R1* e *R2*:
    - num de *R3* = (num de *R1* x den de *R2*)+(num de *R2* x den de *R1*)
    - den de *R3* = (den de *R1* x den de *R2*)
  - **Saída:** 1 (sucesso) ou 0 (falha)
  - **Pós-condição:** número racional apontado por *R3* contendo o resultado da soma de *R1* e *R2*

Exemplo (TAD Racional)

- **Implementação** da operação ***sum*** ***(2ª opção)*****:**

```
int sum(Racional *R1, Racional *R2, Racional *R3) {

    if (R1 == NULL || R2 == NULL || R3 == NULL)
        return 0; // Falha

    R3->num = (R1->num * R2->den) + (R2->num * R1->den);
    R3->den  = (R1->den * R2->den);

    return 1; // Sucesso
}
```

Exemplo (TAD Racional)

- **Especificação** da operação ***delete:***
  - **Entrada:** endereço do end. de um Nº racional
  - **Pré-condição:** nenhuma
  - **Processo:** liberar a memória usada pelo número racional e limpar o seu endereço
  - **Saída:** nenhuma
  - **Pós-condição:** número racional liberado

Exemplo (TAD Racional)

- **Implementação** da operação ***delete*:**

```
void delete(Racional ** p) {
        free(*p);     // Libera a memória
        *p = NULL; // Limpa o ponteiro para racional
}
```

Exemplo (TAD Racional)

- **Disposição** das operações **nos arquivos**:
  - Funções implementadas no **racional.c**
  - Protótipo das funções declarados no **racional.h**

```
Racional * generate();
int set_value(Racional *p, int N, int D);
int get_value(Racional *p, int *N, int *D);
Racional * sum(Racional *R1, Racional *R2);
void delete(Racional ** p);
```

Implementação TAD Racional

- **Racional.h**

```
typedef struct racional Racional;

Racional * generate();
int set_value(Racional *p, int N, int D);
int get_value(Racional *p, int *N, int *D);
Racional * sum(Racional *R1, Racional *R2);
void delete(Racional ** p);
```

Implementação TAD Racional

- **Racional.c**

```
#include<stdio.h>   // para usar o NULL
#include<stdlib.h>  // para usar as funções malloc() e free()
#include "Racional.h"


struct racional {
    int num, den;
};

Racional * generate() {   ...   }
int set_value(Racional *p, int N, int D)  {   ...   }
int get_value(Racional *p, int *N, int *D)  {   ...   }
Racional * sum(Racional *R1, Racional *R2)  {    ...   }
void delete(Racional ** p) {   ...   }
```

Implementação TAD Racional

- **User.c**

```
#include<stdio.h>
#include "Racional.h"
int main() {
    Racional *N1, *N2, *N3;
    int nu, de;
    N1 = generate(); N2 = generate(); // Cria 2 nros racionais
    if (N1 == NULL || N2 == NULL) {
            printf ("Nao foi possivel criar os nros racionais.\n");
            return -1;
    }
    printf("Digite o numerador e denominador do 1o racional:\n");
    scanf("%d", &nu); scanf("%d", &de);
    if (set_value(N1, nu, de) == 0) // Atribui o numerador e o denominador a N1
            printf ("\nFalha ao preencher o 1o racional.\n");
            return -1;
    }
    ...
```

Implementação TAD Racional

- **User.c (continuação)**

```
...
    printf("\nDigite o numerador e denominador do 2o racional:\n");
    scanf("%d", &nu); scanf("%d", &de);
    if (set_value(N2, nu, de) == 0) // Atribui o numerador e o denominador a N2
            printf ("\nFalha ao preencher o 2o racional.\n");
            return -1;
    }
    N3 = sum(N1,N2); // Soma 2 nros racionais
    if (N3 == NULL)
            printf ("\nFalha ao somar os 2 nros racionais.\n");
            return -1;
    }
    if (get_value(N3, &nu, &de) == 0) // Obtem o numerador e o denominador de N3
            printf ("\nFalha ao recuperar o numerador e denominador resultante.\n");
            return -1;
    }
    printf("\nO resultado da soma eh: %d / %d.\n", nu, de);
    delete(&N1); delete(&N2); delete(&N3); // Libera a memoria alocada para os nros
    return 0;
}
```

Exercício

1. *Especificar e implementar o TAD Ponto, o qual representa um ponto no espaço bidimensional (coordenadas x e y no espaço $\mathbb{R}^2$) e com as seguintes operações:*

- ***Cria_pto:*** *cria um ponto a partir de suas cordenadas x e y*
- ***Libera_pto:*** *operação que elimina um ponto criado*
- ***Distancia_pto:*** *calcula a distância entre dois pontos*

O programa aplicativo deve ler as coordenadas de 2 pontos, digitadas pelo usuário e imprimir na tela a distância entre esses pontos. Nesse processo, o programa deve criar os 2 pontos, calcular a distância entre esses pontos e, após apresentar o resultado, liberar os dois pontos.

Referências

✓ Básica

- **CELES, W., CERQUEIRA, R. e RANGEL, J. L. "Introdução a estruturas de dados". Campus Elsevier, 2004.**
- TENENBAUM, A. M., LANGSAM, Y. e AUGENSTEIN, M.J. *"Estrutura de Dados Usando C"*. Makron Books.

✓ Extra

- BACKES, André. *"Programação Descomplicada Linguagem C"*. Projeto de extensão que disponibiliza vídeo-aulas de C e Estruturas de Dados. Disponível em: `https://www.youtube.com/user/progdescomplicada`. Acessado em: 25/04/2022.

✓ Baseado nos materiais dos seguintes professores:

- Prof. André Backes (UFU)
- Prof. Bruno Travençolo (UFU)
- Prof. Luiz Gustavo de Almeida Martins (UFU)

Dúvidas?

Prof. Me. Claudiney R. Tinoco
profclaudineytinoco@gmail.com

Faculdade de Computação (FACOM)
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)