

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

Árvores

Estrutura de Dados

Prof. Msc. Felipe Leivas Teixeira

Versão 1.0

1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Em diversas aplicações necessita-se de estruturas mais complexas do que as puramente sequenciais, como listas, pilhas e filas

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Em diversas aplicações necessita-se de estruturas mais complexas do que as puramente sequenciais, como listas, pilhas e filas
- Entre essas destacam-se as **Árvores**

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Em diversas aplicações necessita-se de estruturas mais complexas do que as puramente sequenciais, como listas, pilhas e filas
- Entre essas destacam-se as **Árvores**
- Inúmeros problemas práticos da computação podem ser modelados por meio de árvores

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Em diversas aplicações necessita-se de estruturas mais complexas do que as puramente sequenciais, como listas, pilhas e filas
- Entre essas destacam-se as **Árvores**
- Inúmeros problemas práticos da computação podem ser modelados por meio de árvores
- Em geral, as árvores admitem um tratamento computacional simples e eficiente

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

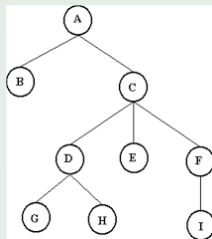
Remoção

Destruição

- Em diversas aplicações necessita-se de estruturas mais complexas do que as puramente sequenciais, como listas, pilhas e filas
- Entre essas destacam-se as **Árvores**
- Inúmeros problemas práticos da computação podem ser modelados por meio de árvores
- Em geral, as árvores admitem um tratamento computacional simples e eficiente
- Árvores são estruturas de dados que seguem o conceito de Hierarquia

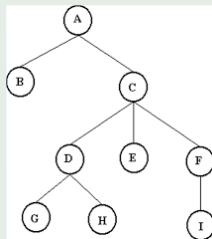
Conceitos básicos

- Uma árvore é geralmente representada como mostra a figura a baixo:



Conceitos básicos

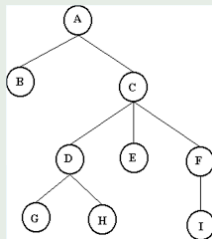
- Uma árvore é geralmente representada como mostra a figura a baixo:



- As linhas que unem dois nodos representam os relacionamentos entre eles

Conceitos básicos

- Uma árvore é geralmente representada como mostra a figura a baixo:



- As linhas que unem dois nodos representam os relacionamentos entre eles
- Os relacionamentos de uma árvore estabelecem um nível de hierarquia

Terminologia

- **Nodo:** São os elementos armazenados na árvore

Terminologia

- **Nodo:** São os elementos armazenados na árvore
- **Raiz:** É um nodo diferenciado, presente em todas as árvores. É sempre o primeiro nodo da árvore. O acesso a todos os nodos da árvore sempre é feito a partir de sua raiz.

Terminologia

- **Nodo:** São os elementos armazenados na árvore
- **Raiz:** É um nodo diferenciado, presente em todas as árvores. É sempre o primeiro nodo da árvore. O acesso a todos os nodos da árvore sempre é feito a partir de sua raiz.
- **Nodo pai:** Nodo que tem filhos (outros elementos a baixo dele)

Terminologia

- **Nodo:** São os elementos armazenados na árvore
- **Raiz:** É um nodo diferenciado, presente em todas as árvores. É sempre o primeiro nodo da árvore. O acesso a todos os nodos da árvore sempre é feito a partir de sua raiz.
- **Nodo pai:** Nodo que tem filhos (outros elementos a baixo dele)
- **Nodo filho:** Nodo que tem um nodo pai (único nodo que não é um nodo filho é o nodo raiz)

Terminologia

- **Nodo:** São os elementos armazenados na árvore
- **Raiz:** É um nodo diferenciado, presente em todas as árvores. É sempre o primeiro nodo da árvore. O acesso a todos os nodos da árvore sempre é feito a partir de sua raiz.
- **Nodo pai:** Nodo que tem filhos (outros elementos a baixo dele)
- **Nodo filho:** Nodo que tem um nodo pai (único nodo que não é um nodo filho é o nodo raiz)
- **Subárvore:** É um conjunto de nodos, sendo todos eles subordinados a um único nodo, externo a esta subárvore

Terminologia

- **Nodo:** São os elementos armazenados na árvore
- **Raiz:** É um nodo diferenciado, presente em todas as árvores. É sempre o primeiro nodo da árvore. O acesso a todos os nodos da árvore sempre é feito a partir de sua raiz.
- **Nodo pai:** Nodo que tem filhos (outros elementos a baixo dele)
- **Nodo filho:** Nodo que tem um nodo pai (único nodo que não é um nodo filho é o nodo raiz)
- **Subárvore:** É um conjunto de nodos, sendo todos eles subordinados a um único nodo, externo a esta subárvore
- **Grau de um nodo:** Denomina-se de grau de um nodo ao número de subárvores que são subordinadas diretamente a este nodo

Terminologia

- **Grau de uma Árvore:** O grau de uma árvore é o maior valor dentre os graus de todos os seus nodos

Terminologia

- **Grau de uma Árvore:** O grau de uma árvore é o maior valor dentre os graus de todos os seus nodos
- **Folha:** Os nodos de grau zero (que não apresentam filhos) são denominados de folhas

Terminologia

- **Grau de uma Árvore:** O grau de uma árvore é o maior valor dentre os graus de todos os seus nodos
- **Folha:** Os nodos de grau zero (que não apresentam filhos) são denominados de folhas
- **Altura de uma Árvore:** A altura de uma árvore é igual ao maior nível de seus nodos.

Terminologia

- **Grau de uma Árvore:** O grau de uma árvore é o maior valor dentre os graus de todos os seus nodos
- **Folha:** Os nodos de grau zero (que não apresentam filhos) são denominados de folhas
- **Altura de uma Árvore:** A altura de uma árvore é igual ao maior nível de seus nodos.
- **Floresta:** É formada por um conjunto de zero ou mais árvores disjuntas

Terminologia

- **Grau de uma Árvore:** O grau de uma árvore é o maior valor dentre os graus de todos os seus nodos
- **Folha:** Os nodos de grau zero (que não apresentam filhos) são denominados de folhas
- **Altura de uma Árvore:** A altura de uma árvore é igual ao maior nível de seus nodos.
- **Floresta:** É formada por um conjunto de zero ou mais árvores disjuntas
- **Árvore balanceada:** Uma árvore balanceada é aquela na qual existe uma distribuição equilibrada entre os nodos da árvore, ou seja, existe uma diferença mínima entre todas as folhas e a raiz

1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

- Árvores binárias são uma especificação de árvores

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Árvores binárias são uma especificação de árvores
- As árvores binárias tem como característica principal o número máximo de dois filhos, um filho da direita e um filho da esquerda

Árvores Binárias

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

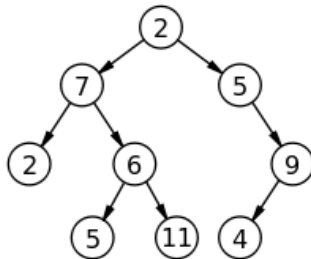
Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Árvores binárias são uma especificação de árvores
- As árvores binárias tem como característica principal o número máximo de dois filhos, um filho da direita e um filho da esquerda
- Exemplo:



1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores Binárias de Pesquisa

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

**Árvores
Binárias de
Pesquisa**

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Árvores binárias de pesquisa são uma especificação de árvores binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Árvores binárias de pesquisa são uma especificação de árvores binárias
- As árvores binárias de pesquisa tem como objetivo de organizar os elementos da árvore de forma a facilitar a busca por um determinado elemento

Árvores Binárias de Pesquisa

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- A característica principal das árvores de pesquisa binária é que todos elementos à esquerda de um nodo são menores que ele e todos os elementos à direita de um nodo são maiores que ele

Árvores Binárias de Pesquisa

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

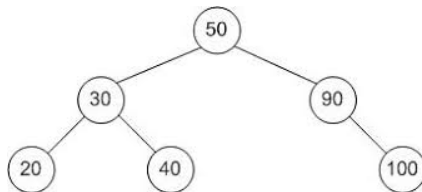
Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- A característica principal das árvores de pesquisa binária é que todos elementos à esquerda de um nodo são menores que ele e todos os elementos à direita de um nodo são maiores que ele
- Exemplo:



Árvores Binárias de Pesquisa

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

**Árvores
Binárias de
Pesquisa**

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Em uma árvore binária de pesquisa, podem ser feitas algumas operações

Árvores Binárias de Pesquisa

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Em uma árvore binária de pesquisa, podem ser feitas algumas operações
- Entre as operações que podem ser feitas, as mais comuns são:
 - **Inicialização** - A primeira operação a ser executada, através da qual a árvore binária de pesquisa é inicializada

Árvores Binárias de Pesquisa

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Em uma árvore binária de pesquisa, podem ser feitas algumas operações
- Entre as operações que podem ser feitas, as mais comuns são:
 - **Inicialização** - A primeira operação a ser executada, através da qual a árvore binária de pesquisa é inicializada
 - **Inserção** - É a maneira de formar a árvore binária de pesquisa, inserindo os nodos um a um

Árvores Binárias de Pesquisa

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do

Mínimo e

Máximo

Busca do

Sucessor e

Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Em uma árvore binária de pesquisa, podem ser feitas algumas operações
- Entre as operações que podem ser feitas, as mais comuns são:
 - **Inicialização** - A primeira operação a ser executada, através da qual a árvore binária de pesquisa é inicializada
 - **Inserção** - É a maneira de formar a árvore binária de pesquisa, inserindo os nodos um a um
 - **Busca** - É a forma de buscar um nodo específico na árvore binária de pesquisa

- Em uma árvore binária de pesquisa, podem ser feitas algumas operações
- Entre as operações que podem ser feitas, as mais comuns são:
 - **Inicialização** - A primeira operação a ser executada, através da qual a árvore binária de pesquisa é inicializada
 - **Inserção** - É a maneira de formar a árvore binária de pesquisa, inserindo os nodos um a um
 - **Busca** - É a forma de buscar um nodo específico na árvore binária de pesquisa
 - **Busca do mínimo ou máximo** - É a forma de buscar um nodo o menor ou o maior nodo em uma árvore binária de pesquisa

- Em uma árvore binária de pesquisa, podem ser feitas algumas operações
- Entre as operações que podem ser feitas, as mais comuns são:
 - **Inicialização** - A primeira operação a ser executada, através da qual a árvore binária de pesquisa é inicializada
 - **Inserção** - É a maneira de formar a árvore binária de pesquisa, inserindo os nodos um a um
 - **Busca** - É a forma de buscar um nodo específico na árvore binária de pesquisa
 - **Busca do mínimo ou máximo** - É a forma de buscar um nodo o menor ou o maior nodo em uma árvore binária de pesquisa
 - **Busca do sucessor ou predecessor** - É a forma de buscar um nodo sucessor ou predecessor de um determinado nodo em uma árvore binária de pesquisa

- Em uma árvore binária de pesquisa, podem ser feitas algumas operações
- Entre as operações que podem ser feitas, as mais comuns são:
 - **Inicialização** - A primeira operação a ser executada, através da qual a árvore binária de pesquisa é inicializada
 - **Inserção** - É a maneira de formar a árvore binária de pesquisa, inserindo os nodos um a um
 - **Busca** - É a forma de buscar um nodo específico na árvore binária de pesquisa
 - **Busca do mínimo ou máximo** - É a forma de buscar um nodo o menor ou o maior nodo em uma árvore binária de pesquisa
 - **Busca do sucessor ou predecessor** - É a forma de buscar um nodo sucessor ou predecessor de um determinado nodo em uma árvore binária de pesquisa
 - **Percursos** - São as formas de percorrer todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa

Árvores Binárias de Pesquisa

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Em uma árvore binária de pesquisa, podem ser feitas algumas operações
- Entre as operações que podem ser feitas, as mais comuns são:
 - **Inicialização** - A primeira operação a ser executada, através da qual a árvore binária de pesquisa é inicializada
 - **Inserção** - É a maneira de formar a árvore binária de pesquisa, inserindo os nodos um a um
 - **Busca** - É a forma de buscar um nodo específico na árvore binária de pesquisa
 - **Busca do mínimo ou máximo** - É a forma de buscar um nodo o menor ou o maior nodo em uma árvore binária de pesquisa
 - **Busca do sucessor ou predecessor** - É a forma de buscar um nodo sucessor ou predecessor de um determinado nodo em uma árvore binária de pesquisa
 - **Percursos** - São as formas de percorrer todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa
 - **Remoção** - É a forma de remover um nodo da árvore binária de pesquisa

- Em uma árvore binária de pesquisa, podem ser feitas algumas operações
- Entre as operações que podem ser feitas, as mais comuns são:
 - **Inicialização** - A primeira operação a ser executada, através da qual a árvore binária de pesquisa é inicializada
 - **Inserção** - É a maneira de formar a árvore binária de pesquisa, inserindo os nodos um a um
 - **Busca** - É a forma de buscar um nodo específico na árvore binária de pesquisa
 - **Busca do mínimo ou máximo** - É a forma de buscar um nodo o menor ou o maior nodo em uma árvore binária de pesquisa
 - **Busca do sucessor ou predecessor** - É a forma de buscar um nodo sucessor ou predecessor de um determinado nodo em uma árvore binária de pesquisa
 - **Percursos** - São as formas de percorrer todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa
 - **Remoção** - É a forma de remover um nodo da árvore binária de pesquisa
 - **Destruição** - Operação executada quando uma árvore binária de pesquisa existente não é mais necessária

- Um nodo da árvore pode ser representado pela estrutura abaixo:

```
struct nodo{  
    int chave;  
    struct nodo *pai;  
    struct nodo *dir;  
    struct nodo *esq;  
};
```

Árvores Binárias de Pesquisa

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Um nodo da árvore pode ser representado pela estrutura abaixo:

```
struct nodo{  
    int chave;  
    struct nodo *pai;  
    struct nodo *dir;  
    struct nodo *esq;  
};
```

- Um descritor da árvore pode ser representado pela estrutura abaixo:

```
struct arvore{  
    struct nodo *raiz;  
};
```

1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- A função que inicializa uma árvore binária de pesquisa deve alocar um espaço de memória para o descritor

Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- A função que inicializa uma árvore binária de pesquisa deve alocar um espaço de memória para o descritor
- O descritor da árvore binária de pesquisa é representado por um ponteiro para a raiz então, uma árvore binária de pesquisa vazia é representada por um ponteiro NULL

Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- A função que inicializa uma árvore binária de pesquisa deve alocar um espaço de memória para o descritor
- O descritor da árvore binária de pesquisa é representado por um ponteiro para a raiz então, uma árvore binária de pesquisa vazia é representada por um ponteiro NULL
- A função de inicialização de uma árvore binária de pesquisa tem como valor de retorno um endereço para um descritor da lista

Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de inicialização é a seguinte:

Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do Mínimo e Máximo

Busca do Sucessor e Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de inicialização é a seguinte:

```
1 inicializa_arvore( )  
2     struct arvore* temp = Aloca um novo descritor da lista;  
3     temp->raiz = NULL;  
4     return temp;
```


Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Binárias

Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do Mínimo e Máximo

Busca do Sucessor e Predecessor

Percursos

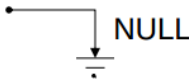
Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de inicialização é a seguinte:

```

1 inicializa_arvore( )
2     struct arvore* temp = Aloca um novo descritor da lista;
3     temp->raiz = NULL;
4     return temp;
    
```



1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção

- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca

- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo

- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor

- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção

- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez criada um descritor de uma árvore binária de pesquisa, podemos inserir novos nodos nela

Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez criada um descritor de uma árvore binária de pesquisa, podemos inserir novos nodos nela
- Para inserir um novo nodo em uma árvore binária de pesquisa, devem ser seguidos dois passos:

Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez criada um descritor de uma árvore binária de pesquisa, podemos inserir novos nodos nela
- Para inserir um novo nodo em uma árvore binária de pesquisa, devem ser seguidos dois passos:
 - Alocar memória para armazenar o novo nodo

Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez criada um descritor de uma árvore binária de pesquisa, podemos inserir novos nodos nela
- Para inserir um novo nodo em uma árvore binária de pesquisa, devem ser seguidos dois passos:
 - Alocar memória para armazenar o novo nodo
 - E achar sua posição na árvore

Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de inserção é a seguinte:

Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de inserção é a seguinte:

```

1 insert(struct arvore* T, chave)
2     struct nodo* novo_nodo = Aloca um novo nodo;
3     novo_nodo->chave = chave;
4     novo_nodo->pai = NULL;
5     novo_nodo->esq = NULL;
6     novo_nodo->dir = NULL;
7     pai = NULL;
8     aux = T->raiz;
9     while(aux != NULL)
10        pai = aux;
11        if(novo_nodo->chave < aux->chave)
12            aux = aux->esq;
13        else
14            aux = aux->dir;
15    novo_nodo->pai = pai;
16    if(pai == NULL)
17        T->raiz = novo_nodo;
18    else if(novo_nodo->chave < pai->chave)
19        pai->esq = novo_nodo;
20    else
21        pai->dir = novo_nodo;
    
```


1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- **Árvores Binárias de Pesquisa: Busca**
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que existem nodos em uma árvore binária de pesquisa, podemos buscar por um nodo específico

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que existem nodos em uma árvore binária de pesquisa, podemos buscar por um nodo específico
- Para a busca em uma árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função a raiz da árvore e a chave do nodo que está buscando

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que existem nodos em uma árvore binária de pesquisa, podemos buscar por um nodo específico
- Para a busca em uma árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função a raiz da árvore e a chave do nodo que está buscando
- A busca pode retornar o primeiro nodo encontrado com a chave buscada ou NULL

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que existem nodos em uma árvore binária de pesquisa, podemos buscar por um nodo específico
- Para a busca em uma árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função a raiz da árvore e a chave do nodo que está buscando
- A busca pode retornar o primeiro nodo encontrado com a chave buscada ou NULL
- Para facilitar a implementação da busca é utilizado a recursão

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de busca é a seguinte:

- Uma possível implementação para a função de busca é a seguinte:

```
1 search(struct nodo* nodo, chave)
2     if(nodo == NULL || chave == nodo->chave)
3         return nodo;
4     if(chave < nodo->chave)
5         return search(nodo->esq, chave);
6     return search(nodo->dir, chave);
```

1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

**Busca do
Mínimo e
Máximo**

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma busca importante que pode ser facilmente implementada em uma árvore binária de pesquisa é a busca pelo menor ou maior elemento de uma árvore binária de pesquisa

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

**Busca do
Mínimo e
Máximo**

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma busca importante que pode ser facilmente implementada em uma árvore binária de pesquisa é a busca pelo menor ou maior elemento de uma árvore binária de pesquisa
- Para a busca do menor ou maior nodo de uma árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função a raiz da árvore

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

**Busca do
Mínimo e
Máximo**

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma busca importante que pode ser facilmente implementada em uma árvore binária de pesquisa é a busca pelo menor ou maior elemento de uma árvore binária de pesquisa
- Para a busca do menor ou maior nodo de uma árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função a raiz da árvore
- A busca retorna sempre o menor ou o maior nodo

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma busca importante que pode ser facilmente implementada em uma árvore binária de pesquisa é a busca pelo menor ou maior elemento de uma árvore binária de pesquisa
- Para a busca do menor ou maior nodo de uma árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função a raiz da árvore
- A busca retorna sempre o menor ou o maior nodo
- Para encontrar o **menor** nodo, basta percorrer a árvore binária de pesquisa seguindo pelos filhos da **esquerda** dos nodos

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma busca importante que pode ser facilmente implementada em uma árvore binária de pesquisa é a busca pelo menor ou maior elemento de uma árvore binária de pesquisa
- Para a busca do menor ou maior nodo de uma árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função a raiz da árvore
- A busca retorna sempre o menor ou o maior nodo
- Para encontrar o **menor** nodo, basta percorrer a árvore binária de pesquisa seguindo pelos filhos da **esquerda** dos nodos
- Já para encontrar o **maior** nodo, basta percorrer a árvore binária de pesquisa seguindo pelos filhos da **direita** dos nodos

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

**Busca do
Mínimo e
Máximo**

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de busca do menor nodo é a seguinte:

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de busca do menor nodo é a seguinte:

```
1 minimum(struct nodo* nodo)
2     while(nodo->esq != NULL)
3         nodo = nodo->esq;
4     return nodo;
```

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

**Busca do
Mínimo e
Máximo**

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de busca do maior nodo é a seguinte:

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de busca do maior nodo é a seguinte:

```
1 maximum(struct nodo* nodo)
2     while(nodo->dir != NULL)
3         nodo = nodo->dir;
4     return nodo;
```

1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

**Busca do
Sucessor e
Predecessor**

Percursos

Remoção

Destruição

- Outra busca importante que pode ser facilmente implementada em uma árvore binária de pesquisa é a busca pelo sucessor ou predecessor de um determinado nodo

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

**Busca do
Sucessor e
Predecessor**

Percursos

Remoção

Destruição

- Outra busca importante que pode ser facilmente implementada em uma árvore binária de pesquisa é a busca pelo sucessor ou predecessor de um determinado nodo
- Para a busca do sucessor ou predecessor de um nodo em árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função o nodo, para encontrar seu sucessor ou predecessor

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

**Busca do
Sucessor e
Predecessor**

Percursos

Remoção

Destruição

- Outra busca importante que pode ser facilmente implementada em uma árvore binária de pesquisa é a busca pelo sucessor ou predecessor de um determinado nodo
- Para a busca do sucessor ou predecessor de um nodo em árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função o nodo, para encontrar seu sucessor ou predecessor
- A busca pode retornar o sucessor, predecessor ou NULL

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Outra busca importante que pode ser facilmente implementada em uma árvore binária de pesquisa é a busca pelo sucessor ou predecessor de um determinado nodo
- Para a busca do sucessor ou predecessor de um nodo em árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função o nodo, para encontrar seu sucessor ou predecessor
- A busca pode retornar o sucessor, predecessor ou NULL
- Para facilitar a busca do sucessor pode ser utilizada a função **minimum** na subárvore da direita

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do Sucessor e Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Outra busca importante que pode ser facilmente implementada em uma árvore binária de pesquisa é a busca pelo sucessor ou predecessor de um determinado nodo
- Para a busca do sucessor ou predecessor de um nodo em árvore binária de pesquisa, deve ser passado para a função o nodo, para encontrar seu sucessor ou predecessor
- A busca pode retornar o sucessor, predecessor ou NULL
- Para facilitar a busca do sucessor pode ser utilizada a função **minimum** na subárvore da direita
- Já para facilitar a busca do predecessor pode ser utilizada a função **maximum** na subárvore da esquerda

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

**Busca do
Sucessor e
Predecessor**

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de busca o sucessor de um nodo é a seguinte:

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de busca o sucessor de um nodo é a seguinte:

```

1 sucessor(struct nodo* nodo)
2     if(nodo->dir != NULL)
3         return minimum(nodo->dir);
4     pai = nodo->pai;
5     while(pai != NULL && nodo == pai->dir)
6         nodo = pai;
7         pai = pai->pai;
8     return pai;
```

Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

**Busca do
Sucessor e
Predecessor**

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de busca o predecessor de um nodo é a seguinte:

- Uma possível implementação para a função de busca o predecessor de um nodo é a seguinte:

```

1 predecessor(struct nodo* nodo)
2     if(nodo->esq != NULL)
3         return maximum(nodo->esq);
4     pai = nodo->pai;
5     while(pai != NULL && nodo == pai->esq)
6         nodo = pai;
7         pai = pai->pai;
8     return pai;
    
```

1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Além da busca, outras operações importantes em uma árvore binária de pesquisa são os **percursos**

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Além da busca, outras operações importantes em uma árvore binária de pesquisa são os **percursos**
- As operações de percurso, percorrem toda a árvore imprimindo seus nodos

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Além da busca, outras operações importantes em uma árvore binária de pesquisa são os **percursos**
- As operações de percurso, percorrem toda a árvore imprimindo seus nodos
- Existem três tipos de percurso, são eles:

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Além da busca, outras operações importantes em uma árvore binária de pesquisa são os **percursos**
- As operações de percurso, percorrem toda a árvore imprimindo seus nodos
- Existem três tipos de percurso, são eles:
 - **Em Ordem;**

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Além da busca, outras operações importantes em uma árvore binária de pesquisa são os **percursos**
- As operações de percurso, percorrem toda a árvore imprimindo seus nodos
- Existem três tipos de percurso, são eles:
 - **Em Ordem;**
 - **Pré Ordem;** e,

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Além da busca, outras operações importantes em uma árvore binária de pesquisa são os **percursos**
- As operações de percurso, percorrem toda a árvore imprimindo seus nodos
- Existem três tipos de percurso, são eles:
 - **Em Ordem;**
 - **Pré Ordem;** e,
 - **Pós Ordem.**

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Além da busca, outras operações importantes em uma árvore binária de pesquisa são os **percursos**
- As operações de percurso, percorrem toda a árvore imprimindo seus nodos
- Existem três tipos de percurso, são eles:
 - **Em Ordem;**
 - **Pré Ordem;** e,
 - **Pós Ordem.**
- Para facilitar a implementação das operações de percurso é utilizada a recursão

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- O percurso **em ordem** imprime todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa, do menor ao maior

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- O percurso **em ordem** imprime todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa, do menor ao maior
- A implementação para a função de percurso em ordem é a seguinte:

- O percurso **em ordem** imprime todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa, do menor ao maior
- A implementação para a função de percurso em ordem é a seguinte:

```
1 em_ordem(struct nodo* nodo)
2     if(nodo != NULL)
3         em_ordem(nodo->esq);
4         imprime(nodo->chave);
5         em_ordem(nodo->dir);
```

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- O percurso **pré ordem** imprime todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa, imprimindo os nodos na ordem em que eles são acessados

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- O percurso **pré ordem** imprime todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa, imprimindo os nodos na ordem em que eles são acessados
- A implementação para a função de percurso em pré-ordem é a seguinte:

- O percurso **pré ordem** imprime todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa, imprimindo os nodos na ordem em que eles são acessados
- A implementação para a função de percurso em pré-ordem é a seguinte:

```

1 pre_ordem(struct nodo* nodo)
2     if(nodo != NULL)
3         imprime(nodo->chave);
4         pre_ordem(nodo->esq);
5         pre_ordem(nodo->dir);
    
```

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- O percurso **pós ordem** imprime todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa, imprimindo os nodos da seguinte forma: os nodos pais só são impressos após seus filhos terem sido impressos

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- O percurso **pós ordem** imprime todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa, imprimindo os nodos da seguinte forma: os nodos pais só são impressos após seus filhos terem sido impressos
- A implementação para a função de percurso em pós-ordem é a seguinte:

Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- O percurso **pós ordem** imprime todos os nodos de uma árvore binária de pesquisa, imprimindo os nodos da seguinte forma: os nodos pais só são impressos após seus filhos tenham sido impressos
- A implementação para a função de percurso em pós-ordem é a seguinte:

```
1 pos_ordem(struct nodo* nodo)
2     if(nodo != NULL)
3         pos_ordem(nodo->esq);
5         pos_ordem(nodo->dir);
4         imprime(nodo->chave);
```

1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que uma árvore binária de pesquisa tem nodos, os mesmo podem ser removidos

Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que uma árvore binária de pesquisa tem nodos, os mesmo podem ser removidos
- Para remover um novo em uma árvore binária de pesquisa, existem três casos básicos que devem ser analisados, são eles:

Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do

Mínimo e

Máximo

Busca do

Sucessor e

Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que uma árvore binária de pesquisa tem nodos, os mesmo podem ser removidos
- Para remover um novo em uma árvore binária de pesquisa, existem três casos básicos que devem ser analisados, são eles:
 - **1º Caso:** Se o nodo a ser removido não tem filhos, então simplesmente o removemos e modificamos seu pai de modo a substituir o nodo por NULL

Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do

Mínimo e

Máximo

Busca do

Sucessor e

Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que uma árvore binária de pesquisa tem nodos, os mesmo podem ser removidos
- Para remover um novo em uma árvore binária de pesquisa, existem três casos básicos que devem ser analisados, são eles:
 - **1º Caso:** Se o nodo a ser removido não tem filhos, então simplesmente o removemos e modificamos seu pai de modo a substituir o nodo por NULL
 - **2º Caso:** Se o nodo a ser removido tem apenas um filho, então elevamos o filho para o lugar do nodo removido e modificamos seu pai de modo a substituir o nodo por seu filho

Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que uma árvore binária de pesquisa tem nodos, os mesmo podem ser removidos
- Para remover um novo em uma árvore binária de pesquisa, existem três casos básicos que devem ser analisados, são eles:
 - **1º Caso:** Se o nodo a ser removido não tem filhos, então simplesmente o removemos e modificamos seu pai de modo a substituir o nodo por NULL
 - **2º Caso:** Se o nodo a ser removido tem apenas um filho, então elevamos o filho para o lugar do nodo removido e modificamos seu pai de modo a substituir o nodo por seu filho
 - **3º Caso:** Se o nodo a ser removido tem os dois filhos, então encontramos o sucessor do nodo em sua subárvore direita, e obrigamos o sucessor a tomar a posição do nodo na árvore. Nesse caso, deve-se tomar cuidado caso o sucessor tenha o filho da direita.

Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que uma árvore binária de pesquisa tem nodos, os mesmo podem ser removidos
- Para remover um novo em uma árvore binária de pesquisa, existem três casos básicos que devem ser analisados, são eles:
 - **1º Caso:** Se o nodo a ser removido não tem filhos, então simplesmente o removemos e modificamos seu pai de modo a substituir o nodo por NULL
 - **2º Caso:** Se o nodo a ser removido tem apenas um filho, então elevamos o filho para o lugar do nodo removido e modificamos seu pai de modo a substituir o nodo por seu filho
 - **3º Caso:** Se o nodo a ser removido tem os dois filhos, então encontramos o sucessor do nodo em sua subárvore direita, e obrigamos o sucessor a tomar a posição do nodo na árvore. Nesse caso, deve-se tomar cuidado caso o sucessor tenha o filho da direita.
- Para a função de remoção deve ser passado o descritor da árvore e o nodo a ser removido

Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de remoção é a seguinte:

- Uma possível implementação para a função de remoção é a seguinte:

```

1 remove(struct arvore* T, struct nodo* nodo)
2     if(nodo->esq == NULL)
3         replace(T, nodo, nodo->dir);
4     else if(nodo->dir == NULL)
5         replace(T, nodo, nodo->esq);
6     else
7         sucessor = minimum(nodo->dir);
8         if(sucessor->pai != nodo)
9             replace(T, sucessor, sucessor->dir);
10            sucessor->dir = nodo->dir;
11            sucessor->dir->pai = sucessor;
12            replace(T, nodo, sucessor);
13            sucessor->esq = nodo->esq;
14            sucessor->esq->pai = sucessor;
15            free(nodo);
    
```

```

1 replace(struct arvore* T, struct nodo* nodo1, struct
nodo* nodo2)
2     if(nodo1->pai == NULL)
3         T->raiz = nodo2;
4     else if(nodo1 == nodo1->pai->esq)
5         nodo1->pai->esq = nodo2;
6     else
7         nodo1->pai->dir = nodo2;
8     if(nodo2 != NULL)
9         nodo2->pai = nodo1->pai;
    
```

1 Árvores

2 Árvores Binárias

3 Árvores Binárias de Pesquisa

- Árvores Binárias de Pesquisa: Inicialização
- Árvores Binárias de Pesquisa: Inserção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Mínimo e Máximo
- Árvores Binárias de Pesquisa: Busca do Sucessor e Predecessor
- Árvores Binárias de Pesquisa: Percursos
- Árvores Binárias de Pesquisa: Remoção
- Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que existe uma árvore binária de pesquisa, ela pode ser destruída

Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que existe uma árvore binária de pesquisa, ela pode ser destruída
- Para destruir uma árvore basta percorre-la em pós ordem excluindo seus nodos

Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma vez que existe uma árvore binária de pesquisa, ela pode ser destruída
- Para destruir uma árvore basta percorre-la em pós ordem excluindo seus nodos
- Para a função de destruição deve ser passado o descritor da árvore

Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de destruição é a seguinte:

Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de destruição é a seguinte:

```
1 finalize(struct arvore* T)
2     finalize_pos_ordem(T->raiz);
3     free(T);
```

Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de destruição é a seguinte:

```
1 finalize(struct arvore* T)
2     finalize_pos_ordem(T->raiz);
3     free(T);
```

- Uma possível implementação para a função `finalize_pos_ordem` é a seguinte:

Árvores Binárias de Pesquisa: Destruição

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores Binárias

Árvores Binárias de Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

- Uma possível implementação para a função de destruição é a seguinte:

```
1 finalize(struct arvore* T)
2     finalize_pos_ordem(T->raiz);
3     free(T);
```

- Uma possível implementação para a função finalize_pos_ordem é a seguinte:

```
1 finalize_pos_ordem(struct nodo* nodo)
2     if(nodo != NULL)
3         finalize_pos_ordem(nodo->esq);
5         finalize_pos_ordem(nodo->dir);
4         free(nodo);
```

Árvores

Felipe
Teixeira

Árvores

Árvores
Binárias

Árvores
Binárias de
Pesquisa

Inicialização

Inserção

Busca

Busca do
Mínimo e
Máximo

Busca do
Sucessor e
Predecessor

Percursos

Remoção

Destruição

Árvores

Estrutura de Dados

Prof. Msc. Felipe Leivas Teixeira

Versão 1.0