

Linguagens de Programação

Prof. Miguel Elias Mitre Campista

`http://www.gta.ufrj.br/~miguel`

Parte IV

Introdução à Programação em C++ (Continuação)

Relembrando da Última Aula...

- Herança
- Mais exemplos de programação orientada a objetos...

Polimorfismo com Hierarquias de Herança

- Polimorfismo permite:
 - "Programar no geral" ao invés de "programar no específico"
 - Processar objetos de classes da mesma hierarquia
 - Como se fossem todos objetos da classe base
- Cada objeto executa as tarefas que lhe são pertinentes
 - Diferentes ações ocorrem, dependendo do tipo de objeto
- Novas classes podem ser adicionadas
 - Com pouca ou nenhuma modificação no código existente

Exemplo: Hierarquia Animal

- Classe base `Animal`
 - Toda classe derivada tem a função `move`
- Diferentes objetos `Animal` são mantidos como um `vector` de ponteiros `Animal`
- O programa emite a mesma mensagem (`move`) a cada animal genericamente
- A função apropriada é chamada
 - Peixe `movimenta-se (move)` nadando
 - Sapo `movimenta-se (move)` pulando
 - Pássaro `movimenta-se (move)` voando

Exemplos de Polimorfismo

- O polimorfismo ocorre quando um programa invoca uma função virtual por meio de um ponteiro ou referência de classe base
 - C++ escolhe dinamicamente a função correta para a classe na qual o objeto foi instanciado

Exemplos de Polimorfismo

- Ex.: SpaceObjects
 - O videogame manipula objetos de tipo que herdam de SpaceObject
 - Todos possuem a função-membro `draw`
 - Cada um implementa a função `draw` de maneira diferente
 - O programa gerenciador de tela mantém um contêiner de ponteiros SpaceObject
 - Chama `draw` em cada objeto usando ponteiros SpaceObject
 - A função `draw` apropriada é chamada com base no tipo do objeto
 - Uma nova classe derivada de SpaceObject pode ser adicionada sem precisar reescrever o gerenciador de tela
 - A classe pode definir apenas como é a sua função `draw`

Observações de Engenharia de Software

- Funções `virtual` combinadas com o polimorfismo permitem tratar de generalidades e deixar as questões específicas dos objetos para o ambiente em **tempo de execução**
 - É possível direcionar uma variedade de objetos a se comportar de maneira apropriada sem mesmo conhecer seus tipos
 - **Contanto que esses objetos pertençam à mesma hierarquia de herança e estejam sendo acessados por meio de um ponteiro de classe base comum**

Observações de Engenharia de Software

- O polimorfismo promove extensibilidade
 - O software escrito para invocar comportamento polimórfico é escrito independentemente dos tipos de objeto para os quais as mensagens são enviadas
 - É possível incorporar nesse sistema novos tipos de objeto que podem responder a mensagens existentes sem modificar o sistema de base
 - Somente o código do cliente que instancia os novos objetos deve ser modificado para acomodar os novos tipos

Relacionamentos entre Objetos em uma Hierarquia de Herança

- Demonstração:
 - Invocando funções de classe base de objetos de classe derivada
 - Apontando ponteiros de classe derivada para objetos de classe base
 - Erro de compilação
 - Chamadas de funções-membro de classe derivada por meio de ponteiros de classe base
 - Ponteiros de classe base apontados para objetos de classe derivada

Relacionamentos entre Objetos em uma Hierarquia de Herança

- Conceito-chave
 - Um objeto de uma classe derivada pode ser tratado como um objeto de sua classe base
 - Objeto da classe derivada “é um” objeto da classe base

Uso de Fçs. de Classe Base de Obj's de Classe Derivada

- Apontar um ponteiro de classe **base** para um objeto de classe **base**
 - Invoca a funcionalidade da classe **base**
- Apontar um ponteiro de classe **derivada** para um objeto de classe **derivada**
 - Invoca a funcionalidade da classe **derivada**

Uso de Fçs. de Classe Base de Obj's de Classe Derivada

- Apontar um ponteiro de classe **base** para um objeto de classe **derivada**
 - Objeto de classe derivada *é um* objeto de classe base
 - Chama a funcionalidade da classe **base**
 - A funcionalidade invocada depende do tipo do ponteiro ou referência (*handle*) usado para invocar a função, não do tipo de objeto para o qual o *handle* aponta

```
commissionEmployeePtr = &basePlusCommissionEmployee;  
// Chama a fç print declarada na classe base  
commissionEmployeePtr->print ();
```

Uso de Fçs. de Classe Base de Obj's de Classe Derivada

- Apontar um ponteiro de classe **base** para um objeto de classe **derivada**
 - Funções `virtual`
 - Permitem que se invoque a funcionalidade do tipo de objeto, ao invés da funcionalidade do tipo de *handle*
 - São fundamentais para implementar comportamento polimórfico

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 1
 * Arquivo comissionCap13Ex1.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef COMMISSION_H
#define COMMISSION_H

#include <iostream>
#include <string>
#include <iomanip>

using namespace std;

class CommissionEmployee {
public:
    CommissionEmployee (const string &, const string &,
                       const string &, double = 0.0, double = 0.0);

    void setFirstName (const string &); // Configura o nome
    string getFirstName () const; // Retorna o nome

    void setLastName (const string &);
    string getLastName () const;

    void setSocialSecurityNumber (const string &);
    string getSocialSecurityNumber () const;

    void setGrossSales (double); // Configura a quant. de vendas brutas
    double getGrossSales () const; // Retorna a quant. de vendas brutas

    void setCommissionRate (double); // Conf. taxa de comissão
    double getCommissionRate () const;

    double earnings () const; // Calcula os rendimentos
    void print () const;
```

Primeiro Exemplo de Polimorfismo em C++

```
private:
    string firstName, lastName;
    string socialSecurityNumber;
    double grossSales;
    double commissionRate;
};

#endif
```



```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 1
 * Arquivo comissionCap13Ex1.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "commissionCap13Ex1.h"

CommissionEmployee::CommissionEmployee (const string &first, const string &last,
        const string &ssn, double sales, double rate) :
        firstName (first), lastName (last), socialSecurityNumber (ssn) {
    setGrossSales (sales);
    setCommissionRate (rate);
}

void CommissionEmployee::setFirstName (const string &first) {
    firstName = first;
}

string CommissionEmployee::getFirstName () const { return firstName; }

void CommissionEmployee::setLastName (const string &last) {
    lastName = last;
}

string CommissionEmployee::getLastName () const { return lastName; }

void CommissionEmployee::setSocialSecurityNumber (const string &ssn) {
    socialSecurityNumber = ssn;
}

string CommissionEmployee::getSocialSecurityNumber () const {
    return socialSecurityNumber;
}

void CommissionEmployee::setGrossSales (double sales) {
    grossSales = (sales < 0.0) ? 0.0 : sales;
}
}
```

Primeiro Exemplo de Polimorfismo em C++

```
double CommissionEmployee::getGrossSales () const { return grossSales; }

void CommissionEmployee::setCommissionRate (double rate) {
    commissionRate = (rate > 0.0 && rate < 1.0) ? rate : 0.0;
}

double CommissionEmployee::getCommissionRate () const { return commissionRate; }

double CommissionEmployee::earnings () const {
    return getGrossSales () * getCommissionRate ();
}

void CommissionEmployee::print () const {
    cout << "commission employee: " << getFirstName ()
         << ' ' << getLastName ()
         << "\nsocial security number: " << getSocialSecurityNumber ()
         << "\ngross sales: " << getGrossSales ()
         << "\ncommission rate: " << getCommissionRate ();
}
```

Primeiro Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 1
 * Arquivo basepluscommissionCap13Ex1.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef BASEPLUS_H
#define BASEPLUS_H

#include <iostream>
#include <string>
#include <iomanip>
#include "commissionCap13Ex1.h"

using namespace std;

class BasePlusCommissionEmployee : public CommissionEmployee {
public:
    BasePlusCommissionEmployee (const string &, const string &,
                                const string &, double = 0.0, double = 0.0, double = 0.0);

    void setBaseSalary (double); // Conf. o salário base
    double getBaseSalary () const;

    double earnings () const; // Calcula os rendimentos
    void print () const;
private:
    double baseSalary;
};

#endif
```

Primeiro Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 1
 * Arquivo basepluscommissionCap13Ex1.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "basepluscommissionCap13Ex1.h"

BasePlusCommissionEmployee::BasePlusCommissionEmployee (const string &first,
    const string &last, const string &ssn,
    double sales, double rate, double salary) :
    CommissionEmployee (first, last, ssn, sales, rate) {
    setBaseSalary (salary);
}

void BasePlusCommissionEmployee::setBaseSalary (double salary) {
    baseSalary = (salary < 0.0) ? 0.0 : salary;
}

double BasePlusCommissionEmployee::getBaseSalary () const { return baseSalary; }

double BasePlusCommissionEmployee::earnings () const {
    return baseSalary + CommissionEmployee::earnings ();
}

void BasePlusCommissionEmployee::print () const {
    cout << "Base salary" << endl;

    CommissionEmployee::print ();

    cout << "\nbase salary: " << getBaseSalary ();
}

```

Primeiro Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*  
 * Aula 13 - Exemplo 1  
 * Programa Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include "basepluscommissionCap13Ex1.h"  
  
int main () {  
    // Cria um objeto de classe básica  
    CommissionEmployee commissionEmployee ("Sue", "Jones",  
                                           "21-1111-1111", 10000, .06);  
  
    // Cria um ponteiro de classe básica  
    CommissionEmployee * commissionEmployeePtr = NULL;  
  
    // Cria um objeto da classe derivada  
    BasePlusCommissionEmployee basePlusCommissionEmployee ("Bob", "Lewis",  
                                                           "21-2222-2222", 5000, .04, 300);  
  
    // Cria um ponteiro de classe derivada  
    BasePlusCommissionEmployee * baseplusCommissionEmployeePtr = NULL;  
  
    // Configura a formatação da saída de ponto flutuante  
    cout << fixed << setprecision (2);  
  
    // Gera a saída dos objetos commissionemployee  
    // e basepluscommissionemployee  
    cout << "Imprime os pbjetos da classe base e da derivada:\n\n";  
    commissionEmployee.print (); // Invoca print da classe base  
    cout << "\n\n";  
    basePlusCommissionEmployee.print (); // Invoca print da classe derivada
```

Primeiro Exemplo de Polimorfismo em C++

```
// Aponta o ponteiro de classe base para
// o objeto de classe base e imprime
commissionEmployeePtr = &commissionEmployee; // perfeitamente natural
cout << "\n\n\nChamando print com o ponteiro da classe base para "
      << "objeto da classe base invoca funcao print da classe base:\n\n";
commissionEmployeePtr->print (); // Invoca print da classe base

// Aponta o ponteiro de classe derivada para
// objeto de classe derivada e imprime
baseplusCommissionEmployeePtr = &basePlusCommissionEmployee; // natural
cout << "\n\n\nChamando print com o ponteiro da classe derivada para "
      << "objeto da classe derivada invoca funcao print da "
      << "classe derivada:\n\n";
baseplusCommissionEmployeePtr->print (); // Invoca print da cl. derivada

// Aponta o ponteiro de classe base para
// o objeto de classe derivada e imprime
commissionEmployeePtr = &basePlusCommissionEmployee; // natural
cout << "\n\n\nChamando print com o ponteiro da classe base para "
      << "objeto da classe derivada\ninvoca funcao print da "
      << "classe base no objeto da classe derivada:\n\n";
commissionEmployeePtr->print (); // Invoca print da classe base
cout << endl;

return 0;
}
```

Primeiro Exemplo de Polimorfismo em C++

```
// Aponta o p  
// o objeto de  
commissionEmp  
cout << "\n\nr  
    << "obje  
commissionEmp  
// Aponta o p  
// objeto de  
baseplusComm  
cout << "\n\nr  
    << "obje  
    << "clas  
baseplusComm  
  
// Aponta o p  
// o objeto de  
commissionEmp  
cout << "\n\nr  
    << "obje  
    << "clas  
commissionEmp  
cout << endl;  
  
return 0;  
}
```

Imprime os pbjetos da classe base e da derivada:

```
commission employee: Sue Jones  
social security number: 21-1111-1111  
gross sales: 10000.00  
commission rate: 0.06  
Base salary  
commission employee: Bob Lewis  
social security number: 21-2222-2222  
gross sales: 5000.00  
commission rate: 0.04  
base salary: 300.00
```

Chamando print com o ponteiro da classe base para objeto da classe base invoca f
uncao print da classe base:

```
commission employee: Sue Jones  
social security number: 21-1111-1111  
gross sales: 10000.00  
commission rate: 0.06
```

Chamando print com o ponteiro da classe derivada para objeto da classe derivada
invoca funcao print da classe derivada:

```
Base salary  
commission employee: Bob Lewis  
social security number: 21-2222-2222  
gross sales: 5000.00  
commission rate: 0.04  
base salary: 300.00
```

Chamando print com o ponteiro da classe base para objeto da classe derivada
invoca funcao print da classe base no objeto da classe derivada:

```
commission employee: Bob Lewis  
social security number: 21-2222-2222  
gross sales: 5000.00  
commission rate: 0.04  
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

Ponteiro de Classe Derivada para um Objeto de Classe Base

- Apontar um ponteiro de classe derivada para um objeto de classe base
 - Faz com que o compilador C++ gere erros
 - `CommissionEmployee` (objeto da classe base) não é um `BasePlusCommissionEmployee` (objeto da classe derivada)
 - Se isso fosse permitido, o programador poderia tentar acessar membros de dados da classe derivada que não existem na classe base
 - Por exemplo, ele poderia tentar acessar `baseSalary`
 - Como não existe, a modificação dessa área de memória pode sobrescrever a memória em uso por outros dados

Segundo Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 2
 * Programa Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "commissionCap13Ex1.h"
#include "basepluscommissionCap13Ex1.h"

int main () {
    // Cria um objeto de classe básica
    CommissionEmployee commissionEmployee ("Sue", "Jones",
        "21-1111-1111", 10000, .06);

    BasePlusCommissionEmployee *basePlusCommissionEmployeePtr = 0;

    // Aponta o ponteiro de classe derivada para objeto de classe base
    // Erro: um CommissionEmployee não é um BasePlusCommissionEmployee
    basePlusCommissionEmployeePtr = &commissionEmployee;

    return 0;
}
```

Segundo Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*  
 * Aula 13 - Exemplo 2  
 * Programa Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */
```

Line	File	Message
18	C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\...	In function `int main()': invalid conversion from `CommissionEmployee*' to `BasePlusCommissionEmployee' [Build Error] exe: **** [aula13-ex2.o] Error 1

```
    // Cria um objeto de classe básica  
    CommissionEmployee commissionEmployee ("Sue", "Jones",  
                                           "21-1111-1111", 10000, .06);  
  
    BasePlusCommissionEmployee *basePlusCommissionEmployeePtr = 0;  
  
    // Aponta o ponteiro de classe derivada para objeto de classe base  
    // Erro: um CommissionEmployee não é um BasePlusCommissionEmployee  
    basePlusCommissionEmployeePtr = &commissionEmployee;  
  
    return 0;  
}
```

Uso de Fçs. de Classe Derivada via Ponteiros de Classe Base

- Apontando um ponteiro de classe base para um objeto de classe derivada
 - Chamar funções existentes na classe base faz com que a funcionalidade da classe base seja invocada
 - Chamar funções não existentes na classe base (mas que podem existir na classe derivada) provocará erros
 - Os membros da classe derivada não podem ser acessados por meio de ponteiros de classe base
 - Entretanto, podem ser executados por meio de **downcasting**

Terceiro Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 3
 * Programa Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "commissionCap13Ex1.h"
#include "basepluscommissionCap13Ex1.h"

int main () {
    // Classe base
    CommissionEmployee *commissionEmployeePtr = 0;

    // Classe Derivada
    BasePlusCommissionEmployee basePlusCommissionEmployee(
        "Bob", "Lewis", "333-33-3333", 5000, .04, 300 );

    // Aponta o ponteiro da classe base para o objeto da classe derivada
    commissionEmployeePtr = &basePlusCommissionEmployee;

    // Invoca as funções membro da classe base no objeto da classe derivada
    // por ponteiro de classe base
    string firstName = commissionEmployeePtr->getFirstName();
    string lastName = commissionEmployeePtr->getLastName();
    string ssn = commissionEmployeePtr->getSocialSecurityNumber();
    double grossSales = commissionEmployeePtr->getGrossSales();
    double commissionRate = commissionEmployeePtr->getCommissionRate();

    // Tentativa de invocar funções exclusivas de classe derivada
    // em objeto de classe derivada por meio de um ponteiro de classe base
    double baseSalary = commissionEmployeePtr->getBaseSalary();
    commissionEmployeePtr->setBaseSalary( 500 );

    return 0;
}
```

Terceiro Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*  
 * Aula 13 - Exemplo 3  
 * Programa Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include "commissionCap13Ex1.h"  
#include "basepluscommissionCap13Ex1.h"  
  
int main () {  
    // Classe base  
    CommissionEmployee *commissionEmployeePtr = 0;
```

Line	File	Message
	C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\...	In function 'int main()':
30	C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\...	'class CommissionEmployee' has no member named 'getBaseSalary'
31	C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\...	'class CommissionEmployee' has no member named 'setBaseSalary'
	C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\...	[Build Error] exe: *** [aula13-ex3.o] Error 1

```
    // invoca as funções membro da classe base no objeto da classe derivada  
    // por ponteiro de classe base  
    string firstName = commissionEmployeePtr->getFirstName();  
    string lastName = commissionEmployeePtr->getLastName();  
    string ssn = commissionEmployeePtr->getSocialSecurityNumber();  
    double grossSales = commissionEmployeePtr->getGrossSales();  
    double commissionRate = commissionEmployeePtr->getCommissionRate();  
  
    // Tentativa de invocar funções exclusivas de classe derivada  
    // em objeto de classe derivada por meio de um ponteiro de classe base  
    double baseSalary = commissionEmployeePtr->getBaseSalary();  
    commissionEmployeePtr->setBaseSalary( 500 );  
  
    return 0;  
}
```

Exemplo 1

- Escreva um programa que invoque o método `move` comum em três classes derivadas da classe `Animal` e imprima uma mensagem. Para isso, crie uma classe `Aguia`, `Cavalo` e `Tubarao`. A função principal terá um array de ponteiros para objetos da classe `Animal` cujos elementos serão endereços de objetos das classes derivadas.



Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include "cavaloCap13Ex8.h"
#include "tubaraoCap13Ex8.h"
#include "aguiaCap13Ex8.h"

using namespace std;

int main () {
    Animal *a [3];

    a [0] = new Cavalo;
    a [1] = new Tubarao;
    a [2] = new Aguia;

    cout << endl;

    a [0]->move ();
    a [1]->move ();
    a [2]->move ();

    delete a [0];
    delete a [1];
    delete a [2];

    return 0;
}
```

Exemplo 1

```
#include <iostream>
```

```
using namespace std;
```

```
#ifndef ANIMAL_H
```

```
#define ANIMAL_H
```

```
class Animal {  
    public:  
    void move ();  
};
```

```
#endif
```

```
#include "animal.h"
```

```
void Animal::move () {  
    cout << "O animal moveu!" << endl;  
}
```


Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include "animal.h"
```

```
using namespace std;
```

```
#ifndef AGUIA_H
#define AGUIA_H
```

```
class Aguia : public Animal {
public:
    Aguia ();
    void move ();
};
```

```
#endif
```

```
#include "aguia.h"
```

```
Aguia::Aguia () {
    cout << "Nasceu a aguia!" << endl;
}
```

```
void Aguia::move () {
    cout << "A aguia voou!" << endl;
}
```

Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include "animal.h"
```

```
using namespace std;
```

```
#ifndef TUBARAO_H
#define TUBARAO_H
```

```
class Tubarao : public Animal {
public:
    Tubarao ();
    void move ();
};
```

```
#endif
```

```
#include "tubarao.h"
```

```
Tubarao::Tubarao () {
    cout << "Nasceu o tubarao!" << endl;
}
```

```
void Tubarao::move () {
    cout << "O tubarao nadou!" << endl;
}
```

Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include "animal.h"
```

```
using namespace std;
```

```
#ifndef CAVALO_H
#define CAVALO_H
```

```
class Cavalo : public Animal {
    public:
    Cavalo ();
    void move ();
};
```

```
#endif
```

```
#include "cavalo.h"
```

```
Cavalo::Cavalo () {
    cout << "Nasceu o cavalo!" << endl;
}
```

```
void Cavalo::move () {
    cout << "O cavalo galopou!" << endl;
}
```

Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include "anim

using namespace std;

#ifdef CAVALO
    Nasceu o cavalo!
    Nasceu o tubarao!
    Nasceu a aguia!
    0 animal moveu!
    0 animal moveu!
    0 animal moveu!
    Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
    Cavalo
    void m
    "o!" << endl;
};
#endif
"ou!" << endl;
```

Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include "anim

using namespace std;

#ifdef CAVALO
    0 animal moveu!
    0 animal moveu!
    0 animal moveu!
    Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
    Cavalo
    void m
    0 animal moveu!
    0 animal moveu!
    0 animal moveu!
    Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
    Cavalo
    void m
};

#endif
```

E se a gente criar um ponteiro para um objeto da classe Cavalo que recebe o conteúdo do array na posição 0?

Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include "cavaloCap13Ex8.h"
#include "tubaraoCap13Ex8.h"
#include "aguiaCap13Ex8.h"

using namespace std;

int main () {
    Animal *a [3];

    a [0] = new Cavalo;
    a [1] = new Tubarao;
    a [2] = new Aguia;

    cout << endl;

    a [0]->move ();
    a [1]->move ();
    a [2]->move ();

    Cavalo *c = a [0];

    delete a [0];
    delete a [1];
    delete a [2];
```

Funciona?

Exemplo 1

```
#include <iostream>
#include "cavaloCap13Ex8.h"
#include "tubaraoCap13Ex8.h"
#include "aguiaCap13Ex8.h"

using namespace std;
```

	C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\...	In function `int main()':
21	C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\...	invalid conversion from `Animal*' to `Cavalo*'
	C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\...	[Build Error] exe: "" [principalCap13Ex8.o] Error 1

```
    a [2] = new Aguia;

    cout << endl;

    a [0]->move ();
    a [1]->move ();
    a [2]->move ();

    Cavalo *c = a [0];

    delete a [0];
    delete a [1];
    delete a [2];

    return 0;
}
```

Uso de Fçs. de Classe Derivada via Ponteiros de Classe Base

- Se o endereço de um objeto de classe derivada foi atribuído a um ponteiro de uma de suas classes base diretas ou indiretas, é aceitável fazer coerção desse ponteiro de classe base de volta para um ponteiro de classe derivada
 - Na verdade, isso deve ser feito para enviar a esse objeto de classe derivada mensagens que não aparecem na classe base
 - Mas para isso a classe base deve ser **POLIMÓRFICA!**

Como criar classes polimórficas?

Funções Virtuais

- Qual função da classe deve ser invocada?
 - Normalmente
 - O *handle* determina a funcionalidade da classe a ser invocada
 - Com funções `virtual`
 - O tipo do objeto para o qual está se apontando, não o tipo do *handle*, determina que versão da função `virtual` deve ser invocada
 - Programa determina dinamicamente (em tempo de execução, e não em tempo de compilação) que função deve ser usada
 - Procedimento conhecido por vinculação dinâmica ou vinculação tardia (*late binding*)

Funções Virtuais

- São declaradas colocando-se antes do protótipo de função a palavra-chave `virtual` na classe base
- As classes derivadas sobrescrevem uma função `virtual` quando apropriado
- Depois que é declarada `virtual`...
 - A função permanece `virtual` em todos os níveis inferiores da hierarquia

Funções Virtuais

- Vinculação estática
 - Ao chamar uma função `virtual` usando um objeto específico com o operador ponto, a invocação da função é resolvida em tempo de compilação

```
CommissionEmployee c; //Classe derivada  
c.print ();
```

- Vinculação dinâmica
 - A vinculação dinâmica ocorre somente com os *handles* de ponteiro e de referência

```
CommissionEmployee ce; //Classe derivada  
Employee *c = &ce;  
c->print ();
```

Funções Virtuais

- Uma vez que uma função é declarada `virtual`, permanece `virtual` por toda a hierarquia de herança a partir desse ponto
 - Mesmo que essa função não seja declarada explicitamente como `virtual` quando uma classe a sobrescreve
- Mesmo que uma função seja implicitamente `virtual` por causa de uma declaração feita em um ponto mais alto da hierarquia de classes
 - Declare explicitamente essa função `virtual` em cada nível da hierarquia para deixar o programa mais claro

Funções Virtuais

- Quando um programador navega por uma hierarquia de classes para localizar uma classe para reutilização, é possível que uma função nessa classe exiba um comportamento de função `virtual` mesmo que não esteja declarada `virtual` explicitamente
 - Erros de lógica podem ocorrer quando a classe herda uma função que não é `virtual` de sua classe base
 - Erros como esses podem ser evitados declarando explicitamente `virtual` todas as funções `virtual` por toda a hierarquia de herança

Funções Virtuais

- Quando uma classe derivada escolhe não sobrescrever uma função `virtual` de sua classe base...
 - A classe derivada simplesmente herda a implementação de função `virtual` de sua classe base

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 4
 * Arquivo comissionCap13Ex4.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef COMMISSION_H
#define COMMISSION_H
#include <iostream>
#include <string>
#include <iomanip>

using namespace std;

class CommissionEmployee {
public:
    CommissionEmployee (const string &, const string &,
                       const string &, double = 0.0, double = 0.0);

    void setFirstName (const string &); // Configura o nome
    string getFirstName () const; // Retorna o nome

    void setLastName (const string &);
    string getLastName () const;

    void setSocialSecurityNumber (const string &);
    string getSocialSecurityNumber () const;

    void setGrossSales (double); // Configura a quant. de vendas brutas
    double getGrossSales () const; // Retorna a quant. de vendas brutas

    void setCommissionRate (double); // Conf. taxa de comissão
    double getCommissionRate () const;

    virtual double earnings () const; // Calcula os rendimentos
    virtual void print () const;
```

Quarto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
private:  
    string firstName, lastName;  
    string socialSecurityNumber;  
    double grossSales;  
    double commissionRate;  
};  
  
#endif
```


Quarto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 4
 * Arquivo comissionCap13Ex4.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "comissionCap13Ex4.h"

CommissionEmployee::CommissionEmployee (const string &first, const string &last,
                                         const string &ssn, double sales, double rate) :
    firstName (first), lastName (last), socialSecurityNumber (ssn) {
    setGrossSales (sales);
    setCommissionRate (rate);
}

void CommissionEmployee::setFirstName (const string &first) {
    firstName = first;
}

string CommissionEmployee::getFirstName () const { return firstName; }

void CommissionEmployee::setLastName (const string &last) {
    lastName = last;
}

string CommissionEmployee::getLastName () const { return lastName; }

void CommissionEmployee::setSocialSecurityNumber (const string &ssn) {
    socialSecurityNumber = ssn;
}

string CommissionEmployee::getSocialSecurityNumber () const {
    return socialSecurityNumber;
}
```

Quarto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
void CommissionEmployee::setGrossSales (double sales) {
    grossSales = (sales < 0.0) ? 0.0 : sales;
}

double CommissionEmployee::getGrossSales () const { return grossSales; }

void CommissionEmployee::setCommissionRate (double rate) {
    commissionRate = (rate > 0.0 && rate < 1.0) ? rate : 0.0;
}

double CommissionEmployee::getCommissionRate () const { return commissionRate; }

double CommissionEmployee::earnings () const {
    return getGrossSales () * getCommissionRate ();
}

void CommissionEmployee::print () const {
    cout << "commission employee: " << getFirstName ()
         << ' ' << getLastName ()
         << "\nsocial security number: " << getSocialSecurityNumber ()
         << "\ngross sales: " << getGrossSales ()
         << "\ncommission rate: " << getCommissionRate ();
}
```

Quarto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 4
 * Arquivo basepluscommissionCap13Ex4.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef BASEPLUS_H
#define BASEPLUS_H

#include <iostream>
#include <string>
#include <iomanip>
#include "commissionCap13Ex4.h"

using namespace std;

class BasePlusCommissionEmployee : public CommissionEmployee {
public:
    BasePlusCommissionEmployee (const string &, const string &,
                                const string &, double = 0.0, double = 0.0, double = 0.0);

    void setBaseSalary (double); // Conf. o salário base
    double getBaseSalary () const;

    virtual double earnings () const; // Calcula os rendimentos
    virtual void print () const;
private:
    double baseSalary;
};

#endif
```

Quarto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 4
 * Arquivo basepluscomissionCap13Ex4.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "basepluscommissionCap13Ex4.h"

BasePlusCommissionEmployee::BasePlusCommissionEmployee (const string &first,
    const string &last, const string &ssn,
    double sales, double rate, double salary) :
    CommissionEmployee (first, last, ssn, sales, rate) {
    setBaseSalary (salary);
}

void BasePlusCommissionEmployee::setBaseSalary (double salary) {
    baseSalary = (salary < 0.0) ? 0.0 : salary;
}

double BasePlusCommissionEmployee::getBaseSalary () const { return baseSalary; }

double BasePlusCommissionEmployee::earnings () const {
    return baseSalary + CommissionEmployee::earnings ();
}

void BasePlusCommissionEmployee::print () const {
    cout << "Base salary" << endl;

    CommissionEmployee::print ();

    cout << "\nbase salary: " << getBaseSalary ();
}
}
```

Quarto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 4
 * Programa Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "basepluscommissionCap13Ex4.h"

int main () {
    // Cria um objeto de classe básica
    CommissionEmployee commissionEmployee ("Sue", "Jones",
                                           "21-1111-1111", 10000, .06);

    // Cria um ponteiro de classe básica
    CommissionEmployee * commissionEmployeePtr = NULL;

    // Cria um objeto da classe derivada
    BasePlusCommissionEmployee basePlusCommissionEmployee ("Bob", "Lewis",
                                                           "21-2222-2222", 5000, .04, 300);

    // Cria um ponteiro de classe derivada
    BasePlusCommissionEmployee * baseplusCommissionEmployeePtr = NULL;

    // Configura a formatação da saída de ponto flutuante
    cout << fixed << setprecision (2);

    // Gera a saída dos objetos commissionemployee
    // e basepluscommissionemployee
    cout << "Imprime os objetos da classe base e da derivada:\n\n";
    commissionEmployee.print (); // Invoca print da classe base
    cout << "\n\n";
    basePlusCommissionEmployee.print (); // Invoca print da classe derivada
}
```

Quarto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
// Aponta o ponteiro de classe básica para
// o objeto de classe básica e imprime
commissionEmployeePtr = &commissionEmployee; // perfeitamente natural
cout << "\n\n\nChamando print com o ponteiro da classe base para "
      << "objeto da classe base invoca funcao print da classe base:\n\n";
commissionEmployeePtr->print (); // Invoca print da classe base

// Aponta o ponteiro de classe derivada para
// o objeto de classe derivada e imprime
baseplusCommissionEmployeePtr = &basePlusCommissionEmployee; // natural
cout << "\n\n\nChamando print com o ponteiro da classe derivada para "
      << "objeto da classe derivada invoca funcao print da "
      << "classe derivada:\n\n";
baseplusCommissionEmployeePtr->print (); // Invoca print da cl. derivada

// Aponta o ponteiro de classe base para
// o objeto de classe derivada e imprime
commissionEmployeePtr = &basePlusCommissionEmployee; // natural
cout << "\n\n\nChamando print com o ponteiro da classe base para "
      << "objeto da classe derivada\n\ninvoca funcao print da "
      << "classe derivada no objeto da classe derivada:\n\n";
commissionEmployeePtr->print ();
cout << endl;

return 0;
}
```

Quarto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula13-ex4.exe
Imprime os objetos da classe base e da derivada:

// A commission employee: Sue Jones
// o social security number: 21-1111-1111
comm gross sales: 10000.00
comm commission rate: 0.06
cout
Base salary
commission employee: Bob Lewis
comm social security number: 21-2222-2222
comm gross sales: 5000.00
comm commission rate: 0.04
// A base salary: 300.00
// o
base Chamando print com o ponteiro da classe base para objeto da classe base invoca f
cout uncao print da classe base:

commission employee: Sue Jones
social security number: 21-1111-1111
gross sales: 10000.00
base commission rate: 0.06

// A Chamando print com o ponteiro da classe derivada para objeto da classe derivada
// o invoca funcao print da classe derivada:
comm Base salary
cout commission employee: Bob Lewis
social security number: 21-2222-2222
gross sales: 5000.00
comm commission rate: 0.04
comm base salary: 300.00
cout

Chamando print com o ponteiro da classe base para objeto da classe derivada
retu invoca funcao print da classe derivada no objeto da classe derivada:

Base salary
commission employee: Bob Lewis
social security number: 21-2222-2222
gross sales: 5000.00
comm commission rate: 0.04
base salary: 300.00
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

Atribuições Permitidas entre Obj's de Cl. Base e de Cl. Derivada e Ponteiros

- Quatro maneiras de apontar ponteiros de classe base e classe derivada para objetos de classe base e classe derivada
 - Apontar um ponteiro de classe base para um objeto de classe base
 - É um processo direto
 - Apontar um ponteiro de classe derivada para um objeto de classe derivada
 - É um processo direto

Atribuições Permitidas entre Obj's de Cl. Base e de Cl. Derivada e Ponteiros

- Quatro maneiras de apontar ponteiros de classe base e classe derivada para objetos de classe base e classe derivada
 - Apontar um ponteiro de classe base para um objeto de classe derivada
 - É seguro, mas pode ser usado para invocar apenas funções-membro que a classe base declara (a menos que seja utilizado downcasting)
 - Permite polimorfismo com funções `virtual`
 - Apontar um ponteiro de classe derivada para um objeto de classe base
 - Gera um erro de compilação

Atribuições Permitidas entre Obj's de Cl. Base e de Cl. Derivada e Ponteiros

- É um erro de compilação...
 - Depois de apontar um ponteiro de classe base para um objeto de classe derivada, tentar referenciar membros exclusivos de classe derivada com o ponteiro da classe base
- Tratar um objeto de classe base como um objeto de classe derivada pode causar erros

Campos de Tipo e Instruções `switch`

- A instrução `switch` poderia ser utilizada para determinar o tipo de um objeto em tempo de execução
 - Incluir um campo de tipo como membro de dados na classe base
 - Permite que o programador invoque a ação apropriada para um determinado objeto
 - Possíveis problemas
 - Um teste de tipo pode ser esquecido
 - A adição de novos tipos pode ser esquecida

Campos de Tipo e Instruções switch

- A programação polimórfica pode eliminar a necessidade de lógica `switch` desnecessária
 - Usando o mecanismo de polimorfismo do C++ para realizar uma lógica equivalente, os programadores podem evitar os tipos de erro normalmente associados com a lógica `switch`
- O interessante de utilizar polimorfismo é que os programas assumem uma aparência simplificada
 - Eles contêm menos lógica de desvio e código mais simples e sequencial
 - Essa simplificação facilita o teste, a depuração e a manutenção do programa

Classes Abstratas e Funções Virtual Puras

- Classes abstratas
 - Classes das quais o programador não pretende instanciar objetos
 - São **incompletas**
 - As classes derivadas têm que definir as "partes ausentes"
 - São muito genéricas para definir objetos

Classes Abstratas e Funções Virtual Puras

- Classes abstratas
 - São normalmente usadas como classes base, denominadas classes base abstratas
 - Oferecem uma classe base apropriada da qual outras classes podem herdar
 - As classes usadas para instanciar objetos são denominadas **classes concretas**
 - Devem fornecer implementação a toda função-membro da classe, inclusive as incompletas herdadas

Classes Abstratas e Funções Virtual Puras

- Função `virtual` pura
 - Para tornar uma classe abstrata, é necessário declarar "pura" uma ou mais de suas funções `virtual`
 - Colocando "`= 0`" em sua declaração
 - Ex.: `virtual void draw() const = 0;`
 - » "`= 0`" é conhecido como um **especificador puro**

Classes Abstratas e Funções Virtual Puras

- Função virtual pura
 - Não fornece implementações
 - Toda classe derivada concreta deve sobrescrever todas as funções virtual puras de classe base com implementações concretas
 - Se não sobrescrever, a classe derivada também será abstrata
 - É usada enquanto ainda não fizer sentido para a classe base ter a implementação da função
 - O programador quer que todas as classes derivadas concretas implementem essa função para o seu caso específico

Classes Abstratas e Funções Virtual Puras

- Uma classe abstrata define uma interface pública comum para as várias classes em uma hierarquia de classes
 - Uma classe abstrata contém uma ou mais funções `virtual` puras que as classes derivadas concretas devem sobrescrever
- Tentar instanciar um objeto de uma classe abstrata causa um erro de compilação

Classes Abstratas e Funções Virtual Puras

- A falha em sobrescrever uma função `virtual` pura em uma classe derivada e então tentar instanciar objetos dessa classe é um erro de compilação
- Uma classe abstrata tem pelo menos uma função `virtual` pura
 - Uma classe abstrata também pode ter membros de dados e funções concretas (incluindo construtores e destrutores), que estão sujeitos às regras normais de herança por classes derivadas

Classes Abstratas e Funções Virtual Puras

- Podemos usar uma classe base abstrata para declarar ponteiros e referências
 - É possível fazer referência a todos os objetos de qualquer classe concreta derivada da classe abstrata
 - Os programas normalmente usam esses ponteiros e referências para manipular objetos de classes derivadas polimorficamente

Classes Abstratas e Funções Virtual Puras

- O polimorfismo é particularmente eficaz na implementação de sistemas em camadas de software
 - Ler e escrever dados de e para dispositivos E/S
 - Procedimentos de leitura e escrita estão sempre presentes em dispositivos, mas cada dispositivo possui suas características específicas
- Classe "iterator"
 - Pode percorrer todos os objetos em vários níveis hierárquicos em um contêiner
 - Uso do polimorfismo

Sistema de Folha de Pagamento Utilizando Polimorfismo

- Uma classe derivada pode herdar a **implementação** ou a interface de uma classe base
 - As hierarquias projetadas para a herança de **implementação** possuem suas funcionalidades na parte superior da hierarquia
 - Cada nova classe derivada herda uma ou mais **funções-membro** que foram definidas em uma classe base e a classe derivada utiliza as definições de classe base

Sistema de Folha de Pagamento Utilizando Polimorfismo

- Uma classe derivada pode herdar a implementação ou a **interface** de uma classe base
 - As hierarquias projetadas para a herança de **interface** possuem suas funcionalidades na parte inferior da hierarquia
 - Uma classe base especifica uma ou mais funções que devem ser definidas para cada classe na hierarquia (isto é, elas têm o mesmo protótipo), mas as classes derivadas individuais fornecem suas próprias implementações da(s) função(ões)

Sistema de Folha de Pagamento Utilizando Polimorfismo

- Aperfeiçoe a hierarquia `CommissionEmployee-BasePlusCommissionEmployee` usando uma classe base abstrata
 - A classe abstrata `Employee` representa o conceito geral de um empregado
 - Declara a "interface" à hierarquia
 - Todo empregado tem nome, sobrenome e um número de seguro social
 - Os rendimentos são calculados diferentemente e os objetos são impressos diferentemente para cada classe derivada

Criação da Classe Base Abstrata Employee

- Classe Employee
 - Oferece várias funções *get e set*
 - Oferece as funções *earnings e print*
 - A função *earnings* depende do tipo de empregado, de modo que é declarada *virtual pura*
 - Não há informações suficientes na classe *Employee* para uma implementação-padrão
 - A função *print* é *virtual*, mas não *virtual pura*
 - A implementação-padrão é fornecida em *Employee*
 - O exemplo mantém um *vector* de ponteiros *Employee*
 - As funções *earnings e print* apropriadas são invocadas polimorficamente


```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Arquivo comissionCap13Ex5.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef EMPLOYEE_H
#define EMPLOYEE_H

#include <iostream>
#include <string>
#include <iomanip>

using namespace std;

class Employee {
public:
    Employee (const string &, const string &, const string &);

    void setFirstName (const string &); // Configura o nome
    string getFirstName () const; // Retorna o nome

    void setLastName (const string &);
    string getLastName () const;

    void setSocialSecurityNumber (const string &);
    string getSocialSecurityNumber () const;

    // A função virtual pura cria a classe básica abstrata Employee
    virtual double earnings () const = 0; // Virtual Pura
    virtual void print () const; // Virtual
private:
    string firstName, lastName;
    string socialSecurityNumber;
};

#endif
```

```

/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Arquivo comissionCap13Ex5.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "commissionCap13Ex5.h"

Employee::Employee (const string &first, const string &last, const string &ssn)
    : firstName (first), lastName (last), socialSecurityNumber (ssn) {}

void Employee::setFirstName (const string &first) {
    firstName = first;
}

string Employee::getFirstName () const { return firstName; }

void Employee::setLastName (const string &last) {
    lastName = last;
}

string Employee::getLastName () const { return lastName; }

void Employee::setSocialSecurityNumber (const string &ssn) {
    socialSecurityNumber = ssn;
}

string Employee::getSocialSecurityNumber () const {
    return socialSecurityNumber;
}

// Imprime informações de Employee (virtual, mas não virtual pura)
void Employee::print () const {
    cout << getFirstName () << ' ' << getLastName ()
        << "\nsocial security number: " << getSocialSecurityNumber ();
}

```

Criação da Classe Derivada Concreta `SalariedEmployee`

- `SalariedEmployee` herda de `Employee`
 - Inclui um salário semanal
 - A função `earnings` sobrescrita incorpora o salário semanal
 - A função `print` sobrescrita incorpora o salário semanal
 - É uma classe concreta
 - Implementa todas as funções `virtual` puras da classe base abstrata

Quinto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Arquivo salariedemployeeCap13Ex5.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef SALARIED_H
#define SALARIED_H

#include "employeeCap13Ex5.h"

class SalariedEmployee : public Employee {
public:
    SalariedEmployee (const string &, const string &,
                     const string &, double = 0.0);

    void setWeeklySalary (double); // Conf. o salário semanal
    double getWeeklySalary () const;

    // Palavra-chave virtual assinala a intenção de sobrescrever
    virtual double earnings () const; // Calcula os rendimentos
    virtual void print () const;
private:
    double weeklySalary;
};

#endif
```

Quinto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Arquivo basepluscomissionCap13Ex5.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "salariedemployeeCap13Ex5.h"

SalariedEmployee::SalariedEmployee (const string &first,
                                     const string &last, const string &ssn, double salary) :
    Employee (first, last, ssn) {
    setWeeklySalary (salary);
}

void SalariedEmployee::setWeeklySalary (double salary) {
    weeklySalary = (salary < 0.0) ? 0.0 : salary;
}

double SalariedEmployee::getWeeklySalary () const {
    return weeklySalary;
}

// Calcula os rendimentos
// Sobrescreve a fç virtual para earnings em Employee
double SalariedEmployee::earnings () const {
    return getWeeklySalary ();
}

void SalariedEmployee::print () const {
    cout << "Salaried employee: ";
    Employee::print (); // Reutiliza a fç print da classe base abstrata
    cout << "\nweekly salary: " << getWeeklySalary ();
}
}
```

Criação da Classe Derivada Concreta HourlyEmployee

- HourlyEmployee herda de Employee
 - Inclui salário-hora e as horas trabalhadas
 - A função `earnings` sobrescrita incorpora os salários multiplicados pelas horas (leva em conta o pagamento de 50% a mais)
 - A função `print` sobrescrita incorpora o salário e as horas trabalhadas
 - É uma classe concreta
 - Implementa todas as funções `virtual` puras na classe base abstrata

Quinto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Arquivo hourlyemployeeCap13Ex5.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef HOURLY_H
#define HOURLY_H

#include "employeeCap13Ex5.h"

class HourlyEmployee : public Employee {
public:
    HourlyEmployee (const string &, const string &,
                    const string &, double = 0.0, double = 0.0);

    void setWage (double); // Conf. o salário por hora
    double getWage () const;

    void setHours (double); // Conf. as horas trabalhadas
    double getHours () const;

    // Palavra-chave virtual assinala a intenção de sobrescrever
    virtual double earnings () const; // Calcula os rendimentos
    virtual void print () const; // Imprime os objetos HourlyEmployee
private:
    double wage, hours;
};

#endif
```

Quinto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Arquivo hourlyemployeeCap13Ex5.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "hourlyemployeeCap13Ex5.h"

HourlyEmployee::HourlyEmployee (const string &first, const string &last,
                                const string &ssn, double hourlyWage, double hoursWorked)
    : Employee (first, last, ssn) {
    setWage (hourlyWage);
    setHours (hoursWorked);
}

void HourlyEmployee::setWage (double hourlyWage) {
    wage = (hourlyWage < 0.0) ? 0.0 : hourlyWage;
}

double HourlyEmployee::getWage () const { return wage; }

void HourlyEmployee::setHours (double hoursWorked) {
    hours = (((hoursWorked >= 0.0) && (hoursWorked <= 168.0)) ?
    hoursWorked : 0.0);
}

double HourlyEmployee::getHours () const { return hours; }
```


Quinto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
// Calcula os rendimentos - Sobrescreve a fç virtual para earnings em Employee
double HourlyEmployee::earnings () const {
    if (getHours () <= 40) // nenhuma hora extra
        return getWage () * getHours ();
    else
        return 40 * getWage () + ((getHours () - 40) * getWage () * 1.5);
}

void HourlyEmployee::print () const {
    cout << "Hourly employee: ";
    Employee::print (); // Reutiliza a fç print da classe base abstrata
    cout << "\nhourly wage: " << getWage ()
        << ": hours worked: " << getHours ();
}
```

Criação da Classe Derivada Concreta `CommissionEmployee`

- `CommissionEmployee` herda de `Employee`
 - Inclui vendas brutas e taxa de comissão
 - A função `earnings` sobrescrita incorpora as vendas brutas e a taxa de comissão
 - A função `print` sobrescrita incorpora as vendas brutas e a taxa de comissão
 - Classe concreta
 - Implementa todas as funções `virtual` puras na classe base abstrata

Quinto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Arquivo comissionCap13Ex5.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef COMMISSION_H
#define COMMISSION_H

#include "employeeCap13Ex5.h"

class CommissionEmployee : public Employee {
public:
    CommissionEmployee (const string &, const string &,
                       const string &, double = 0.0, double = 0.0);

    void setCommissionRate (double); // Configura a comissão
    double getCommissionRate () const;

    void setGrossSales (double); // Configura a quant. de vendas brutas
    double getGrossSales () const; // Retorna a quant. de vendas brutas

    // Palavra-chave virtual assinala a intenção de sobrescrever
    virtual double earnings () const; // Calcula os rendimentos
    virtual void print () const; // Imprime os objetos HourlyEmployee
private:
    double grossSales;
    double commissionRate;
};

#endif
```

```

/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Arquivo comissionCap13Ex5.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "commissionCap13Ex5.h"

CommissionEmployee::CommissionEmployee (const string &first, const string &last,
    const string &ssn, double sales, double rate)
    : Employee (first, last, ssn) {
    setGrossSales (sales);
    setCommissionRate (rate);
}

void CommissionEmployee::setCommissionRate (double rate) {
    commissionRate = (rate > 0.0 && rate < 1.0) ? rate : 0.0;
}

double CommissionEmployee::getCommissionRate () const { return commissionRate; }

void CommissionEmployee::setGrossSales (double sales) {
    grossSales = (sales < 0.0) ? 0.0 : sales;
}

double CommissionEmployee::getGrossSales () const { return grossSales; }

// Calcula os rendimentos
// Sobrescreve a fç virtual para earnings em Employee
double CommissionEmployee::earnings () const {
    return getGrossSales () * getCommissionRate ();
}

void CommissionEmployee::print () const {
    cout << "commission employee: ";
    Employee::print ();
    cout << "\ngross sales: " << getGrossSales ()
        << "\ncommission rate: " << getCommissionRate ();
}

```

Criação da Classe Derivada Concreta Indireta

BasePlusCommissionEmployee

- **BasePlusCommissionEmployee** herda de **CommissionEmployee**
 - Inclui o salário-base
 - A função **earnings** sobrescrita incorpora o salário-base
 - A função **print** sobrescrita incorpora o salário-base
 - Classe concreta, porque a classe derivada é concreta
 - Não é necessário sobrescrever **earnings** para torná-la concreta. É possível herdar a implementação de **CommissionEmployee**
 - Embora sobrescrevamos **earnings** para incorporar o salário-base

Quinto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Arquivo basepluscommissionCap13Ex5.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef BASEPLUS_H
#define BASEPLUS_H

#include <iostream>
#include <string>
#include <iomanip>
#include "commissionCap13Ex5.h"

using namespace std;

class BasePlusCommissionEmployee : public CommissionEmployee {
public:
    BasePlusCommissionEmployee (const string &, const string &,
                                const string &, double = 0.0, double = 0.0, double = 0.0);

    void setBaseSalary (double); // Conf. o salário base
    double getBaseSalary () const;

    // Palavra-chave virtual assinala a intenção de sobrescrever
    virtual double earnings () const; // Calcula os rendimentos
    virtual void print () const; // Imprime os objetos HourlyEmployee
private:
    double baseSalary;
};

#endif
```

Quinto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Arquivo basepluscomissionCap13Ex5.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "basepluscommissionCap13Ex5.h"

BasePlusCommissionEmployee::BasePlusCommissionEmployee (const string &first,
    const string &last, const string &ssn,
    double sales, double rate, double salary) :
    CommissionEmployee (first, last, ssn, sales, rate) {
    setBaseSalary (salary);
}

void BasePlusCommissionEmployee::setBaseSalary (double salary) {
    baseSalary = (salary < 0.0) ? 0.0 : salary;
}

double BasePlusCommissionEmployee::getBaseSalary () const { return baseSalary; }

double BasePlusCommissionEmployee::earnings () const {
    return getBaseSalary () + CommissionEmployee::earnings ();
}

void BasePlusCommissionEmployee::print () const {
    cout << "base salary ";
    CommissionEmployee::print (); // reutiliza código
    cout << "\nbase salary: " << getBaseSalary ();
}
}
```

Demonstração do Processo Polimórfico

- Crie objetos do tipo `SalariedEmployee`, `HourlyEmployee`, `CommissionEmployee` e `BasePlusCommissionEmployee`
 - Demonstre a manipulação de objetos com a vinculação estática
 - Usando *handles* de nome em vez de ponteiros ou referências
 - O compilador pode identificar cada tipo de objeto para determinar que função `print` e `earnings` deve chamar
 - Demonstre a manipulação de objetos polimorficamente
 - Use um vector de ponteiros `Employee`
 - Invoque funções `virtual` usando ponteiros e referências


```

/*
 * Aula 13 - Exemplo 5
 * Programa Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <vector>

#include "employeeCap13Ex5.h"
#include "salariedemployeeCap13Ex5.h"
#include "hourlyemployeeCap13Ex5.h"
#include "commissionCap13Ex5.h"
#include "basepluscommissionCap13Ex5.h"

void virtualViaPointer (const Employee * const); // Protótipo
void virtualViaReference (const Employee &); // Protótipo

int main () {
    // formatação da saída do ponto flutuante
    cout << fixed << setprecision( 2 );

    // cria objetos da classe derivada
    SalariedEmployee salariedEmployee("John", "Smith", "111-11-1111", 800 );

    HourlyEmployee hourlyEmployee(
        "Karen", "Price", "222-22-2222", 16.75, 40 );

    CommissionEmployee commissionEmployee(
        "Sue", "Jones", "333-33-3333", 10000, .06 );

    BasePlusCommissionEmployee basePlusCommissionEmployee(
        "Bob", "Lewis", "444-44-4444", 5000, .04, 300 );

    cout << "Employees processed individually using static binding:\n\n";
}

```

```

// Imprime a informação de cada Employee e
// rendimentos com binding estático
salariedEmployee.print();
cout << "\nearned $" << salariedEmployee.earnings() << "\n\n";
hourlyEmployee.print();
cout << "\nearned $" << hourlyEmployee.earnings() << "\n\n";
commissionEmployee.print();
cout << "\nearned $" << commissionEmployee.earnings() << "\n\n";
basePlusCommissionEmployee.print();
cout << "\nearned $" << basePlusCommissionEmployee.earnings()
    << "\n\n";

// cria vector de ponteiros de quatro classe bases
vector <Employee *> employees (4);

// inicializa vector com Employees
employees [0] = &salariedEmployee;
employees [1] = &hourlyEmployee;
employees [2] = &commissionEmployee;
employees [3] = &basePlusCommissionEmployee;

cout << "Employees processed polymorphically via dynamic binding:\n\n";

// chama virtualViaPointer para imprimir informação de cada Employee
// e rendimentos usando binding dinâmico
cout << "Virtual function calls made off base-class pointers:\n\n";
for (size_t i = 0; i < employees.size(); i++)
    virtualViaPointer (employees [i]);

// chama virtualViaReference para imprimir informação de cada Employee
// e rendimentos usando binding dinâmico
cout << "Virtual function calls made off base-class references:\n\n";
for (size_t i = 0; i < employees.size(); i++)
    virtualViaReference (*employees [i]); // note dereferencing

return 0;
}

```

Quinto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
// chama funções virtuais de Employee virtual print e earnings de um  
// ponteiro para classe base usando binding dinâmico  
void virtualViaPointer (const Employee * const baseClassPtr) {  
    baseClassPtr->print();  
    cout << "\nearned $" << baseClassPtr->earnings() << "\n\n";  
}  
  
// chama funções virtuais de Employee virtual print e earnings de um  
// referência para classe base usando binding dinâmico  
void virtualViaReference (const Employee &baseClassRef) {  
    baseClassRef.print();  
    cout << "\nearned $" << baseClassRef.earnings() << "\n\n";  
}
```

Quinto Exemplo de Polimorfismo

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula13-ex5.exe
Employees processed individually using static binding:

Salaried employee: John Smith
social security number: 111-11-1111
weekly salary: 800.00
earned $800.00

Hourly employee: Karen Price
social security number: 222-22-2222
hourly wage: 16.75: hours worked: 40.00
earned $670.00

commission employee: Sue Jones
social security number: 333-33-3333
gross sales: 10000.00
commission rate: 0.06
earned $600.00

// chama
// pontel
void virt base salary commission employee: Bob Lewis
    base social security number: 444-44-4444
    gross sales: 5000.00
    cout commission rate: 0.04
    base salary: 300.00
    earned $500.00
}

// chama
// refer Virtual function calls made off base-class pointers:
void virt Salaried employee: John Smith
    base social security number: 111-11-1111
    weekly salary: 800.00
    cout earned $800.00
}

Hourly employee: Karen Price
social security number: 222-22-2222
hourly wage: 16.75: hours worked: 40.00
earned $670.00

commission employee: Sue Jones
social security number: 333-33-3333
gross sales: 10000.00
commission rate: 0.06
earned $600.00

base salary commission employee: Bob Lewis
social security number: 444-44-4444
gross sales: 5000.00
commission rate: 0.04
base salary: 300.00
earned $500.00
```

Quinto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula13-ex5.exe

Virtual function calls made off base-class references:

// c Salaried employee: John Smith
// s social security number: 111-11-1111
// p weekly salary: 800.00
void earned $800.00

Hourly employee: Karen Price
social security number: 222-22-2222
} hourly wage: 16.75: hours worked: 40.00
earned $670.00

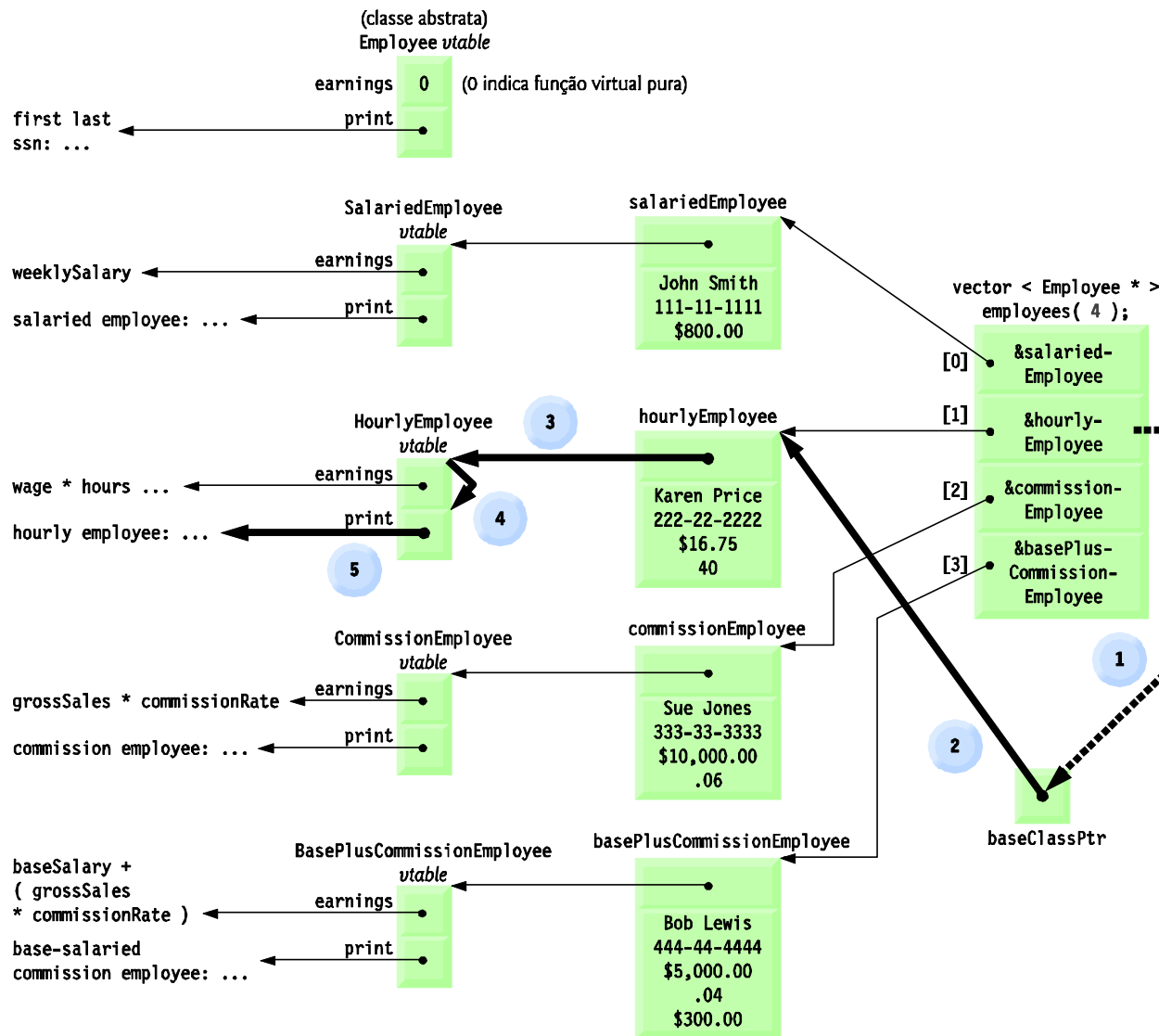
// c commission employee: Sue Jones
// r gross sales: 10000.00
void commission rate: 0.06
earned $600.00

} base salary commission employee: Bob Lewis
social security number: 444-44-4444
gross sales: 5000.00
commission rate: 0.04
base salary: 300.00
earned $500.00

Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

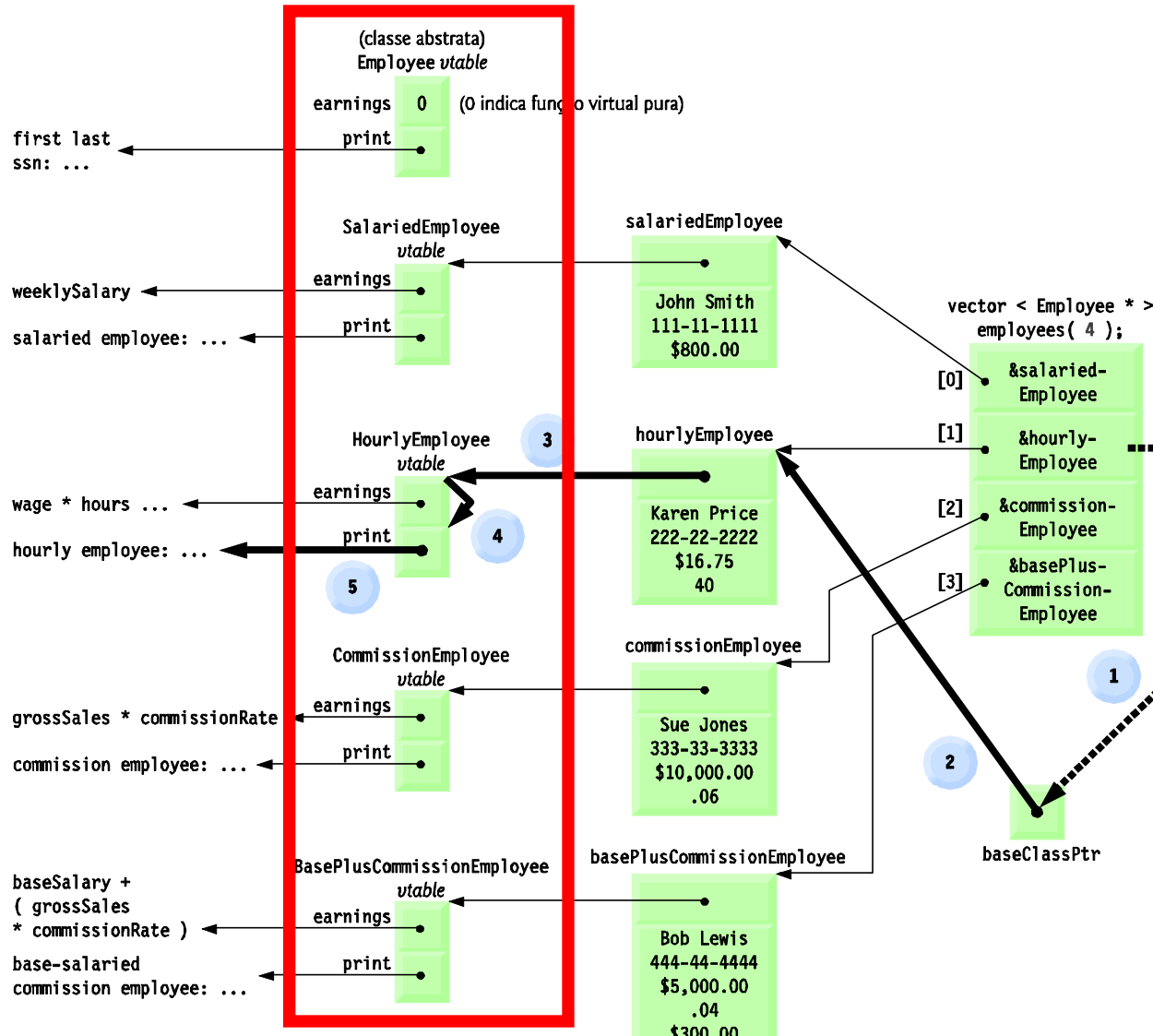
Polimorfismo, Funções Virtual e Vinculação Dinâmica “sob o capô”

- Como C++ pode implementar polimorfismo, funções `virtual` e vinculação dinâmica internamente?
 - Compilador cria uma tabela de funções `virtual` (*vtable*) toda vez que uma classe possui uma ou mais funções `virtual`
 - Um programa em execução usa a *vtable* para selecionar a implementação apropriada de função cada vez que uma função `virtual` de uma classe em específico for chamada



**Fluxo de chamada de função virtual baseClassPtr->print ()
Quando baseClassPtr apontar para o objeto hourlyEmployee**

- 1 passa &hourlyEmployee para baseClassPtr
- 2 vai para o objeto hourlyEmployee
- 3 vai para o vtable HourlyEmployee
- 4 vai para o ponteiro print em vtable
- 5 executa print para HourlyEmployee



Vtable das classes Employee, SalariedEmployee, HourlyEmployee, CommissionEmployee and BasePlusCommissionEmployee. Primeiro elemento da classe Employee é zero porque o método é virtual puro.

Polimorfismo, Funções Virtual e Vinculação Dinâmica “sob o capô”

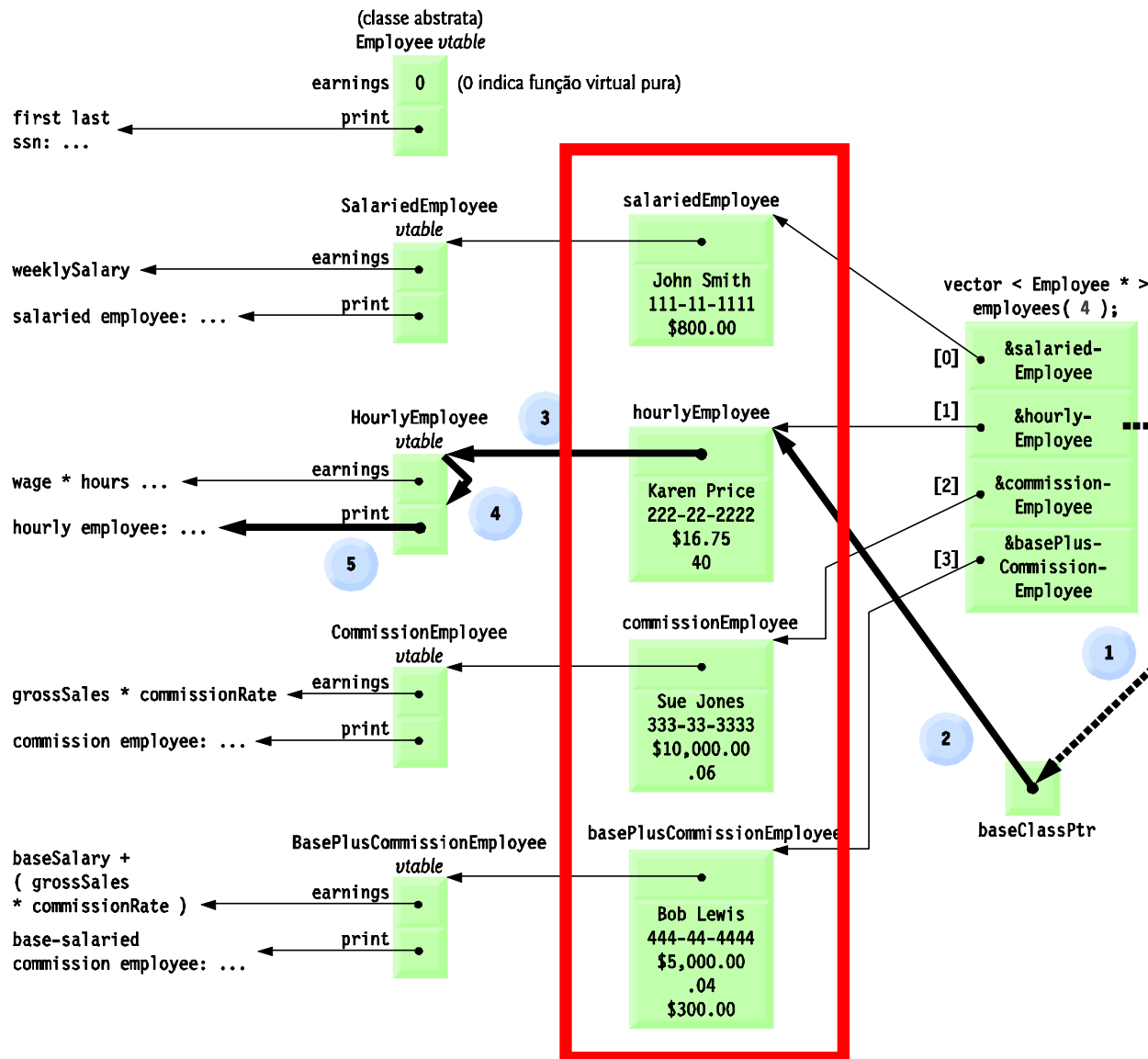
- Como C++ pode implementar polimorfismo, funções `virtual` e vinculação dinâmica internamente?
 - Se `virtual` pura, o ponteiro da função é configurado em 0
 - Qualquer classe que tenha um ou mais ponteiros nulos em sua `vtable` é uma classe abstrata
 - Classes sem nenhum ponteiro nulo em sua `vtable` são concretas

Polimorfismo, Funções Virtual e Vinculação Dinâmica “sob o capô”

- Como C++ pode implementar polimorfismo, funções `virtual` e vinculação dinâmica internamente?
 - Se uma classe derivada não sobrescrever um método herdado
 - Sua *vtable* conterá ponteiros para os métodos correspondentes da classe base
 - Ponteiros têm os mesmos valores que os ponteiros na *vtable* da classe base, já que apontam para o mesmo lugar em memória

Polimorfismo, Funções Virtual e Vinculação Dinâmica “sob o capô”

- Como C++ pode implementar polimorfismo, funções `virtual` e vinculação dinâmica internamente?
 - Utiliza três níveis de ponteiros (“indireção tripla”)
 - Primeiro nível de ponteiros
 - Contém ponteiros para funções `virtual`, armazenados na *vtable*
 - Segundo nível de ponteiros
 - Toda vez que um objeto tiver uma ou mais funções `virtual`, o compilador anexa ao objeto um ponteiro para a *vtable* correspondente de sua classe



Fluxo de chamada de função virtual baseClassPtr->print ()
Quando baseClassPtr apontar para o objeto hourlyEmployee

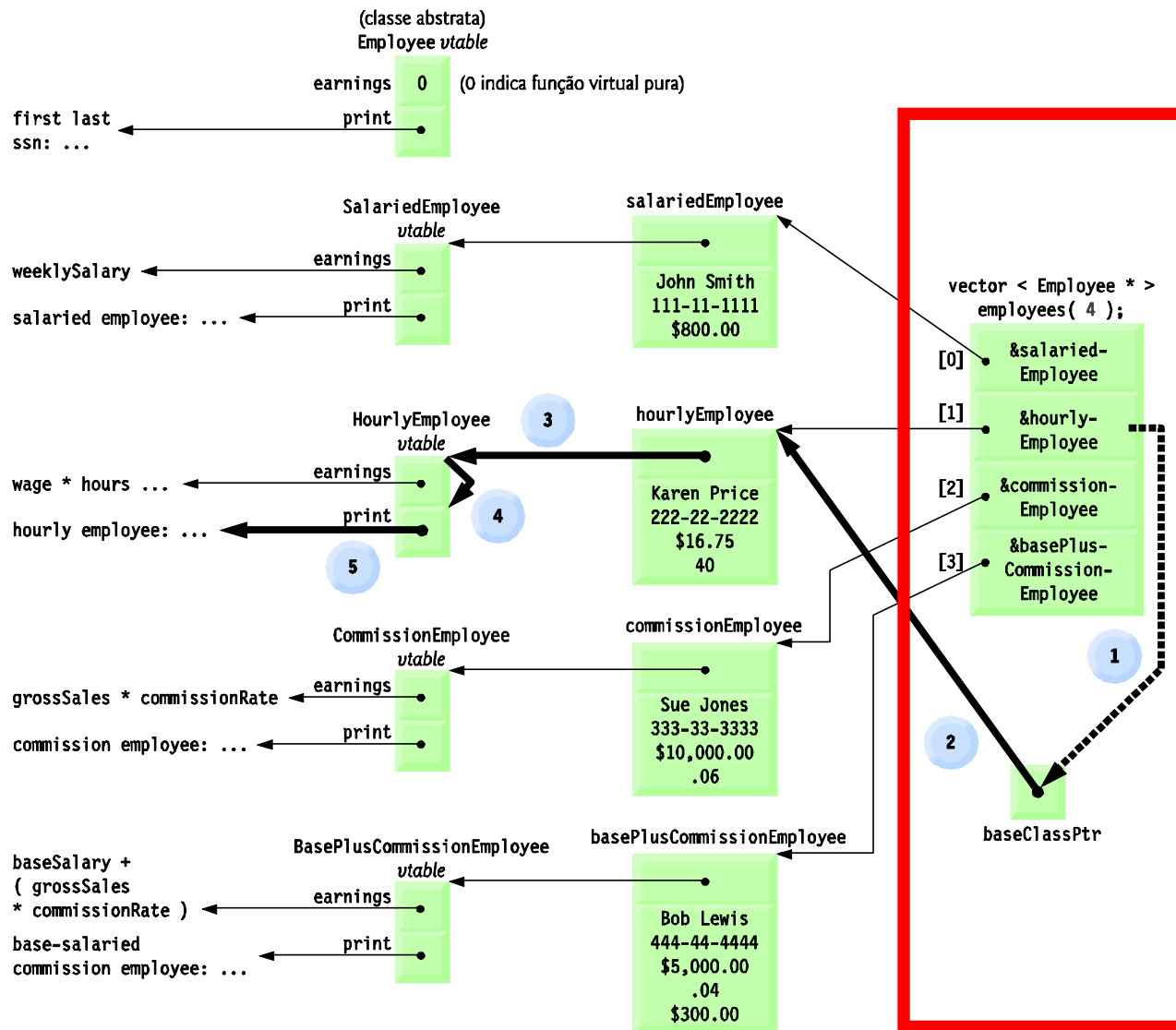
Ponteiros apontando para a vtable da classe correspondente

2 val para o objeto
hourlyEmployee

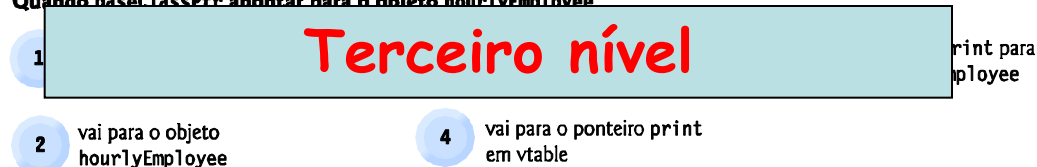
4 val para o ponteiro print
em vtable

Polimorfismo, Funções Virtual e Vinculação Dinâmica “sob o capô”

- Como C++ pode implementar polimorfismo, funções `virtual` e vinculação dinâmica internamente?
 - Utiliza três níveis de ponteiros (“indireção tripla”)
 - Terceiro nível de ponteiros
 - Contém somente os *handles* dos objetos que recebem chamadas às funções `virtual`



Fluxo de chamada de função virtual baseClassPtr->print()
Quando baseClassPtr apontar para o objeto hourlyEmployee



Estudo de Caso: Sistema de Folha de Pagamento

- Sistema de Folha de Pagamento utilizando polimorfismo e informações de tipo de tempo de execução com `downcasting`, `dynamic_cast`, `typeid` e `type_info`
 - Ex.: `Recompense BasePlusCommissionEmployees` adicionando 10% a seus salários-base
- É necessário usar informações de tipo em tempo de execução e coerção dinâmica para "programar no específico"
 - Alguns compiladores exigem que essas informações sejam habilitadas para serem utilizadas no programa
 - **Consulte a documentação do compilador**

Estudo de Caso: Sistema de Folha de Pagamento

- Operador `dynamic_cast`
 - Operação `downcast`
 - Converte um ponteiro de classe base em um ponteiro de classe derivada
 - Se um objeto subjacente for do tipo derivado, será executada a coerção
 - Do contrário, será atribuído 0
 - Se `dynamic_cast` não for utilizado e houver a tentativa de atribuir um ponteiro de classe base a um ponteiro de classe derivada
 - Ocorrerá um erro de compilação

Estudo de Caso: Sistema de Folha de Pagamento

- Operador `typeid`
 - Recebe um ponteiro desreferenciado e
 - Retorna uma referência a um objeto da classe `type_info`
 - Contém informações sobre o tipo de seu operando
 - Função-membro `name ()`
 - Retorna uma string baseada em ponteiro que contém o nome do tipo do argumento passado para `typeid`
 - Deve incluir o arquivo de cabeçalho `<typeinfo>`

Sexto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 6
 * Programa Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include <iostream>
#include <iomanip>
#include <vector>
#include <typeinfo>

#include "employeeCap13Ex5.h"
#include "salariedemployeeCap13Ex5.h"
#include "hourlyemployeeCap13Ex5.h"
#include "commissionCap13Ex5.h"
#include "basepluscommissionCap13Ex5.h"

int main () {
    // formatação da saída do ponto flutuante
    cout << fixed << setprecision( 2 );

    // cria vector de ponteiros de quatro classe bases
    vector <Employee *> employees (4);

    // cria objetos da classe derivada
    employees [0] = new SalariedEmployee("John", "Smith", "111-11-1111", 800 );

    employees [1] = new HourlyEmployee(
        "Karen", "Price", "222-22-2222", 16.75, 40 );

    employees [2] = new CommissionEmployee(
        "Sue", "Jones", "333-33-3333", 10000, .06 );

    employees [3] = new BasePlusCommissionEmployee(
        "Bob", "Lewis", "444-44-4444", 5000, .04, 300 );
}
```

Sexto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
// Processa polimorficamente cada elemento no vector employees
for (size_t i = 0; i < employees.size(); i++) {
    employees[i]->print ();
    cout << endl;

    // Ponteiro downcast
    BasePlusCommissionEmployee *derivedPtr =
        dynamic_cast <BasePlusCommissionEmployee *> (employees [i]);

    // Determina se o elemento aponta para o empregado comissionado
    // com salário base
    if (derivedPtr != 0) {
        double oldBaseSalary = derivedPtr->getBaseSalary ();
        cout << "old base salary: $" << oldBaseSalary << endl;
        derivedPtr->setBaseSalary (1.10 * oldBaseSalary);
        cout << "new base salary with 10% increase is: $"
            << derivedPtr->getBaseSalary () << endl;
    }

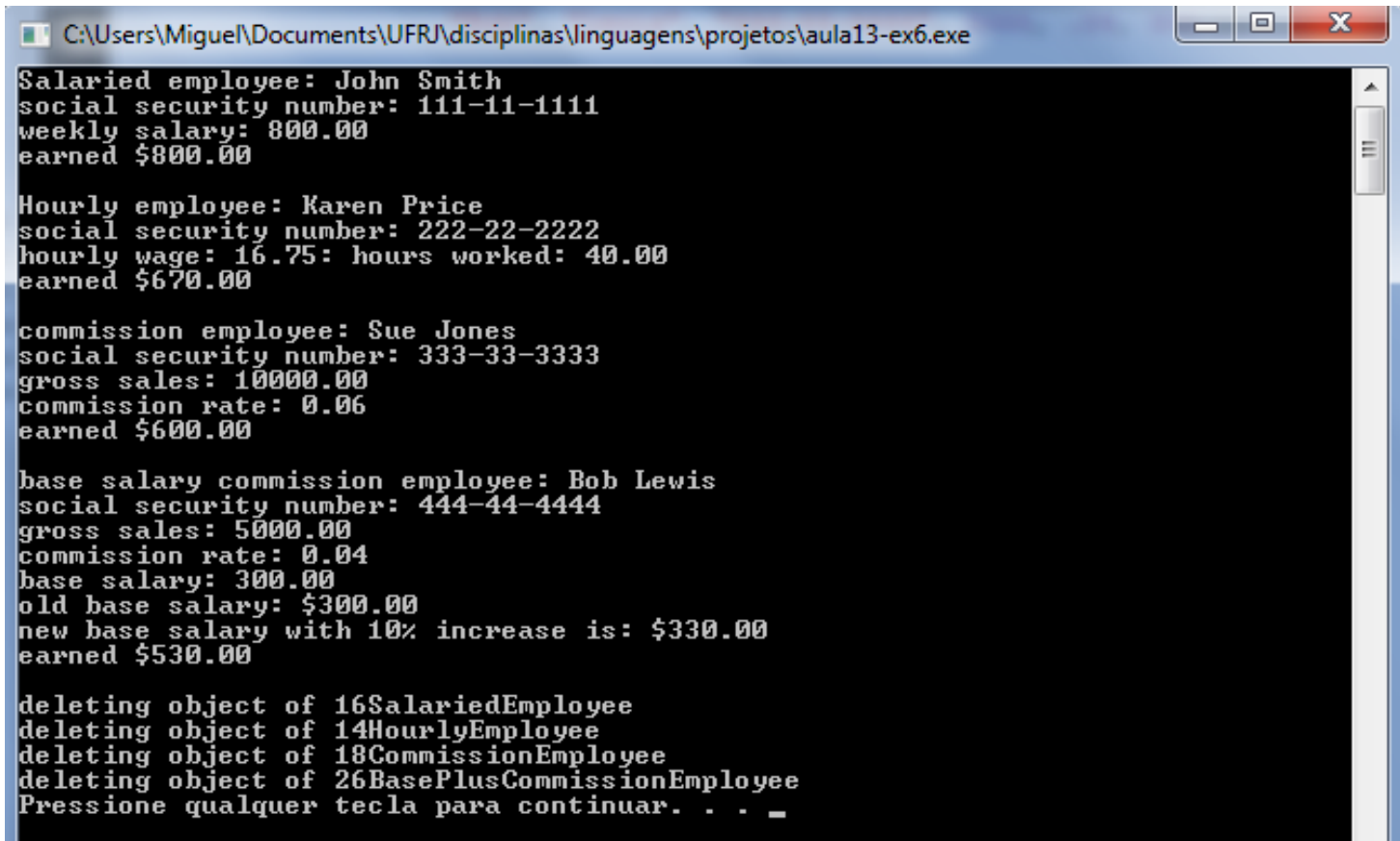
    cout << "earned $" << employees[i]->earnings () << "\n\n";
}

// Libera objetos apontados pelos elementos do vector
for (size_t i = 0; i < employees.size(); i++) {
    cout << "deleting object of "
        << typeid(*employees [i]).name () << endl;
    delete employees [i];
}

return 0;
}
```

Sexto Exemplo de Polimorfismo em C++

```
// Processa polimorficamente cada elemento no vector employees
for (size_t i = 0; i < employees.size(); i++) {
    employees[i]->print ();
}
```



```
C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula13-ex6.exe
Salaried employee: John Smith
social security number: 111-11-1111
weekly salary: 800.00
earned $800.00

Hourly employee: Karen Price
social security number: 222-22-2222
hourly wage: 16.75: hours worked: 40.00
earned $670.00

commission employee: Sue Jones
social security number: 333-33-3333
gross sales: 10000.00
commission rate: 0.06
earned $600.00

base salary commission employee: Bob Lewis
social security number: 444-44-4444
gross sales: 5000.00
commission rate: 0.04
base salary: 300.00
old base salary: $300.00
new base salary with 10% increase is: $330.00
earned $530.00

deleting object of 16SalariedEmployee
deleting object of 14HourlyEmployee
deleting object of 18CommissionEmployee
deleting object of 26BasePlusCommissionEmployee
Pressione qualquer tecla para continuar. . . _
```

```
return 0;
```

```
}
```

Destrutores Virtuais

- Destrutores não virtuais
 - Destrutores que não são declarados com a palavra-chave `virtual`
 - Se um objeto de classe derivada for destruído explicitamente atribuindo o operador `delete` a um ponteiro de classe base para o objeto, o comportamento será indefinido

Destruutores Virtuais

- Destruutores `virtual`
 - São declarados com a palavra-chave `virtual`
 - Todos os destrutores de classe base são `virtual`
 - Se um objeto de classe derivada for destruído explicitamente aplicando o operador `delete` a um ponteiro de classe base para um objeto, o destrutor de classe derivada apropriado será chamado
 - Destruutores de classe base apropriados executarão posteriormente

Destruutores Virtuais

- Se uma classe tiver funções `virtual`, forneça um destrutor `virtual`, mesmo que ele não seja requerido para a classe
 - As classes derivadas dessa classe podem conter destrutores que devem ser chamados adequadamente
- Os construtores não podem ser `virtual`
 - Declarar um construtor `virtual` é um erro de compilação

Exemplo 2

- Escreva um programa que implemente a classe `EmployeeCadastro` que herda atributos e métodos das classes `Cadastro` e `Senha`. Implemente também a classe `ClientCadastro` que herda somente atributos e métodos da classe `Cadastro`. Todas as classes devem implementar um método virtual `print` que para imprimir os valores de todos os seus atributos. A função principal deve instanciar dinamicamente ponteiros da classe base `Cadastro` para objetos de cada uma das classes derivadas.



Exemplo 2

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 7
 * Arquivo cadastroCap13Ex7.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef CADASTRO_H
#define CADASTRO_H

#include <iostream>
#include <string>

using namespace std;

class Cadastro {
public:
    Cadastro (string, int);
    virtual ~Cadastro ();

    string getName () const;
    int getAge () const;
    virtual void print () const;

private:
    string name;
    int age;
};

#endif
```

Exemplo 2

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 7
 * Arquivo cadastroCap13Ex7.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "cadastroCap13Ex7.h"

Cadastro::Cadastro (string n, int a) : name (n), age (a) {}

Cadastro::~Cadastro () {
    cout << "Destrutor da classe Cadastro..." << endl;
}

string Cadastro::getName () const { return name; }

int Cadastro::getAge () const { return age; }

void Cadastro::print () const {
    cout << "Name: " << getName ()
         << "\nAge: " << getAge () << endl;
}
```

Exemplo 2

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 7
 * Arquivo senhaCap13Ex7.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef SENHA_H
#define SENHA_H

#include <iostream>
#include <string>

using namespace std;

class Senha {
public:
    Senha (string);
    virtual ~Senha ();

    string getSenha () const;
    virtual void print () const;

private:
    string senha;
};

#endif
```

Exemplo 2

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 7
 * Arquivo senhaCap13Ex7.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "senhaCap13Ex7.h"

Senha::Senha (string s) : senha (s) {}

Senha::~Senha () {
    cout << "Destruitor da classe Senha..." << endl;
}

string Senha::getSenha () const { return senha; }

void Senha::print () const {
    cout << "Senha: " << getSenha () << endl;
}
```

Exemplo 2

```
/*
 * Aula 12 - Exemplo 7
 * Arquivo employeecadastroCap12Ex7.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef EMPLOYEECADASTRO_H
#define EMPLOYEECADASTRO_H

#include <iostream>
#include <string>
#include "cadastroCap13Ex7.h"
#include "senhaCap13Ex7.h"

using namespace std;

class EmployeeCadastro : public Cadastro, public Senha {
public:
    EmployeeCadastro (string, int, string, string);
    virtual ~EmployeeCadastro ();

    string getJob () const;
    virtual void print () const;

private:
    string job;
};

#endif
```

Exemplo 2

```
/*  
 * Aula 13 - Exemplo 7  
 * Arquivo employeecadastroCap13Ex7.cpp  
 * Autor: Miguel Campista  
 */  
#include "employeecadastroCap13Ex7.h"  
  
EmployeeCadastro::EmployeeCadastro (string n, int a, string s, string j)  
    : Cadastro (n, a), Senha (s), job (j) {  
}  
  
EmployeeCadastro::~~EmployeeCadastro () {  
    cout << "Destruitor da classe EmployeeCadastro..." << endl;  
}  
  
string EmployeeCadastro::getJob () const { return job; }  
  
void EmployeeCadastro::print () const {  
    Cadastro::print ();  
    Senha::print ();  
    cout << "Job: " << getJob () << "\n\n" << endl;  
}
```

Exemplo 2

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 7
 * Arquivo clientcadastroCap13Ex7.h
 * Autor: Miguel Campista
 */
#ifndef CLIENTCADASTRO_H
#define CLIENTCADASTRO_H

#include <iostream>
#include <string>
#include "cadastroCap13Ex7.h"

using namespace std;

class ClientCadastro : public Cadastro {
public:
    ClientCadastro (string, int, string);
    virtual ~ClientCadastro ();

    string getPreference () const;
    virtual void print () const;

private:
    string preference;
};

#endif
```

Exemplo 2

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 7
 * Arquivo clientcadastroCap13Ex7.cpp
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "clientcadastroCap13Ex7.h"

ClientCadastro::ClientCadastro (string n, int a, string p)
    : Cadastro (n, a), preference (p) {}

ClientCadastro::~ClientCadastro () {
    cout << "Destruitor da classe ClientCadastro..." << endl;
}

string ClientCadastro::getPreference () const { return preference; }

void ClientCadastro::print () const {
    Cadastro::print ();
    cout << "Preference: " << getPreference () << "\n\n" << endl;
}
```


Exemplo 2

```
/*
 * Aula 13 - Exemplo 7
 * Programa Principal
 * Autor: Miguel Campista
 */
#include "employeecadastroCap13Ex7.h"
#include "clientcadastroCap13Ex7.h"

int main () {
    Cadastro *cad [2];

    cad [0] = new EmployeeCadastro ("Joao das Covas", 30, "abc", "Engenheiro");
    cad [1] = new ClientCadastro ("Jose Mineiro", 20, "Esportes");

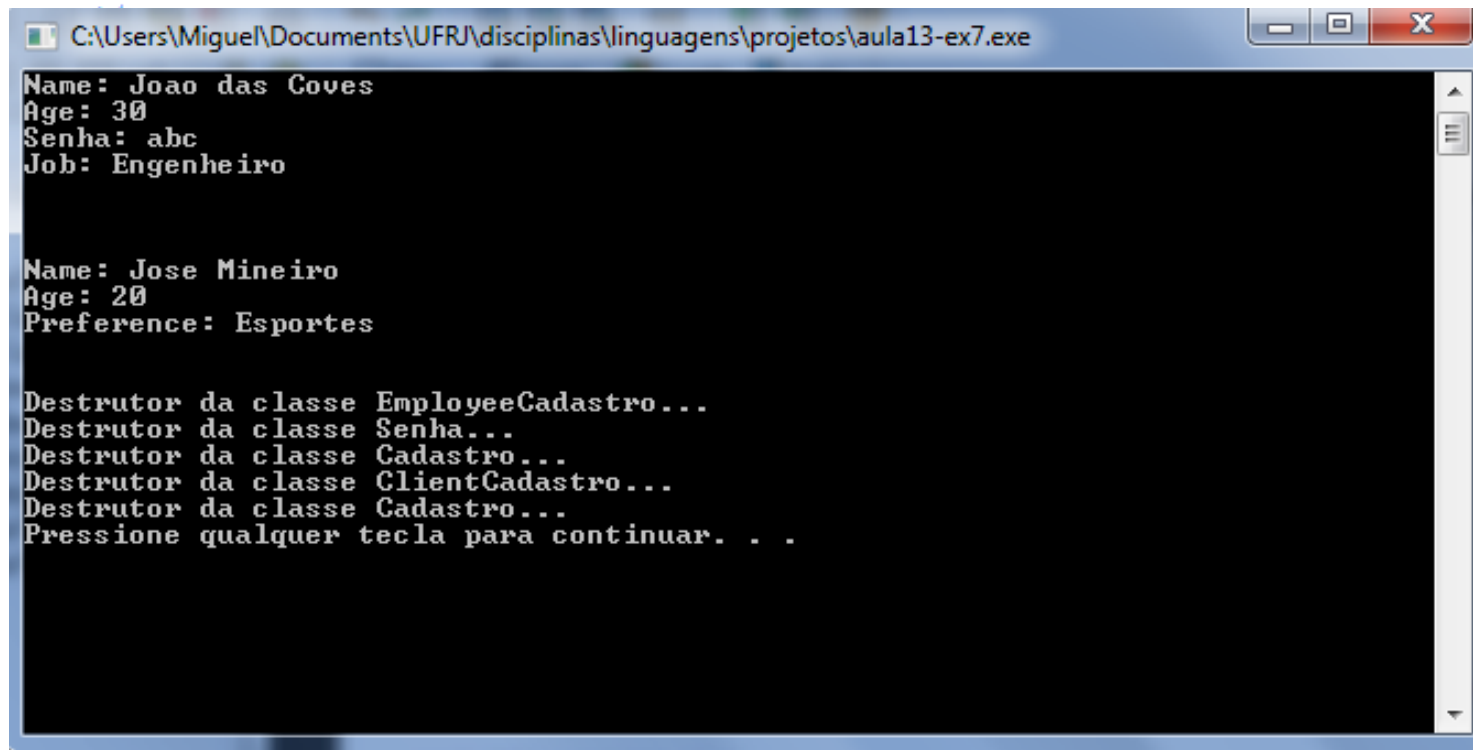
    cad [0]->print ();
    cout << endl;
    cad [1]->print ();

    delete cad [0];
    delete cad [1];

    return 0;
}
```

Exemplo 2

```
/*  
 * Aula 13 - Exemplo 7  
 * Programa Principal  
 * Autor: Miguel Campista  
 */
```



The screenshot shows a Windows command prompt window titled "C:\Users\Miguel\Documents\UFRJ\disciplinas\linguagens\projetos\aula13-ex7.exe". The output of the program is as follows:

```
Name: Joao das Covas  
Age: 30  
Senha: abc  
Job: Engenheiro  
  
Name: Jose Mineiro  
Age: 20  
Preference: Esportes  
  
Destrutor da classe EmployeeCadastro...  
Destrutor da classe Senha...  
Destrutor da classe Cadastro...  
Destrutor da classe ClientCadastro...  
Destrutor da classe Cadastro...  
Pressione qualquer tecla para continuar. . .
```

Leitura Recomendada

- Capítulos 13 do livro
 - Deitel, "*C++ How to Program*", 5th edition, Editora Prentice Hall, 2005