



PCS3616

Programação de Sistemas

(Sistemas de Programação)

Semana 10, Aula 17

Linguagens e Compiladores

Programação em linguagem de alto nível

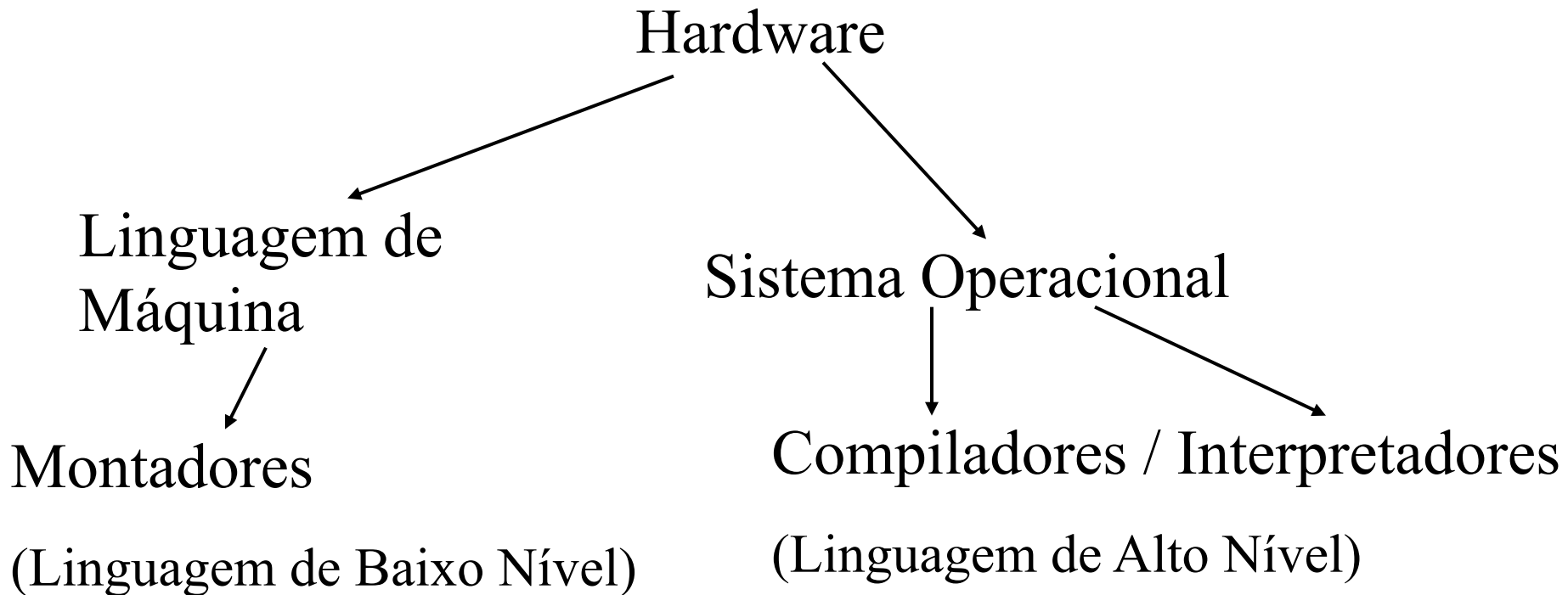
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Roteiro

1. Noções de Compiladores e Interpretadores
2. Usos da tecnologia de compilação
3. Compiladores, filtros e pré-processadores
4. Estruturação lógica de compiladores
5. Exemplo

Noções de Compiladores

Programação de Sistemas



Definição

- **Compilador:** Um programa de computador que traduz código escrito em uma determinada linguagem (código-fonte) em código escrito em outra linguagem (linguagem-objeto).

Exemplos:

- Traduzir de C++ para C
- Traduzir de Java para JVM
- Traduzir de C para C (Por que? Para tornar o código mais eficiente, menor, mais rápido, ou mesmo medir desempenho).

Usos da Tecnologia de Compilação

- Uso mais comum: traduzir um programa em linguagem de alto nível para código objeto para um processador particular
- Melhorar o desempenho de programas (otimizar)
- Interpretadores: tradutores diretos “on-line”, exemplos Perl, Java
- Paralelização ou vetorização automática
- Ferramentas de depuração
- Segurança (safety): Java VM usa compilação para demonstrar segurança de código
- Formataadores de texto (TeX para PS, PS para PDF)
- Simulação de arquiteturas, Tolerância a falhas, Assinaturas

Chave do Processo

- Habilidade de extrair as propriedades de um programa (análise), e, opcionalmente, transformá-lo (síntese). Exemplo:

```
X = ...
i = 1
While (i <= 100) do
    i = i + 1
    j = i * 4
    N = j ** 2 /* Exponenciação
    Y = X * 2.0
    A[i] = X * 4.0
    B[j] = Y * N
    C[j] = N * Y * C[j]
End While
L1: Print B[1:400]
Print C[1:400]
Stop
```

Resultado da Otimização de Código do Exemplo

```
j = 4          /* (i = 1) * 4: propagação da const
Y = X * 2.0    /* mudança do invariante do laço
While (j <= 400) do
    j = j + 4   /* substituição da variável (forte)
    N = j * j   /* redução (forte)
                /* eliminação de A
    B[j] = Y * N
    C[j] = B[j] * C[j] /* eliminação de sub-expressão
End While
L1: Print B[1:400]
Print C[1:400]
Stop
                /* Também aloca registros j, N, Y
```

Compiladores, Filtros e Pré-Processadores

- Tradutor genérico: Fonte → Objeto
- Compilador: Alto nível → Outra linguagem
- Montador: Baixo nível → Ling. máquina
- Filtro: Alto nível → Alto nível (conversões)
- Pré-Processador: Semelhante ao Filtro, porém antecede a etapa de compilação, por exemplo, expandindo macros, etc.

Formalização das Linguagens de Programação

- Objetivo: eliminar ambigüidades
- Meio: notação formal
- Característica: linguagens de programação são mais restritivas que as linguagens naturais
 - Inviável tratar a comunicação homem-máquina em linguagem puramente natural
- Uso de gramáticas, reconhecedores e dispositivos geradores, descritos em uma *metalinguagem*

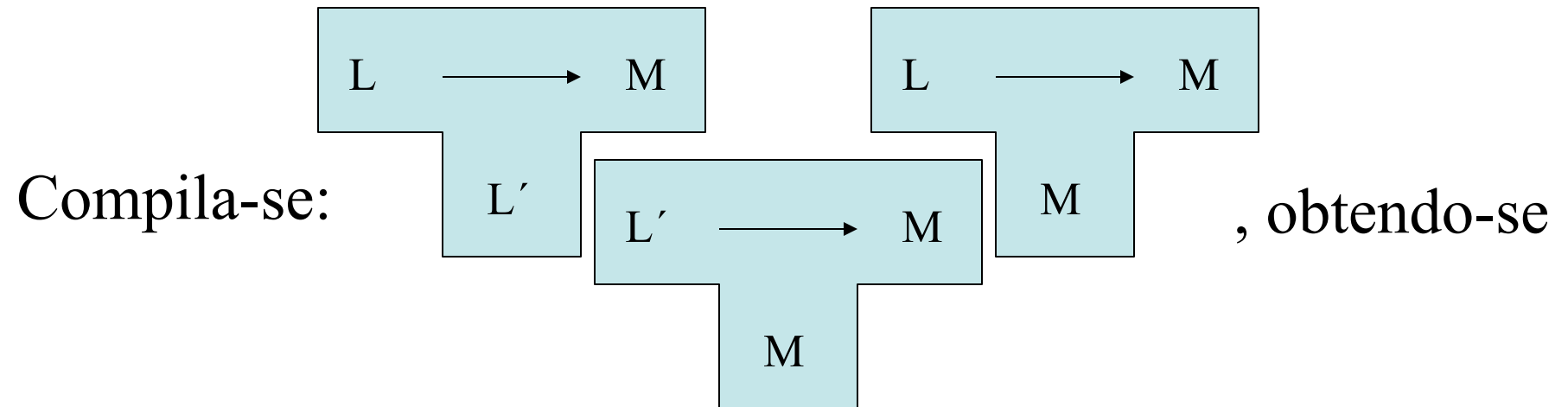
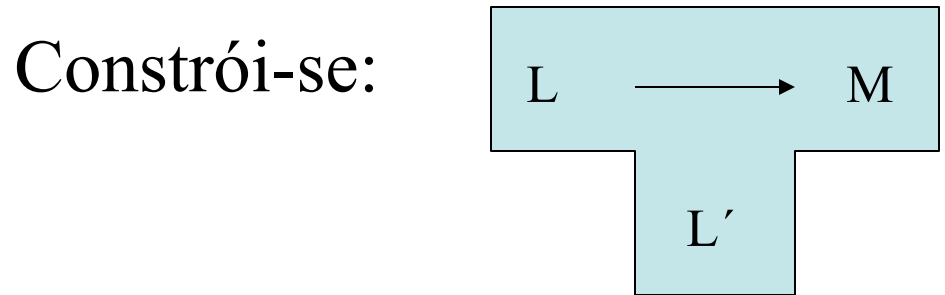
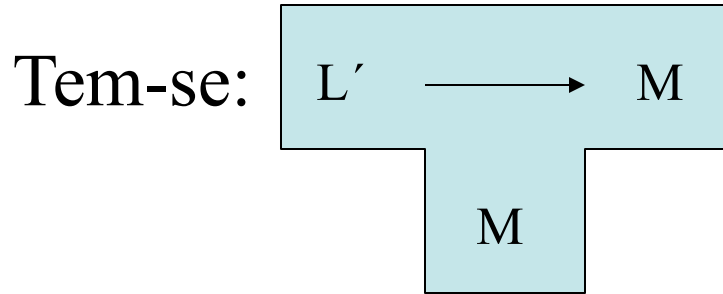
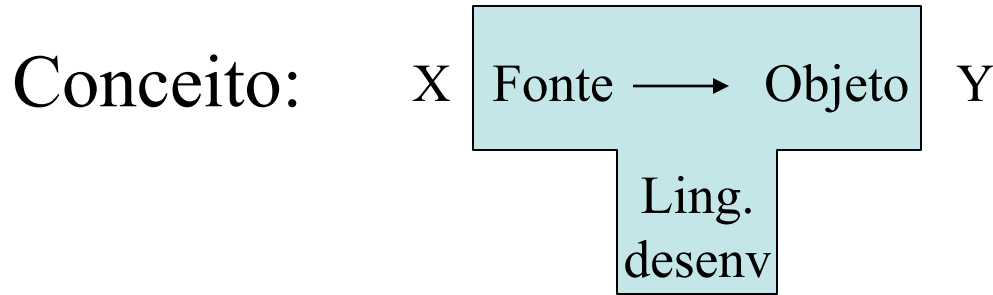
Estratégia para Obtenção de Compiladores

- Três alternativas:
 - Manual: Realizar toda a codificação através de técnicas especiais (os primeiros compiladores foram construídos desta forma)
 - Mista: Utilizar em parte algum programa de auxílio e desenvolver o restante
 - Semi-Automática: Utilizar programas mais modernos e completos, modificando pouco a estrutura gerada
- Definir a linguagem fonte de tradução e a linguagem objeto (máquina objeto), além da linguagem de desenvolvimento

Tipos de Compiladores

- Com relação à máquina hospedeira:
 - Auto-residente: se a máquina hospedeira é a mesma máquina para a qual deve ser gerado código
 - Compilador-Cruzado: se a máquina hospedeira é diferente da máquina para a qual o código deve ser gerado
- Método de “*bootstrapping*” – auto-compiláveis

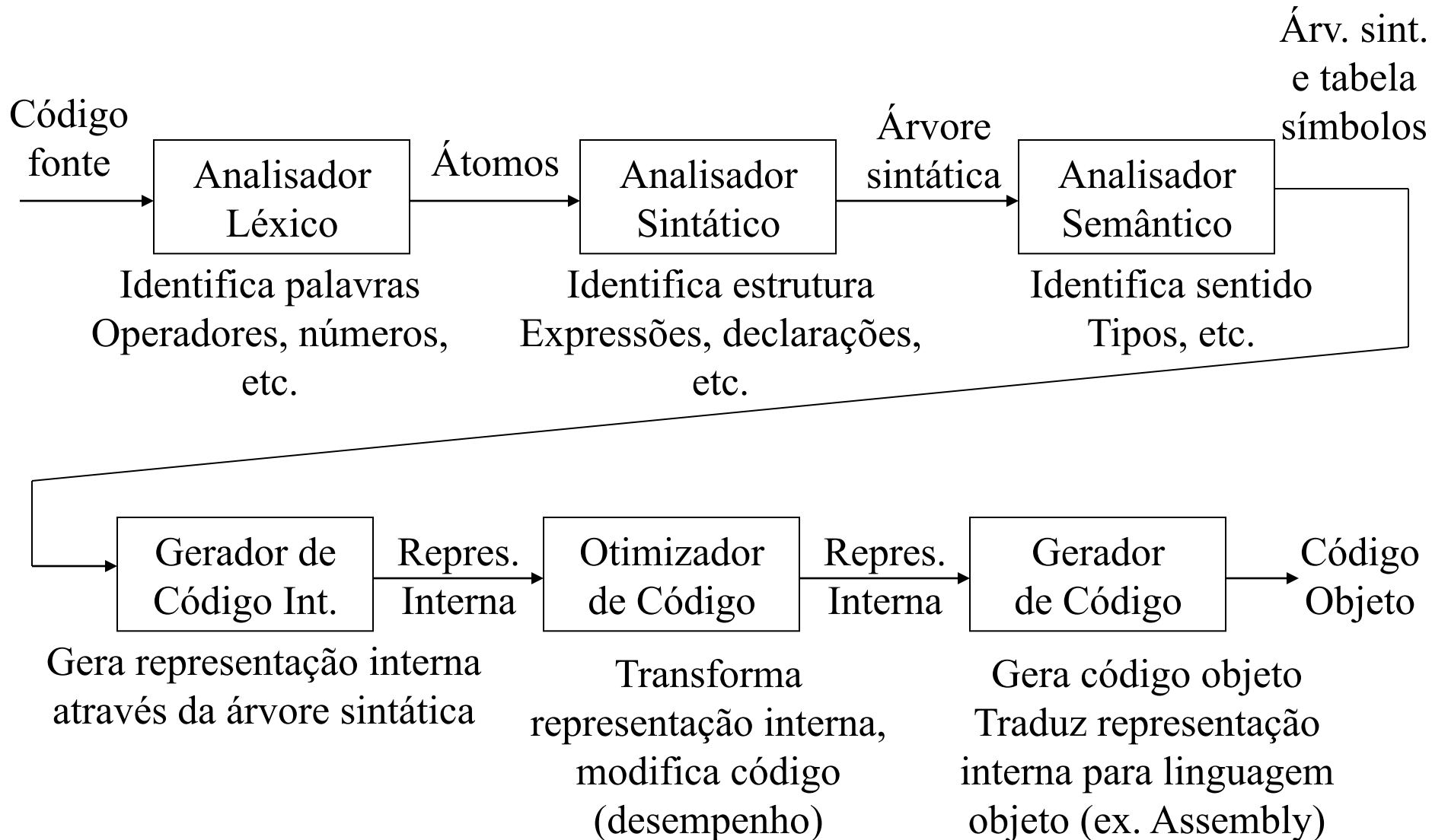
“Bootstrapping”



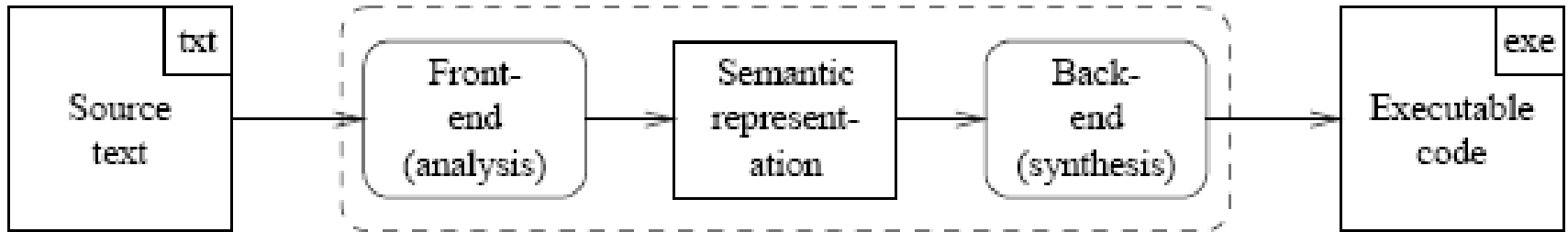
Estruturação Lógica de Compiladores

- Analisador léxico
- Analisador sintático
- Analisador semântico
- Gerador de código intermediário
- Otimizador de código
- Gerador de código objeto

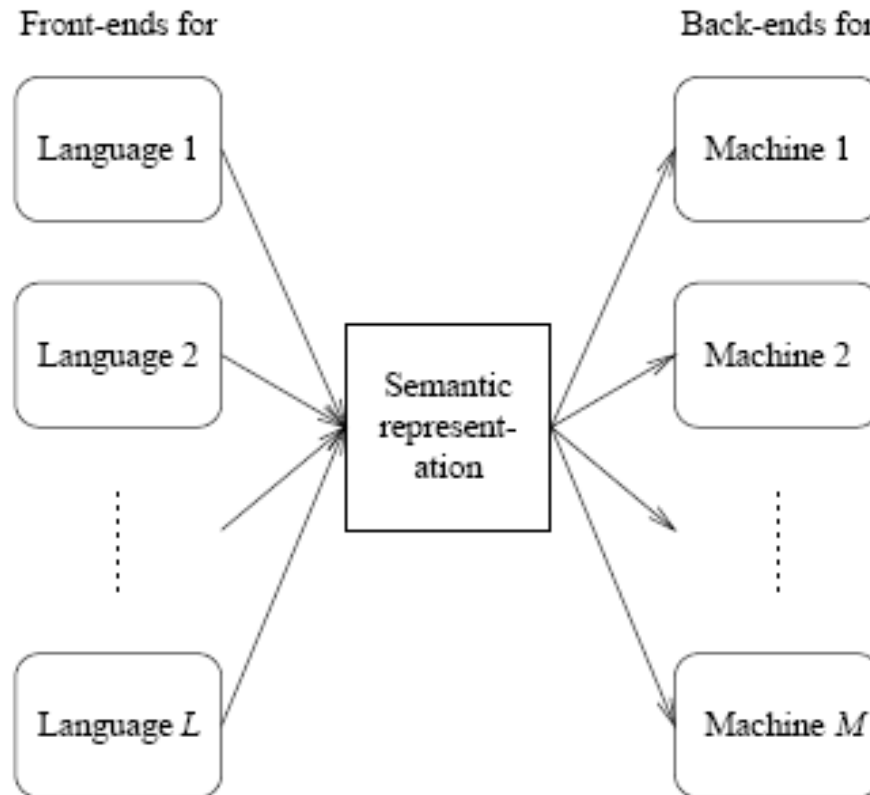
Estrutura Lógica



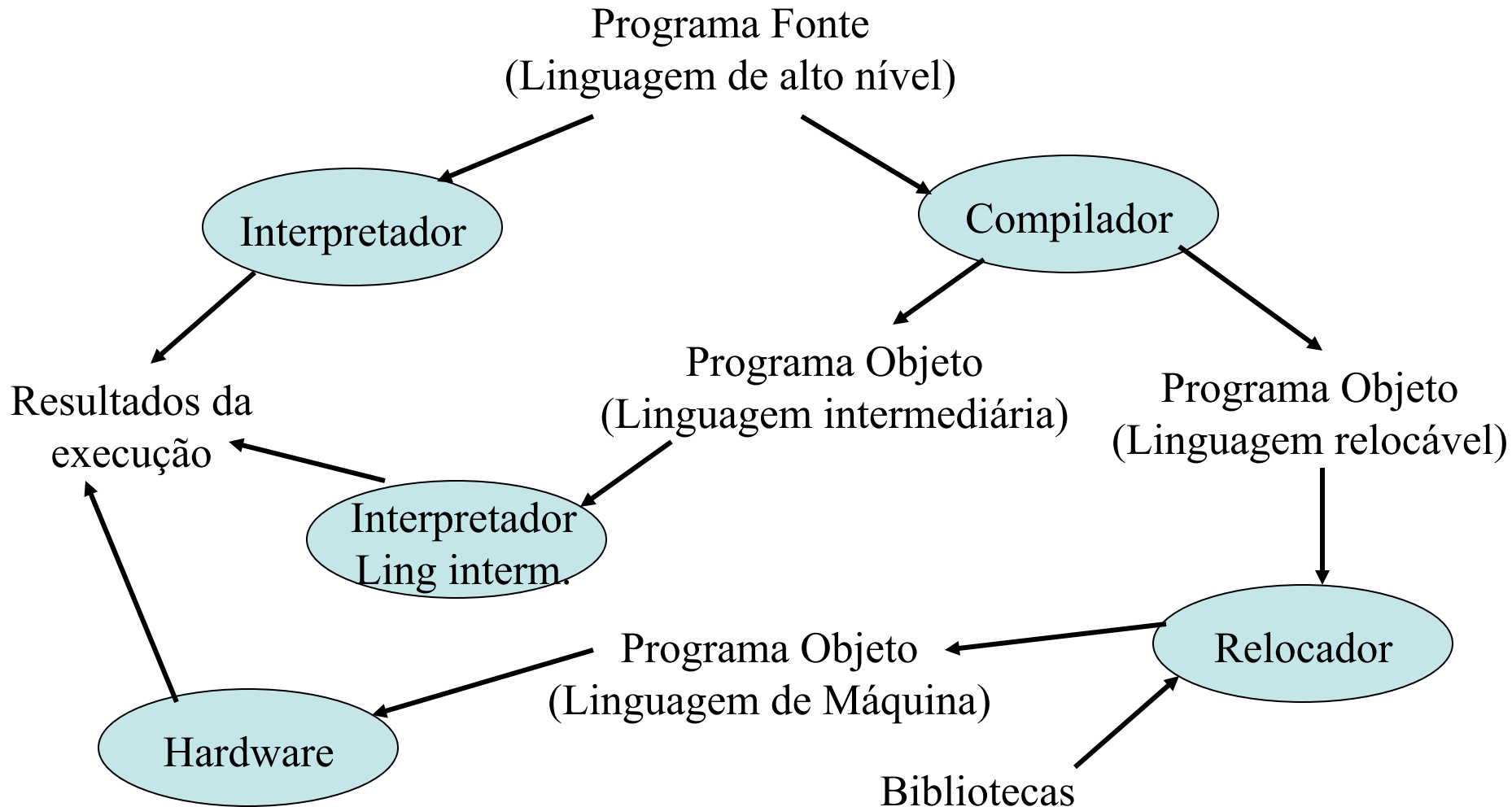
Front-end e Back-end



Compiler



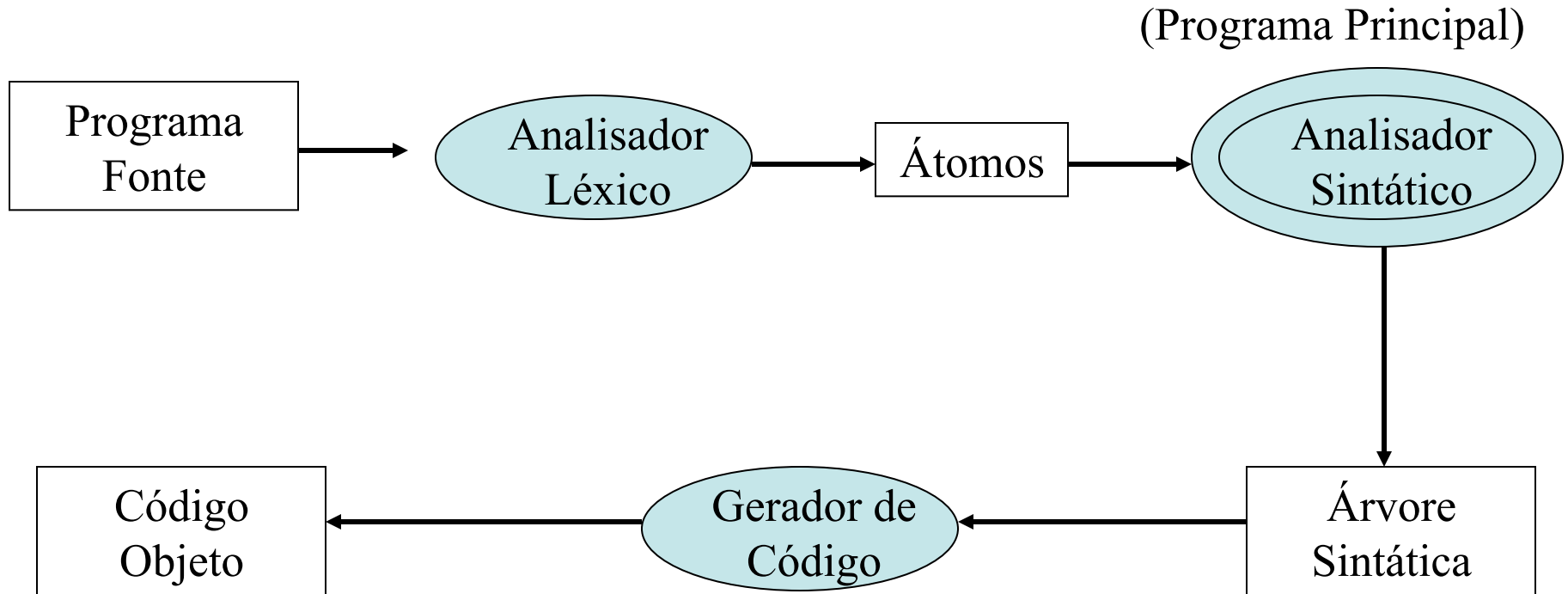
Processo de Execução de Linguagens de Alto Nível



Organização Física

- Quanto ao número de passos:
 - Em um único passo (ex. Delphi, Turbo Pascal)
 - Em múltiplos passos (ex. compiladores COBOL para Mainframes, compiladores da Microsoft mais antigos)
- Quanto à hierarquia interna
 - Dirigidos por sintaxe (mais comum)
 - Dirigidos pela análise léxica
 - Dirigidos pela geração de código

Dirigidos por Sintaxe



Considerações Custo-benefício

- Tarefa de compilação de uma linguagem de alto nível não é trivial
- Sem compiladores não é possível utilizar uma linguagem de alto nível (justificativa de construção)
- Número de linhas de programa geradas é constante para cada programador, e os programas ficam menores
- Número de erros diminui pela verificação dos compiladores
- Engenharia de Software, considerações de eficiência
- Dificuldade: Um compilador Pascal com otimização demanda aproximadamente 30 Homens-Ano

Exemplo

Sample Program

```
public class first {  
    public static void main(String argv[])  
  
        int x;  
        x = 19;  
        x = x*x;  
  
    }  
}
```

Compilação

Output Bytecode

Compiled from first.java

```
public class first extends java.lang.Object {  
    public static void main(java.lang.String[]);  
    public first();
```

```
Method void main(java.lang.String[])
```

```
0    bipush 19  
2    istore_1  
3    iload_1  
4    iload_1  
5    imul  
6    istore_1  
7    return
```

Continuação

Byte Code Continued

```
Method first()  
0    aload_0  
1    invokenovirtual #3 <Method java.lang.Object.<init>()V>  
4    return
```

Bibliografia (Compiladores)

- “Introdução à Compilação”, J. J. Neto, LTC, 1987 (**Livro-Base**)
- “Compilers: Principles, Techniques and Tools”, Alfred Aho, Ravi Sethi and Jeffrey Ullman, Addison-Wesley, 2007
- “Introdução à compilação”, I. Ricarte, ed Campus, 2008
- “Projeto Moderno de Compiladores – Implementação e Aplicações”, D. Grune, H. Bal, C. Jacobs, K. G. Langendoen, ed. Campus, 2002
- “Compiladores: princípios e práticas”, K. C. Loudon, ed. Thompson, 2004
- “Implementação de Linguagens de Programação: Compiladores”, A. M. A. Price & S. S. Toscani, ed. Sagra-Luzzatto, 2002
- Trembley & Sorenson – The theory and practice of compiler writing, McGraw-Hill, 1985
- Robert W. Sebesta – Programming language concepts, Addison-Wesley, 2007.