Unidade IV:

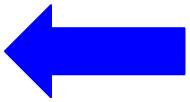
Ordenação Interna - Shellsort

Instituto de Ciências Exatas e Informática
Departamento de Ciência da Computação

Agenda

- Funcionamento básico
- Algoritmo em C *like*
- Análise dos número de movimentações e comparações

Agenda

- **Funcionamento básico** 
- Algoritmo em C *like*
- Análise dos número de movimentações e comparações

Introdução

- Proposto por Shell em 1959 como uma extensão da Inserção

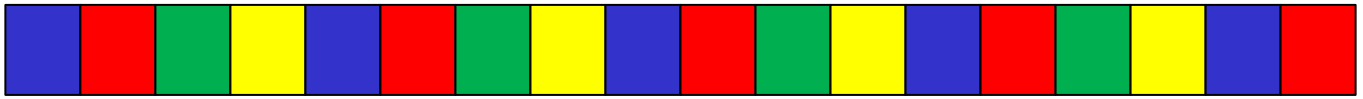
- O problema da Inserção é efetuamos *(n – 1)* comparações e movimentações quando o menor elemento está à direita

- O método de Shell contorna esse problema permitindo trocas de registros distantes um do outro (passo h)

Funcionamento Básico

- Os elementos separados de h posições são ordenados via Inserção

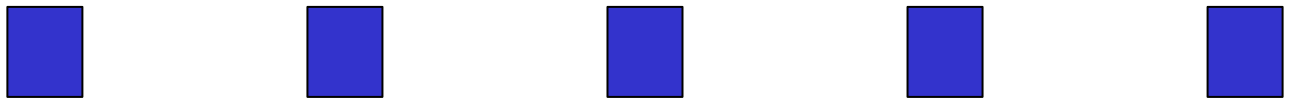
- Por exemplo, se h = 4, ordenamos com a Inserção cada um dos pseudo *array*



Funcionamento Básico

- Os elementos separados de h posições são ordenados via Inserção

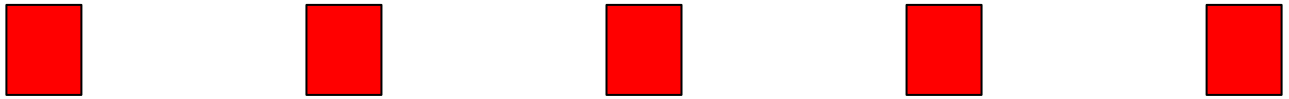
- Por exemplo, se h = 4, ordenamos com a Inserção cada um dos pseudo *array*



Funcionamento Básico

- Os elementos separados de h posições são ordenados via Inserção

- Por exemplo, se h = 4, ordenamos com a Inserção cada um dos pseudo *array*



Funcionamento Básico

- Os elementos separados de h posições são ordenados via Inserção

- Por exemplo, se h = 4, ordenamos com a Inserção cada um dos pseudo *array*

Funcionamento Básico

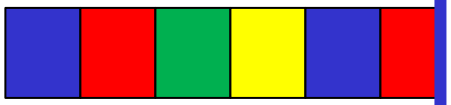
- Os elementos separados de h posições são ordenados via Inserção

- Por exemplo, se h = 4, ordenamos com a Inserção cada um dos pseudo *array*

Funcionamento Básico

- Os elementos separados de h posições são ordenados via Inserção

- Por exemplo, se h = 4, ordenamos com a Inserção cada um dos pseudo *array*



Pode parecer loucura, mas repetiremos a Inserção para cada pseudo *array*

Funcionamento Básico

- Neste momento, nossa sequência é dita h-ordenada (para nosso exemplo 4-ordenada)

- Em seguida, reduzimos o valor de h e repetimos o processo. Isso até que o valor de h seja um e efetuamos a Inserção pela última vez

Funcionamento Básico

- Neste momento, nossa sequência é dita h-ordenada (para nosso exemplo 4-ordenada)

- Em seguida, reduzimos o valor de h e repetimos o processo. Isso até que o valor de h seja um e efetuamos a Inserção pela última vez

Traduzindo: Nós já fizemos quatro vezes a Inserção e vamos fazer mais...

Funcionamento Básico

- Neste momento, nossa sequência é dita h-ordenada (para nosso exemplo 4-ordenada)

- Em seguida, reduzimos o valor de h e repetimos o processo. Isso até que o valor de h seja um e efetuamos a Inserção pela última vez

... você acredita que isso ainda é bom!!! Fala sério!

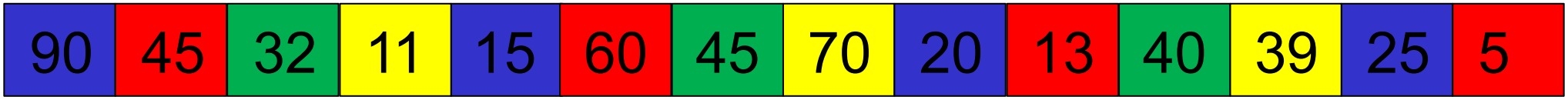
Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

90	45	32	11	15	60	45	70	20	13	40	39	25	10

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Como h = 4, define-se quatro pseudo *arrays* com as cores azul, vermelha, verde e amarela

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

90	45	32	11	15	60	45	70	20	13	40	39	25	10

Fazendo o algoritmo de inserção nos azuis

Exemplo

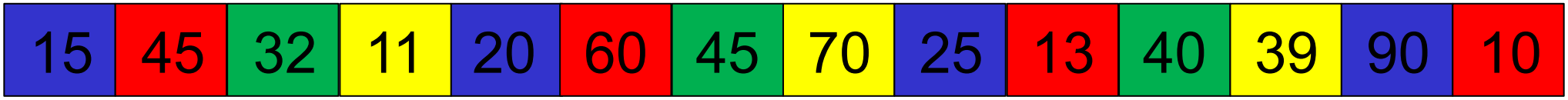
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	45	32	11	20	60	45	70	25	13	40	39	90	10

Fazendo o algoritmo de inserção nos azuis

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo o algoritmo de inserção nos vermelhos

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	45	32	11	20	60	45	70	25	13	40	39	90	10

Fazendo o algoritmo de inserção nos vermelhos

Exemplo

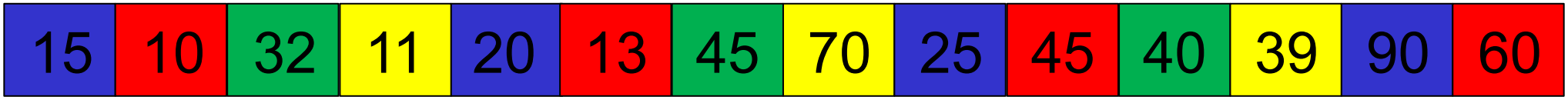
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	10	32	11	20	13	45	70	25	45	40	39	90	60

Fazendo o algoritmo de inserção nos vermelhos

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo o algoritmo de inserção nos verdes

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	10	32	11	20	13	45	70	25	45	40	39	90	60

Fazendo o algoritmo de inserção nos verdes

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	10	32	11	20	13	40	70	25	45	45	39	90	60

Fazendo o algoritmo de inserção nos verdes

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	10	32	11	20	13	40	70	25	45	45	39	90	60

Fazendo o algoritmo de inserção nos amarelos

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	10	32	11	20	13	40	39	25	45	45	70	90	60

Fazendo o algoritmo de inserção nos amarelos

Exemplo

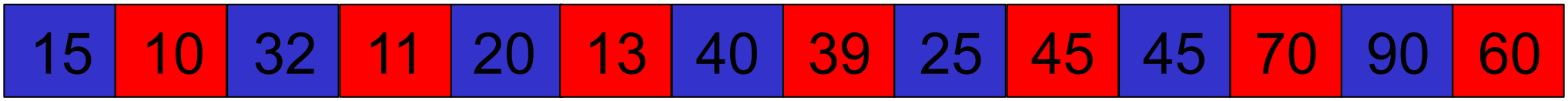
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	10	32	11	20	13	40	39	25	45	45	70	90	60

Com h = 4, o *array* não está ordenado, mas os números estão mais próximos de suas posições

Exemplo

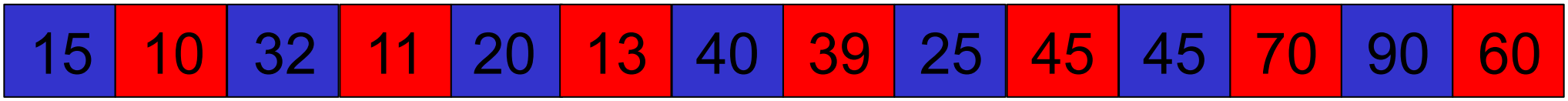
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo h = 2, define-se dois pseudo *arrays* com as cores azul e vermelha

Exemplo

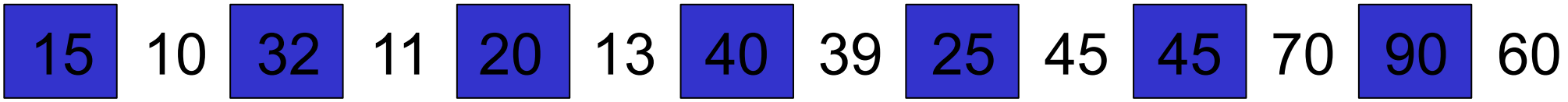
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo o algoritmo de inserção nos azuis

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo o algoritmo de inserção nos azuis

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	10	20	11	25	13	32	39	40	45	45	70	90	60

Fazendo o algoritmo de inserção nos azuis

Exemplo

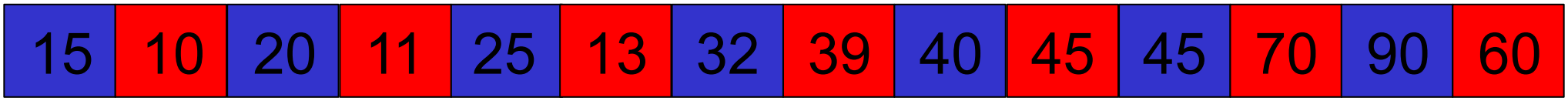
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	10	32	11	20	13	40	39	25	45	45	70	90	60

Com h = 4, o *array* não está ordenado, mas os números estão mais próximos de suas posições

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo o algoritmo de inserção nos vermelhos

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15 10 20 11 25 13 32 39 40 45 45 60 90 70

Fazendo o algoritmo de inserção nos vermelhos

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	10	20	11	25	13	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

15	10	20	11	25	13	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

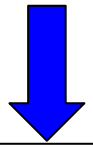
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

10	15	20	11	25	13	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



10	15	20	11	25	13	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

10	15	11	20	25	13	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

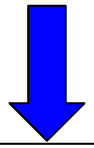
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

10	11	15	20	25	13	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



10	11	15	20	25	13	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

10	11	15	20	13	25	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

10	11	15	13	20	25	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

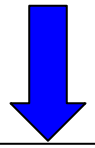
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

10	11	13	15	20	25	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

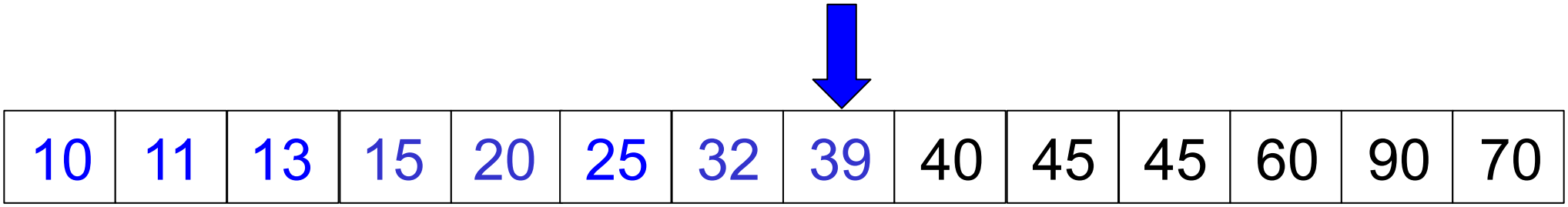


10	11	13	15	20	25	32	39	40	45	45	60	90	70

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

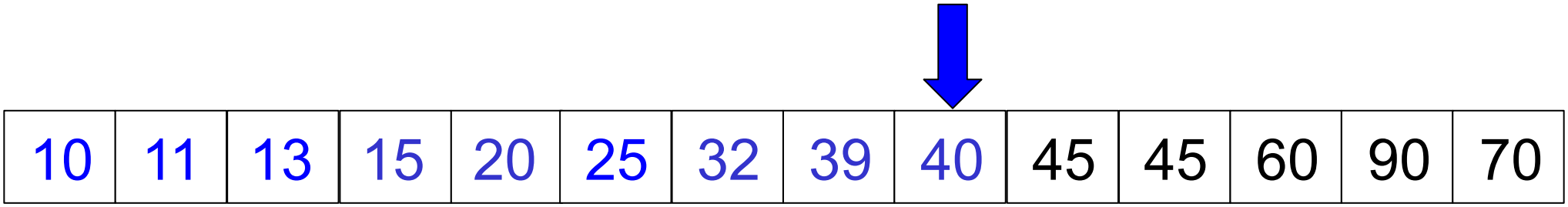
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

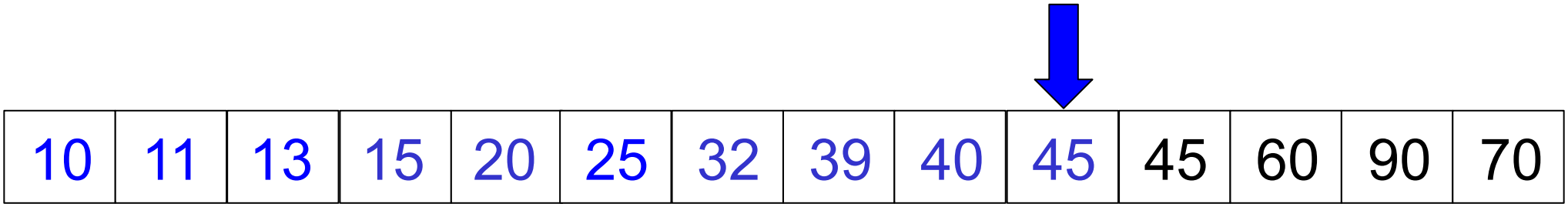
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

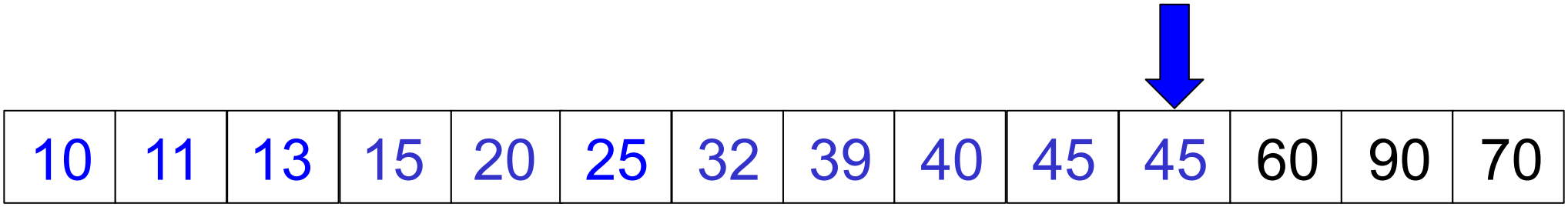
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

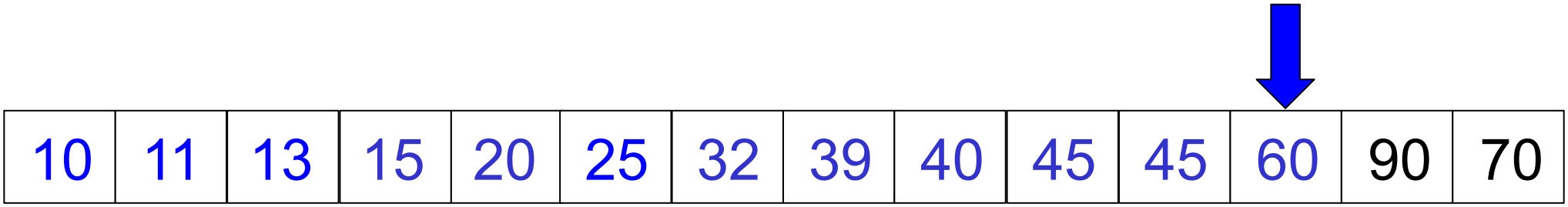
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

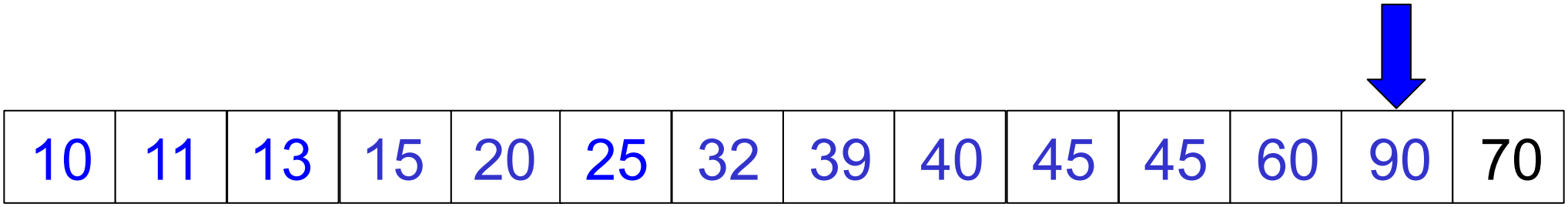
- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1



Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

Exemplo

- Ordene o *array* abaixo com o Shellsort, fazendo h = 4, 2 e 1

10	11	13	15	20	25	32	39	40	45	45	60	70	90

Fazendo h = 1, ou seja, a inserção original

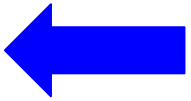
Sequência de Passos

- Segundo Knuth (1973, p. 95), de forma empírica, a sequência 1, 4, 13, 40, 121, ... é difícil de ser batida por mais de 20% em eficiência

$$\begin{cases} h(s) = 3h(s-1) + 1 \\ h(1) = 1 \end{cases}$$

Agenda

- Funcionamento básico
- **Algoritmo em C *like***



- Análise dos número de movimentações e comparações

Algoritmo em C *like*

```
void shellsort() {
	int h = 1;
	do { h = (h * 3) + 1; } while (h < n);
	do {
		h /= 3;
		for(int cor = 0; cor < h; cor++){
			insercaoPorCor(cor, h);
		}
	} while (h != 1);
}
void insercaoPorCor(int cor, int h){
	for (int i = (h + cor); i < n; i+=h) {
		int tmp = array[i];
		int j = i - h;
		while ((j >= 0) && (array[j] > tmp)) {
			array[j + h] = array[j];
			j -= h;
		}
		array[j + h] = tmp;
	}
}
```

```
void insercao(){
	for (int i = 1; i < n; i+= 1) {
		int tmp = array[i];
		int j = i - 1;
		while ((j >= 0) && (array[j] > tmp)) {
			array[j + 1] = array[j];
			j -= 1;
		}
		array[j + 1] = tmp;
	}
}
```

Agenda

- Funcionamento básico
- Algoritmo em C *like*
- **Análise dos número de movimentações e comparações** 

Análise do Número de Comparações

- A razão da eficiência do algoritmo ainda não é conhecida

- Sua análise contém alguns problemas matemáticos difíceis, a começar pela própria sequência de incrementos

- O que se sabe é que cada incremento não deve ser múltiplo do anterior

- Conjecturas para o número de comparações dado a seq. de Knuth:
  - Conjetura 1: $C(n) = \Theta(n^{1,25})$
  - Conjetura 2: $C(n) = \Theta(n(\ln n)^2)$

Conclusão

- Vantagens:
  - Shellsort é uma ótima opção para arquivos de tamanho moderado
  - Sua implementação é simples e requer pouco código
- Desvantagens:
  - Seu tempo de execução é sensível à ordem inicial do arquivo
  - Algoritmo não estável

Exercício

- Mostre todas as comparações e movimentações do algoritmo anterior para o *array* abaixo:

12	4	8	2	14	17	6	18	10	16	15	5	13	9	1	11	7	3