

Documentação e Explicação Simplificada do Código

Solicitação :

Dada uma matriz binária 2D de tamanho MxN preenchida com '0' (zero) e '1' (um), encontre o retângulo de maior área contendo apenas '1' e retorne o valor de sua área.

Exemplo de Entrada de Dados:

Entrada:
[
[<u>'1','0','1','0','0'</u>],
[<u>'1','0','1','1','1'</u>],
[<u>'1','1','1','1','1'</u>],
[<u>'1','0','0','1','0'</u>]
]
Saida : 6

Objetivo do Programa

O programa recebe uma **matriz** (uma tabela de números, como acima descrito) contendo apenas '0' e '1', e calcula a **maior área retangular formada apenas por '1's** dentro dessa matriz.

Como o Programa Funciona?

O programa é dividido em três partes principais:

1. Recebe a entrada do usuário

- O usuário informa o número de linhas e colunas da matriz.
- Depois, insere os valores (apenas 0 e 1) para preencher a matriz.

2. Processa a matriz para encontrar o maior retângulo de '1's

- O programa transforma cada linha da matriz em um **histograma** (um gráfico de barras verticais).

- Em seguida, ele calcula a **maior área possível** desse histograma, ou seja, o maior retângulo formado por '1's.

3. **Exibe o resultado**

- O programa mostra na tela a **maior área retangular** formada apenas por '1's dentro da matriz fornecida.

Explicação Passo a Passo do Funcionamento do Programa

1. O Usuário Insere a Matriz

Primeiro, o programa pede ao usuário que informe:

- O número de **linhas** (quantidade de conjuntos horizontais de números).
- O número de **colunas** (quantidade de números em cada linha).

Depois, o usuário digita os valores (0 ou 1) para preencher cada elemento da matriz.



Exemplo de entrada (valores referente ao exemplo):

Solicitação ao usuário dos dados:

Digite o número de linhas (iLines): **4**
Digite o número de colunas (iColumns): **5**
Digite os elementos da matriz (somente '0' ou '1'):

Elemento [0][0] (0 ou 1): **1**
Elemento [0][1] (0 ou 1): **0**
Elemento [0][2] (0 ou 1): **1**
Elemento [0][3] (0 ou 1): **1**
Elemento [0][4] (0 ou 1): **1**

Elemento [1][0] (0 ou 1): **1**
Elemento [1][1] (0 ou 1): **1**
Elemento [1][2] (0 ou 1): **1**
Elemento [1][3] (0 ou 1): **1**
Elemento [1][4] (0 ou 1): **1**

Elemento [2][0] (0 ou 1): **0**
Elemento [2][1] (0 ou 1): **1**
Elemento [2][2] (0 ou 1): **1**
Elemento [2][3] (0 ou 1): **1**
Elemento [2][4] (0 ou 1): **0**

Elemento [3][0] (0 ou 1): **1**
Elemento [3][1] (0 ou 1): **1**
Elemento [3][2] (0 ou 1): **1**
Elemento [3][3] (0 ou 1): **0**
Elemento [3][4] (0 ou 1): **0**

O programa então iniciará o calculo com os dados informados da matrix.

2. Transformação em Histograma

Cada linha da matriz é convertida em um **histograma**.



Como funciona?

- Se um número for 1, **aumentamos** a altura da barra correspondente.
- Se for 0, **zeramos** a altura da barra.

Cálculo dos Histogramas por Linha:

Linha 1

Base Inicial do histograma	0	0	0	0	0	
Linha 1	1	0	1	0	0	
Histograma da Linha 1	1	0	1	0	0	Alturas - histograma da Linha 1

Linha 2

A partir da linha 2 a base do Histograma é a linha anterior.

Histograma da Linha 1	1	0	1	0	0	
Linha 2	1	0	1	1	1	
Histograma da Linha 2	2	0	2	1	1	Alturas - histograma da Linha 2

Linha 3

Histograma da Linha 2	2	0	2	1	1	
Linha 3	1	1	1	1	1	
Histograma da Linha 3	3	1	3	2	2	Alturas - histograma da Linha 3

Linha 4

Histograma da Linha 3	3	1	3	2	2	
Linha 4	1	0	0	1	0	
Histograma da Linha 4	4	0	0	3	0	Alturas - histograma da Linha 4

Agora, o programa pode calcular a maior área possível dentro dessas linhas de histograma.

3. Cálculo da Maior Área

O programa usa um método para encontrar o maior **retângulo de 1s** dentro do histograma.

Ele percorre os números e tenta formar a maior área retangular possível.

Histograma da Linha 1	1	0	1	0	0
Histograma da Linha 2	2	0	2	1	1
Histograma da Linha 3	3	1	3	2	2
Histograma da Linha 4	4	0	0	3	0

Regra de Cálculo Passo a Passo

Regras Básicas

- **Altura:** A altura é o valor da barra no histograma.
- **Pilha :** Imaginar como uma pilha de pratos ou algo encadeado (índices da barra do histograma)
- **índice :** Sequencia de numeros iniciados em 0, 1, 2.... N (onde n é quantidade de numeros - 1).
- **Largura:** A largura é determinada pelo índice atual e o novo topo da pilha (ou pilha vazia).

Passo 1: Identificar a Altura das Barras

Calculado o Histograma temos as Alturas, então no exemplo temos:

Índice ou Sequencia	0	1	2	3	4
Altura da Linha 1	1	0	1	0	0
Altura da Linha 2	2	0	2	1	1
Altura da Linha 3	3	1	3	2	2
Altura da Linha 4	4	0	0	3	0

a) Cálculo da Área Máxima da Linha 1

Índice ou Sequencia	0	1	2	3	4
Altura da Linha 1 / Barra	1	0	1	0	0

Iteração Passo a Passo com Tabela e Explicação

Tabela de Iterações

Atual	Ação	Pilha	Área
-------	------	-------	------

Passo	Índice	Altura			Maxima Atual
1	0	1	Índice 0 → Altura 1 <ul style="list-style-type: none"> A pilha está vazia, então adicionamos o índice 0 à pilha. Pilha agora: [0] 	[0]	0
2	1	0	Índice 1 → Altura 0 <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 0, altura 1) tem altura maior que o índice da pilha (0), então precisamos remover o topo da pilha e calcular a área: $P[]$ Altura = 1 (altura da barra removida) Largura = 1 (quando a pilha esta zerada, a largura é o índice atual). Calculo da Area = $1 \times 1 = 1$ Atualizamos a Area maxima Atual para o maior valor entre a área calculada (1) e o valor atual de (0). Agora a pilha está vazia, então adicionamos o índice 1 à pilha. Pilha agora: [1]. 	[1]	1
3	2	1	Índice 2 → Altura 1 <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 1 tem altura 0), não sendo menor que o topo, então adicionamos o índice 2 à pilha. Pilha agora: [1, 2]. 	[1,2]	1
4	3	0	Índice 3 → Altura 0 <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 2 tem altura 1) e é maior que a altura atual, então removemos o topo da pilha (índice 2, altura 1) e calculamos a área: $P[1]$. Altura = 1 (altura da barra removida). Largura = $1 = 3 - 1 - 1$ (índice atual – índice do top da pilha - 1). Área = $1 \times 1 = 1$. A área calculada (1) não é maior que o valor atual da area anterior, não devemos mudar. 		

			<ul style="list-style-type: none"> Agora adicionamos o índice 3 à pilha. Pilha agora: [1, 3] 	[1,3]	1
5	4	0	<p>Índice 4 → Altura 0</p> <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 3, altura 0) tem altura igual a 0, então adicionamos o índice 4 à pilha. Pilha agora: [1, 3, 4] 	[1,3, 4]	1
6	5	0	<p>Agora que percorremos todos os índices do histograma, adicionamos um índice fictício 5 com altura 0 para garantir que todos os elementos restantes da pilha sejam processados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ Remover índice 4 → Altura 0 da pilha <ul style="list-style-type: none"> Pilha agora: [1, 3] Largura = $5 - 3 - 1 = 1$ (índice atual – índice do top da pilha - 1). Área = $0 \times 1 = 0$ ◇ Remover índice 3 → Altura 0 <ul style="list-style-type: none"> Pilha agora: [1] Largura = $5 - 1 - 1 = 2$ (vai do (índice atual – índice do top da pilha - 1). Área = $0 \times 2 = 0$ ◇ Remover índice 1 → Altura 0 <ul style="list-style-type: none"> Pilha agora: [] Largura = 5 (quando a pilha esta vazia – índice). Área = $0 \times 5 = 0$ 		1

b) Cálculo da Área Máxima da Linha 1

Índice ou Sequencia	0	1	2	3	4
Altura da Linha 1 / Barra	2	0	2	1	1

Iteração Passo a Passo com Tabela e Explicação

Tabela de Iterações:

Atual			Ação	Pilha	Área
Passo	Índice	Altura			Máxima Atual
1	0	2	<p>Índice 0 → Altura 1</p> <ul style="list-style-type: none"> A pilha está vazia, então adicionamos o índice 0 à pilha. 		

			<ul style="list-style-type: none"> Pilha agora: [0] 	[0]	0
2	1	0	<p>Índice 1 → Altura 0</p> <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 0, altura 2) tem altura maior que o índice da pilha (0), então precisamos remover o topo da pilha e calcular a área: P[] Altura = 2 (altura da barra removida) Largura = 1 (quando a pilha esta zerada, a largura é o índice atual). Calculo da Area = $2 \times 1 = 2$ Atualizamos a Area maxima Atual para o maior valor entre a área calculada (2) e o valor atual de (0). Agora a pilha está vazia, então adicionamos o índice 1 à pilha. Pilha agora: [1]. 	[1]	2
3	2	2	<p>Índice 2 → Altura 2</p> <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 1 tem altura 0), não sendo menor que a altura atual, então adicionamos o índice 2 à pilha. Pilha agora: [1, 2]. 	[1,2]	2
4	3	1	<p>Índice 3 → Altura 1</p> <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 2 tem altura 2) e é maior que a altura atual, então removemos o topo da pilha (índice 2, altura 2) e calculamos a área: P[1]. Altura = 2 (altura da barra removida). Largura = $1 = 3 - 1 - 1$ (índice atual – índice do top da pilha - 1). Área = $2 \times 1 = 1$. A área calculada (2) não é maior que o valor atual da area anterior, não devemos mudar. Agora adicionamos o índice 3 à pilha. Pilha agora: [1, 3]. 	[1,3]	2
5	4	1	<p>Índice 4 → Altura 1</p> <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 3, altura 1) tem altura igual a atual 1, então adicionamos o índice 4 à pilha. Pilha agora: [1, 3, 4] 	[1,3, 4]	2

6	5	0	<p>Agora que percorremos todos os índices do histograma, adicionamos um índice fictício 5 com altura 0 para garantir que todos os elementos restantes da pilha sejam processados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ Remover índice 4 → Altura 1 da pilha <ul style="list-style-type: none"> • Pilha agora: [1, 3] • Largura = $5 - 3 - 1 = 1$ (índice atual – índice do top da pilha - 1). • Área = $1 \times 1 = 1$ ◇ Remover índice 3 → Altura 1 <ul style="list-style-type: none"> • Pilha agora: [1] • Largura = $5 - 1 - 1 = 3$ (vai do (índice atual – índice do top da pilha - 1). • Área = $1 \times 3 = 3$ ◇ Remover índice 1 → Altura 0 <ul style="list-style-type: none"> • Pilha agora: [] • Largura = 5 (quando a pilha esta vazia – índice). • Área = $0 \times 5 = 0$ 		3
---	---	---	---	--	---

c) Calculo da Area Maxima da Linha 3

Índice ou Sequencia	0	1	2	3	4
Altura da Linha 3 / Barra	3	1	3	2	2

guarda índices das barras em ordem crescente de altura

Iteração Passo a Passo com Tabela e Explicação

Tabela de Iterações:

Atual			Ação	Pilha	Area
Passo	Índice	Altura			Maxima Atual
1	0	3	<p>Índice 0 → Altura 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • A pilha está vazia, então adicionamos o índice 0 à pilha. • Pilha agora: [0] 	[0]	0
2	1	1	<p>Índice 1 → Altura 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • O topo da pilha (índice 0, altura q) tem altura maior que o indice da pilha (0), então precisamos 		

			<p>remover o topo da pilha e calcular a área:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $P[]$ • $\text{Altura} = 1$ (altura da barra removida) • $\text{Largura} = 1$ (quando a pilha esta zerada, a largura é o índice atual). • $\text{Calculo da Area} = 1 \times 1 = 1$ • Atualizamos a Area maxima Atual para o maior valor entre a área calculada (1) e o valor atual de (0). • Agora a pilha está vazia, então adicionamos o índice 1 à pilha. • Pilha agora: [1]. 	[1]	1
3	2	3	<p>Índice 2 → Altura 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • O topo da pilha (índice 1 tem altura 1), não sendo maior que a altura atual, então adicionamos o índice 2 à pilha. • Pilha agora: [1, 2]. 	[1,2]	1
4	3	2	<p>Índice 3 → Altura 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • O topo da pilha (índice 2 tem altura 3) e é maior que a altura atual, então removemos o topo da pilha (índice 2, altura 3) e calculamos a área: • $P[1]$. • $\text{Altura} = 3$ (altura da barra removida). • $\text{Largura} = 1 = 3 - 1 - 1$ (índice atual – índice do top da pilha - 1). • $\text{Área} = 3 \times 1 = 3$. • A área calculada (3) é maior que o valor atual da area anterior, atualizar. • Agora adicionamos o índice 3 à pilha. • Pilha agora: [1, 3]. 	[1,3]	3
5	4	2	<p>Índice 4 → Altura 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • O topo da pilha (índice 3, altura 2) tem altura igual a atual 2, então adicionamos o índice 4 à pilha. • Pilha agora: [1, 3, 4] 	[1,3, 4]	3
6	5	0	Agora que percorremos todos os índices do histograma, adicionamos um índice fictício 5 com altura 0 para garantir que todos os elementos restantes da pilha sejam processados.		

			<ul style="list-style-type: none"> ◇ Remover índice 4 → Altura 2 da pilha <ul style="list-style-type: none"> • Pilha agora: [1, 3] • Largura = $5 - 3 - 1 = 1$ (índice atual – índice do top da pilha - 1). • Área = $2 \times 1 = 1$ ◇ Remover índice 3 → Altura 2 <ul style="list-style-type: none"> • Pilha agora: [1] • Largura = $5 - 1 - 1 = 3$ (vai do (índice atual – índice do top da pilha - 1). • Área = $2 \times 3 = 6$ (Maior que atual, atualizar). ◇ Remover índice 1 → Altura 0 <ul style="list-style-type: none"> • Pilha agora: [] • Largura = 5 (quando a pilha esta vazia – índice). • Área = $0 \times 5 = 0$ 		6
--	--	--	---	--	---

d) Calculo da Area Maxima da Linha 4

Índice ou Sequencia	0	1	2	3	4
Altura da Linha 4 / Barra	4	0	0	3	0

Atual			Ação	Pilha	Area
Passo	Índice	Altura			Maxima Atual
1	0	4	Índice 0 → Altura 4 <ul style="list-style-type: none"> • A pilha está vazia, então adicionamos o índice 0 à pilha. • Pilha agora: [0] 	[0]	0
2	1	0	Índice 1 → Altura 0 <ul style="list-style-type: none"> • O topo da pilha (índice 0, altura 4) tem altura maior que o índice da pilha (0), então precisamos remover o topo da pilha e calcular a área: • P[] • Altura = 4 (altura da barra removida) • Largura = 1 (quando a pilha esta zerada, a largura é o índice atual). • Calculo da Area = $4 \times 1 = 4$ 		

			<ul style="list-style-type: none"> Atualizamos a Area maxima Atual para o maior valor entre a área calculada (4) e o valor atual de (0). Agora a pilha está vazia, então adicionamos o índice 1 à pilha. Pilha agora: [1]. 	[1]	4
3	2	0	<p>Índice 2 → Altura 0</p> <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 1 tem altura 0), não sendo maior que a altura atual, então adicionamos o índice 2 à pilha. Pilha agora: [1, 2]. 	[1,2]	4
4	3	3	<p>Índice 3 → Altura 3</p> <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 2) tem altura 0 não sendo maior que a altura atual, então adicionamos o índice 3 à pilha. Pilha agora: [1, 2,3]. 	[1,2,3]	4
5	4	0	<p>Índice 4 → Altura 0</p> <ul style="list-style-type: none"> O topo da pilha (índice 3, altura 3) tem altura maior que a atual (0), então precisamos remover o topo da pilha e calcular a área: P[1,2] Altura = 3 (altura da barra removida) Largura = $4 - 2 - 1 = 1$. Calculo da Area = $3 \times 1 = 3$ Não atualizamos o valor porque é igual. Pilha agora: [1,2]. 	[1,2]	4
6	5	0	<p>Agora que percorremos todos os índices do histograma, adicionamos um índice fictício 5 com altura 0 para garantir que todos os elementos restantes da pilha sejam processados.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◇ Remover índice 2 → Altura 0 da pilha <ul style="list-style-type: none"> Pilha agora: [1] Largura = $5 - 1 - 1 = 3$ (índice atual – índice do top da pilha - 1). Área = $1 \times 3 = 3$ ◇ Remover índice 1 → Altura 0 <ul style="list-style-type: none"> Pilha agora: [] Largura = 5 (quando a pilha esta vazia – índice). Área = $0 \times 5 = 0$ Área = $5 \times 0 = 0$ 		

			• Pilha agora: []		4
--	--	--	-------------------	--	---



No nosso exemplo, o maior retângulo possível tem área **6**.

Valores de Histograma das Linhas abaixo						
Altura da Linha 1	1	0	1	0	0	1
Altura da Linha 2	2	0	2	1	1	3
Altura da Linha 3	3	1	3	2	2	6
Altura da Linha 4	4	0	0	3	0	4

Código Explicado

Agora, explicamos os trechos mais importantes do código.

1. Função `largestRectangleInHistogram`

- **Função que calcula a maior área dentro de um histograma.**

`int largestRectangleInHistogram(int *pHeights, int iColumns)`

- Recebe um **histograma** e calcula a maior área retangular possível.
- Usa um método com uma **pilha** (estrutura que guarda valores temporários).
- **Retorna o valor da maior área encontrada.**

2. Função `maximalRectangle`

- **Função que converte a matriz em histogramas e usa a função anterior.**

`int maximalRectangle(char **matrix, int iLines, int iColumns)`

- Percorre **cada linha** da matriz.
- Cria o **histograma** baseado nos números 1 e 0.
- Chama `largestRectangleInHistogram` para calcular a maior área.

3. Função `main`

- **Função principal do programa, onde tudo inicia.**

`int main()`

- Pergunta ao usuário **quantas linhas e colunas** terá a matriz.

- Aloca espaço na memória para armazenar a matriz.
 - Solicita os valores 0 e 1 ao usuário.
 - Chama a função `maximalRectangle` para calcular o resultado.
 - Exibe na tela a maior área encontrada.
 - Libera a memória alocada para evitar desperdício de espaço.
-

Exemplo Completo de Execução

✓ Entrada do usuário:

Digite o número de linhas (iLines): 4

Digite o número de colunas (iColumns): 5

Digite os elementos da matriz (somente '0' ou '1'):

Elemento [0][0] (0 ou 1): 1

Elemento [0][1] (0 ou 1): 0

Elemento [0][2] (0 ou 1): 1

Elemento [0][3] (0 ou 1): 1

Elemento [0][4] (0 ou 1): 1

Elemento [1][0] (0 ou 1): 1

Elemento [1][1] (0 ou 1): 1

Elemento [1][2] (0 ou 1): 1

Elemento [1][3] (0 ou 1): 1

Elemento [1][4] (0 ou 1): 1

Elemento [2][0] (0 ou 1): 0

Elemento [2][1] (0 ou 1): 1

Elemento [2][2] (0 ou 1): 1

Elemento [2][3] (0 ou 1): 1

Elemento [2][4] (0 ou 1): 0

Elemento [3][0] (0 ou 1): 1

Elemento [3][1] (0 ou 1): 1

Elemento [3][2] (0 ou 1): 1

Elemento [3][3] (0 ou 1): 0

Elemento [3][4] (0 ou 1): 0

✓ **Saída esperada:**

Área da linha 0: 3

Área da linha 1: 5

Área da linha 2: 6

Área da linha 3: 6

A maior área do retângulo entre os valores fornecidos é: 6

✓ **O programa encontrou que a maior área formada por '1's é 6!**