

# RASTREAMENTO COM MARCADORES

---

---

Veronica Teichrieb – vt@cin.ufpe.br  
Rafael Roberto – rar3@cin.ufpe.br

# O Que é um Marcador?

---

- Elemento externo à cena

# O Que é um Marcador?

---

- Elemento externo à cena
- Características marcantes

# O Que é um Marcador?

---

- Elemento externo à cena
- Características marcantes
- Parâmetros conhecidos

# O Que é um Marcador?

---



# Marcador x Padrão

---

Característica	Marcador	Padrão
Parâmetros conhecidos	Sim	Sim
Características marcantes	Sim	Não precisa
Elemento externo à cena	Sim	Não

# Marcador x Padrão



## DAS NEUE MINI CABRIO. IMMER OFFEN.

**1. KAMERA-REKORDER**  
Standard-Standardausstattung  
Standard-Standardausstattung  
Standard-Standardausstattung  
Standard-Standardausstattung  
Standard-Standardausstattung

**2. KAMERA-REKORDER**  
Standard-Standardausstattung  
Standard-Standardausstattung  
Standard-Standardausstattung  
Standard-Standardausstattung  
Standard-Standardausstattung

### WELTPREMIERE!

Die erste offizielle Vorstellung des neuen MINI Cabrio findet dieses Jahr in einem ganz besonderen Ort statt.  
**Strecke in Berlin-Hansdorf!**

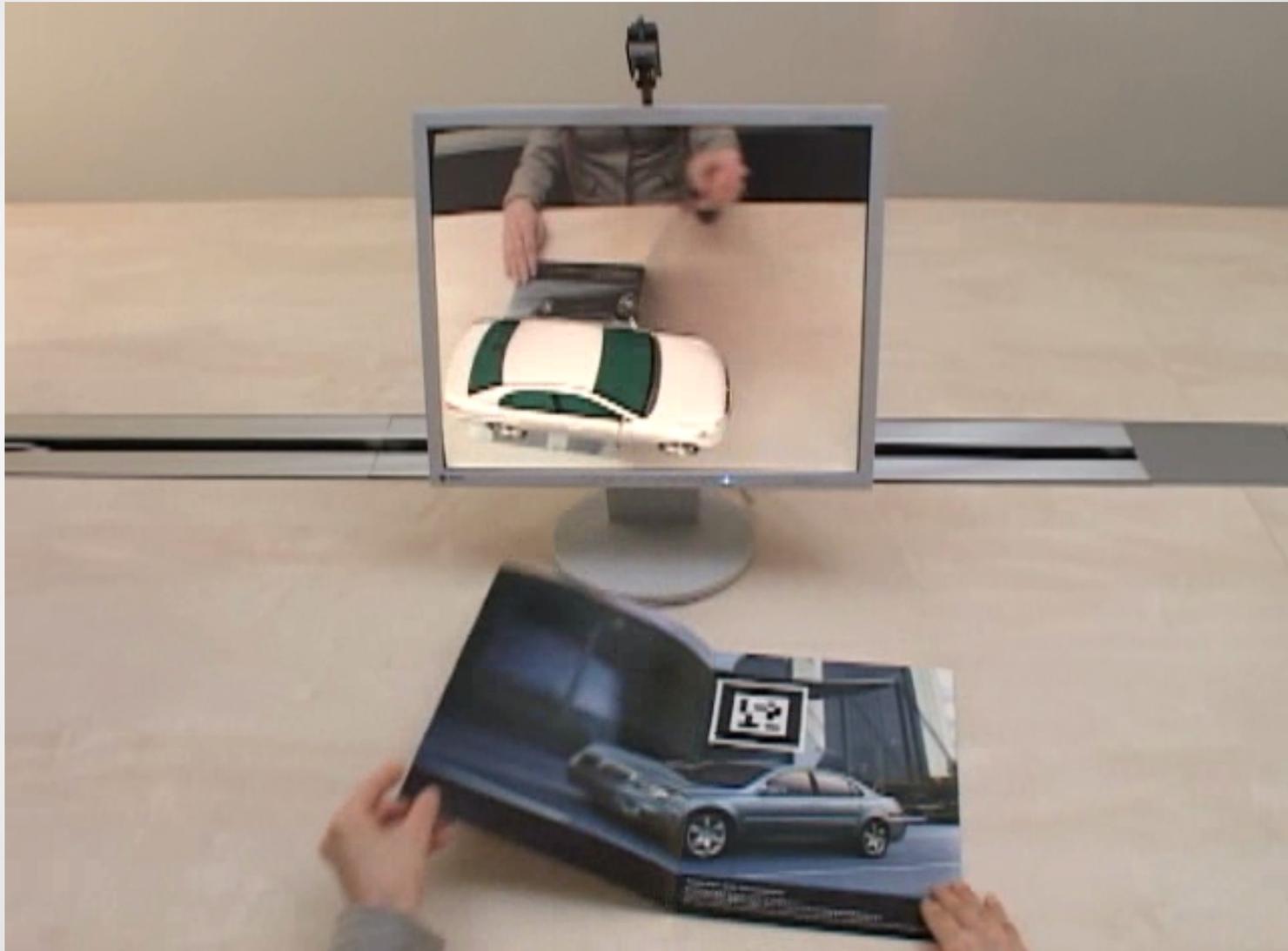
Strecke der unternehmerten Anordnung folgen und schon erscheint das neue MINI Cabrio Welt vor Ihren Augen, live und in 3D.

1. Bitte Installation des 3D-Plug-ins installieren
2. Haben Sie nun die 3D-Anzeige oder den PDF-Druck in der Handlung  
\* PDF-Druck in der Handlung
3. Standard-Erleben Sie das neue MINI Cabrio aus verschiedenen Perspektiven.

PC-Computer ist für 3D-View als Systemanforderungen  
\* 3D-View-Anforderungen

# Marcador x Padrão

---

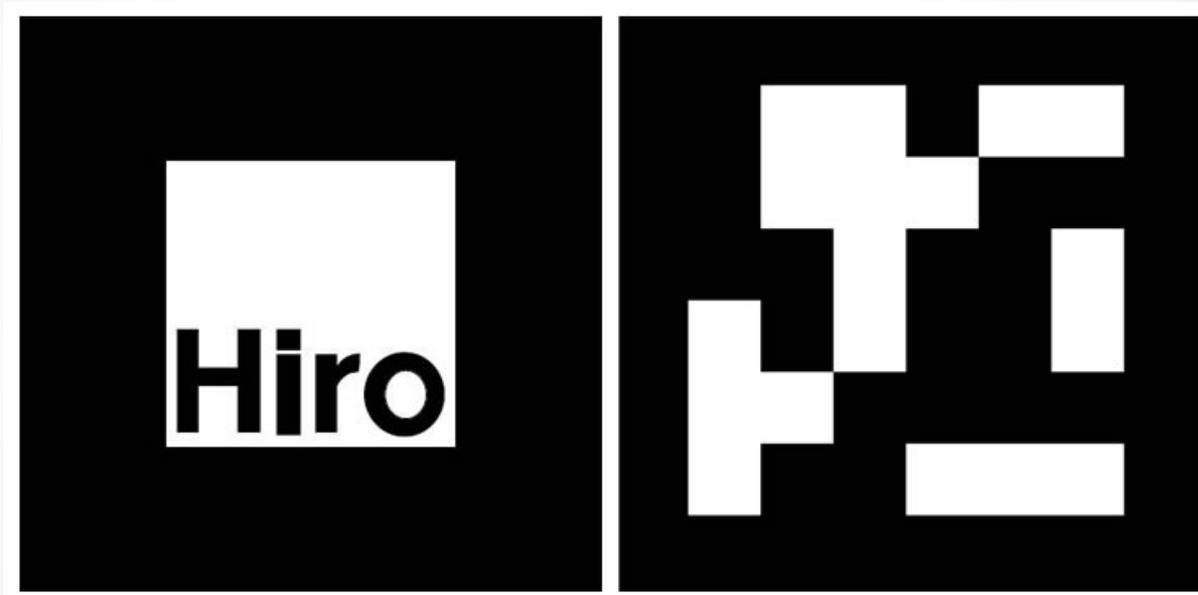


# Marcador x Padrão



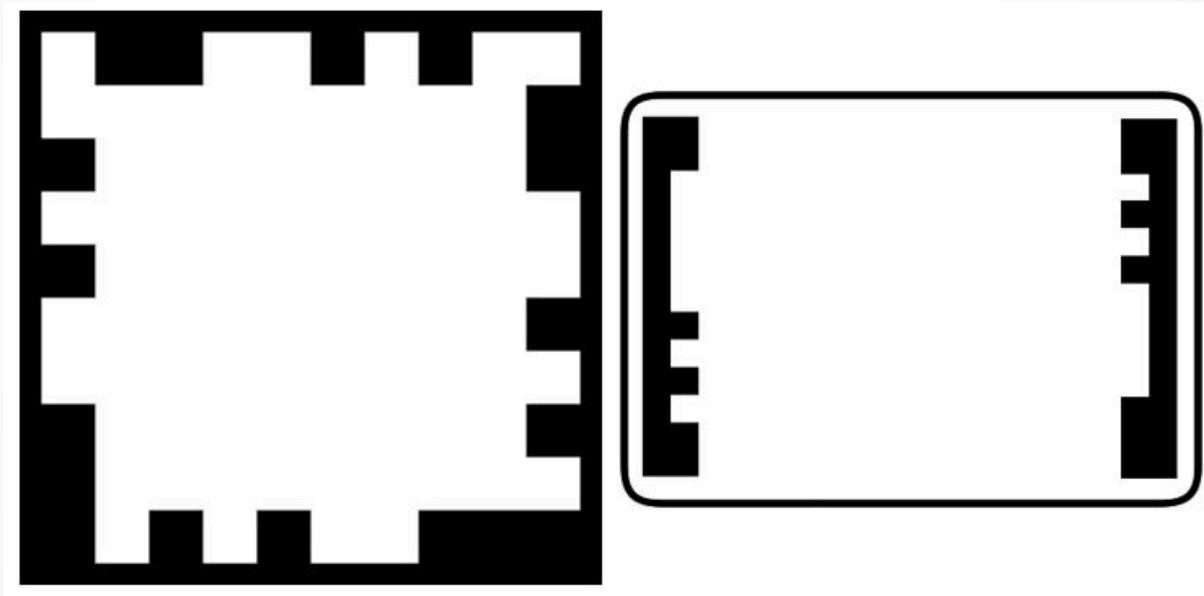
# Evolução de Marcadores

---



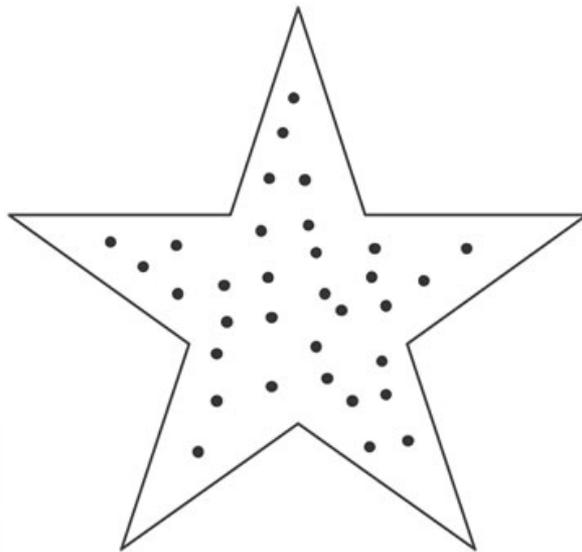
# Evolução de Marcadores

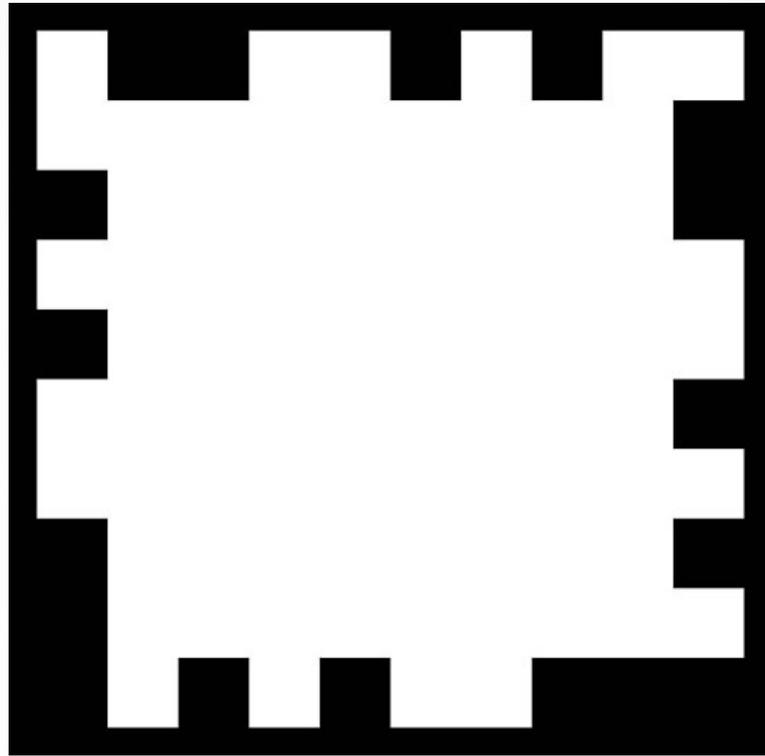
---



# Evolução de Marcadores

---

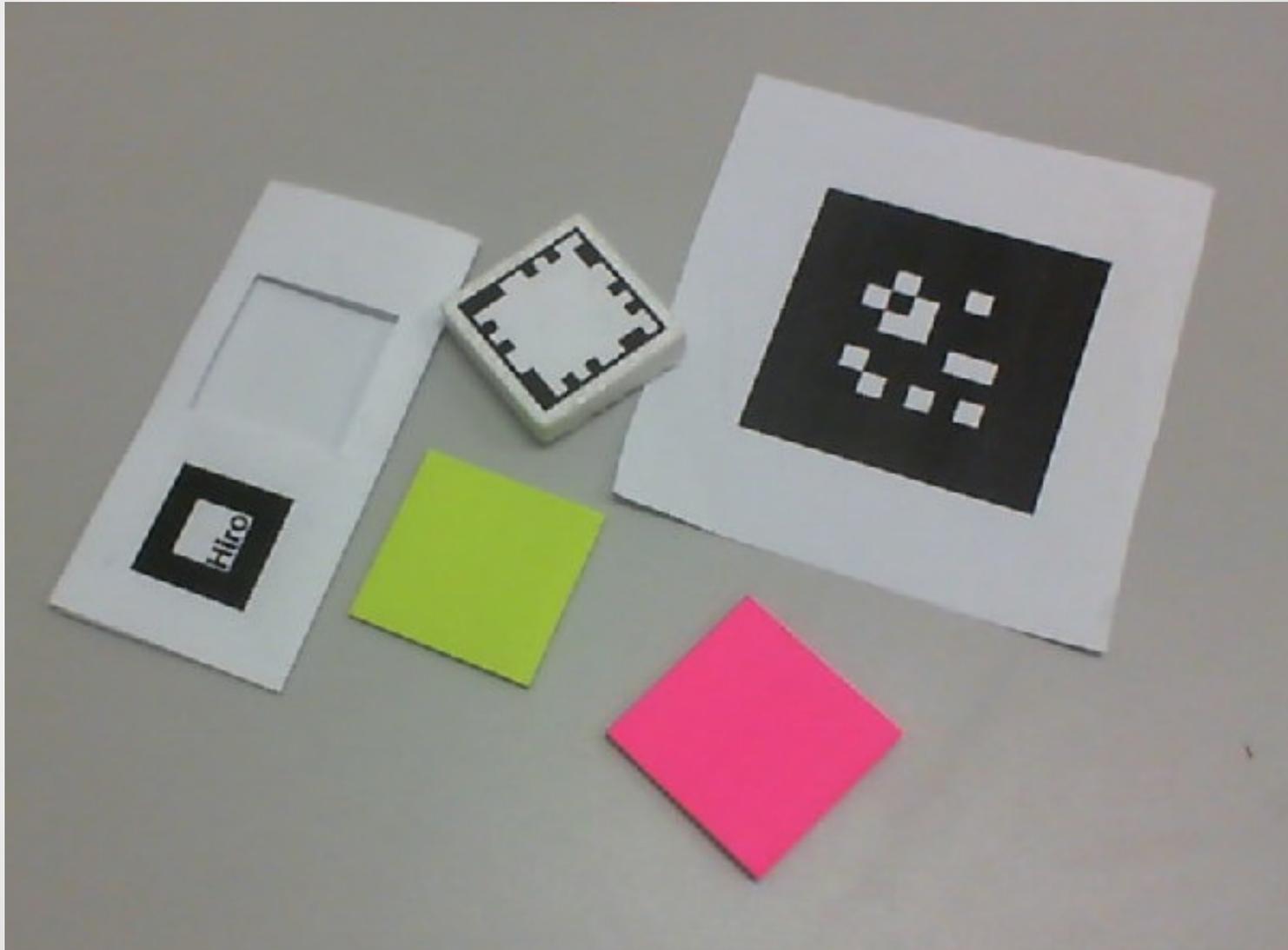




# **Rastreamento de Marcadores**

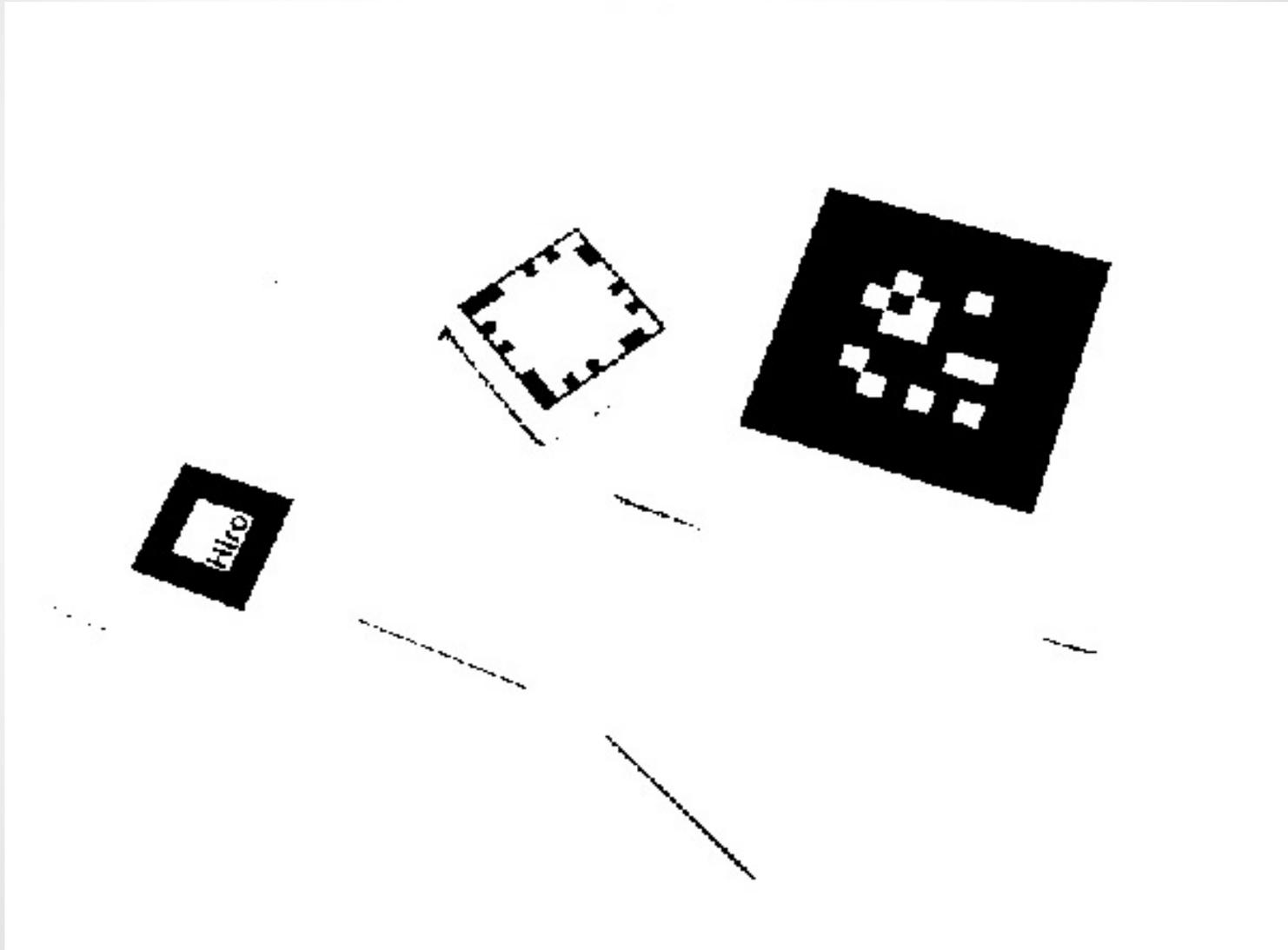
# I. Aquisição da Imagem

---



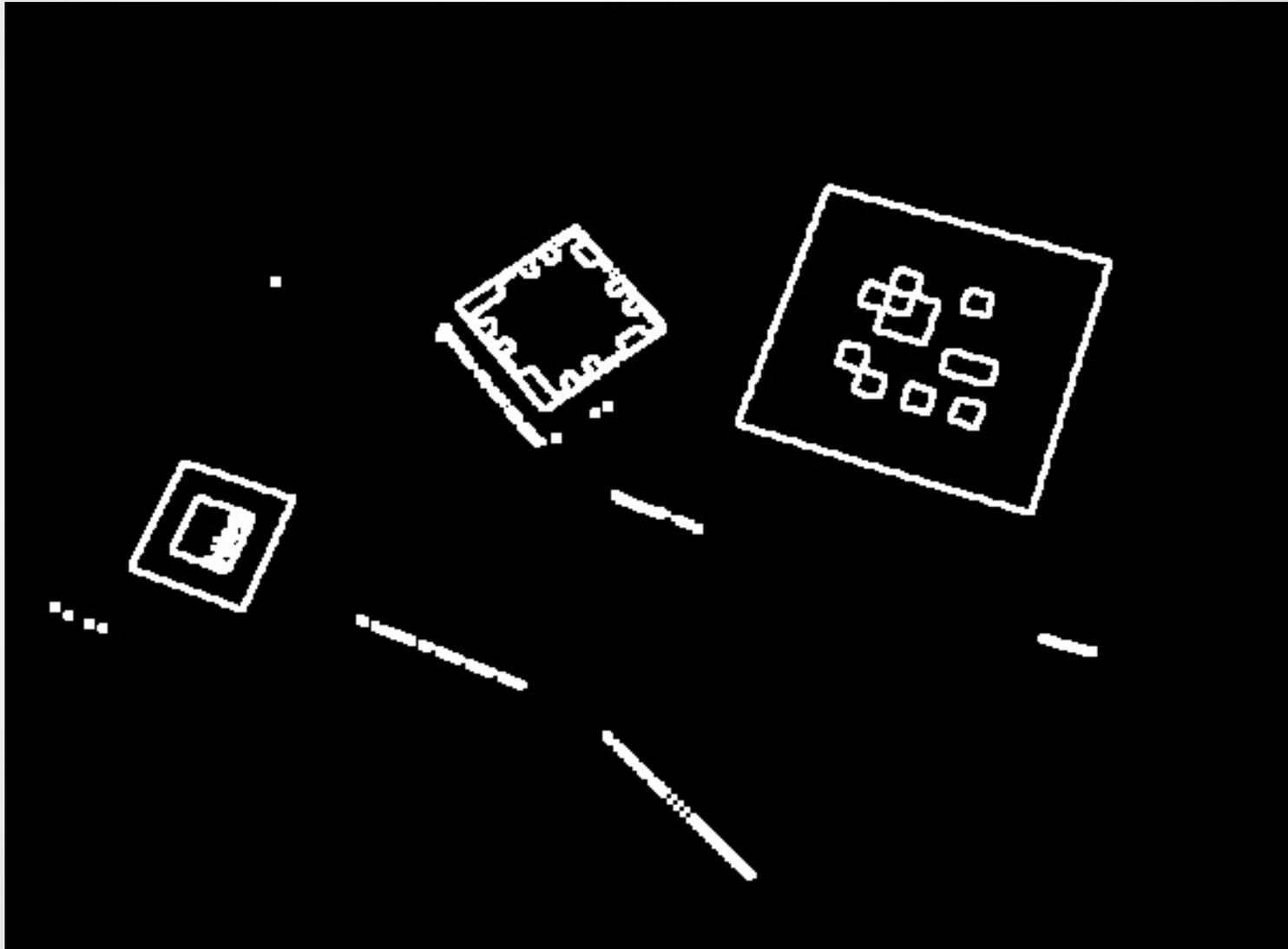
## 2. Binarização

---



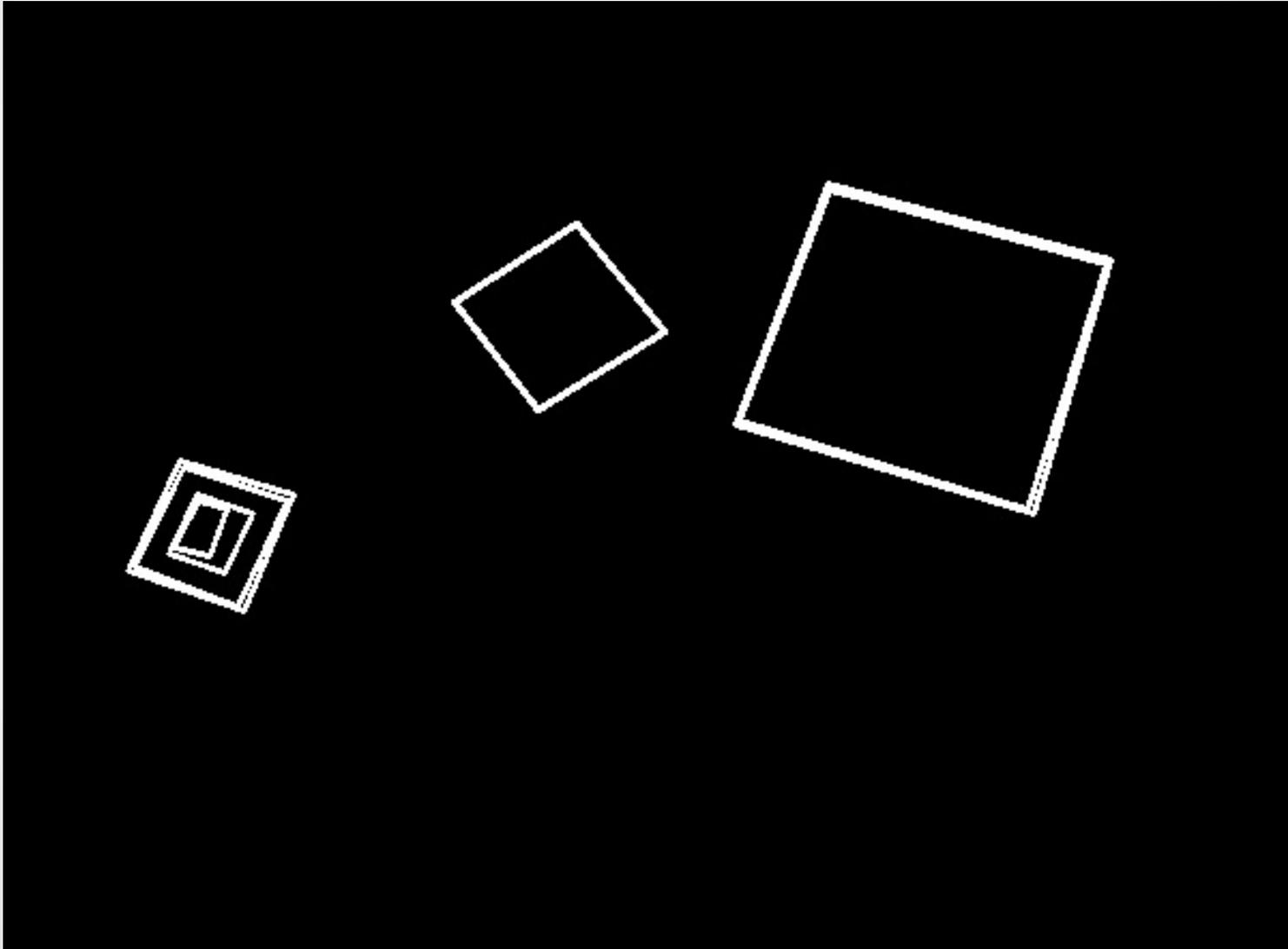
### 3. Extração de Contornos

---



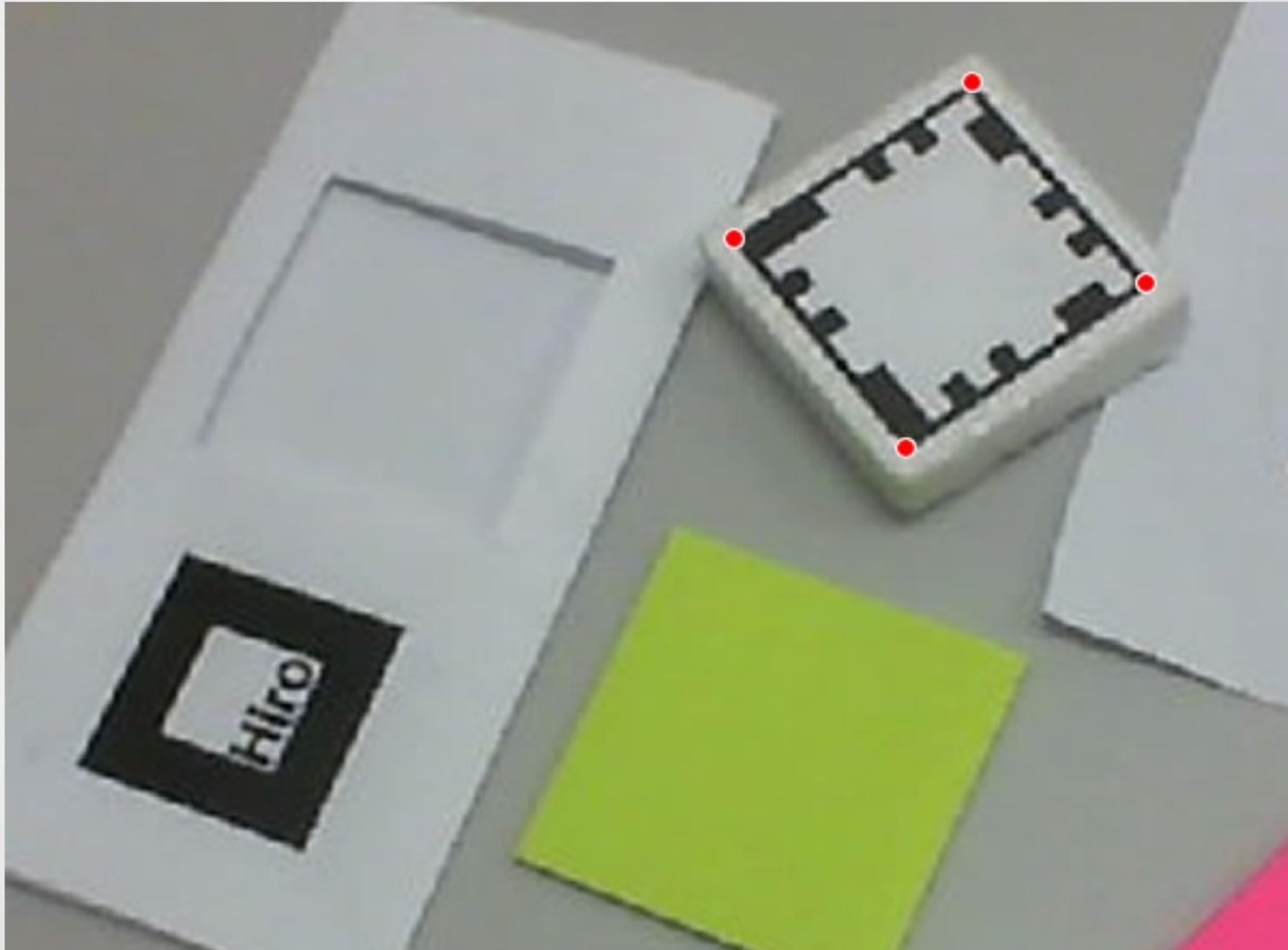
## 4. Extração de Quadrados

---



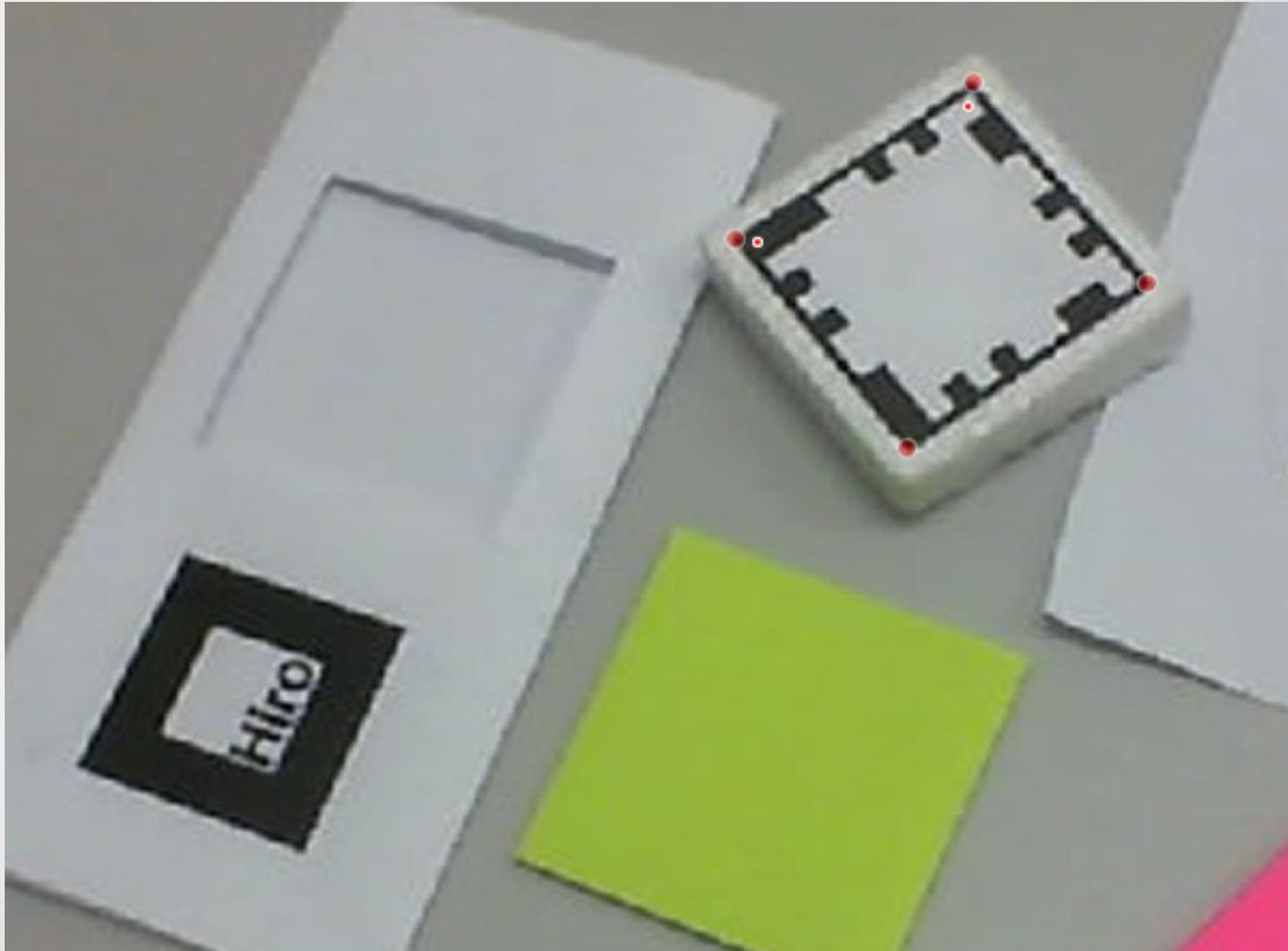
## 5. Identificação dos Quadrados

---



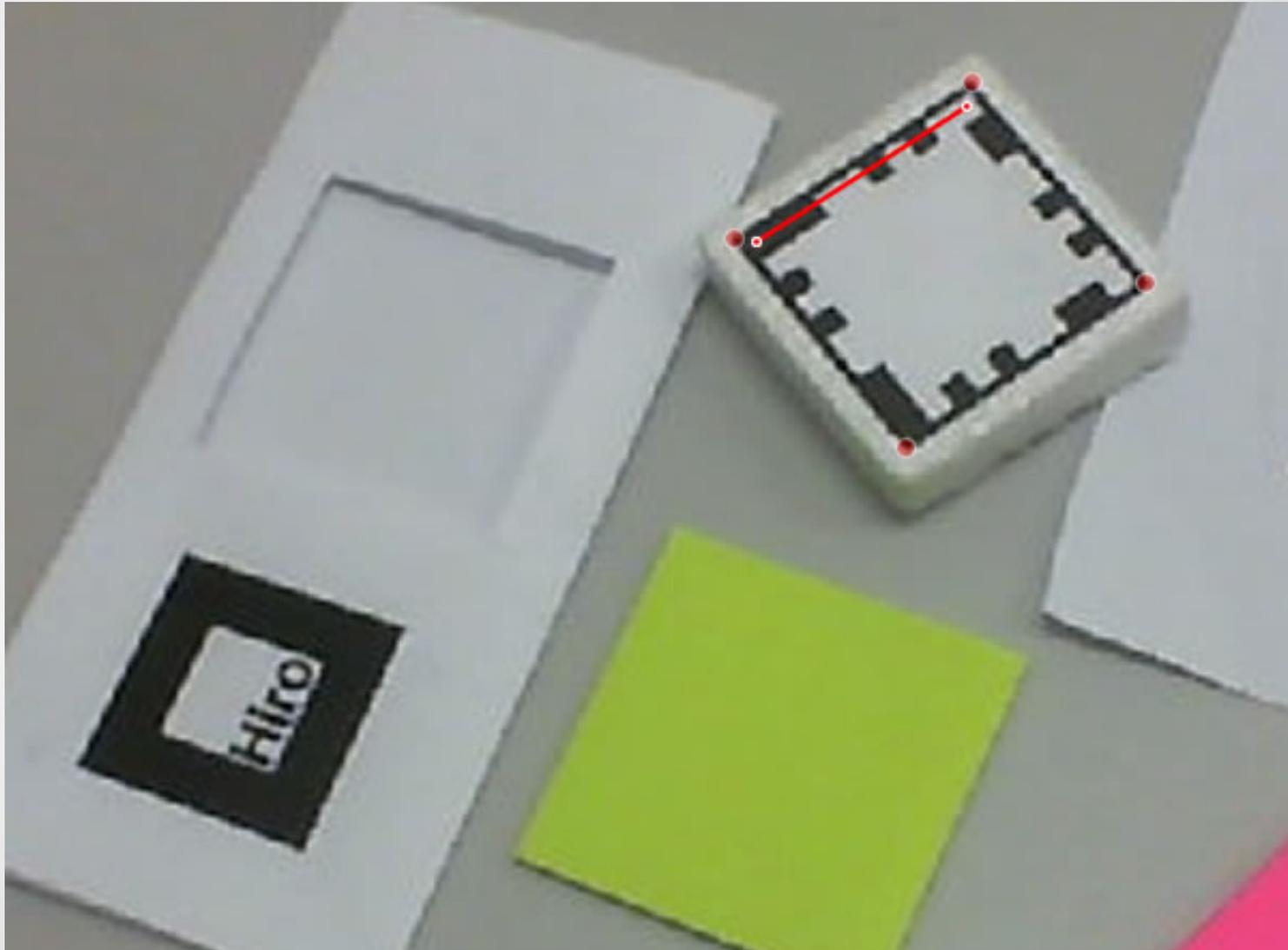
# 5. Identificação dos Quadrados

---



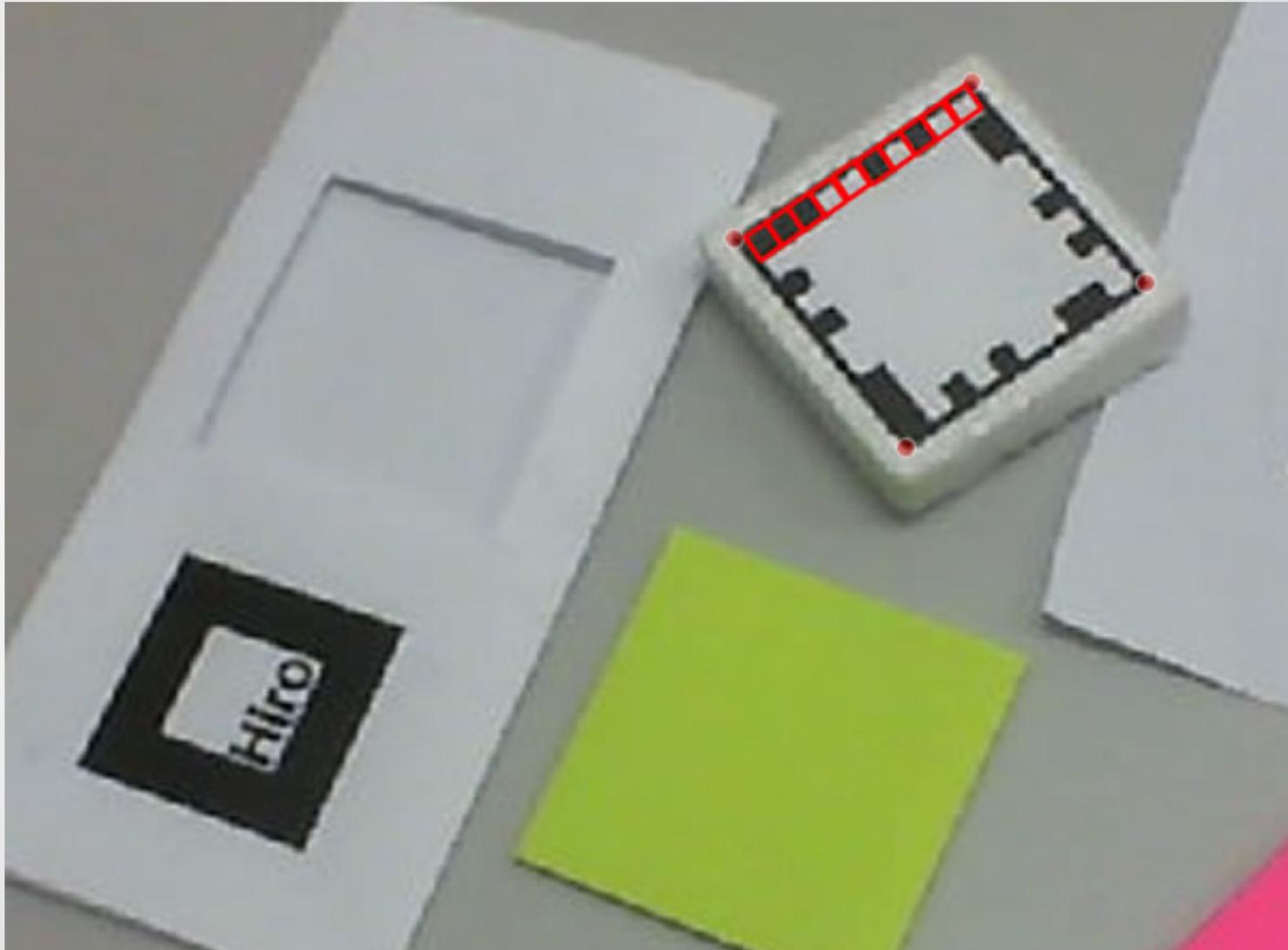
# 5. Identificação dos Quadrados

---



## 5. Identificação dos Quadrados

---



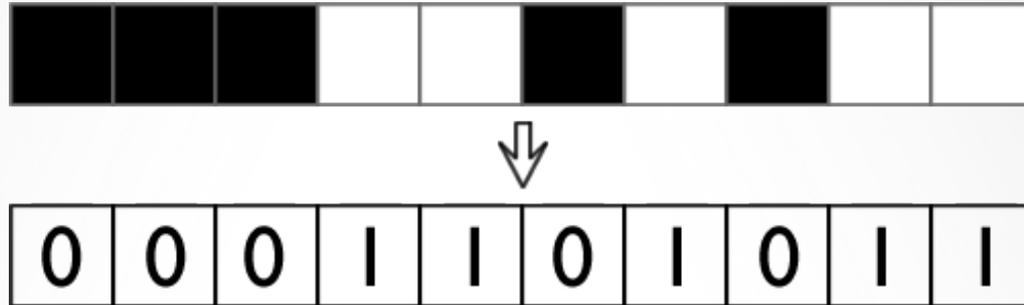
# 5. Identificação dos Quadrados

---



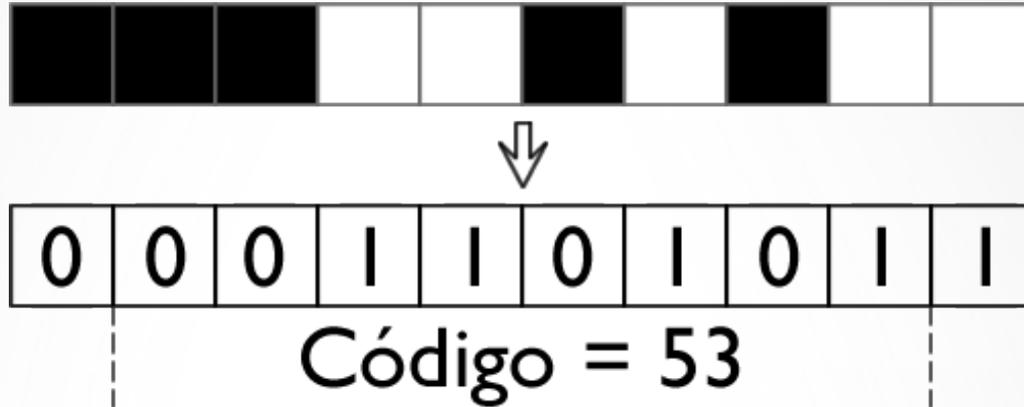
## 5. Identificação dos Quadrados

---



## 5. Identificação dos Quadrados

---



## 5. Identificação dos Quadrados

---



Código = 53

01 = Face Esquerda

## 5. Identificação dos Quadrados

---



Código = 53

01 = Face Esquerda



Código = 53

11 = Face Superior

# 5. Identificação dos Quadrados

---

- Códigos inválidos
  - 0000000000
  - 1111111111
  - 0000011111

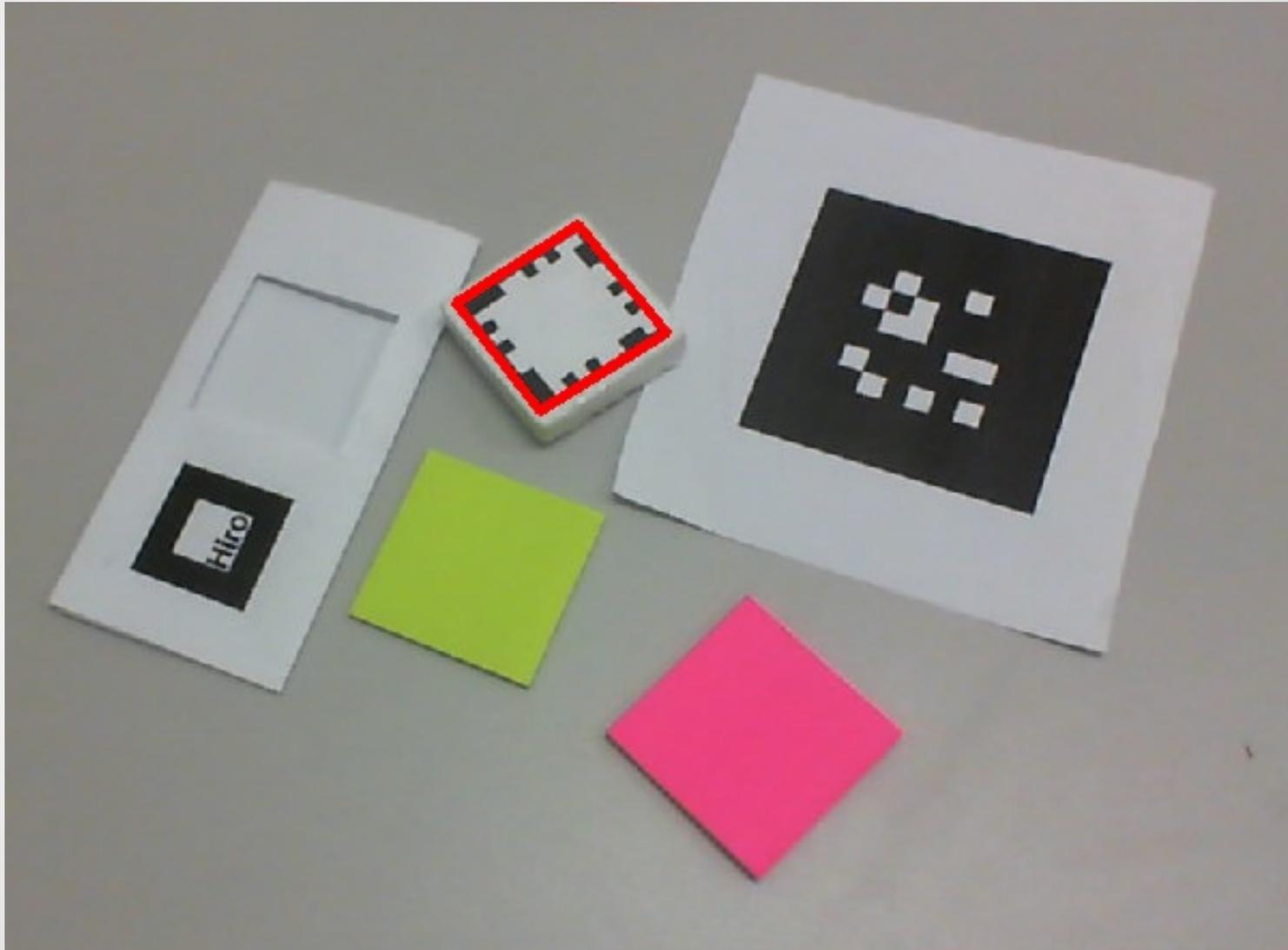
# 5. Identificação dos Quadrados

---

- Códigos inválidos
  - 0000000000
  - 1111111111
  - 0000011111
- Etapas de otimização e melhorias
  - Busca por marcadores do frame anterior
  - Tratamento de oclusão parcial

## 6. Cálculo da Homografia

---



## 6. Cálculo da Homografia

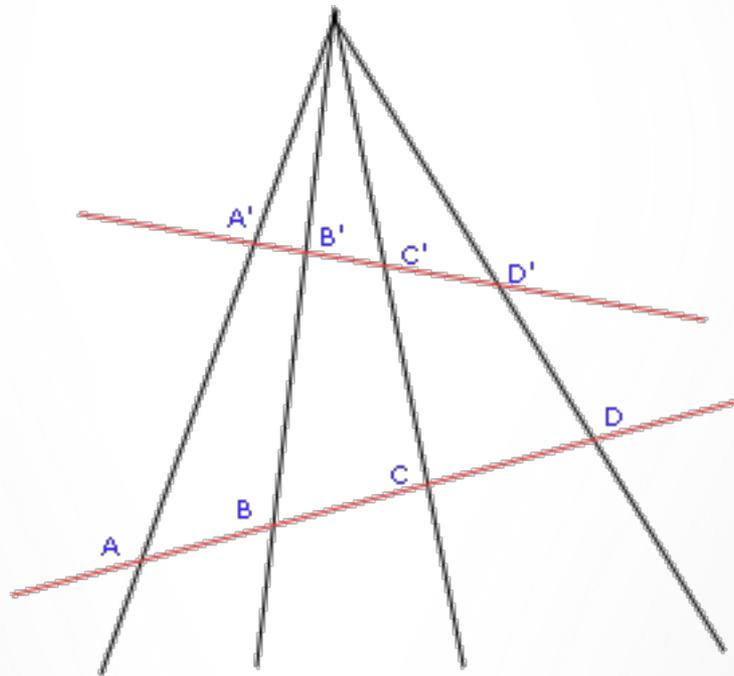
---

- Mapeamento um para um de espaços projetivos

# 6. Cálculo da Homografia

---

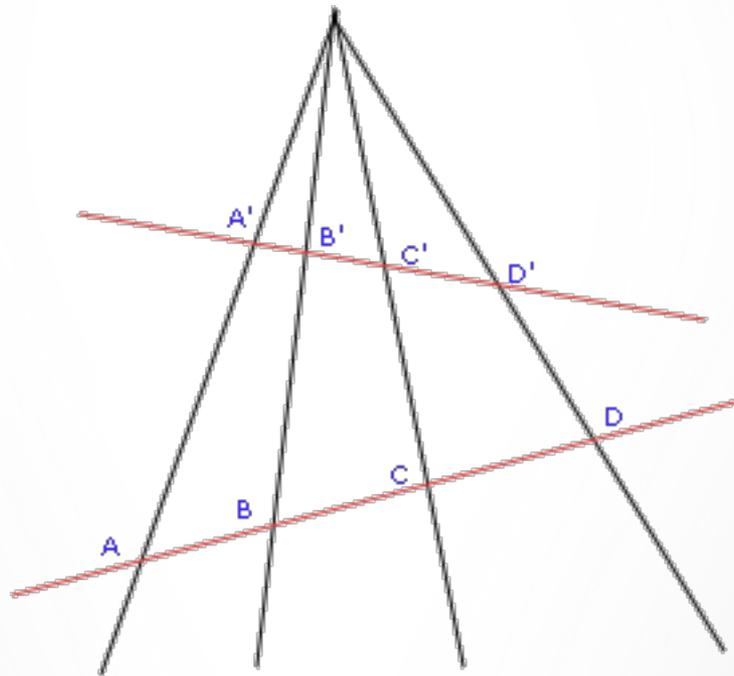
- Mapeamento um para um de espaços projetivos
- Induzida por um espaço vetorial



# 6. Cálculo da Homografia

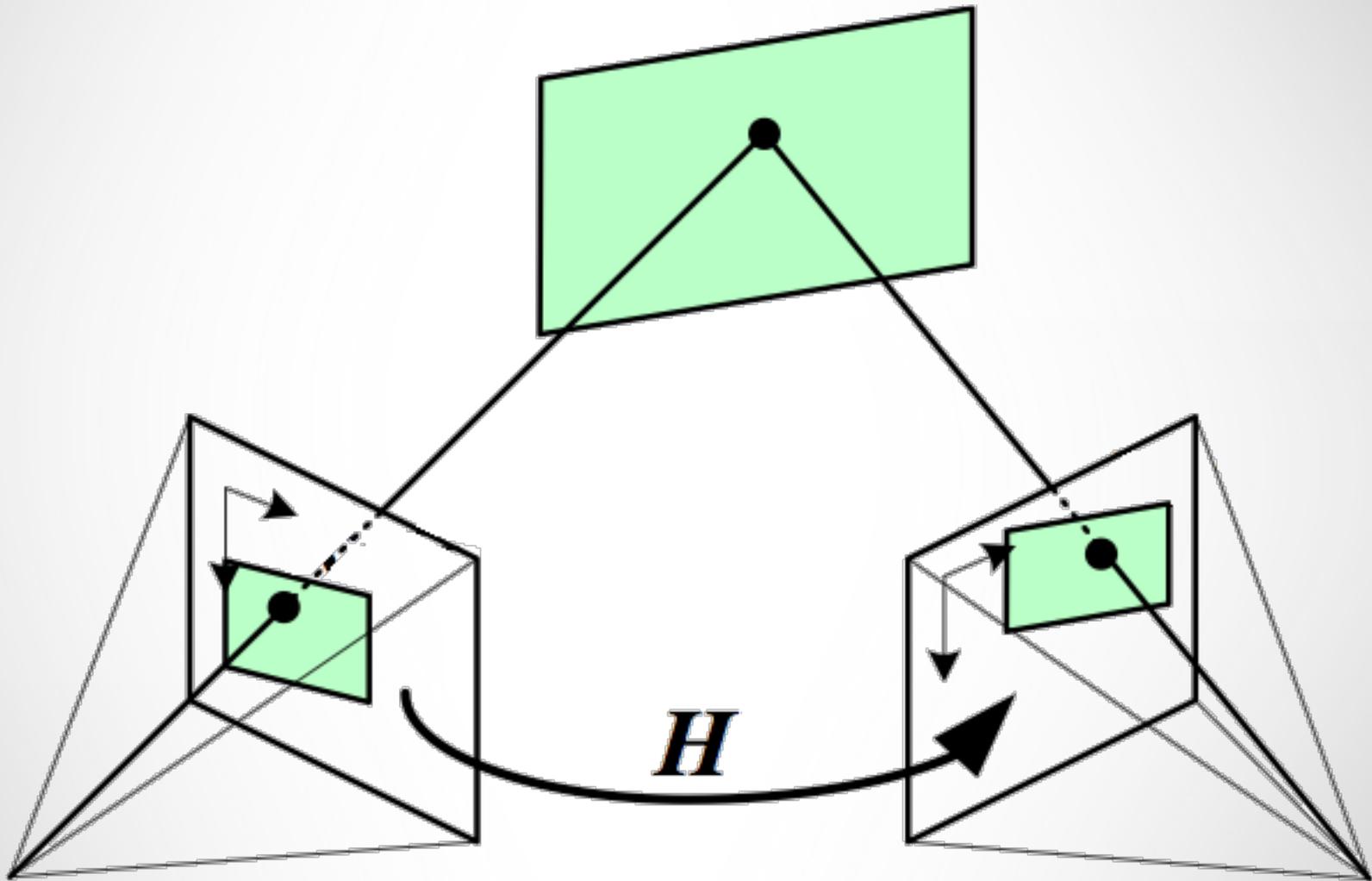
---

- Mapeamento um para um de espaços projetivos
- Induzida por um espaço vetorial
- Preserva colinearidade



# 6. Cálculo da Homografia

---



## 6. Cálculo da Homografia

---

$$m_i = H \cdot M_i$$

## 6. Cálculo da Homografia

---

$$m_i = \begin{bmatrix} h^{1T} \\ h^{2T} \\ h^{3T} \end{bmatrix} \cdot M_i$$

## 6. Cálculo da Homografia

---

$$m_i = \begin{bmatrix} h^{1T} \cdot M_i \\ h^{2T} \cdot M_i \\ h^{3T} \cdot M_i \end{bmatrix}$$

## 6. Cálculo da Homografia

---

$$m_i \times \underbrace{\begin{bmatrix} h^{1T} \cdot M_i \\ h^{2T} \cdot M_i \\ h^{3T} \cdot M_i \end{bmatrix}}_{H \cdot M_i} = 0$$

## 6. Cálculo da Homografia

---

$$(x_i, y_i, w_i)^T \times \underbrace{\begin{bmatrix} h^{1T} \cdot M_i \\ h^{2T} \cdot M_i \\ h^{3T} \cdot M_i \end{bmatrix}}_{H \cdot M_i} = 0$$

## 6. Cálculo da Homografia

---

$$(x_i, y_i, w_i)^T \times \begin{bmatrix} h^{1T} \cdot M_i \\ h^{2T} \cdot M_i \\ h^{3T} \cdot M_i \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} y_i h^{3T} M_i - w_i h^{2T} M_i \\ w_i h^{1T} M_i - x_i h^{3T} M_i \\ x_i h^{2T} M_i - y_i h^{1T} M_i \end{pmatrix} = 0$$

## 6. Cálculo da Homografia

---

$$(x_i, y_i, w_i)^T \times \begin{bmatrix} h^{1T} \cdot M_i \\ h^{2T} \cdot M_i \\ h^{3T} \cdot M_i \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} y_i h^{3T} M_i - w_i h^{2T} M_i \\ w_i h^{1T} M_i - x_i h^{3T} M_i \\ x_i h^{2T} M_i - y_i h^{1T} M_i \end{pmatrix} = 0$$

$$\therefore h^{jT} \cdot M_i = M_i^T \cdot h^j$$

## 6. Cálculo da Homografia

---

$$(x_i, y_i, w_i)^T \times \begin{bmatrix} h^{1T} \cdot M_i \\ h^{2T} \cdot M_i \\ h^{3T} \cdot M_i \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} y_i h^{3T} M_i - w_i h^{2T} M_i \\ w_i h^{1T} M_i - x_i h^{3T} M_i \\ x_i h^{2T} M_i - y_i h^{1T} M_i \end{pmatrix} = 0$$

$$\begin{bmatrix} 0^T & -w_i M_i^T & y_i M_i^T \\ w_i M_i^T & 0^T & -x_i M_i^T \\ -y_i M_i^T & x_i M_i^T & 0^T \end{bmatrix} \begin{pmatrix} h^1 \\ h^2 \\ h^3 \end{pmatrix} = 0$$

## 6. Cálculo da Homografia

---

$$A \cdot h = 0$$

## 6. Cálculo da Homografia

---

$$SVD(A) = UDV^T$$

## 6. Cálculo da Homografia

---

$$SVD(A) = UDV^T$$

- $h$  é a coluna de  $V$  correspondente ao menor autovalor em  $D$

# 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- Homografia e Projeção tem as mesmas informações

# 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- Homografia e Projeção tem as mesmas informações
  - Apenas para rastreamento 2D

# 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- Homografia e Projeção tem as mesmas informações
  - Apenas para rastreamento 2D

$$m = K [R | t] M$$

# 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- Homografia e Projeção tem as mesmas informações
  - Apenas para rastreamento 2D

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = K \underbrace{[R_1 R_2 R_3 | t]}_H \begin{pmatrix} M_x \\ M_y \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

# 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- Homografia e Projeção tem as mesmas informações
  - Apenas para rastreamento 2D

$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ 1 \end{pmatrix} = \underbrace{K [R_1 R_2 | t]}_H \begin{pmatrix} M_x \\ M_y \\ 1 \end{pmatrix}$$

# 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- Homografia e Projeção tem as mesmas informações
  - Apenas para rastreamento 2D

$$G = K^{-1}H$$

# 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- Homografia e Projeção tem as mesmas informações
  - Apenas para rastreamento 2D

$$G = [G^1 G^2 G^3]$$

# 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- Homografia e Projeção tem as mesmas informações
  - Apenas para rastreamento 2D

$$n = \sqrt{\|G_1\| \cdot \|G_2\|}$$

## 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- Homografia e Projeção tem as mesmas informações
  - Apenas para rastreamento 2D

$$n = \sqrt{\|G_1\| \cdot \|G_2\|}$$

$$R'_1 = \frac{G_1}{n}, R'_2 = \frac{G_2}{n}, T = \frac{G_3}{n}$$

## 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- $R'_1$  e  $R'_2$  não são necessariamente ortonormais

$$R'_1 = \frac{G_1}{n}, R'_2 = \frac{G_2}{n}, T = \frac{G_3}{n}$$

## 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- $R'_1$  e  $R'_2$  não são necessariamente ortonormais

$$c = R'_1 + R'_2, p = R'_1 \times R'_2, d = c \times p$$

## 7. Cálculo da Matrix de Projeção

---

- $R'_1$  e  $R'_2$  não são necessariamente ortonormais

$$c = R'_1 + R'_2, p = R'_1 \times R'_2, d = c \times p$$

$$R_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{c}{\|c\|} + \frac{d}{\|d\|} \right)$$

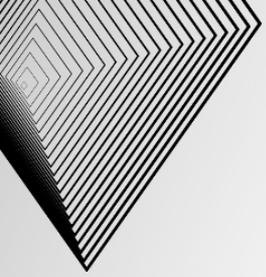
$$R_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{c}{\|c\|} - \frac{d}{\|d\|} \right)$$

$$R_3 = R_1 \times R_2$$

# Atividade Prática

---

O rastreador apresentado calcula apenas a homografia. A partir do conteúdo visto em sala, adapte o mesmo para que ele também calcule a matriz de projeção.



# Rastreamento com Marcadores