

Um Método Projetivo para Cálculo de Dimensões de Caixas em Tempo Real

Leandro A. F. Fernandes

laffernandes@inf.ufrgs.br

Manuel M. Oliveira

oliveira@inf.ufrgs.br

(orientador)



Grupo de Computação Gráfica e Processamento de Imagens



Medições a Partir de Imagens



Caixas Estão em Toda Parte



Companhias Aéreas



Armazéns



Correios



Desafios da Pesquisa

- Método para calcular de dimensões de caixas
- Requisitos
 - Automático
 - Tempo real
 - Medições a partir de uma única imagem
 - Robusto à presença de textura nas caixas e oclusões parciais
 - Mais acurado e preciso possível



Vídeo



Contribuições

- Algoritmo para o **cálculo das dimensões** de caixas
 - A partir de imagens, automático e em tempo real
- Algoritmo para **extração de silhuetas** de caixas
 - Que trata a oclusão parcial das caixas
- Modelo estatístico para **detecção do fundo da cena**
 - Independente das condições de iluminação
- **Esquema de votação** para a transformada de Hough
 - Mais rápido que o método convencional

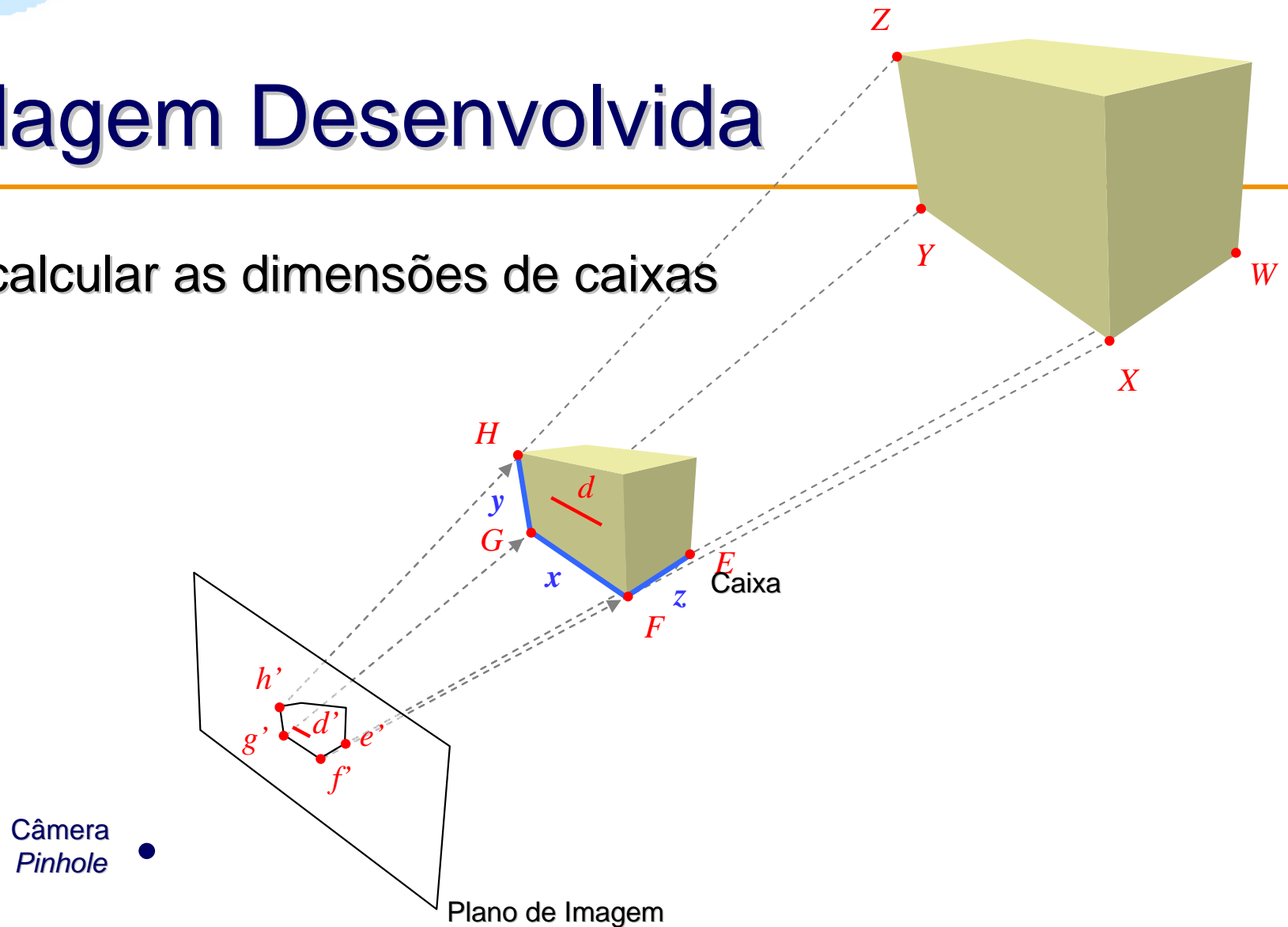


Estrutura da Apresentação

- Abordagem Desenvolvida
 - Técnica Proposta
 - Remoção do Fundo
 - Transformada de Hough
 - Resultados
 - Conclusões
 - Trabalhos Futuros
- 1ª parte
- 2ª parte

Abordagem Desenvolvida

- Como calcular as dimensões de caixas

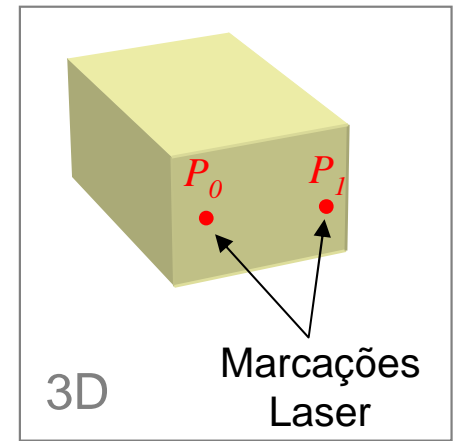
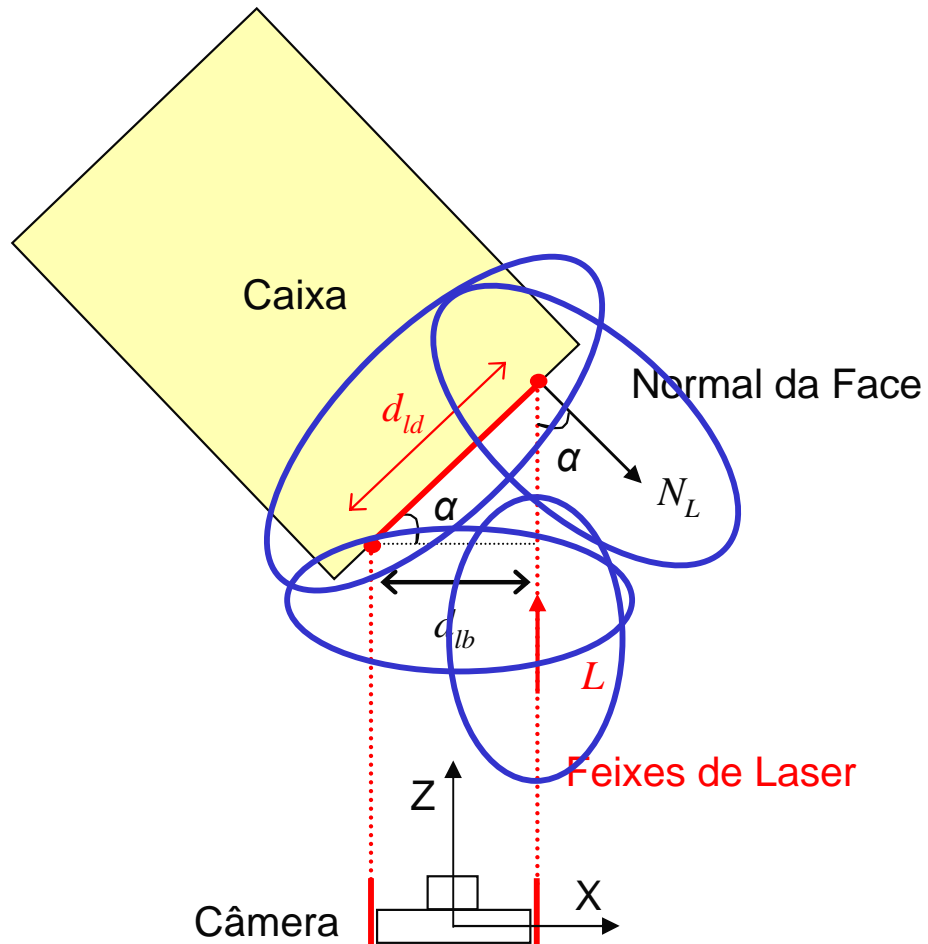


- Como eliminar a **ambigüidade projetiva**?
- Como identificar a **silhueta** e os **vértices da caixa**?



Inserindo uma Distância Conhecida

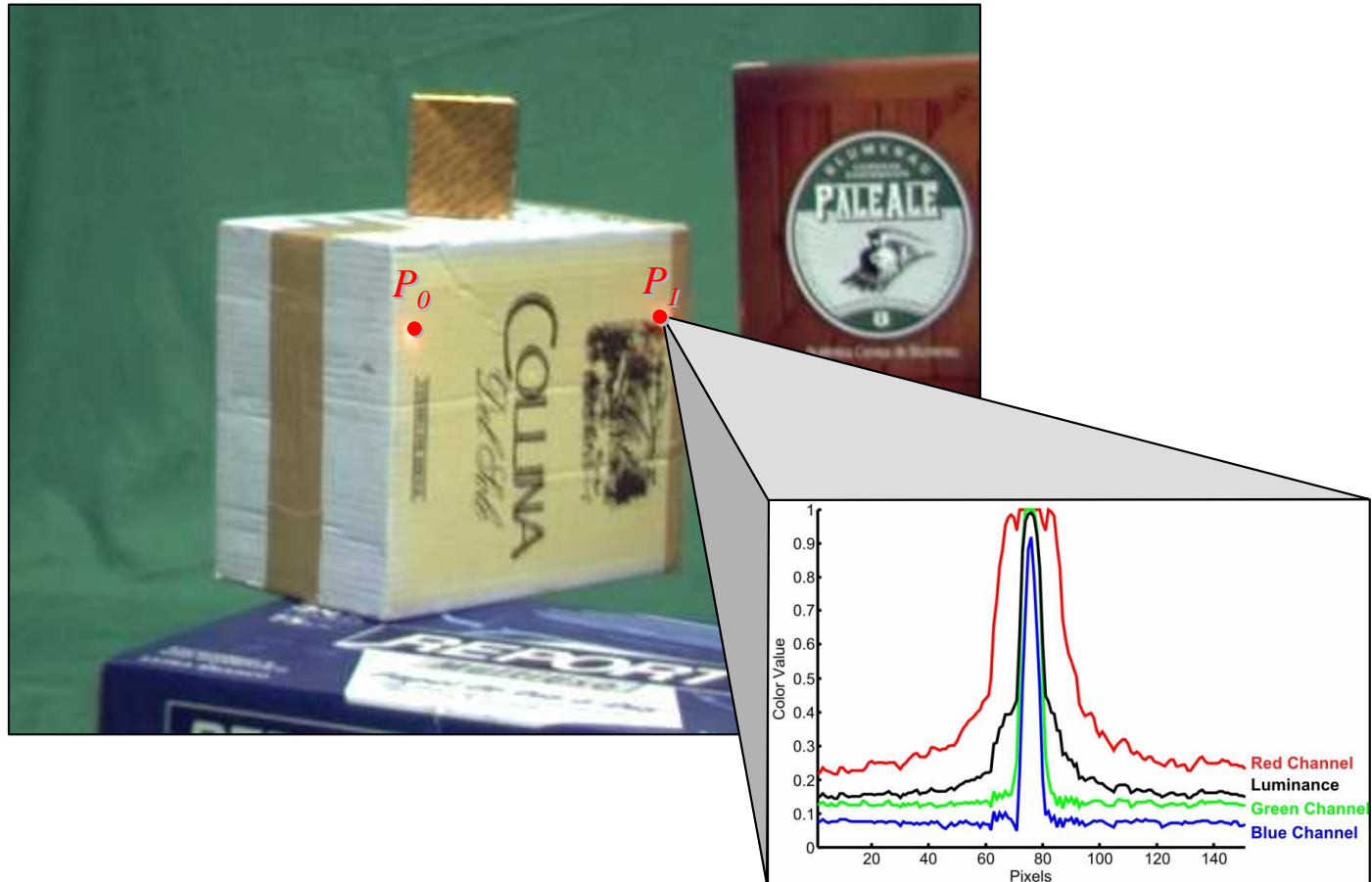
Vista Superior





Encontrando as Marcações Laser

- Marcações laser na imagem





Identificando a Silhueta da Caixa

- Objetos sobrepostos e texturas arbitrárias





Identificando a Silhueta da Caixa

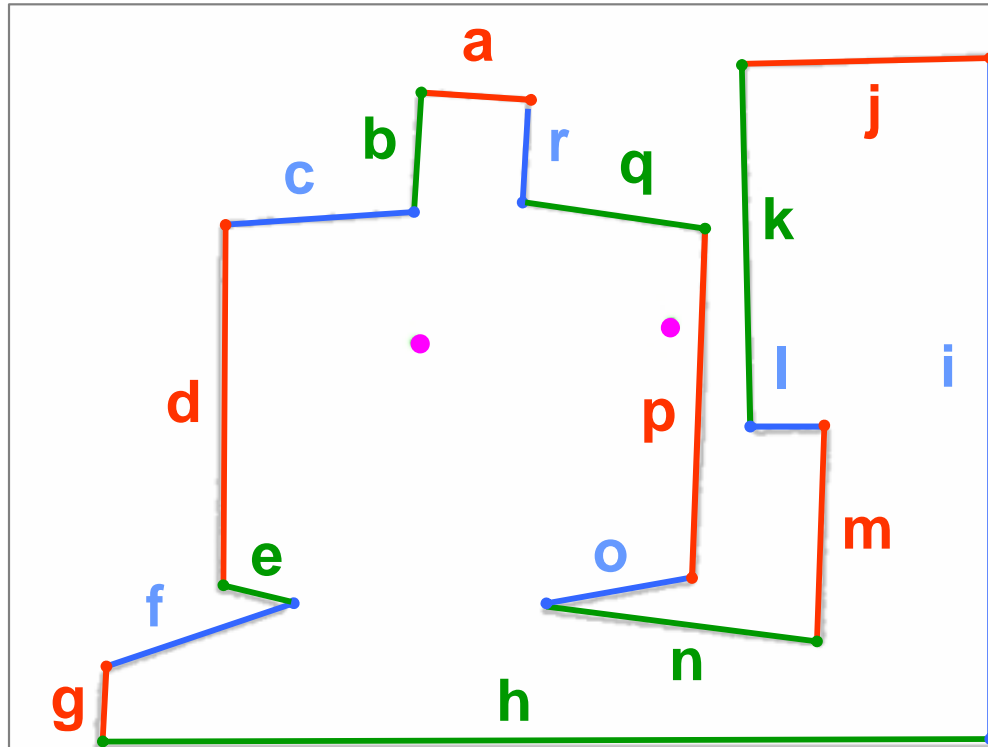
- Contorno dos objetos em cena [Gauch, 2003]





Identificando a Silhueta da Caixa

- Subdivisão do contorno [Lowe, 1987]



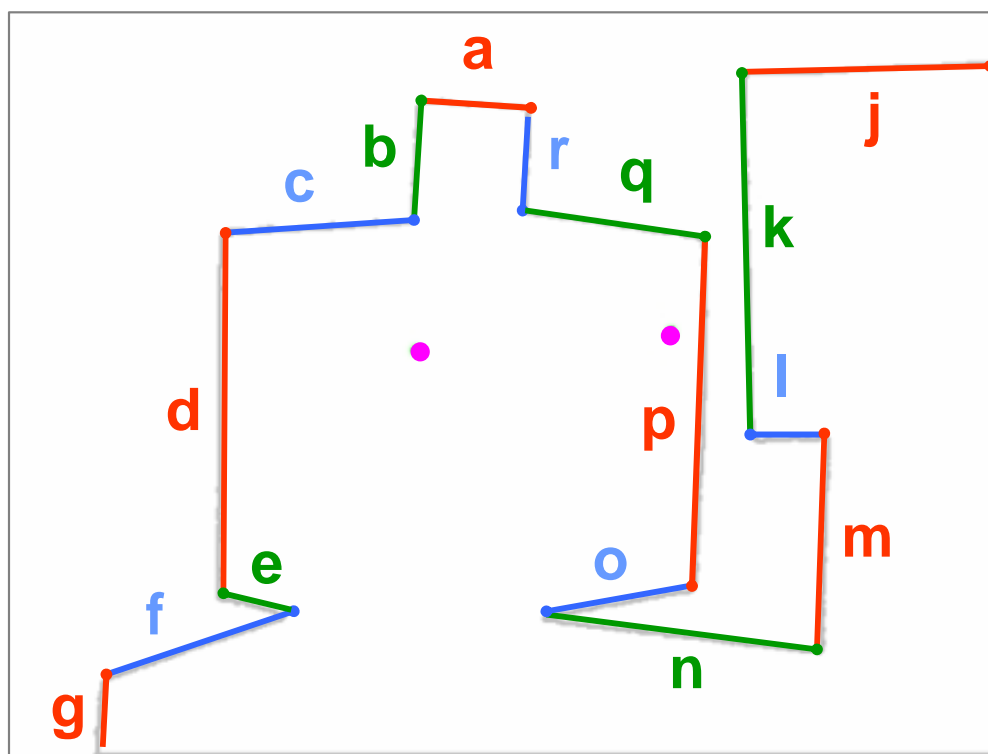
Segmentos de reta mais perceptíveis





Identificando a Silhueta da Caixa

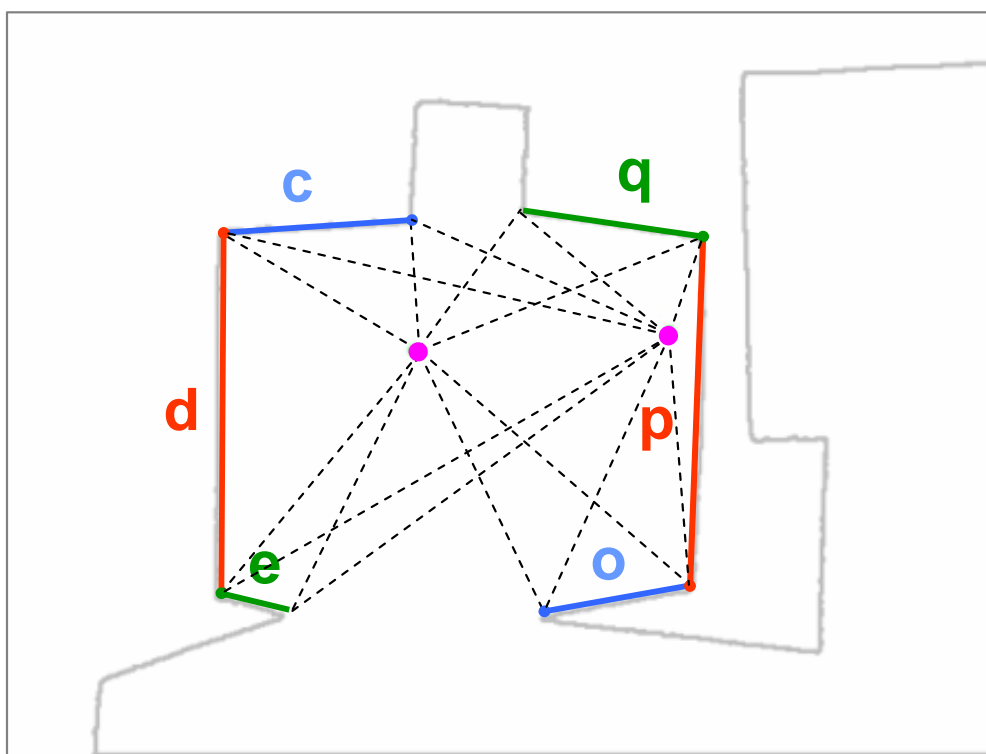
- Removendo os segmentos nos limites da imagem





Identificando a Silhueta da Caixa

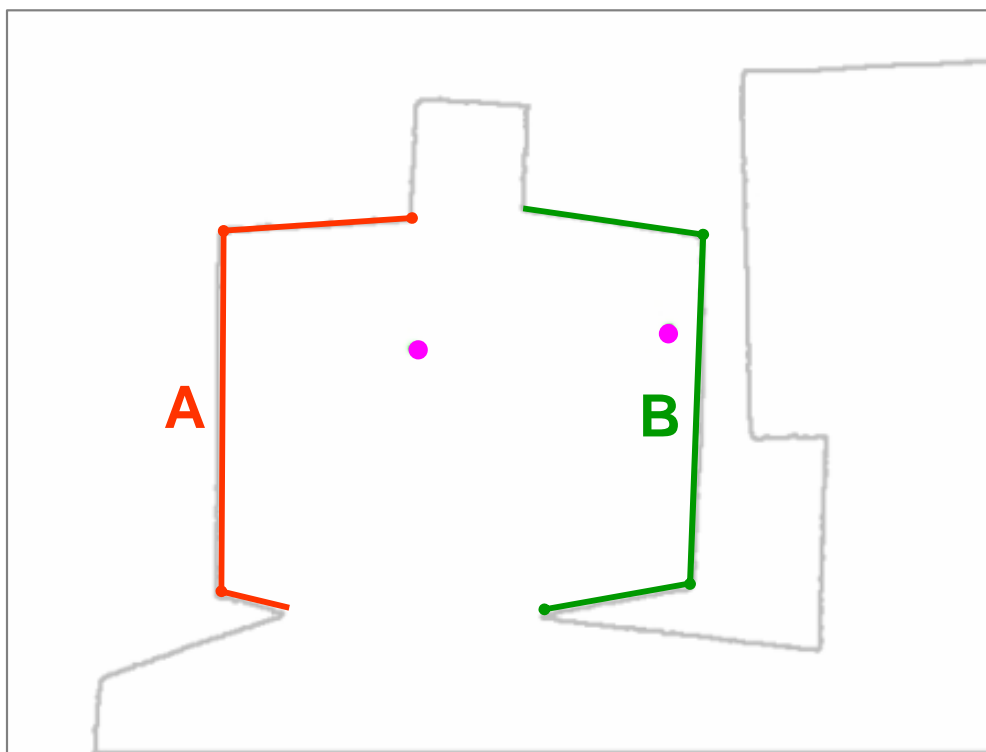
- Removendo os segmentos não visíveis pelas marcações laser





Identificando a Silhueta da Caixa

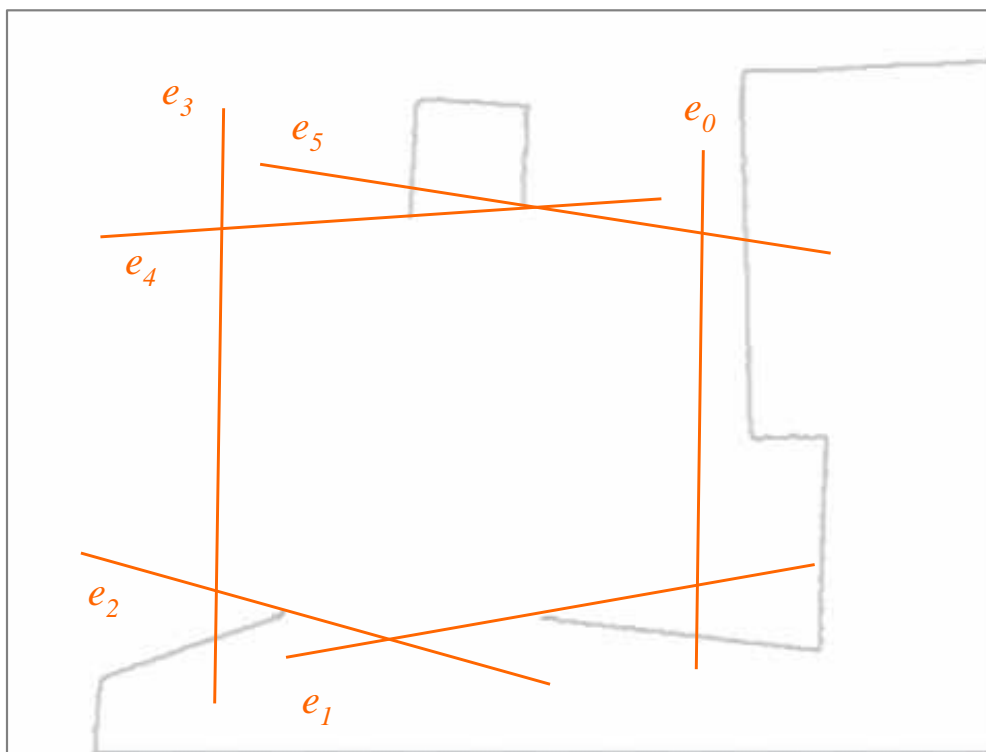
- Agrupando segmentos candidatos para a silhueta





Encontrando os Vértices na Silhueta

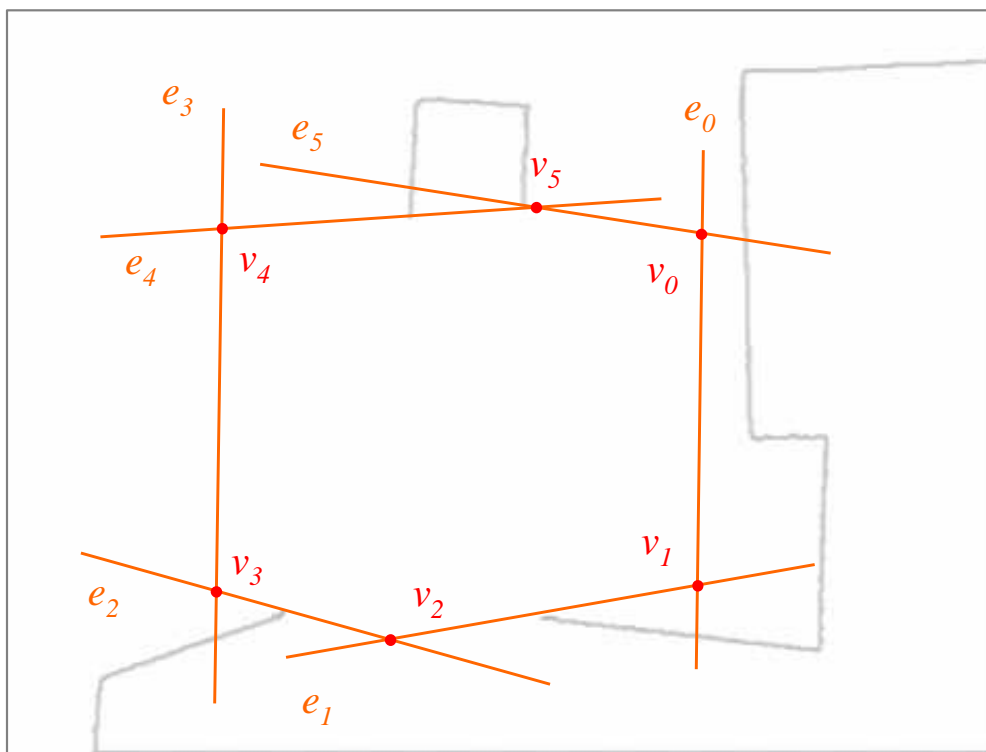
- Linhas suporte para arestas na silhueta





Encontrando os Vértices na Silhueta

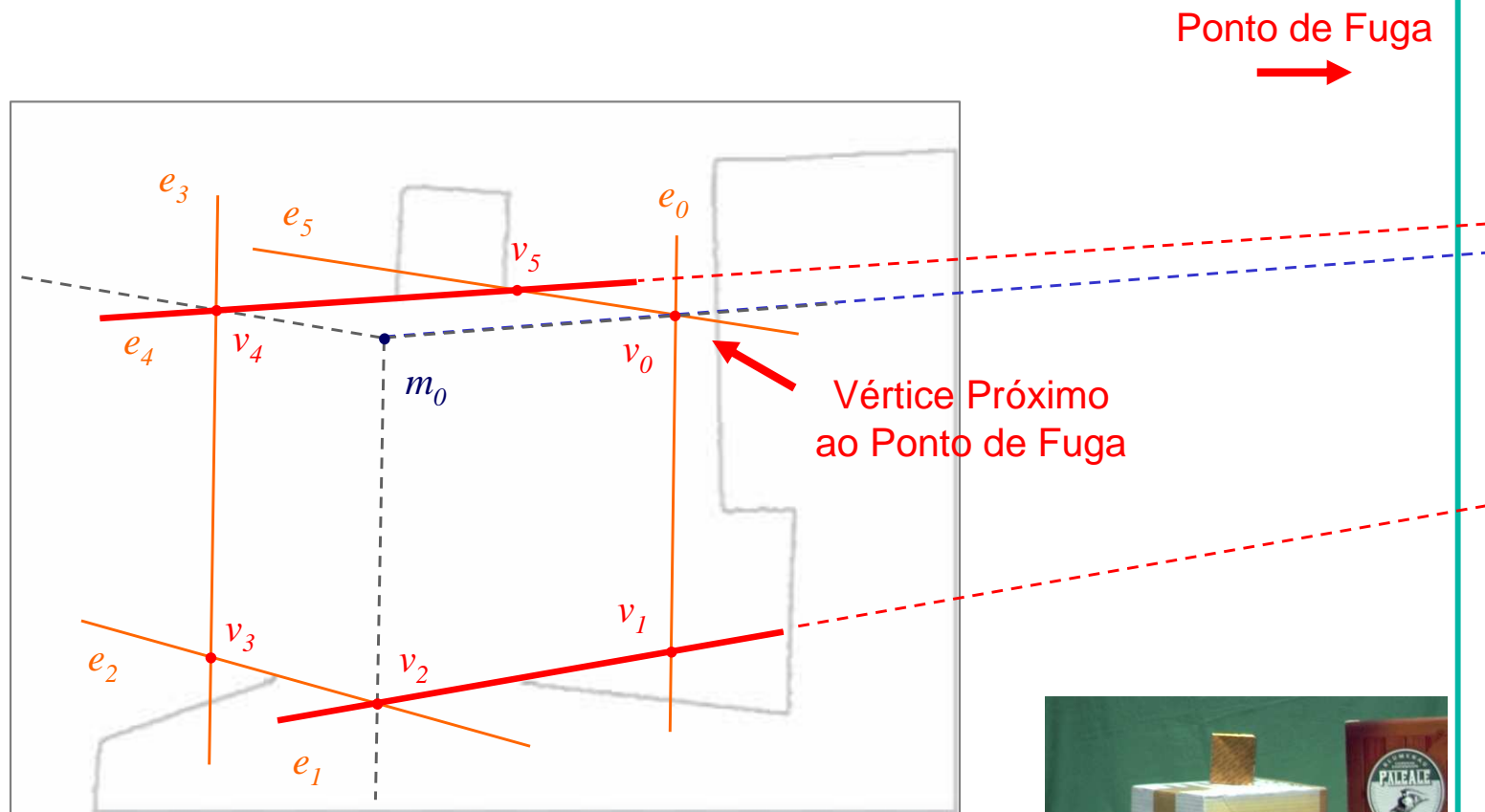
- Vértices na silhueta





Estimando o Vértice Interno

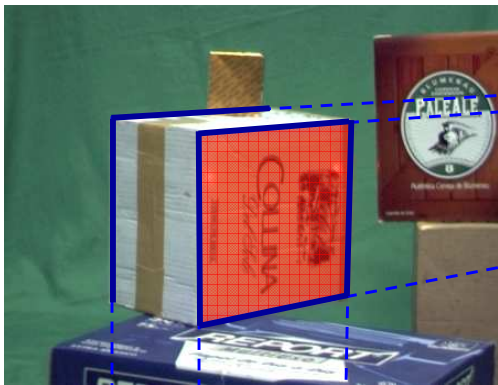
- Vértice interno





Linhas e Pontos de Fuga

Ponto de Fuga



ω_1

λ_1 Linha de Fuga

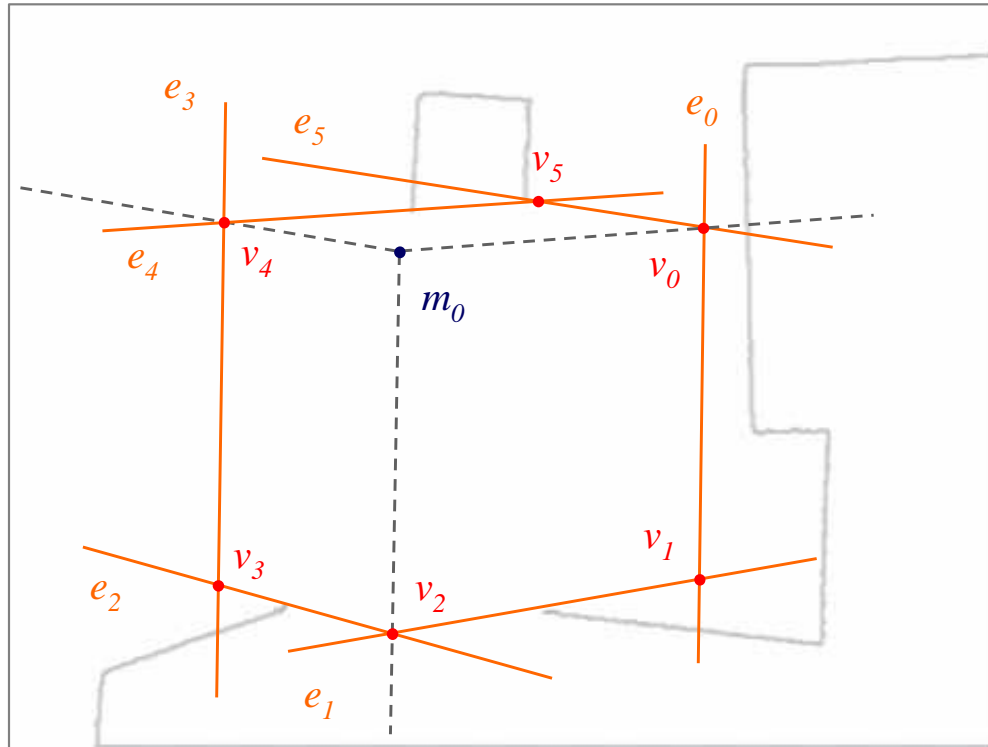
ω_2

Ponto de Fuga



Estimando o Vértice Interno

- Vértice interno





Estrutura da Apresentação

- Abordagem Desenvolvida
 - Técnica Proposta
 - Remoção do Fundo
 - Transformada de Hough
- Resultados
- Conclusões
- Trabalhos Futuros

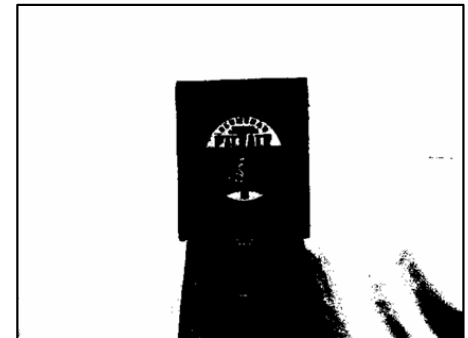
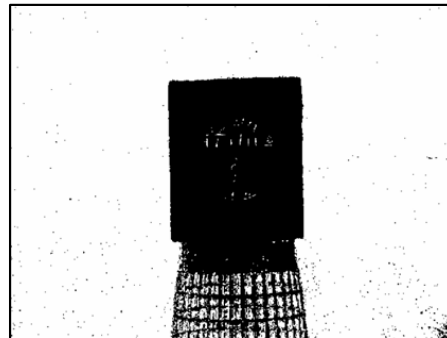
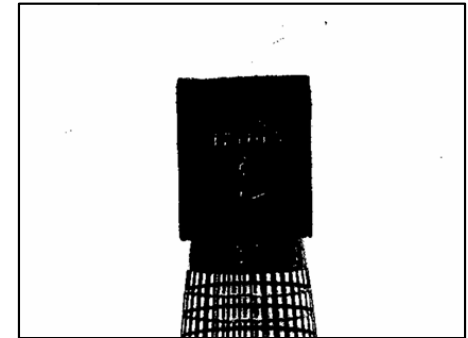
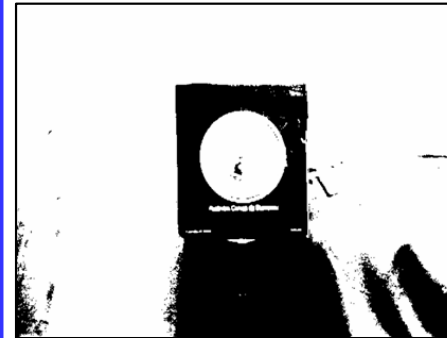
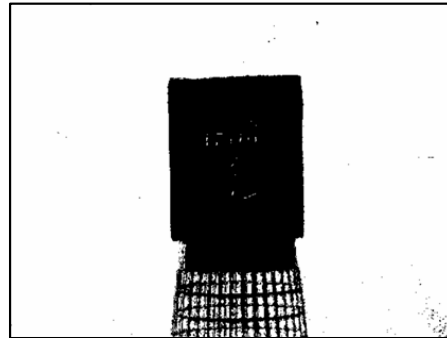


Remoção do Fundo

Modelo de Segmentação Proposto

Color Matting
[Smith & Blinn 1996]
ACM SIGGRAPH

Modelo por Pixel
[Horprasert et al. 1999]
IEEE ICCV





Estrutura da Apresentação

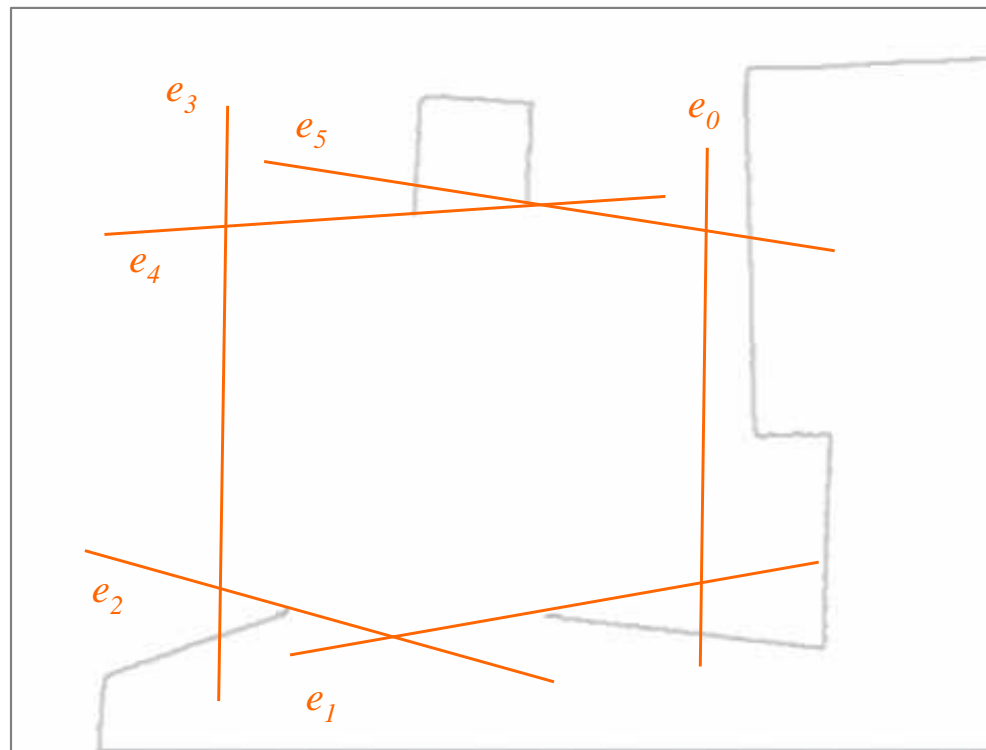
- Abordagem Desenvolvida
 - Técnica Proposta
 - Remoção do Fundo
 - Transformada de Hough
- Resultados
- Conclusões
- Trabalhos Futuros



[Duda & Hart, 1972]
Comm. of the ACM
740 citações (Google Scholar)

Transformada de Hough

- Explora dualidade entre pontos e linhas
- Equação normal da reta $x \cos(\theta) + y \sin(\theta) = \rho$



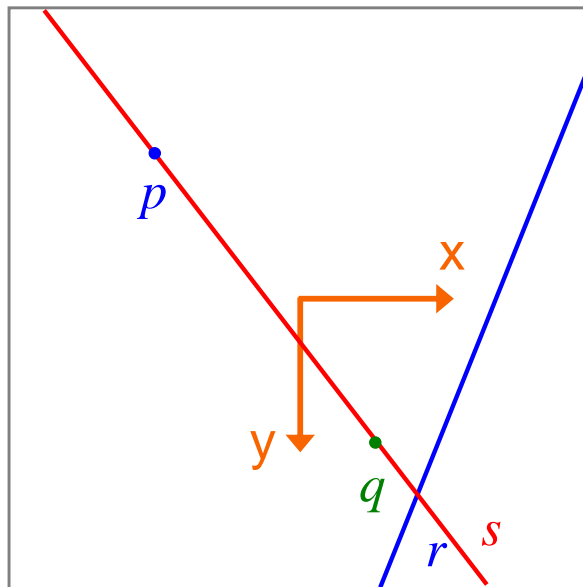
Linhas suporte para arestas na silhueta



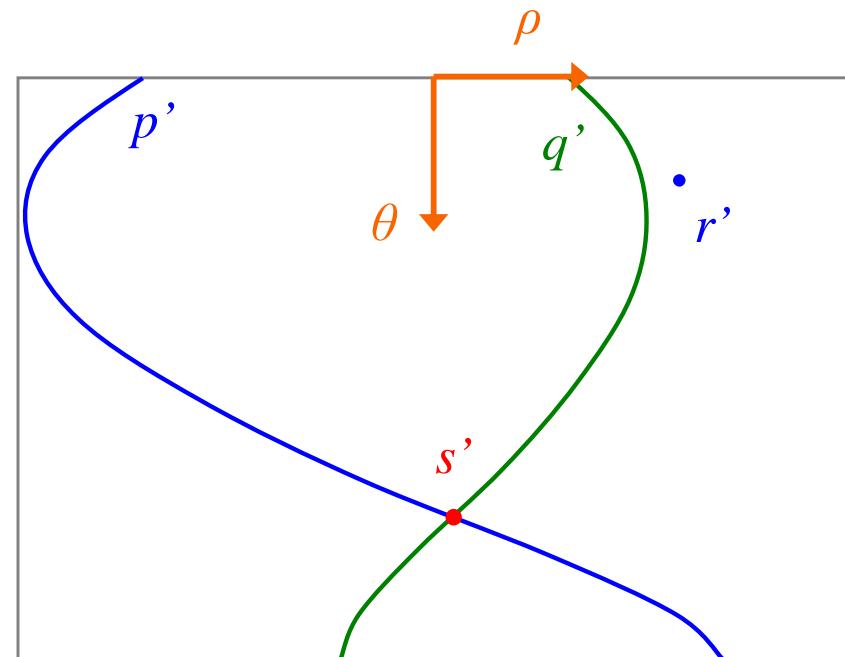
[Duda & Hart, 1972]
Comm. of the ACM
740 citações (Google Scholar)

Transformada de Hough

- Explora dualidade entre pontos e linhas
- Equação normal da reta $x \cos(\theta) + y \sin(\theta) = \rho$



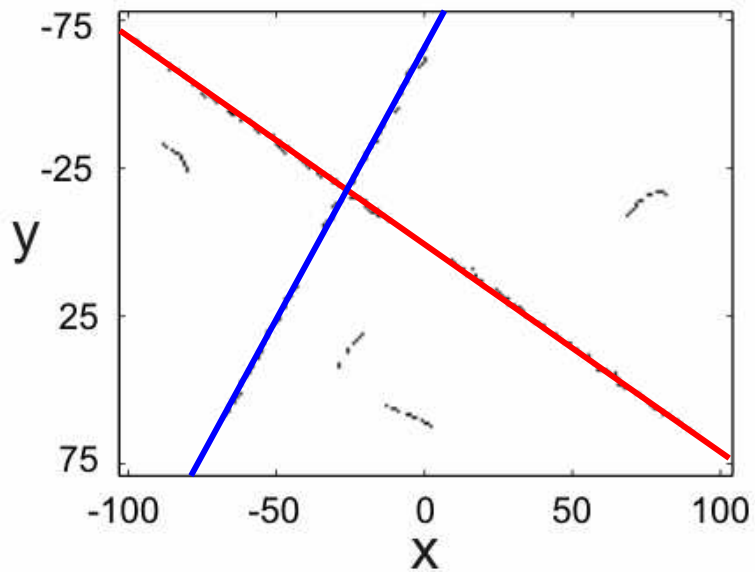
Espaço da Imagem



Espaço de Parâmetros

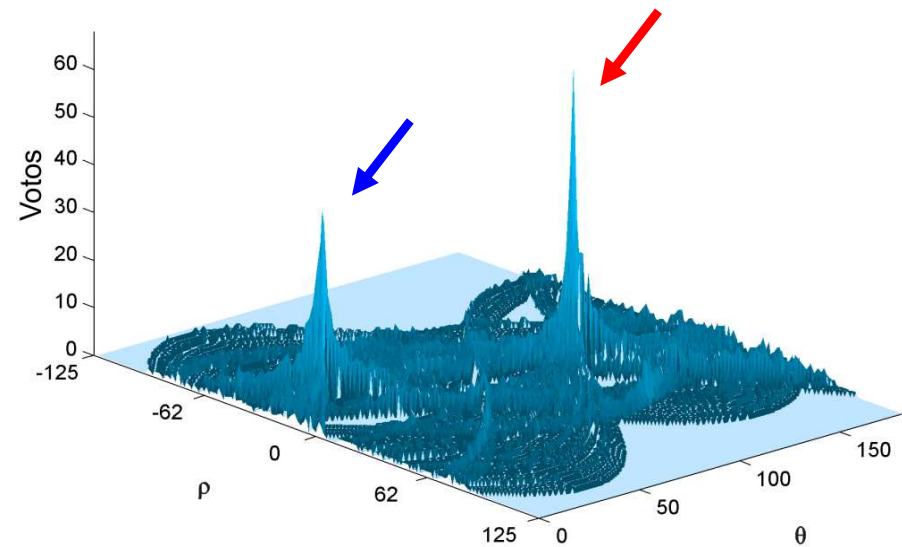


Mapa de Votos



Espaço da Imagem

Transformada de Hough Convencional [Duda & Hart, 1972]

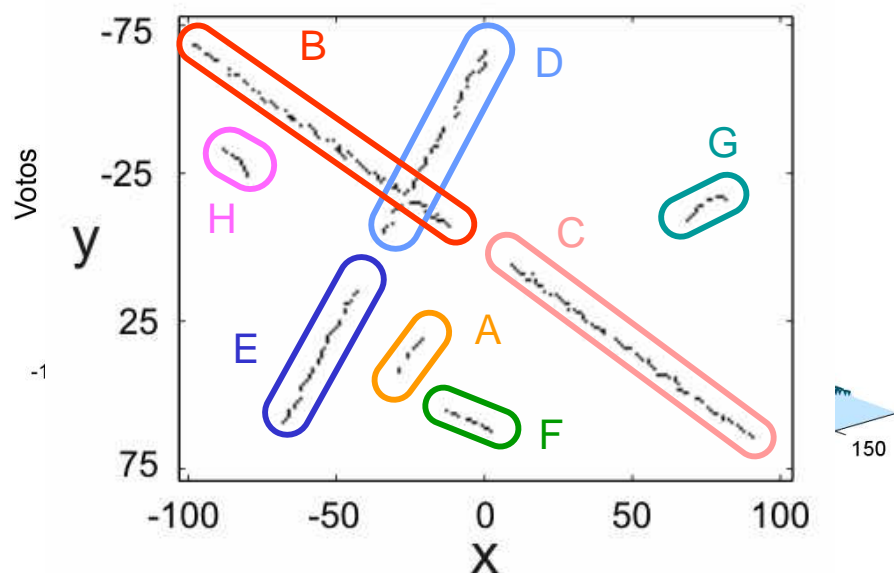


Espaço de Parâmetros



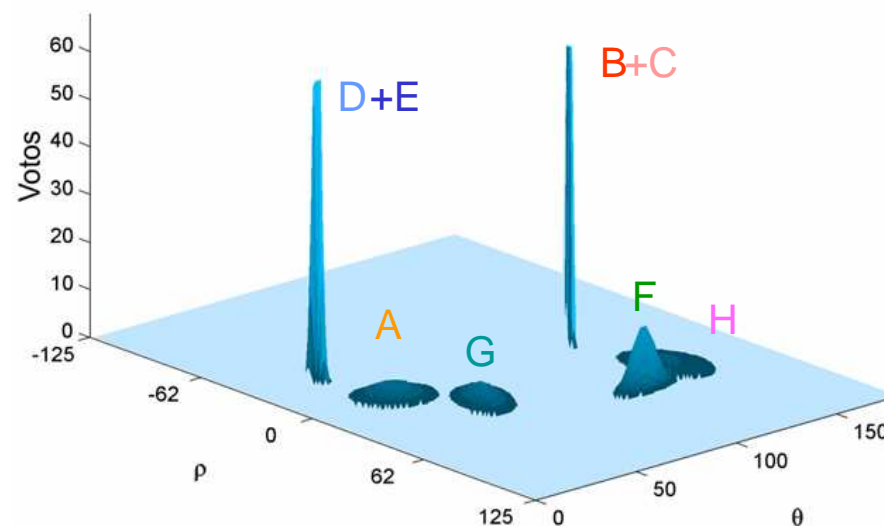
Método de Votação Eficiente

Transformada de Hough Convencional
[Duda & Hart, 1972]



Votação por Pixel

Método Proposto

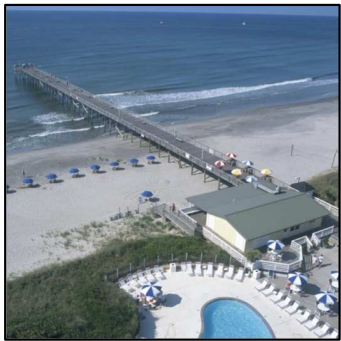
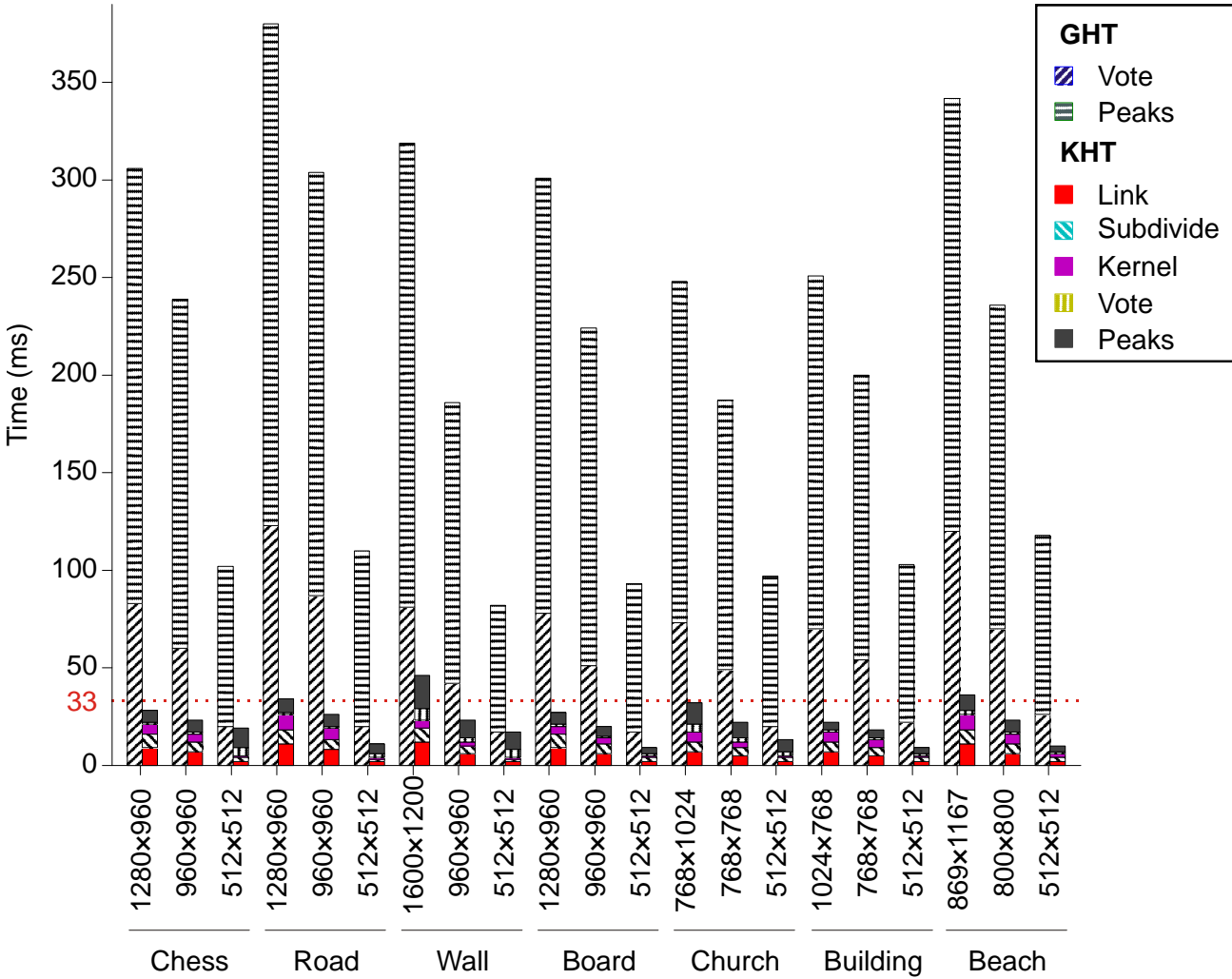
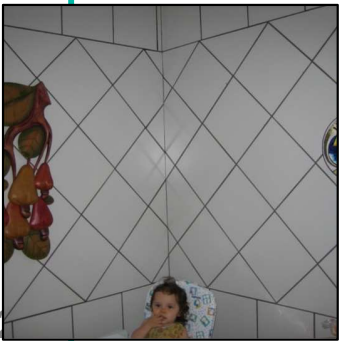


Votação por Grupo de Pixels

10x mais rápido!



Outras Imagens





Estrutura da Apresentação

- Abordagem Desenvolvida
 - Técnica Proposta
 - Remoção do Fundo
 - Transformada de Hough
- Resultados
- Conclusões
- Trabalhos Futuros



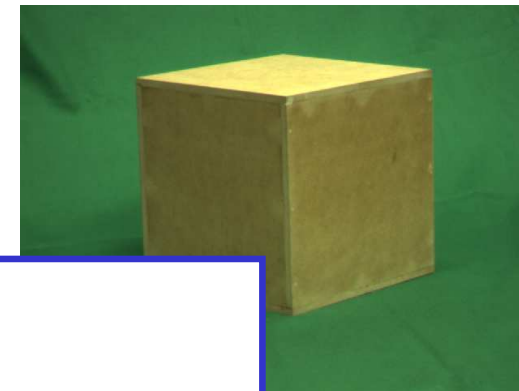
Resultados

- Foi construído o **protótipo de um scanner**
 - Uma câmera firewire colorida
 - Dois apontadores laser paralelos
 - Um módulo de software

- **~39 fps** em um computador de 2.8 GHz,
imagens com resolução de 640x480



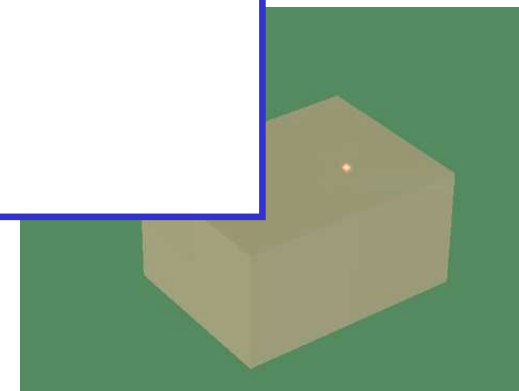
Validação do Protótipo



Análise Estatística

- Comprimento Médio
- Intervalo de Confiança
- Erro Relativo

e Madeira



Caixas Convencionais

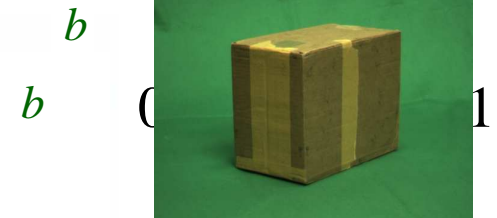
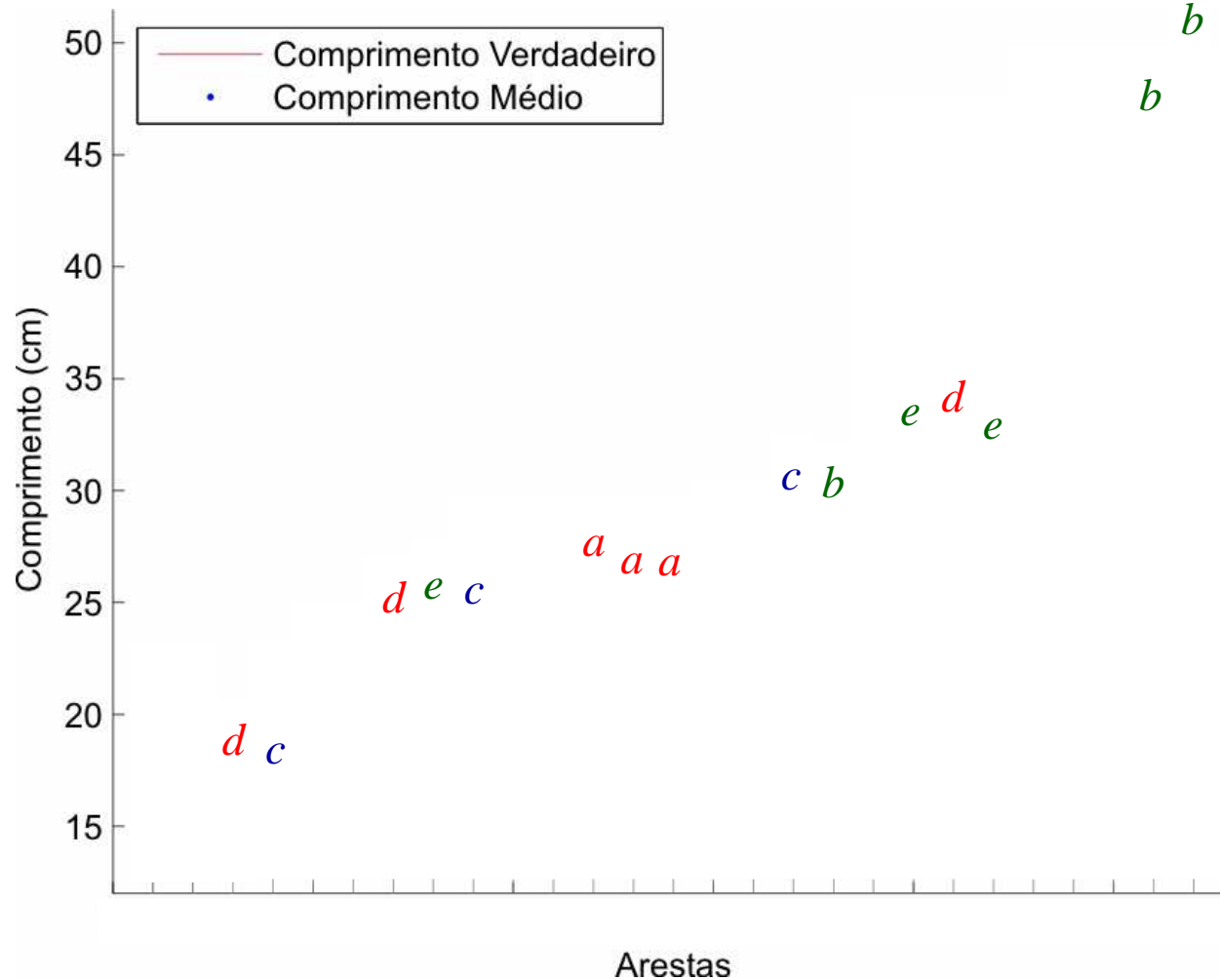
Caixa Sintética

Análise Estatística

$$IC(\gamma) = \left[\bar{x} - t_\gamma \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \bar{x} + t_\gamma \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right]$$

- Intervalo de confiança para caixas reais

$\gamma = 99,5\%$
 $t = 3,038$



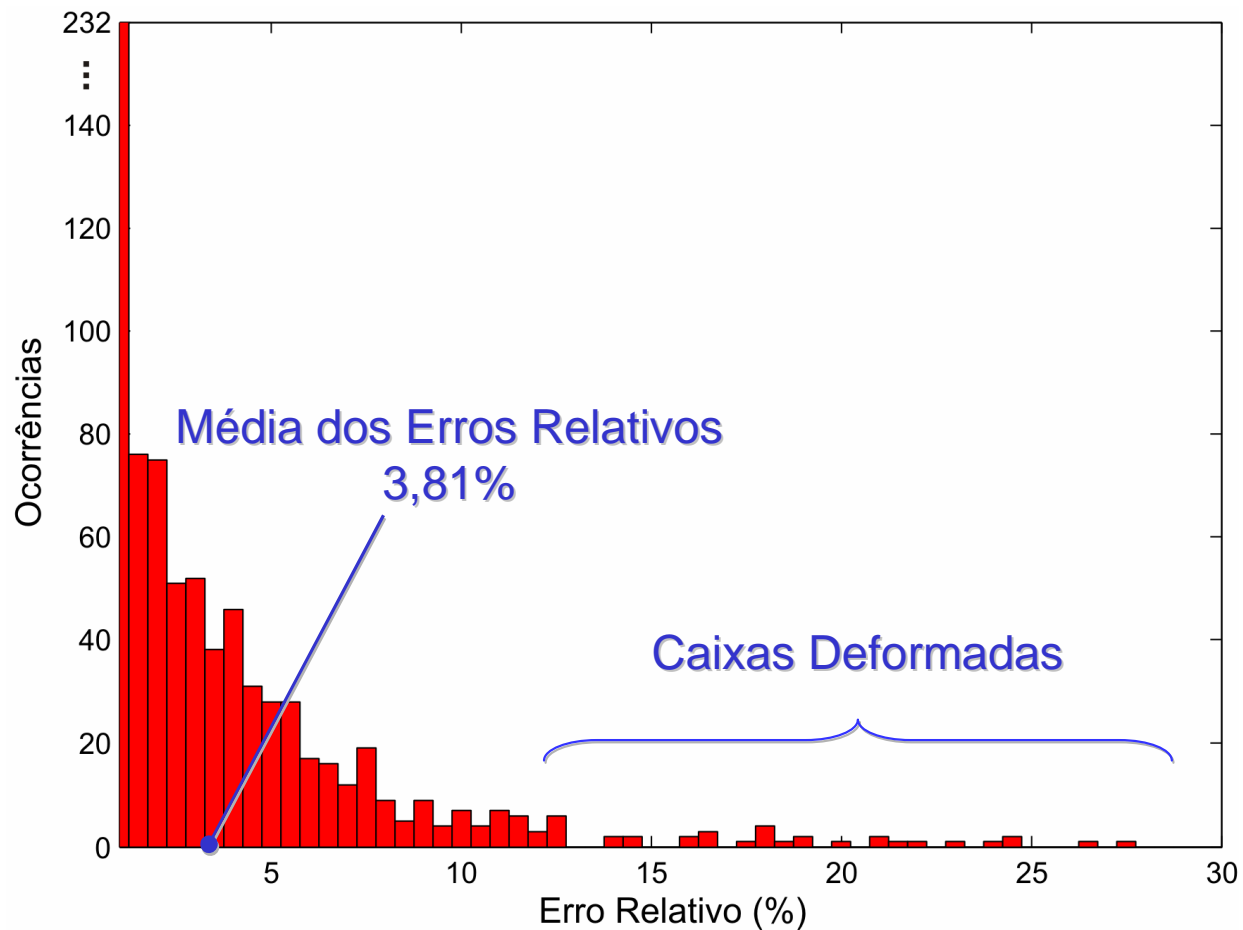


Análise Estatística

$$\varepsilon = \frac{|x - x_v|}{x_v}$$

- Erro relativo para caixas reais

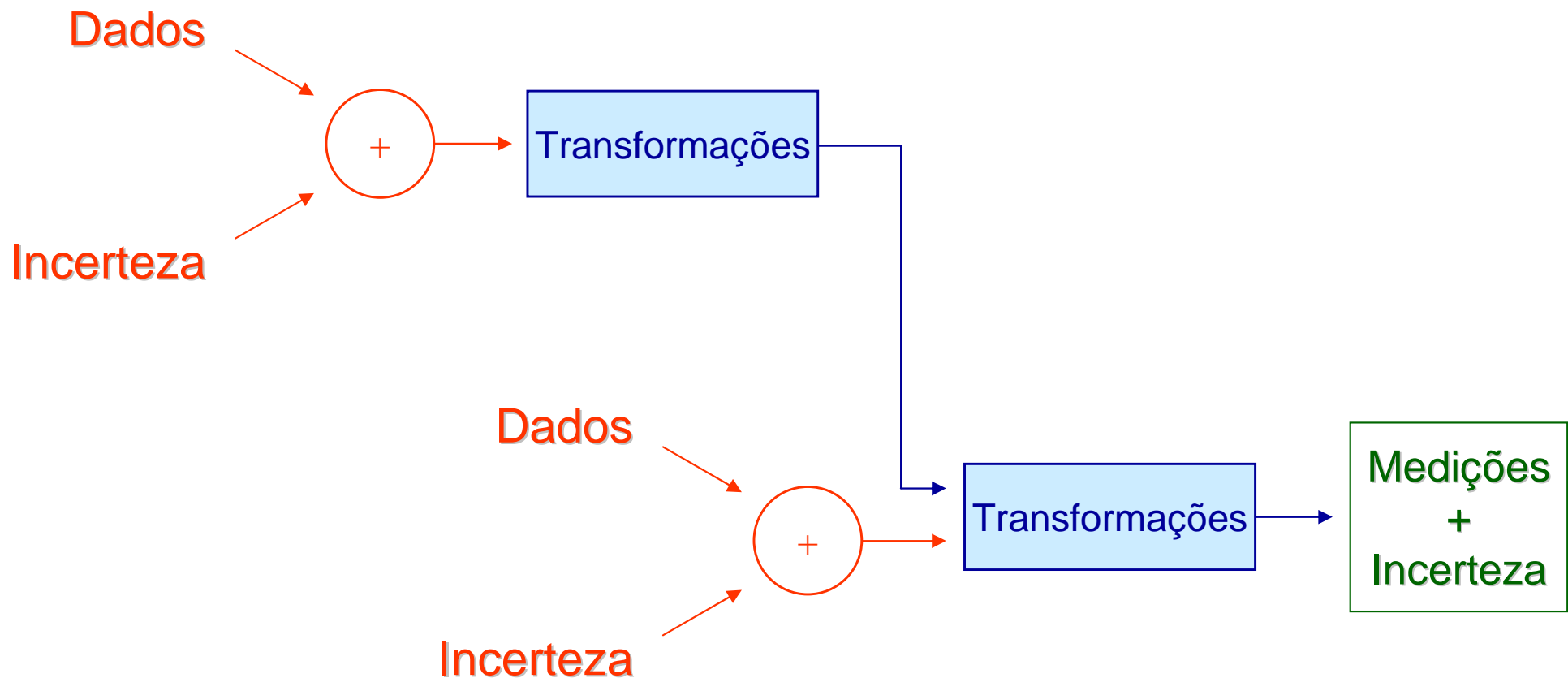
x → Valor estimado
 x_v → Valor verdadeiro





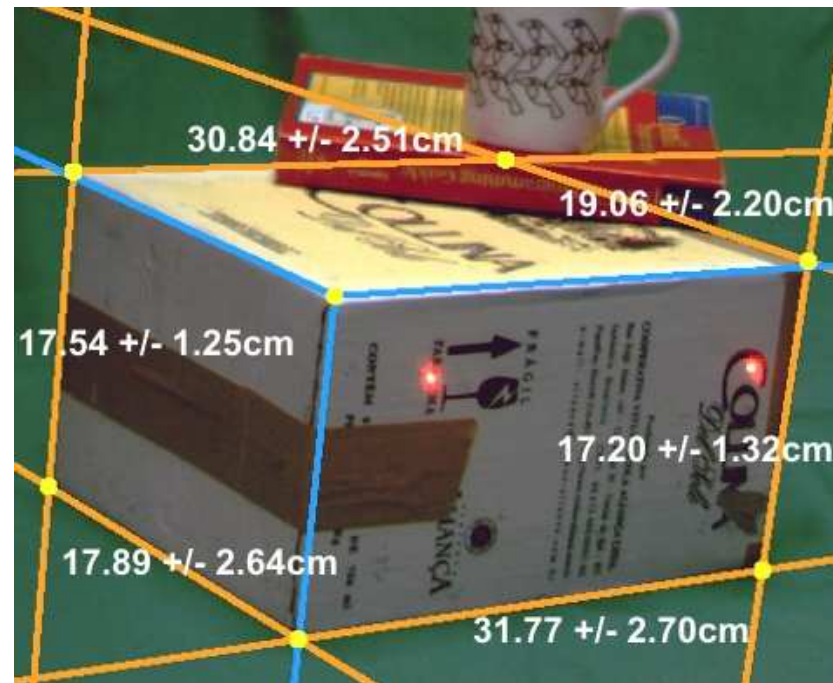
Propagação da Incerteza

- Incerteza nas variáveis de entrada propagam para resultados



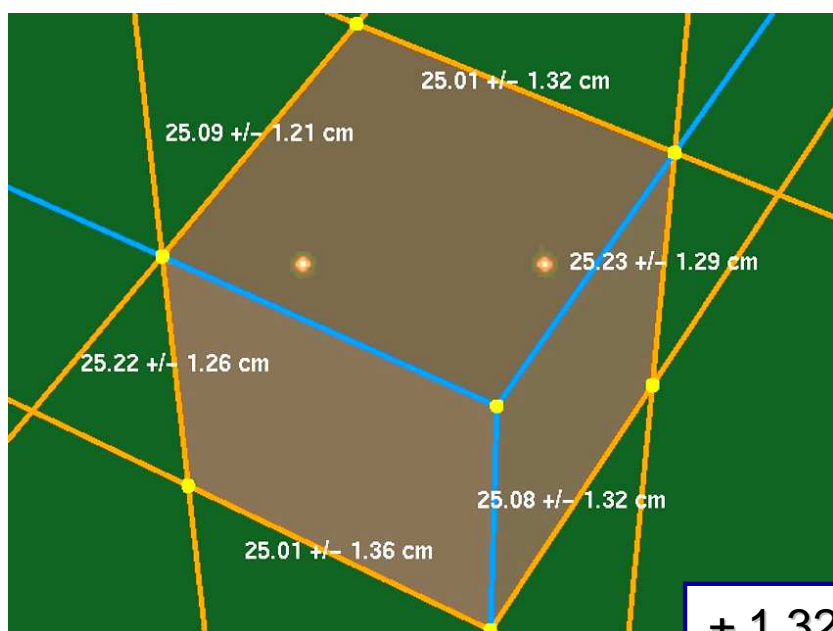
Propagação da Incerteza

- Incerteza com base em **uma única imagem**
- **Evita amostragem**
- Intervalos de confiança equivalentes aos amostrais



Condições Desfavoráveis

- Aumento dos erros em função da distância



Distância: ~ 1,8 metros

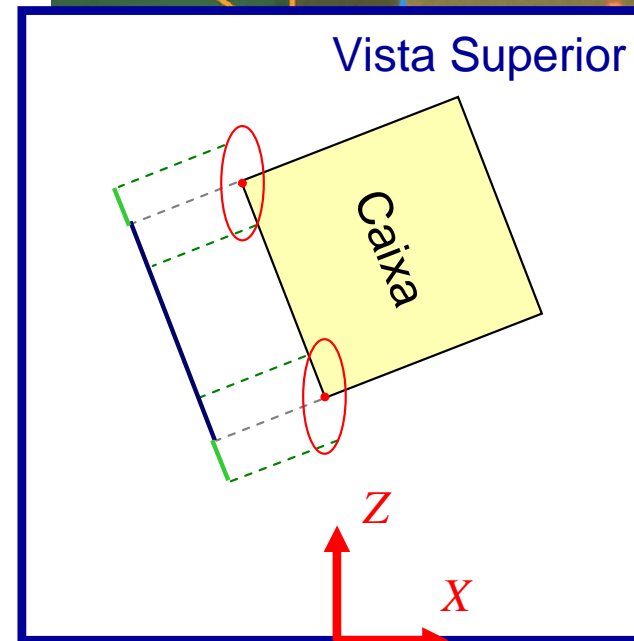
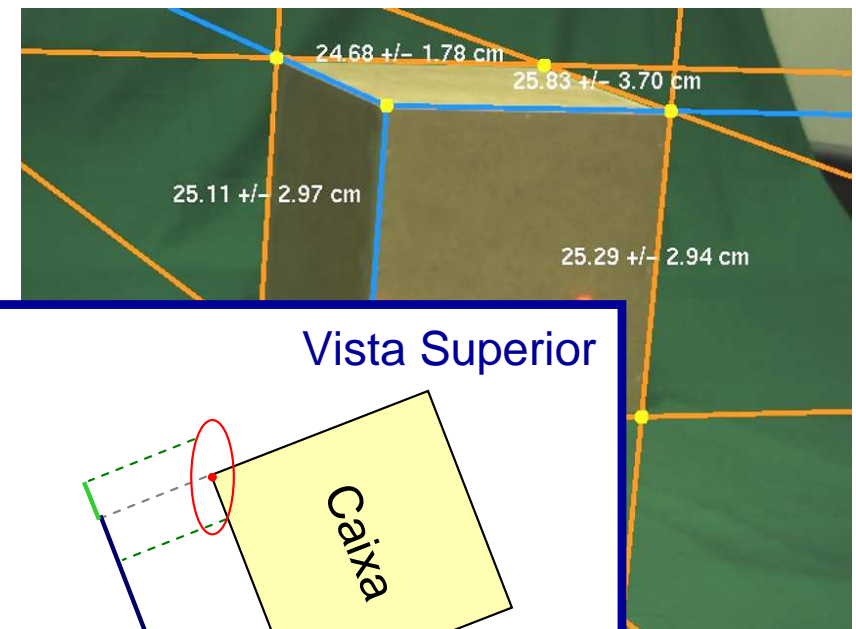
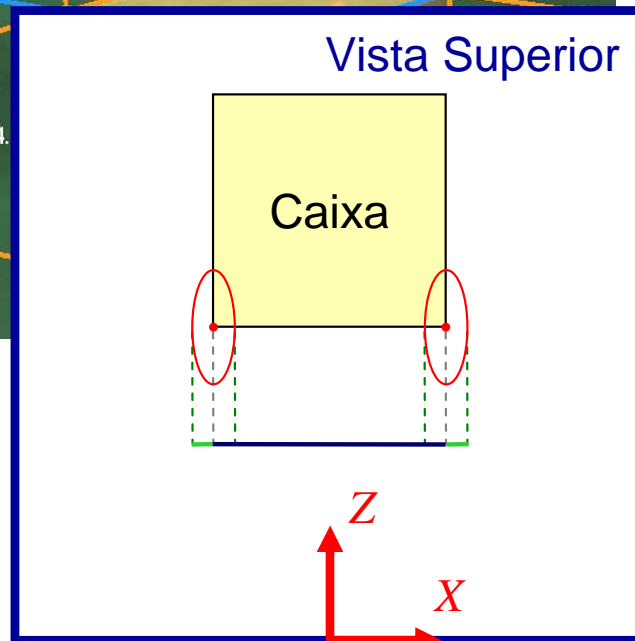
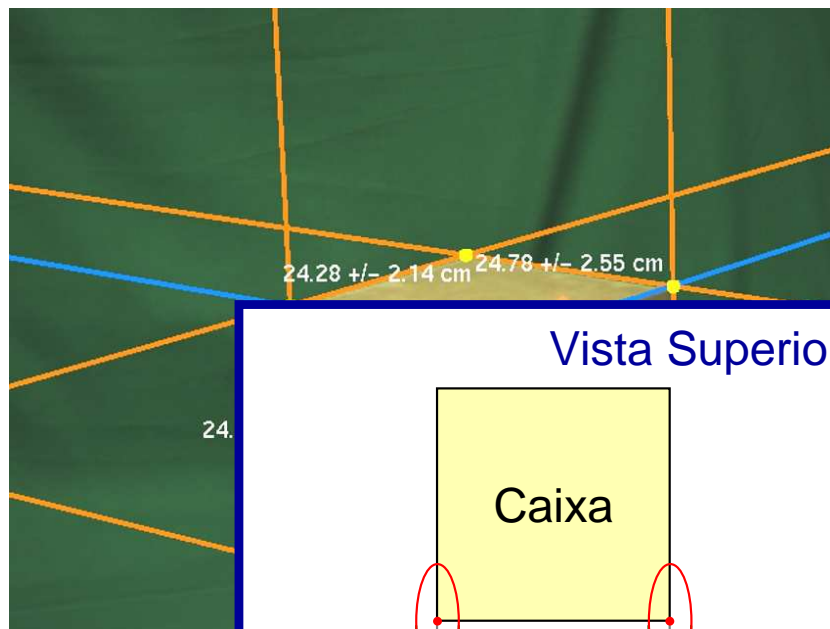
± 1,32	± 1,61
± 1,29	± 1,33
± 1,32	± 1,58
± 1,36	± 1,66
± 1,26	± 1,34
± 1,21	± 1,38



Distância: ~ 3,5 metros

Condições Desfavoráveis

- Aumento dos erros em função da inclinação das arestas





Conclusões

- Otimização dos procedimentos de medição
- Vantagens
 - Scanner de fácil utilização
 - Método automático e em tempo real
 - Método acurado e preciso
 - Cenas complexas são tratadas
- Restrição
 - Fundo de cor conhecida



Publicações

- SIBGRAPI'2005
- JBCS 12:2, SBC, 2006
- ACM SIGGRAPH'2006 (Sketch)
- CTD'2007
- PR 41:1, Elsevier, 2008
- WTD SIBGRAPI'2007
- CSDA, Elsevier



Trabalhos Futuros

- Transformada de Hough otimizada para **detecção de curvas**
- Tratamento de cenas com **fundo arbitrário**





Perguntas?



Leandro A. F. Fernandes

laffernandes@inf.ufrgs.br