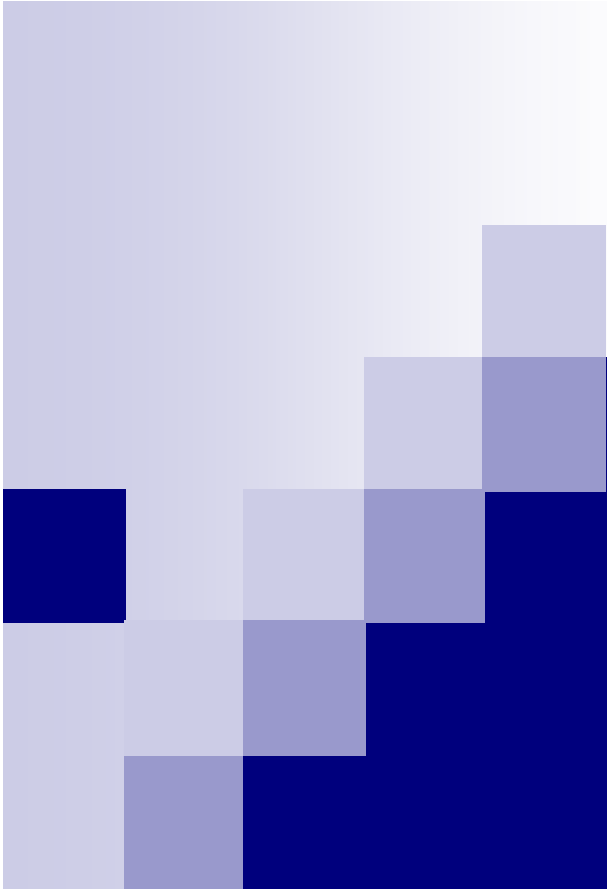




Segmentação, Rastreamento de Objetos e Detecção de Eventos Primitivos com Aplicação no Monitoramento Automático de Ações Humanas em Vídeo

Dissertação de Mestrado

Aluno: Bruno Costa

Orientador: Herman Gomes



Roteiro

- Introdução;
- Detecção de Movimento;
- Rastreamento;
- Detecção de Ações;
- Arquitetura Proposta e Implementação;
- Base de Dados;
- Experimentos;
- Conclusões;
- Trabalhos Futuros.



Introdução



Introdução

■ Motivação

- Uso de vídeo se tornou algo ubíquo;
 - Barateamento de *hardware*, consumo de energia dos equipamentos, qualidade de imagem, meios de transmissão.
- Resulta em grandes quantidades de vídeo que nunca serão assistidos;
- Existe necessidade de análise automática de conteúdo de vídeo;
- Surge interesse da academia (Visão Computacional).



Introdução

■ Motivação

- Criou-se um novo domínio de aplicações (*looking at people*);
 - Surveillance;
 - Análise de Movimento;
 - Realidade Virtual;
 - Controle e Automação;
 - Interfaces Avançadas;
 - Compressão de Vídeo.



Introdução

■ Motivação

□ Aplicações Promissoras - *Surveillance*

- Contagem de pessoas;
- Análise de congestionamento;
- Reconhecimento de ações;
- Atividades anormais;

□ Aplicações Promissoras – *Análise de Movimento*

- Diagnóstico automático em ortopedia;
- Análise de desempenho de atletas;
- Indexação baseada em conteúdo;



Introdução

■ Motivação

□ Aplicações Promissoras - *Interfaces Avançadas*

- Sistemas de diálogo homem-máquina;
- Interpretação de gestos;
- Leitura de labial e auxílio em sistemas de reconhecimento de voz;

□ Aplicações Promissoras – *Realidade Virtual*

- Mundos virtuais interativos;
- Teleconferências;



Introdução

■ Motivação

□ Aplicações Promissoras - *Controle e Automação*

- Acionamento de airbags;
- Detecção de sonolência ao volante;
- Detecção de pedestres;

□ Destacam-se aplicações de *Video Surveillance*

- Não apenas como desafio de pesquisa;
- Escalada de violência, atos de vandalismo, roubos e atentados terroristas.



Introdução

■ Motivação

□ Surgem diversos projetos em *Video Surveillance*

- PFinder - <http://vismod.media.mit.edu/vismod/demos/pfinder> ;
- VSAM – <http://www.cmu.edu/~vsam>;
- W4 – http://www.umiacs.umd.edu/~hismail/W4_outline.htm;
- ADVISOR – <http://www-sop.inria.fr/ADVISOR>;
- CAVIAR – <http://homepages.inf.edu.ac.uk/rbf/CAVIAR>.



Introdução

■ Problema

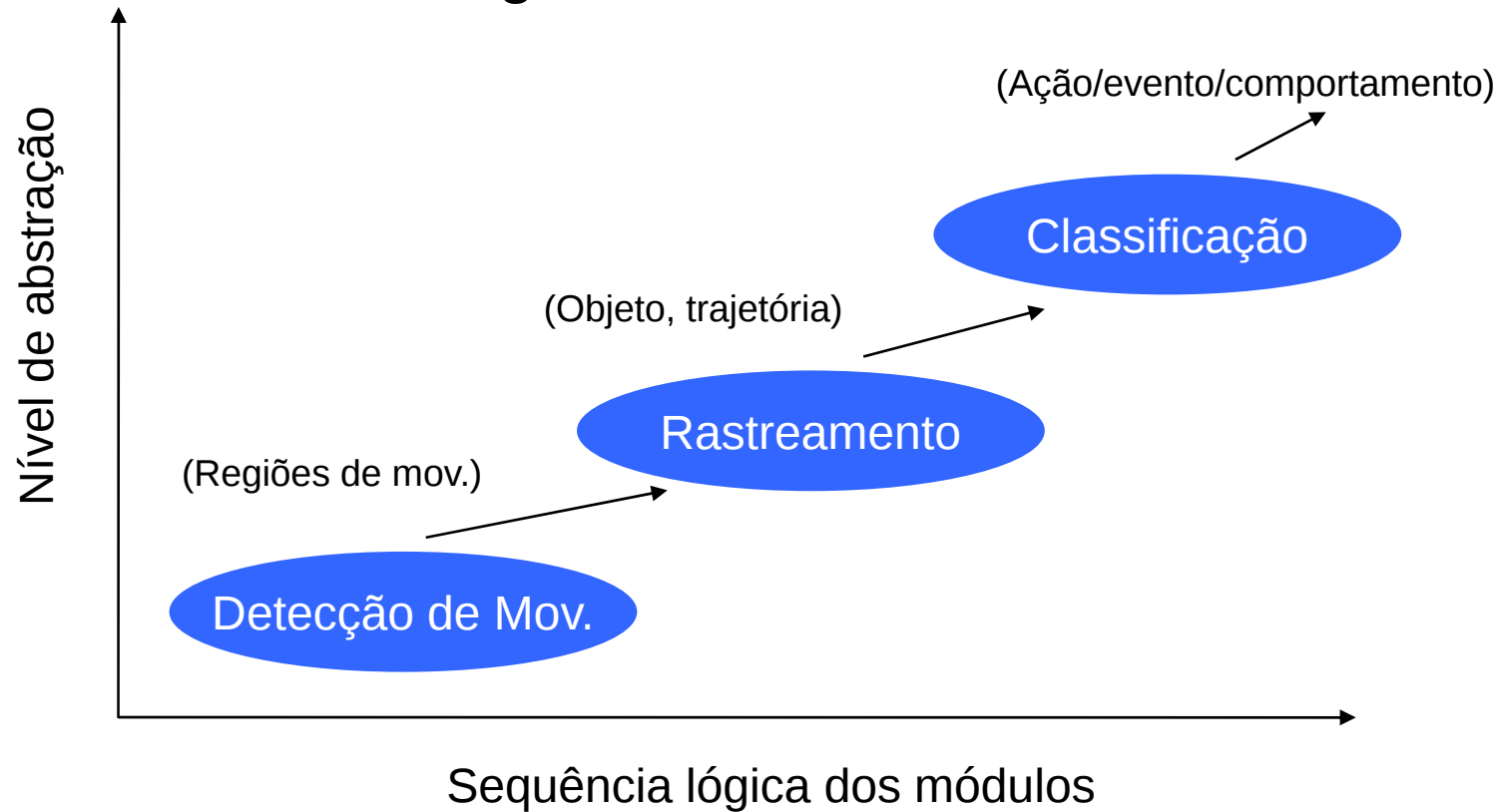
□ *“Quando vemos uma pessoa em movimento, nossos olhos a rastreiam; então, pela análise das posturas que essa pessoa assume, nosso cérebro reconhece o comportamento dela”;*

□ Desafios Gerais

- Detectar;
- Rastrear;
- Interpretar.

Introdução

■ Sistemas de Vigilância Automática





Introdução

■ Objetivos

- ☐ Revisar técnicas tradicionalmente utilizadas em sistemas de vigilância automática;
- ☐ Destacar as principais dificuldades e tendências;
- ☐ desenvolver um protótipo de sistema que, seja capaz de detectar remoção ou abandono de objetos em ambientes monitorados.



Introdução

■ Relevância

- ☐ Sistemas automáticos devem requerer a atenção humana somente quando necessário;
- ☐ Monitoramento manual contínuo de fluxo de vídeo além de estar sujeito à falhas, consome tempo valioso;
- ☐ Detectar objetos abandonados é importante visto, pois podem representar riscos;
- ☐ Proteger objetos contra remoção sem a devida permissão;



Detecção de Movimento



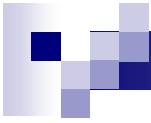
Detecção de Movimento

■ Características

- ☐ Objetos alvo;
- ☐ Modelo de segmentação;
- ☐ Processamento Pós-segmentação;
- ☐ Classificação de objetos;
- ☐ Entrada: sequência de imagens capturadas;
- ☐ Saída: Imagens binarizadas, objetos alvo;

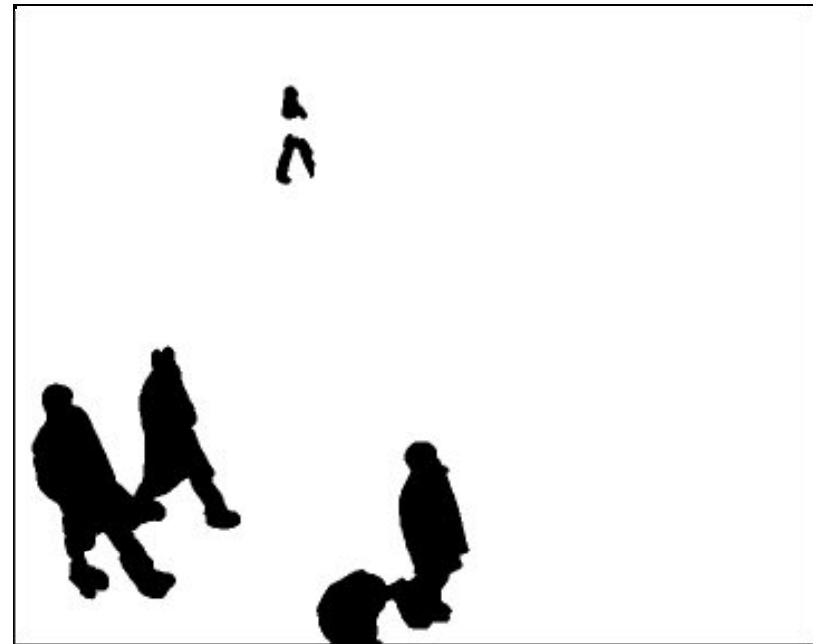
■ Desafio

- ☐ Adaptar-se às mudanças de *background*.



Detecção de Movimento

- Exemplo





Detecção de Movimento

■ Modelos de Segmentação

- ☐ Subtração de Imagem;
- ☐ Estatísticos;
- ☐ Diferença Temporal;
- ☐ Fluxo Óptico.



Detecção de Movimento

■ Modelos de Segmentação - Subtração de Imagem

- Mais simples dos modelos;
- Não adaptativo
 - Imagem estática do ambiente sem objetos alvo;
- Adaptativo

$$|I_t(i, j) - B_t(i, j)| > \tau$$

$$B_{t+1}(i, j) = \alpha * I_t(i, j) + (\alpha - 1) * B_t(i, j)$$



Detecção de Movimento

- Modelos de Segmentação – Estatístico
 - Utiliza uma ou mais grandezas estatísticas para cada *pixel*;
 - Utiliza essas grandezas para classificar os *pixels* dos quadros de entrada em *background* ou *foreground*;
 - Atualiza medidas a cada n quadros;
 - Exemplos
 - Bimodal $W4$ (Haritaoglu, 2000);
 - Mistura de Gaussianas (Satuffer & Grimson, 1999);



Detecção de Movimento

- Modelos de Segmentação – Diferença temporal
 - Subtrai, *pixel a pixel*, duas ou mais imagens de entrada consecutivas e aplica a um limiar de classificação;

$$\delta_n = |I_n - I_{n-1}|$$

$$M(u, v) = \begin{cases} I_n(u, v) & \text{caso } \delta_n(u, v) \geq T \\ 0 & \text{caso } \delta_n(u, v) < T \end{cases}$$



Detecção de Movimento

- Modelos de Segmentação – Fluxo Óptico
 - Estima o movimento entre duas imagens de entrada através de vetores de movimento contendo intensidade e direção;
 - Vantagem: invariante a movimento de câmera;
 - Desvantagem: alto custo computacional;



Detecção de Movimento

■ Processamento Pós-Segmentação

□ Remoção de Sombras

- Regiões sombreadas são semelhantes ao *background*, com uma diferença de iluminação;

□ Detecção de Regiões Conectadas;

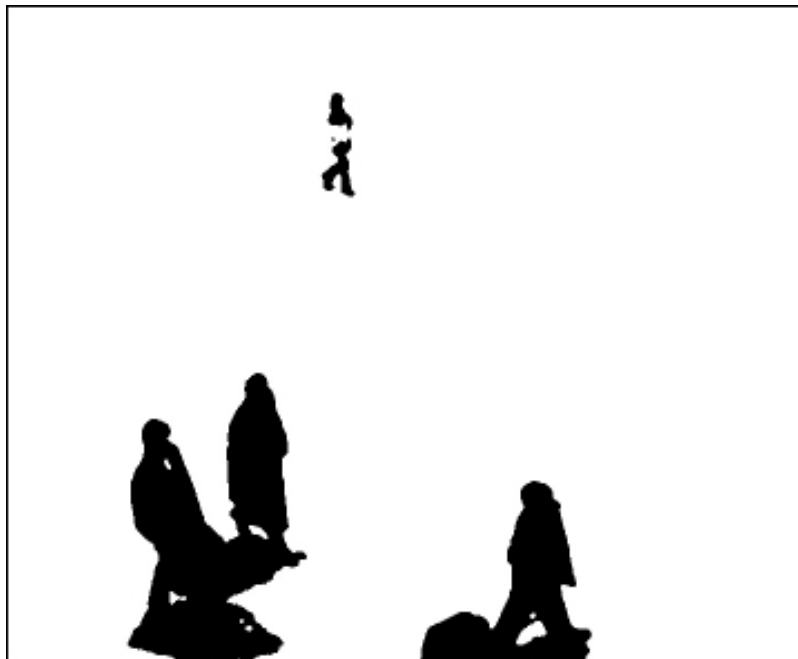
□ Remoção de Ruído;

- Remoção de regiões muito pequenas;
- Filtros de suavização;
- Erosão Dilatação.



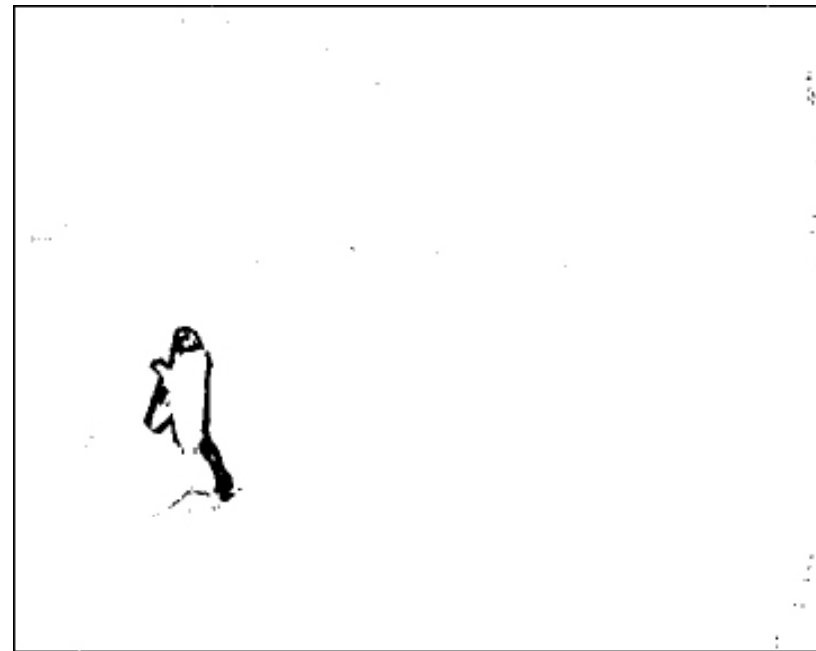
Detecção de Movimento

■ Processamento Pós-Segmentação - Exemplos



Detecção de Movimento

- Processamento Pós-Segmentação - Exemplos



Detecção de Movimento

- Processamento Pós-Segmentação - Exemplos



A decorative graphic on the left side of the slide. It consists of a large, light blue rectangle that is partially obscured by a smaller, darker blue rectangle. Overlapping these are several squares of varying shades of blue, creating a layered, pixelated effect. The word "Rastreamento" is written in white, sans-serif font across the middle of the graphic.

Rastreamento



Rastreamento

■ Características

- ☐ Algoritmo de rastreamento;
- ☐ Entrada: objetos segmentados;
- ☐ Saída: objetos rotulados.

■ Objetivo

- ☐ Estabelecer relações temporais entre objetos alvo de quadros de vídeo consecutivos.

■ Desafios

- ☐ Tratamento de oclusão (junção e divisão de objetos);
- ☐ Rastreamento multi-câmera.



Rastreamento

- Modelos de Algoritmos – Correspondência de características
 - Iterar entre os objetos de quadros consecutivos comparando os vetores de características calculados;
 - Exemplos
 - Altura;
 - Largura;
 - Área;
 - Perímetro;
 - Retângulo mínimo;
 - Compactação;
 - Regularidade;



Rastreamento

- Modelos de Algoritmos – Filtro de Kalman
 - Conjunto de equações matemáticas;
 - Composto de duas etapas: predição e correção;

$$x_k^- = Ax_{k-1} + Bu_{k-1}$$

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q$$

Predição

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1}$$

$$x_k = x_k^- + K_k(z_k - Hx_k^-)$$

$$P_k = (I - K_k H)P_k^-$$

Correção



Detecção de Ações



Detecção de Ações

■ Características

- Classificação de dados com características que variam no tempo;
- Entrada: objetos rastreados;
- Saída: depende da aplicação (alarmes ao operador);
- Classificador
 - Tradicional;
 - Simples heurísticas;



Detecção de Ações

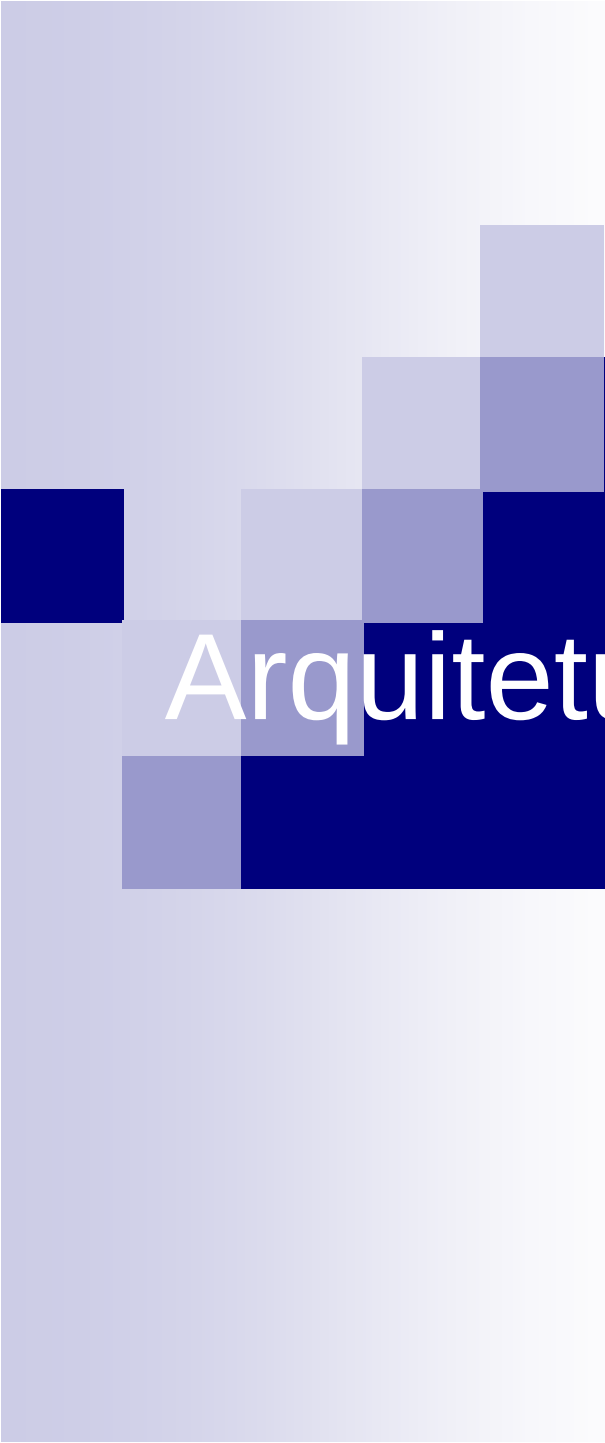
- Classificadores

- Tradicionais

- *Hidden Markov Model*;
 - *Template Matching*;
 - Redes Bayesianas;
 - Redes Neurais.

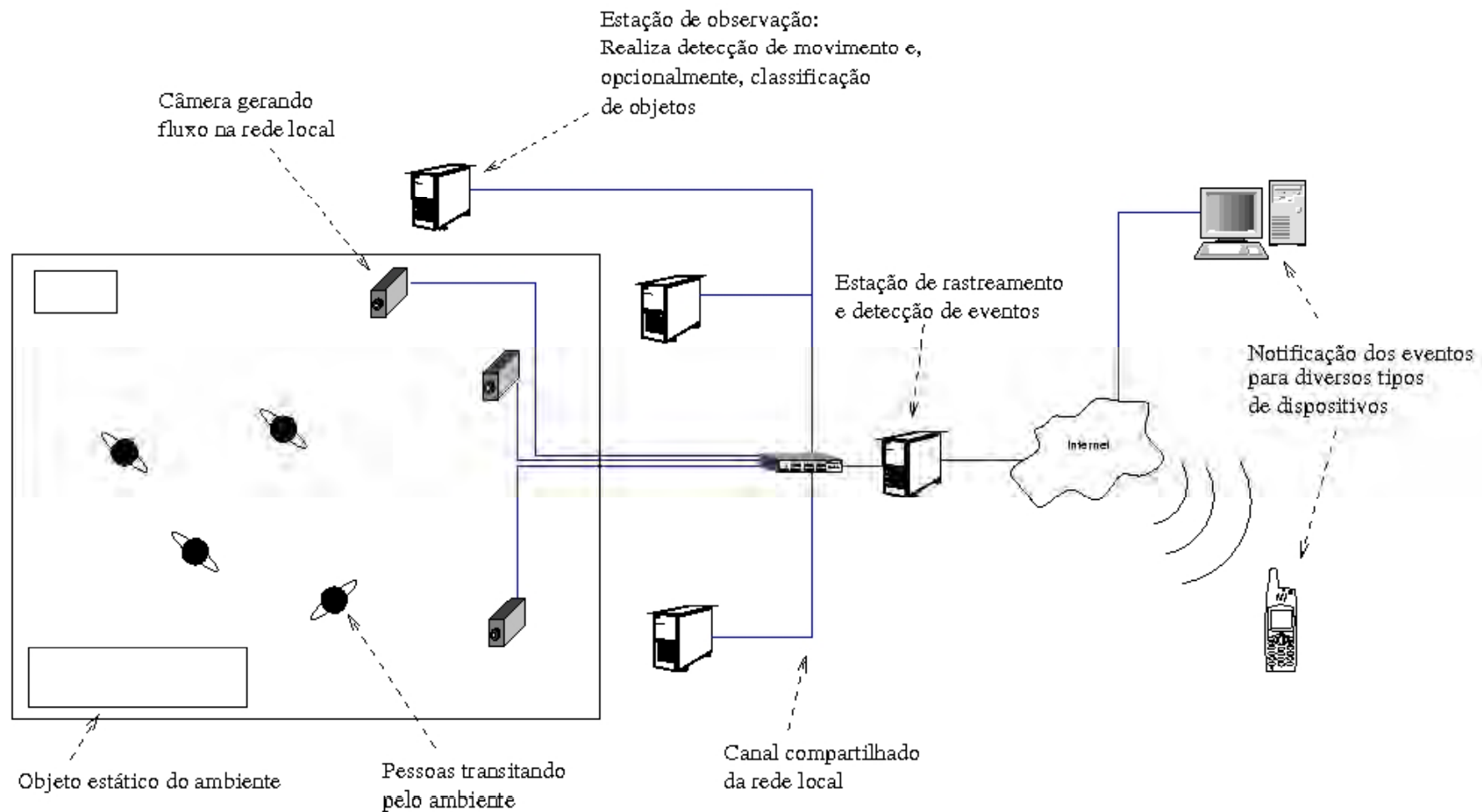
- Heurísticas

- Conjuntos de regras.



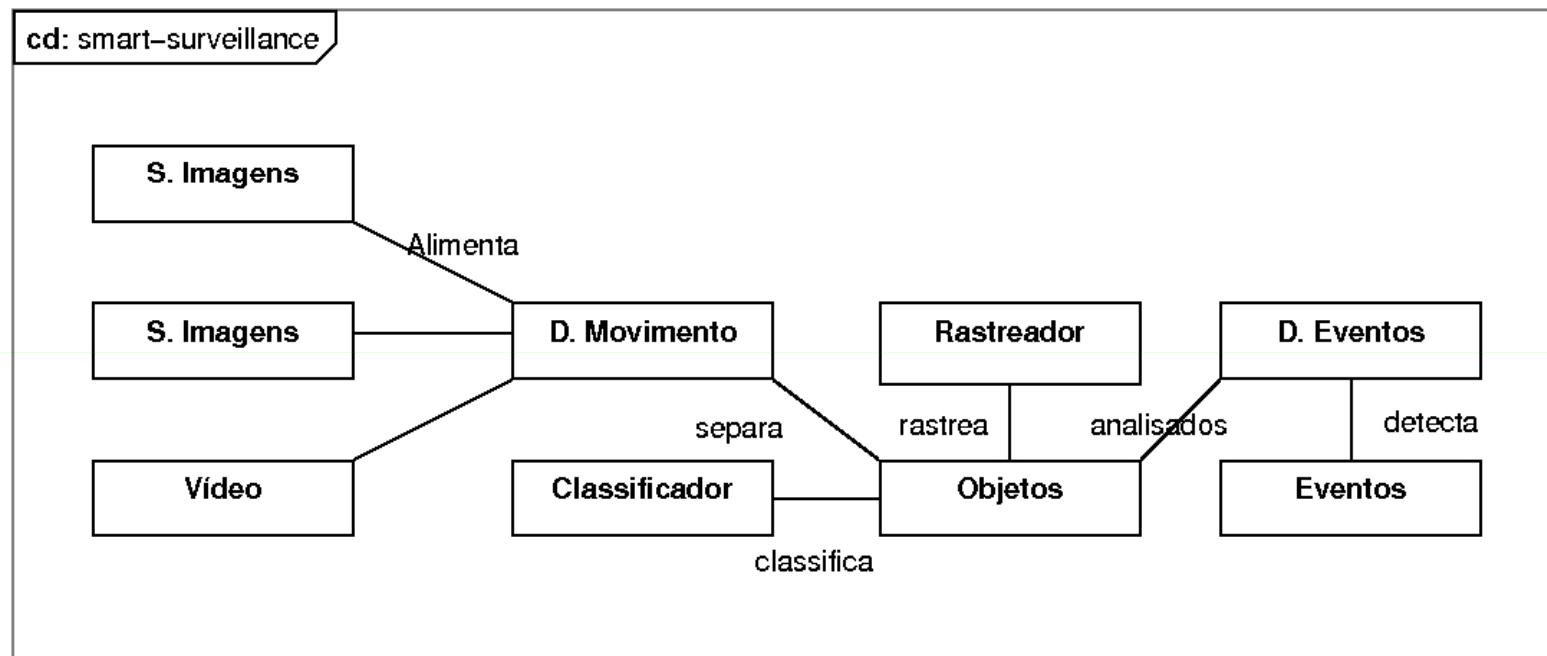
Arquitetura e Implementação

Arquitetura Proposta



Implementação

■ Sistema de Vigilância Automática



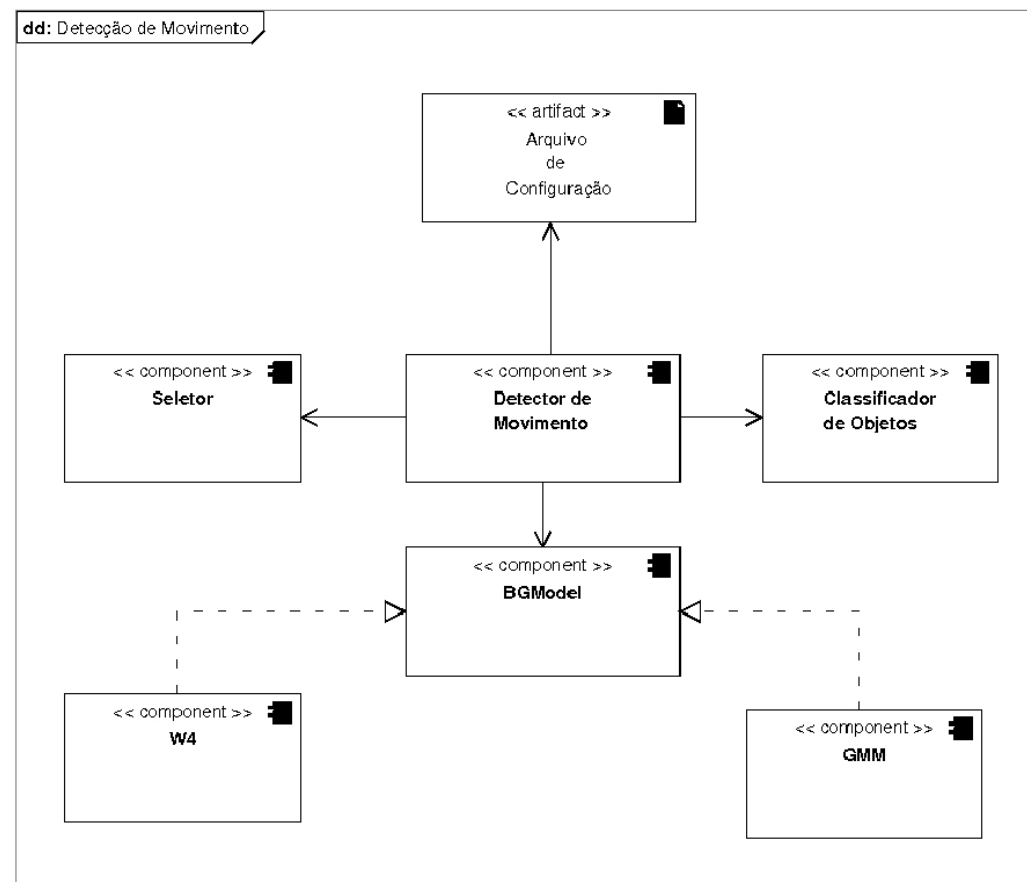


Implementação

- Sistema de Vigilância Automática
 - Módulos Implementados
 - Detecção de Movimento;
 - Rastreamento;
 - Detecção de Abandono e Remoção de Objetos.
 - Ferramentas
 - Linguagem C;
 - Ambiente Eclipse + *Plugin* CDT;
 - Bibliotecas: OpenCV, FFMPEG.

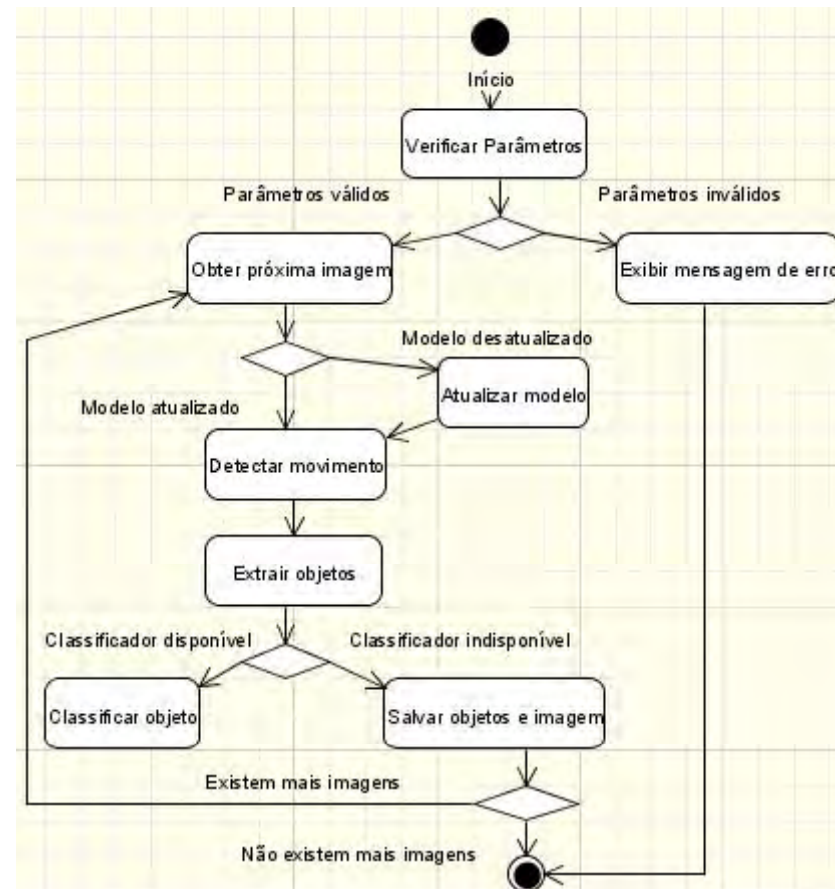
Implementação

■ Detecção de Movimento



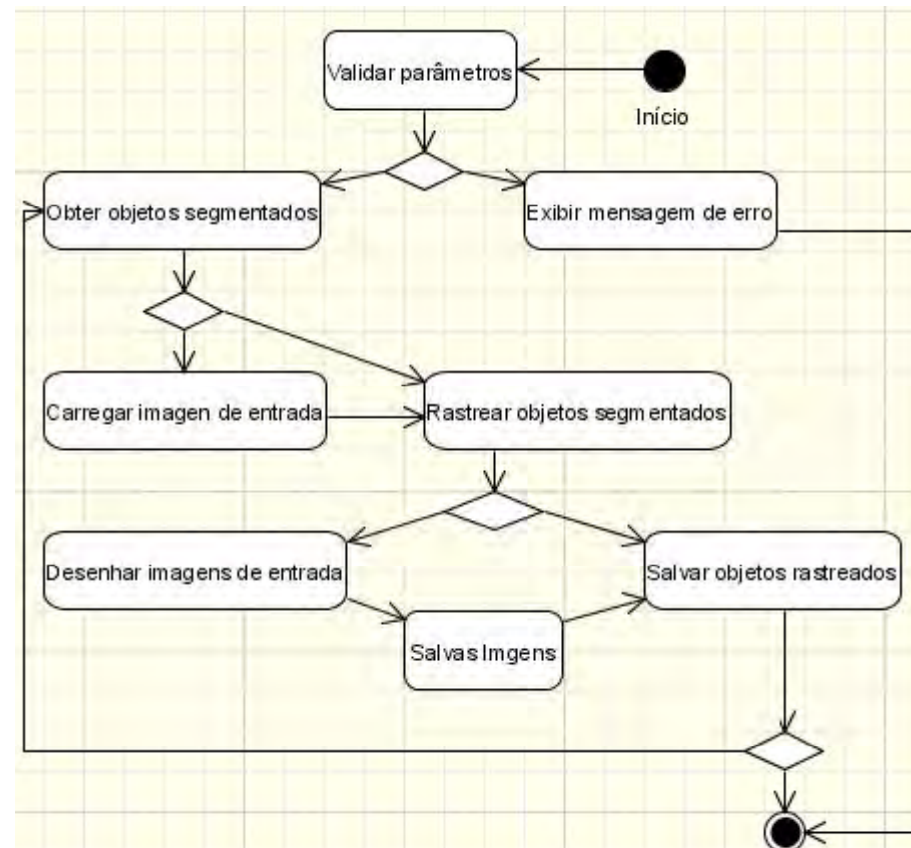
Implementação

■ Detecção de Movimento



Implementação

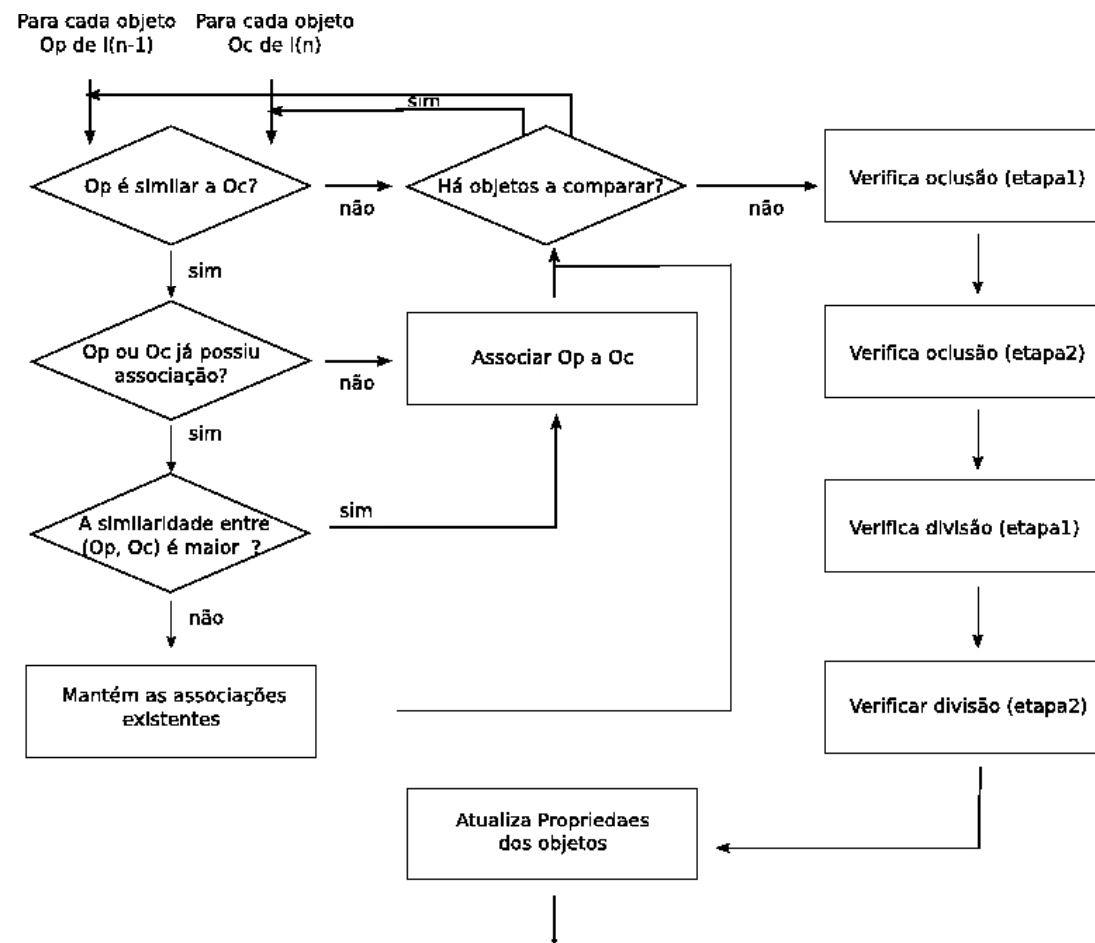
■ Rastreamento





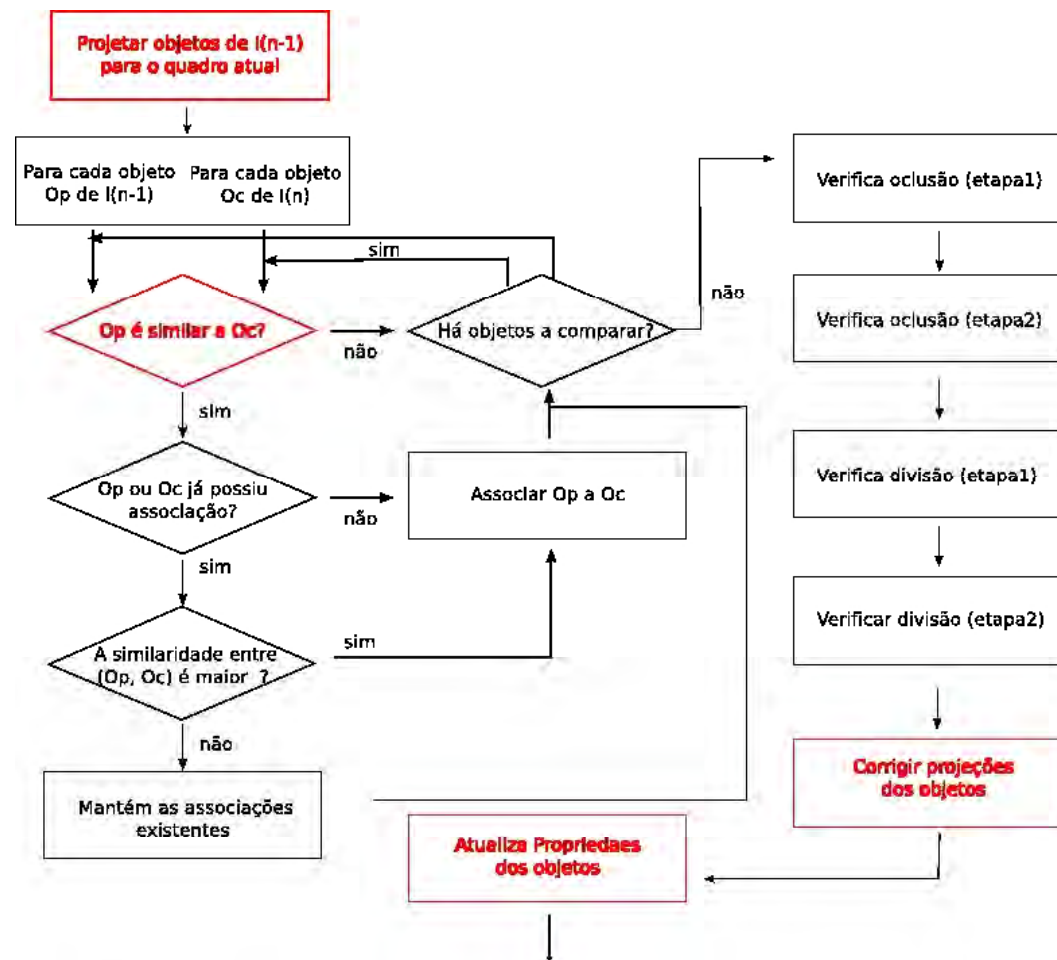
Implementação

■ Rastreamento



Implementação

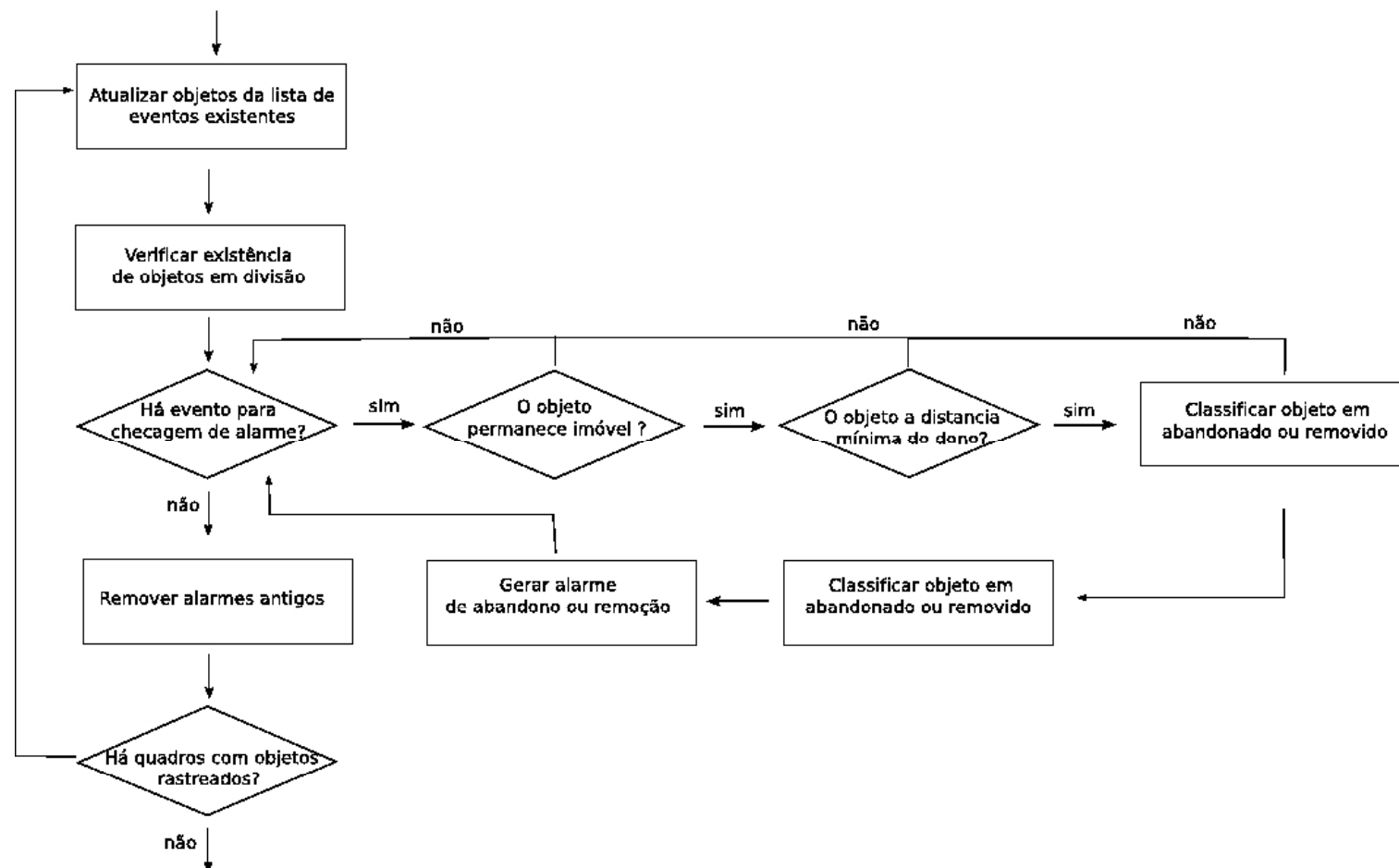
■ Rastreamento





Implementação

■ Detecção de Ações





Bases de Dados e Experimentos



Bases de Dados

- Bases de Dados para Experimentos

- Detecção de Movimento

- *PETS 2004 (indoor)*;
 - *PETS 2001 (outdoor)*.

- Rastreamento

- *PETS 2006*.

- Detecção de Eventos

- *PETS 2006*;
 - Vídeos Produzidos no DSC.



Bases de Datos



PETS 2001



PETS 2006



PETS 2004



Vídeo DSC



Experimentos

■ Detecção de Movimento

Métricas	W4 (%)	GMM (%)
Detecção Correta	90,51	94,72
Falha de Detecção	3,50	1,84
Região Dividida	1,09	0,72
Região Conjunta	1,43	1,36
Região Conjunta e Dividida	3,47	1,36
Detecção Total	96,50	98,16
Ruído	39,22	11,13

PETS 2004 - Indoor

Métricas	W4 (%)	GMM (%)
Detecção Correta	63,10	60,00
Falha de Detecção	6,65	10,91
Região Dividida	0,8	0,01
Região Conjunta	25,59	28,36
Região Conjunta e Dividida	3,86	0,11
Detecção Total	93,35	89,09
Ruído	61,74	38,78

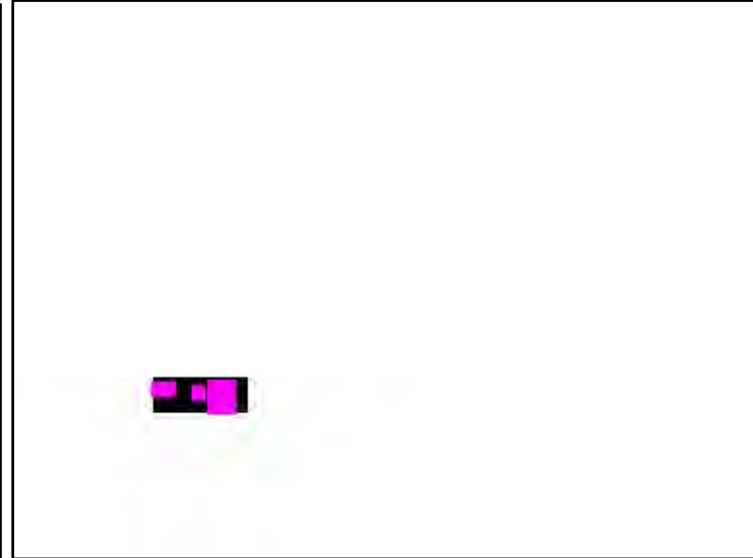
PETS 2001 - outdoor

Experimentos

- Detecção de Movimento – w4



Original



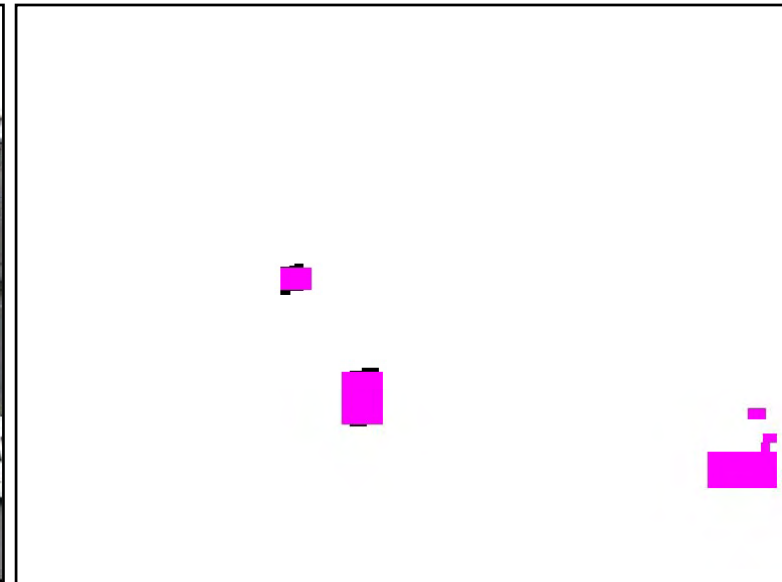
Segmentação vs *Conj. Verdade*

Experimentos

- Detecção de Movimento – *GMM*



Original



Segmentação vs *Conj. Verdade*



Experimentos

■ Rastreamento

Algoritmo	Estratégia	Deteção de Oclusão/Junção	Tratamento de Oclusão/Junção	Deteção de Divisão
Algoritmo 1	Similaridade de vetor de características.	Sim	Não. Atribui ao objeto resultante o rótulo do maior objeto em oclusão.	Sim.
Algoritmo 2	Similaridade de vetor de características e Filtro de Kalman.	Sim	Sim. Utiliza a predição da posição do objeto.	Sim.



Experimentos

■ Rastreamento – Algoritmo 1

Objeto	Quadros	Núm. de Rótulos	Q. Rastreados	Divisões	Junções
Objeto 1	195	1	195	0	0
Objeto 2	132	1	132	2	2
Objeto 3	110	1	110	1	0
Objeto 4	153	1	153	8	4
Objeto 5	1140	2	671	27	15
Objeto 6	167	1	167	0	0
Total	1897	7	1428	38	21

Experimentos

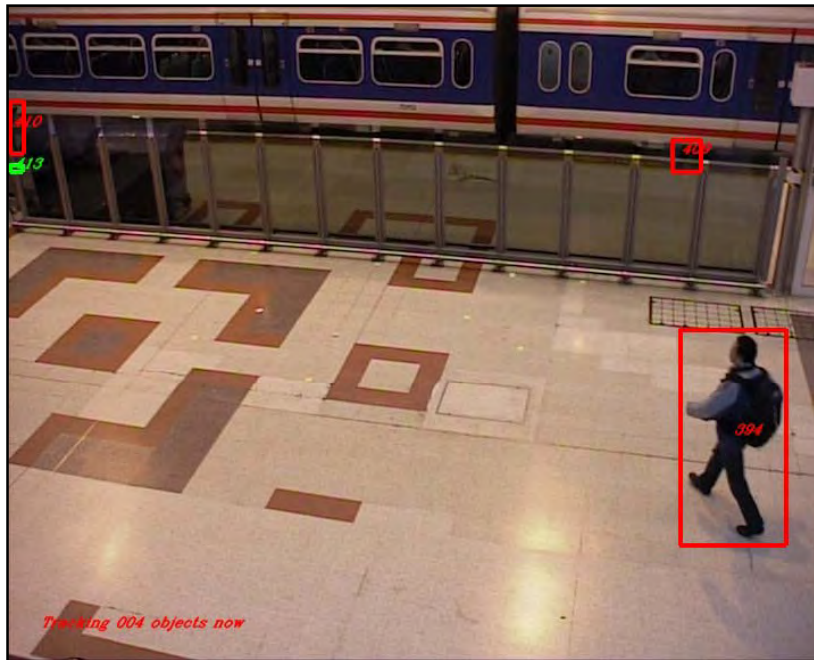
■ Rastreamento – Algoritmo 1



Objeto 1

Experimentos

■ Rastreamento – Algoritmo 1



Objeto 5



Experimentos

■ Rastreamento – Algoritmo 2

Objeto	Quadros	Núm. de Rótulos	Oclusões/ Junções	Oclusões Detectadas	Rótulos Recuperados
Objeto 7	120	4	7	7	4
Objeto 8	115	3	1	1	1
Objeto 9	120	2	2	2	1
Objeto 10	100	1	1	1	1
Objeto 11	95	2	2	2	0
Total	550	12	13	13	7

Experimentos

■ Rastreamento – Algoritmo 2



Objeto 10



Experimentos

■ Eventos - Abandono e Remoção de Objetos

□ Restrições

- Um objeto sofre divisão;
- Um dos objetos resultantes permanece imóvel;
- Um dos objetos permanece a uma distância maior que um limiar mínimo;
- O evento permanece em alarme por certo tempo.



Experimentos

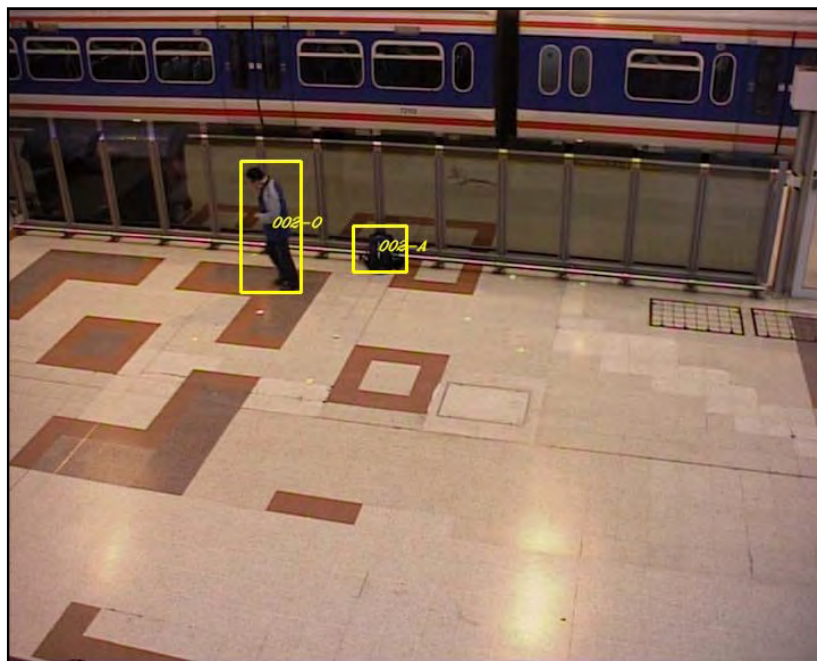
- Eventos – Abandono e Remoção de Objetos

Vídeo	Quadros	Abandonos	Oclusões/ Junções	Oclusões Detectadas
Vídeo 1	3021	1	0	0
Vídeo 2	3000	6	0	5
Vídeo 3	3400	5	0	3
Vídeo 4	840	1	1	0



Experimentos

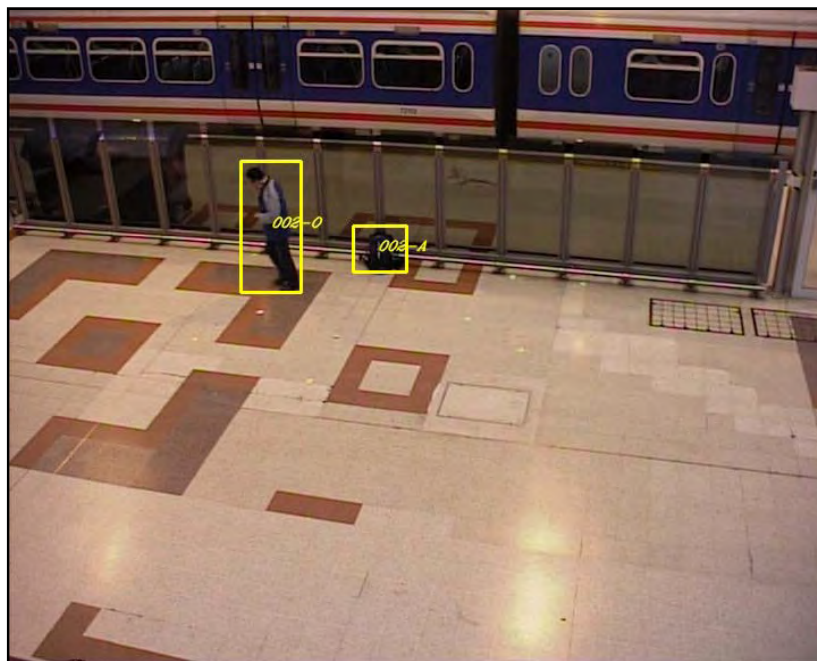
- Eventos - Abandono e Remoção de Objetos





Experimentos

- Eventos - Abandono e Remoção de Objetos





Conclusões e Trabalhos Futuros



Conclusões

■ Detecção de Movimento

- A principal questão a ser observada no uso de modelos de segmentação adaptativos diz respeito ao momento em que as adaptações são feitas;
- Modelo *W4* apresentou maior consumo de recursos computacionais;
- Detecção de Sombras apresentou melhores resultados com modelo *W4*;
- Implementação do *GMM* não apresentou se apresentou muito superior ao *W4* como se esperava;
- Alternativas: Considerar *frame rate* do vídeo, combinação de técnicas de diferentes modelos, uso erosão dilatação.



Conclusões

■ Rastreamento

- São dois os principais fatores que dificultam o rastreamento: falhas de segmentação e a oclusão/junção entre dois ou mais objetos;
- Algoritmo 1 comportou-se melhor em relação à falhas de segmentação;
- Algoritmo 2 não obteve êxito (predição apenas da posição);
- Tratamento de oclusão passa, necessariamente por uso de múltiplas câmeras.



Conclusões

■ Eventos

- ☐ Viabilidade de uso de heurísticas simples em vídeos não complexos;
- ☐ Eventos e Ações complexas exigem mecanismos tradicionais de aprendizagem de máquina;
- ☐ Módulo mais prejudicado pela deficiência dos demais;



Trabalhos Futuros

- Experimentar Combinações de modelos de segmentação;
- Avaliar a representatividade dos itens de um vetor de características para rastreamento;
- Implementar algoritmos de rastreamento multi-câmera;
- Incorporar classificadores de diversos tipos de objetos;
- Elaborar técnicas para otimização de parâmetros de cada módulo;
- Desenvolvimento de um *framework* que permitisse avaliar técnicas tradicionais, bem como adição e testes de novos modelos.