

# Desenvolvimento de um Sistema de Vigilância Inteligente Através de Visão Computacional

Maurício Edgar Stivanello, Saulo Vargas, Emerson André Fedechen

<sup>1</sup>Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) - Campus Gaspar Gaspar – SC – Brazil

{mauricio.stivanello,saulo.vargas,emerson.fedechen}@ifsc.edu.br

**Resumo.** *Sistemas de vigilância eletrônica são cada vez mais utilizados. Tradicionalmente, o processo de monitoramento é realizado através de um CFTV, onde um operador humano é responsável pela avaliação das imagens geradas. Observa-se, porém, que esse método é demasiadamente repetitivo e cansativo, fazendo com que a efetividade decaia ao longo do tempo. No presente trabalho é apresentado o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de ambientes inteligente onde tarefas como detecção e estimação de posição métrica de objetos da cena foram automatizadas. Os resultados obtidos nos testes preliminares apresentados indicam a efetividade no emprego das técnicas selecionadas.*

## 1. Introdução

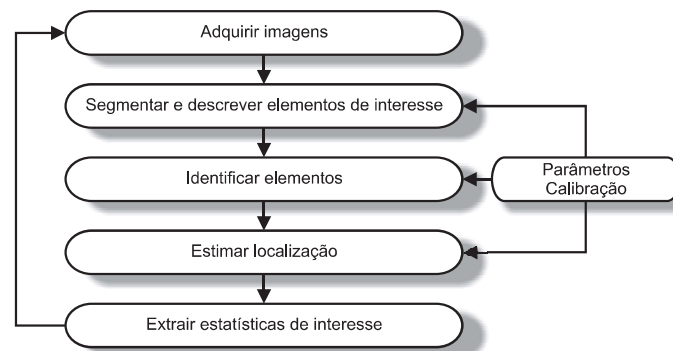
A crescente demanda por segurança nos dias atuais popularizou o uso de sistemas de monitoramento. Nestes sistemas, o procedimento clássico de inspeção consiste na avaliação por um operador humano das imagens geradas por um Circuito Fechado de Televisão (CFTV), instalado no ambiente a ser monitorado. Esse tipo de procedimento não se mostra interessante, dado o declínio da efetividade da inspeção em função da repetitividade do processo e também da necessidade de monitoramento simultâneo de vários ambientes. Consequentemente, problemas como a falta de monitoramento em todos os quadros e a grande rotatividade de operadores são comuns neste tipo de processo.

Diante destas dificuldades, torna-se importante o estudo e desenvolvimento de sistemas inteligentes, capazes de gerar eventos automaticamente. As técnicas de visão computacional, que já vêm sendo empregadas com sucesso na automação de tarefas em diferentes áreas, também podem ser empregadas com este objetivo. No presente trabalho é apresentado o desenvolvimento de um sistema de monitoramento automático de ambientes empregando visão computacional. Os resultados apresentados foram alcançados através de projetos de pesquisa desenvolvidos por professores e alunos do Curso Técnico em Informática do IFSC.

Na seção 2 é apresentada a abordagem empregada no desenvolvimento de um sistema de monitoramento automatizado. Os resultados obtidos são descritos na seção 3. Finalmente, as conclusões são apresentadas na seção 4.

## 2. Metodologia Proposta

No desenvolvimento do sistema foram considerados os requisitos funcionais de *identificação de presença* e de *estimação de posição métrica de objetos ou pessoas no ambiente monitorado* [Stivanello et al. 2012]. Este tipo de dado é bastante relevante, visto que possibilita a geração automática de eventos em diferentes cenários onde se faça



**Figure 1. Fluxo de processamento de imagens**

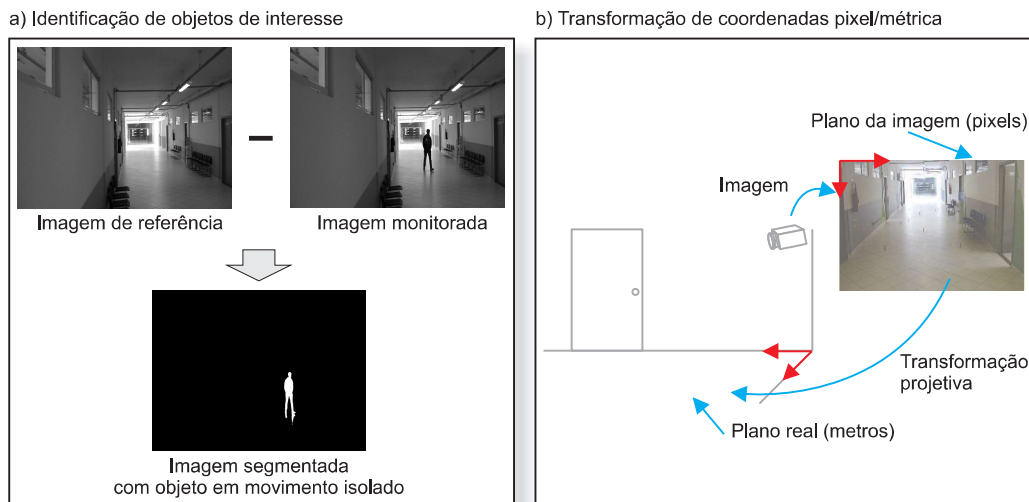
necessária informação de posição, trajetória e velocidade. O fluxograma das principais etapas de processamento presentes no sistema desenvolvido é apresentado na Figura 1.

Na etapa de *aquisição de imagens* são obtidos os sinais que descrevem a cena ou objeto em avaliação. Para o caso específico de sistemas de vigilância, esta etapa consiste em distribuir as imagens provenientes de câmeras posicionados em locais específicos, para um ou mais pontos de monitoramento ou unidade de processamento.

Na etapa de *segmentação* procura-se reproduzir o processo da visão humana, onde são efetuados agrupamentos dos pontos presentes na imagem percebida. O método implementado, simples e bastante empregado, é baseado na subtração de fundo da cena [Gonzalez and Woods 2000]. Esta abordagem mostra-se adequada para situações onde é desejado discriminar um objeto em movimento onde existe a presença de um fundo estático. O processamento geral é ilustrado na Figura 2(a). O processo se resume em realizar uma operação de subtração de intensidades entre a imagem sendo avaliada durante a operação do sistema, e outra imagem de referência contendo apenas o fundo da cena, capturada em uma etapa de configuração do sistema. Desta operação é obtida uma imagem onde a intensidade dos pontos pertencentes aos elementos em movimento se encontrarão destacados. Um pós processamento de limiarização global seguido por uma rotulação de componentes conexos é utilizado para identificar de maneira única os pontos pertencentes a cada componente da imagem, com base em vizinhança. Desta forma, é possível extrair informações dos componentes como área, centroide, base, ou mesmo descrições sofisticadas de contorno. Uma lista contendo todos os componentes válidos *identificados* na cena é então gerada. Componentes contendo área inferior a um dado limiar são desconsiderados.

Quando um objeto presente na cena é isolado pelas etapas anteriores, pode-se obter informação da posição do mesmo em coordenadas em pixel no sistema de coordenadas da imagem. Porém, em muitos casos é interessante se obter a informação métrica da *localização* do objeto na cena, com referência a um dado sistema de coordenadas do mundo. A conversão de coordenadas entre os sistemas de coordenadas envolvidos é implementada através da estimação da Transformação Projetiva, ou homografia, que relaciona os dois planos [Trucco and Verri 2003]. Esta transformação é ilustrada na Figura 2(b), e envolve o plano da imagem e o plano do piso da cena observada.

Para conseguir converter as coordenadas de um ponto descrito no sistema de coordenadas da imagem em coordenadas métricas do mundo devemos encontrar a



**Figure 2. a - Segmentação de elementos b - Conversão de coordenadas**

*transformação projetiva*  $H$ . A estimação de  $H$  é realizada em um momento que antecede a operação do sistema, através de um algoritmo de calibração. Como entrada para este algoritmo são necessários ao menos quatro pares de pontos correspondente do mundo e da imagem. Estes pontos podem ser facilmente obtidos através da utilização de marcações no plano do piso da cena. Estes pontos correspondentes são organizados na forma de um sistema de equações lineares que, uma vez resolvido, fornece os coeficientes que compõe a homografia [Hartley and Zisserman 2003].

### 3. Resultados Experimentais

As técnicas e etapas descritas na Seção 2 foram implementadas em C++ utilizando a biblioteca OpenCV. Depois de implementados os algoritmos, uma série de ensaios foram realizados, de modo a verificar a efetividade da utilização das técnicas em cada um dos casos de uso considerados no trabalho.

Para a verificação do caso de uso de identificação de movimento em uma cena monitorada, foram avaliadas sequências de vídeo durante o trânsito de pessoas em um corredor de um edifício. A estimação de movimento na cena através de subtração de imagens, rotulação de componentes conexos e filtragem morfológica mostra-se efetiva para a maioria dos quadros.

Outros ensaios foram realizados com o objetivo de verificar os resultados obtidos para o caso de uso de estimação de coordenadas métricas. Para este fim, foram capturadas imagens contendo objetos cuja coordenada métrica no mundo era conhecida. Como sistema de coordenadas do mundo foi considerado o piso do andar monitorado, sendo a origem convencionalizada como um dos cantos do mesmo. Foi considerado para estimação das coordenadas o ponto central da base de cada objeto. Para cada objeto, foi identificado o respectivo ponto na imagem capturada pela câmera. Este ponto foi então utilizado para realizar a retroprojeção no espaço, empregando a homografia estimada em uma etapa de calibração, obtendo-se assim a estimação do ponto 3D no mundo a partir do ponto 2D na imagem. Este procedimento foi realizado para 10 pontos, em posições diferentes das utilizadas para estimação da homografia.

A partir dos valores obtidos na estimação de pontos do plano real, realizou-se um teste estatístico para avaliação dos resultados. Os pontos estimados apresentaram uma distância euclidiana média de 0,1468 m, com desvio padrão de 0,17 m. Isso significa que não há diferença significativa entre os pontos estimados e os pontos esperados, com  $p = 0,98$ .<sup>1</sup> Considera-se que os resultados de estimação são satisfatórios, e que a exatidão alcançada é suficiente para várias aplicações de monitoramento de ambientes.

Em relação ao tempo necessário ao processamento das etapas envolvidas, foi obtida uma média 45 ms em um computador com processador Pentium D de 2.80 GHz e 2GB de memória RAM. O baixo custo computacional alcançado permite o monitoramento automático de imagens geradas por várias câmeras simultaneamente. Ainda, é importante observar que os algoritmos podem ser otimizados empregando recursos específicos de hardware.

#### 4. Conclusões

Foi descrito, neste trabalho, o desenvolvimento e a implementação de um sistema de monitoramento automatizado de ambientes. Utilizando imagens adquiridas com uma câmera e aplicando técnicas de processamento de imagens e visão computacional, foi possível identificar objetos da cena e estimar as coordenadas métricas desses objetos no mundo. A partir destas informações, dados como trajetória e velocidade, dentre outros, podem ser obtidos. Especificamente na área de segurança, estas informações podem facilitar o processo de monitoramento através da geração automática de eventos.

Os resultados obtidos se mostraram satisfatórios, validando as técnicas selecionadas para cada etapa. Como indicado, o procedimento de identificação pode ser melhorado, utilizando técnicas de segmentação mais robustas para tratar artefatos indesejados. A estimação de coordenadas do mundo para os objetos identificados, por sua vez, apresentou resultados excelentes se considerada a natureza da aplicação.

Como trabalhos futuros, considera-se importante a implementação da estimação de outras estatísticas como velocidade e trajetória de objetos. Além disso, seria interessante incluir alguma técnica de reconhecimento que possibilite a classificação dos componentes identificados nas imagens, permitindo assim distinguir veículos de pessoas ou outros objetos da cena.

#### References

- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. (2000). *Processamento de Imagens Digitais*. Editora Edgard Blucher, 1 edition.
- Hartley, R. and Zisserman, A. (2003). *Multiple View Geometry*. Cambridge University Press.
- Stivanello, M. E., Vargas, S., and Fedechen, E. A. (2012). Desenvolvimento de um sistema de monitoramento automático de ambientes através de visão computacional. In *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Automática (CBA)*.
- Trucco, E. and Verri, A. (2003). *Introductory Techniques for 3-D Computer Vision*. Prentice Hall.

---

<sup>1</sup>A probabilidade  $p$  foi calculada com base na distribuição  $t$ .