

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

ISMAEL LUIS BRUXEL

**SISTEMA DE SEGURANÇA COM DETECÇÃO E
ACOMPANHAMENTO
DE MOVIMENTO AUTOMATIZADO**

Lajeado
2015

ISMAEL LUIS BRUXEL

**SISTEMA DE SEGURANÇA COM DETECÇÃO E
ACOMPANHAMENTO
DE MOVIMENTO AUTOMATIZADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Engenharia da Computação.

Área de concentração: Processamento de imagens

ORIENTADOR: Ronaldo Hüsemann

Lajeado

2015

ISMAEL LUIS BRUXEL

**SISTEMA DE SEGURANÇA COM DETECÇÃO E
ACOMPANHAMENTO
DE MOVIMENTO AUTOMATIZADO**

Este trabalho foi julgado adequado para a obtenção do título de bacharel em Engenharia da Computação do CETEC e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Dr. Ronaldo Hüsemann, UNIVATES

Doutor pelo PPGEE-UFRGS, Porto Alegre, Brasil

Banca Examinadora:

Prof. Alexandre Stürmer Wolf, UNIVATES

Mestre pela PUC-Rio – Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Marcelo de Gomensoro Malheiros, UNIVATES

Mestre pela UNICAMP – Campinas, Brasil

Coordenador do Curso de Engenharia da Computação: _____

Prof. Marcelo de Gomensoro Malheiros

Lajeado, novembro de 2015.

Dedico este trabalho aos meus pais Auri e Maria e as minhas irmãs Graziela e Cândida, que possibilitaram minha caminhada até esta importante etapa da minha vida que é a graduação. Sempre me apoiando e me incentivando.

AGRADECIMENTOS

Um agradecimento especial ao meu Orientador Ronaldo que sempre esteve disposto a me ajudar, e pelas valiosas ideias e paciência no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e colegas da ISSO tecnologia pela compreensão pelas minhas ausências e apoio durante a elaboração deste projeto, em especial ao Telmo pelas discussões que colaboraram no desenvolvimento do trabalho.

E agradecer a todos os professores e colegas que de uma forma ou outra auxiliaram no desenvolvimento deste projeto.

RESUMO

A crescente violência urbana vem aumentando a busca por sistemas de vigilâncias mais desenvolvidos, que consigam realizar um monitoramento de forma autônoma, garantindo um melhor controle e segurança. Meios tradicionais como os vigilantes são dispendiosos e, por vezes, sujeitos a falhas. Neste sentido a evolução tecnológica tem proporcionado sistemas que podem complementar e auxiliar as funções dos vigilantes a um custo baixo e de um modo eficaz. O objetivo do presente trabalho é apresentar um sistema que consiga fazer o monitoramento de um ambiente, recebendo dados de sensores de movimento e de uma câmera de vídeo robotizada, visando acompanhar o movimento no local vigiado. Na prática, o sistema proposto efetua a detecção de movimento em tempo real, através da análise de sequências de imagens provenientes da câmera e dos sensores de movimento. O processamento é realizado em uma placa microprocessada que recebe os sinais e de acordo com as necessidades controlará os movimentos da câmera para seguir o movimento, e armazenando o vídeo no próprio sistema para visualização futura. O desempenho do sistema foi verificado realizando diversos testes em ambientes abertos com e sem iluminação e em áreas com diversos detalhes.

Palavras-chave: processamento de sinais, segurança eletrônica, visão computacional.

ABSTRACT

The increasing urban violence has been increasing the search for more advanced surveillance systems, that can perform a monitoring autonomously, providing better control and security. Traditional means like security guards are expensive and sometimes subject to failure. In this sense technological change has provided systems that can complement and assist the functions of security guards at a low cost and effective way. The purpose of this paper is to present a system that can do the monitoring of an environment, getting motion data from sensors and from a robotic video camera in order to follow the movement in the monitored location. In practice, the proposed system performs the motion detection in real time through analysis of sequences of images from the camera and motion sensors. The processing is performed in a microprocessor board which receives the signals and according to the needs control the camera moves to follow the motion, and storing the video in the system itself for future viewing. The system performance was checked by performing several tests in open environments with and without illumination and in areas with many details.

Keywords: signal processing, electronic security, computer vision.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - SISTEMA DE MONITORAMENTO COM CÂMERA E SENSOR DE MOVIMENTO.....	14
FIGURA 2 - SENSOR DE MOVIMENTO INFRAVERMELHO PASSIVO.....	19
FIGURA 3 - SENSOR DE ABERTURA MAGNÉTICO.....	20
FIGURA 4 - EXEMPLO DE LIMIAZIZAÇÃO BINÁRIA E ADAPTATIVA.....	22
FIGURA 5 - EXEMPLO DE DILATAÇÃO DA IMAGEM A PELO NÚCLEO B.....	24
FIGURA 6 - EXEMPLO DE EROÇÃO DA IMAGEM A PELO NÚCLEO B.....	24
FIGURA 7 - EXEMPLO DE CENTRAL DE MONITORAMENTO.....	27
FIGURA 8 - ESQUEMA DE LIGAÇÃO DO SISTEMA.....	31
FIGURA 9 - DIAGRAMA DE CASO DE USO DO SISTEMA.....	32
FIGURA 10 - FLUXOGRAMA DE DETECÇÃO E MONITORAMENTO DA IMAGEM..	34
FIGURA 11 - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA PLACA DE LIGAÇÃO DOS SENSORES.....	35
FIGURA 12 - SISTEMA COM AS PLACAS MONTADAS.....	36
FIGURA 13 - TELA DO APLICATIVO FUNCIONANDO.....	38
FIGURA 14 - IMAGEM ANTERIOR DA SEQUÊNCIA.....	39
FIGURA 15 - IMAGEM ATUAL DA SEQUÊNCIA.....	40
FIGURA 16 - SUBTRAÇÃO DE FUNDO.....	40
FIGURA 17 - RESULTADO LIMIAZIZAÇÃO BINÁRIA.....	41
FIGURA 18 - EROÇÃO DA IMAGEM.....	41
FIGURA 19 - LOCAL DETECTADO O MOVIMENTO.....	42
FIGURA 20 - IMAGEM DA SEQUÊNCIA COM MUITOS DETALHES.....	43
FIGURA 21 - RESULTADO DA REMOÇÃO DAS DIFERENÇAS E EROÇÃO DA IMAGEM.....	43
FIGURA 22 - LOCAL DETECTADO O MOVIMENTO COM MUITOS DETALHES.....	44
FIGURA 23 - IMAGEM DA SEQUÊNCIA COM BAIXA ILUMINAÇÃO.....	44
FIGURA 24 - RESULTADO DA REMOÇÃO DAS DIFERENÇAS E EROÇÃO DA IMAGEM.....	45
FIGURA 25 - LOCAL DETECTADO DO MOVIMENTO COM BAIXA ILUMINAÇÃO..	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESULTADOS DOS TESTES DOS ALGORITMOS.....	37
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

CFTV:	Circuito Fechado de Televisão
HTTP:	Hypertext Transfer Protocol
IP:	Internet Protocol
IVP:	InfraVermelho Passivo
LED:	Light Emitting Diode
LK:	Lucas-Kanade
OpenCV:	Open Source Computer Vision
PTZ:	Pan Tilt Zoom
RF:	Rádio Frequência

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Circuito fechado de televisão CFTV.....	16
2.1.1 Sistemas analógicos.....	16
2.1.2 Sistemas digitais.....	17
2.2 Tipos de câmeras.....	17
2.2.1 Microcâmeras.....	17
2.2.2 Câmeras Pinhole.....	17
2.2.3 Minicâmeras.....	17
2.2.4 Câmeras profissionais.....	18
2.2.5 Câmeras IP.....	18
2.2.6 Câmeras PTZ.....	18
2.3 Tipos de sensores.....	18
2.3.1 Sensor de Movimento Infravermelho Passivo.....	18
2.3.2 Sensor de Movimento Infravermelho e Micro-ondas.....	19
2.3.3 Sensor de Movimento por Rádio Frequência.....	19
2.3.4 Sensor de Quebra de Vidro.....	20
2.3.5 Sensor de Abertura Magnético.....	20
2.3.6 Sensor de Abertura por Contato.....	21
2.3.7 Sensor Infravermelho Ativo Externo.....	21
2.4 Processamento de Imagens.....	21
2.4.1 Limiarização.....	21
2.4.2 Detecção de Borda.....	22
2.4.3 Histograma.....	22
2.4.4 Dilatação e erosão.....	23
2.5 Métodos de detecção de movimentos.....	24
2.5.1 Subtração de fundo.....	24
2.5.1.1 Método da diferença de imagens.....	24
2.5.1.2 Método das misturas Gaussianas.....	25
2.5.2 Modelo de movimentos.....	25
2.5.3 CamShift.....	25
2.5.4 Fluxo óptico.....	26
2.6 Estudos de caso.....	27
3 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO.....	29
3.1 Descrição do hardware do sistema proposto.....	29
3.1.1 Câmera robotizada.....	29
3.1.2 Sensores de presença.....	29
3.1.3 Placa microprocessada.....	30
3.2 Descrição do software.....	31
3.2.1 Biblioteca OpenCV.....	32
3.3 Monitoramento do ambiente.....	32
4 DESENVOLVIMENTO.....	35

4.1 Hardware desenvolvido.....	35
4.2 Software desenvolvido.....	36
4.2.1 Escolha do algoritmo de detecção.....	36
4.3 Funcionamento do aplicativo.....	37
5 VALIDAÇÃO.....	39
5.1 Experimento em área aberta.....	39
5.2 Experimento em área com muitos detalhes.....	42
5.3 Experimento em ambiente escuro.....	44
6 CONCLUSÃO.....	46

1 INTRODUÇÃO

Dados sobre a violência urbana levam os cidadãos a terem uma maior preocupação com a segurança (SSP, 2015). Neste cenário, a implantação de sistemas de vigilância desperta o interesse em diversas áreas, tais como: segurança nacional, segurança domiciliar e bancária, monitoramento de tráfego e navegação, aplicações militares, entre outras (JAVED; SHAH, 2008).

Um sistema de segurança completo deve conter requisitos de detecção de intrusão, avaliação de vídeo, detecção de incêndio e controle de acesso. Funções críticas e locais devem ser monitoradas usando comunicações de *backup* com e sem fio (KRUEGLE, 2007).

Com o aumento do interesse pela vigilância a necessidade de criar e implementar sistemas de vigilância visuais inteligentes ou automatizados, vem crescendo. Para isso novas pesquisas desses sistemas automáticos de vigilância visuais vem sendo realizadas, tendendo a combinar várias tecnologias, tais como: processamento de sinais e telecomunicações (VELASIN; REMAGNINO, 2006).

Deste modo surge a necessidade de sistemas que facilitem o monitoramento de ambientes, onde seja possível monitorar sensores e detectar movimento. Um sistema que permita o acesso das informações de forma centralizada, possibilitando: uma redução de espaço de armazenamento das imagens, acionamento de um alarme, diminuição no consumo de energia.

Baseado neste contexto, o presente trabalho descreve o projeto de um sistema de vigilância capaz de detectar automaticamente o movimento de objetos em tempo real a partir das imagens de vídeo de uma câmera. Então o sistema deve ser capaz de controlar uma câmera robotizada a fim de acompanhar o movimento de objetos na direção horizontal e vertical.

O sistema proposto está constituído de partes de hardware e software. O hardware, indicado na Figura 1, possui uma placa microprocessada com conexão Ethernet, portas de entrada e saída digitais, uma câmera de vídeo robotizada e sensores de movimento.

Conforme proposto, quando um sensor for acionado a câmera se move em direção do local do sensor e caso encontre movimento, acompanha o mesmo. O sistema poderá gerar um alerta a fim de sinalizar o ocorrido para um segurança ou responsável do local.

Figura 1 - Sistema de monitoramento com câmera e sensor de movimento.



Fonte: Autor.

O software é constituído por um sistema operacional, pela biblioteca OpenCV para detecção de movimento e tratamento de imagens, um sistema de armazenamento de vídeo.

Para avaliação do sistema proposto, foram realizados testes em diversos ambientes simulando condições reais de utilização. As imagens foram adquiridas diretamente da câmera e processadas para detectar o movimento. Em todos os testes o sistema se demonstrou apto a detectar e seguir o movimento.

Para a realização do projeto foi feita uma pesquisa sobre os componentes necessários que deram origem ao presente documento e serão detalhados nos próximos capítulos. As tecnologias e equipamentos utilizados atualmente no monitoramento de ambientes e os métodos de processamento de imagem quanto os algoritmos de detecção de movimento, são especificados no Capítulo 2. A descrição e elaboração dos componentes escolhidos do projeto

estão descritas no Capítulo 3. O funcionamento e apresentação do sistema no Capítulo 4. Os resultados dos testes realizados estão descritos no Capítulo 5. As conclusões sobre o sistema no Capítulo 6.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Caputo (2014) os principais dispositivos para o monitoramento interno são os circuitos fechados de televisão (CFTV). Os sistemas antigos de CFTV tinham apenas a função de captar e armazenar imagens. Atualmente, existem softwares de captura de imagem de sistemas CFTV capazes de atuar como alarmes, pois os mesmos ativam sirenes, discam para números de telefones e podem acionar centrais de segurança. Ainda neste capítulo, serão demonstrados os principais dispositivos para controle perimetral de segurança, que são utilizados atualmente.

2.1 Circuito fechado de televisão CFTV

Os sistemas existentes atualmente no mercado podem ter três configurações distintas, quanto a conexão física (KRUEGLE, 2007):

- a) Sistemas interligados a fio, no qual a principal via de comunicação é o cabo coaxial. Este sistema normalmente é utilizado em circuitos analógicos;
- b) Sistemas que utilizam IP (Internet Protocol) as câmeras possuem comunicação Ethernet incorporada, permitindo assim instalar o equipamento em redes estruturadas de Informática. Utilizado em sistemas digitais;
- c) Sistemas sem fio onde as câmeras se comunicam com as centrais de controle através de rádio frequência (RF). Sendo encontrado tanto em sistemas analógicos quanto digitais.

2.1.1 Sistemas analógicos

Um sistema de circuito fechado de televisão analógica tem a finalidade de armazenar as imagens que são capturadas por câmeras analógicas e transmitir estas informações até um gerenciador de imagens. Normalmente o cabo coaxial é utilizado para transmissão de dados neste tipo de tecnologia (DAMJANOVSKI, 2014).

As imagens podem ser gravadas e armazenadas em fitas VHS. Simultaneamente, as imagens gravadas são exibidas em um monitor, para a devida vigilância na central de controle. O armazenamento das imagens em fitas magnéticas é a principal característica de um sistema CFTV analógico (DAMJANOVSKI, 2014).

2.1.2 Sistemas digitais

O sistema de gravação digital tem como característica principal monitorar e gravar simultaneamente suas imagens através de um computador. Possibilitam o acesso remoto das imagens gravadas ou ao vivo através da Internet. Possuem inúmeras vantagens sobre as analógicas tais como: imunidade a ruído na transmissão, processamento e armazenamento digital permitindo criptografia das imagens, inexistência de diferença nas imagens originais e nas cópias, e a possibilidade de validar a originalidade de uma cópia da imagem (CAPUTO, 2014).

2.2 Tipos de câmeras

Para os sistemas de circuito fechado de televisão, existem diversos tipos de câmeras, como por exemplo, as microcâmeras, câmeras *pinhole*, as minicâmeras, câmeras profissionais, câmeras PTZ (Pan Tilt Zoom) e câmeras IP. A seguir, tem-se o detalhamento de cada modelo.

2.2.1 Microcâmeras

Podem ser encontradas em versões preto e branco e coloridas. A qualidade das imagens geradas e o desempenho em áreas muito grandes são as principais desvantagens. Porém o baixo custo, facilidade de instalação difundiram a sua utilização. Alguns modelos possuem emissores de luz infravermelhos acoplados à câmera para a captação de imagens no escuro, em pequenas distâncias (FAY, 2007).

2.2.2 Câmeras Pinhole

São microcâmeras com a característica de possuírem uma lente com tamanho extremamente reduzido, sem prejudicar à captação da imagem. Geralmente utilizadas em aplicações onde o tamanho deva ser reduzido, como em locais ocultos. Sua aplicação se concentra em residências, consultórios, escritórios e qualquer outro local onde a câmera deva estar escondida, sem que as pessoas percebam sua presença (FAY, 2007).

2.2.3 Minicâmeras

Semelhantes as microcâmeras, com a diferença de que estas possuem a conexão para diversos tipos de lentes convencionais de CFTV, podendo assim ter o controle de foco e o ângulo de captura das imagens ajustada ao ambiente (FAY, 2007).

2.2.4 Câmeras profissionais

Caracterizam-se por serem mais robustas e com mais recursos tecnológicos, como por exemplo, ajustes automáticos de íris, e outros ajustes que permitem melhorar a qualidade das imagens capturadas. Possuem melhor resolução e qualidade de imagem, quando comparadas às microcâmeras (DAMJANOVSKI, 2014).

2.2.5 Câmeras IP

As câmeras IP conhecidas também como câmeras de rede, possuem um servidor *web* interno que possibilitam o envio de imagens em tempo real diretamente por uma rede interna ou Internet.

Podem ser fixas ou móveis, controladas à distância pela rede. Existem modelos que podem utilizar comunicação sem fio, sem a necessidade de conexão física. Utilizam vários protocolos de rede padronizados (MUELLER, 2005).

2.2.6 Câmeras PTZ

As câmeras PTZ têm sua movimentação motorizada, e conseguem analisar imagens em giros de até 360 graus no eixo horizontal, com movimentações de até 120 graus no eixo vertical. Existem modelos que se comunicam em barramento RS485, Rádio Frequência (RF) e IP. A movimentação de seu posicionamento é feita através de mesas de controle, e é realizada pelo responsável da central, que pode inclusive ampliar a imagem, aproximando a um ponto específico (KRUEGLE, 2007).

2.3 Tipos de sensores

2.3.1 Sensor de Movimento Infravermelho Passivo

Os sensores infravermelho passivo (IVP) são detectores de movimento de calor. Estes detectores utilizam sensores de infravermelho que ativam o alarme ao detectarem mudanças de temperatura em movimento no ambiente (causadas, por exemplo, pelo movimento de um ser humano). Os modelos mais modernos como pode ser visto na Figura 2 utilizam duplo elemento sensor e microprocessador, fazendo a análise digital do sinal, tomando-os mais eficientes e menos suscetíveis a alarmes falsos. Existem modelos de teto, para ângulo de visão de 360° (FENNELLY, 2004).

Figura 2 - Sensor de Movimento Infravermelho Passivo.



Fonte: (INTELBRAS, 2015).

2.3.2 Sensor de Movimento Infravermelho e Micro-ondas

Os IVP + Micro-ondas (também chamados de *double technology*) seguem o mesmo princípio dos detectores IVP, com a vantagem de detectarem também mudanças na reflexão das micro-ondas emitidas pelo sensor. O alarme só é acionado quando há confirmação de movimento em ambos os sensores (calor + energia refletida). Costumam ser muito utilizados em áreas críticas onde é exigida alta eficiência e confiabilidade (FENNELLY, 2004).

2.3.3 Sensor de Movimento por Rádio Frequência

A detecção de movimentos por RF é uma técnica baseada no princípio de funcionamento do radar. Uma onda eletromagnética é enviada para o ambiente e ao encontrar um alvo é refletida e captada pelo sensor. A reflexão dessa onda faz surgir um fenômeno conhecido por Efeito Doppler que permite ser interpretado e processado. O sensor de movimentos por RF é praticamente isento de problemas de falso alarme, tendo um melhor desempenho em comparação aos sensores passivos de infravermelho (CAPEL, 1997).

2.3.4 Sensor de Quebra de Vidro

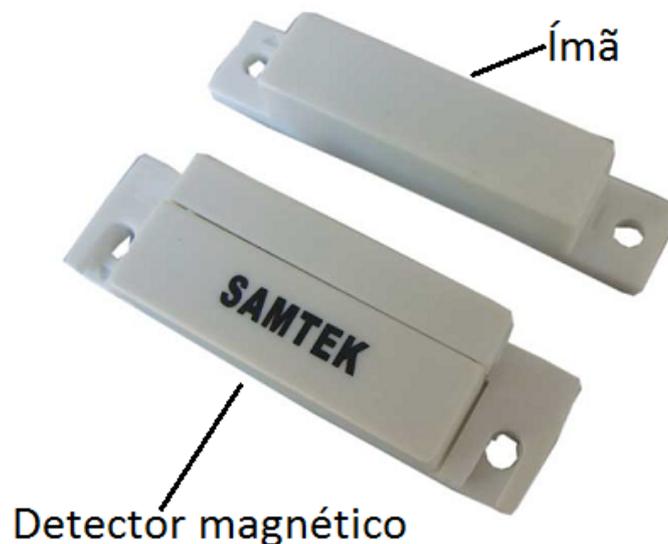
Utilizados para proteção de vitrines ou janelas. O sensor de quebra de vidro identifica a quebra pelo som causado ao se estilhaçar o vidro. O sensor possui um microfone e um microprocessador. Quando o vidro se parte, o som causado chega ao sensor. Depois de captado pelo microfone, o microprocessador analisa o som com detalhes e aciona o alarme. Trata-se de um equipamento extremamente preciso, com pequena taxa de alarmes falsos (SAMTEK, 2010).

2.3.5 Sensor de Abertura Magnético

Constituído por duas partes, um ímã e um sensor magnético, que fica sobreposto ou embutido em portas ou janelas, enquanto o sensor estiver perto do ímã os contatos estarão fechados e a corrente elétrica passará. Em caso de rompimento do campo magnético é detectada a abertura de portas ou janelas acionando o alarme (CRAIGHEAD, 2009).

A Figura 3 apresenta as duas partes do sensor, sendo que o ímã é fixado na parte móvel e o detector magnético na parte fixa da porta ou janela a ser monitorada.

Figura 3 - Sensor de abertura Magnético.



Fonte: (SAMTEK, 2015).

2.3.6 Sensor de Abertura por Contato

Instalado de forma parecida com o sensor de abertura magnético, o sensor depende de contato direto do objeto monitorado como portas e janelas. Caso ocorra a abertura a corrente elétrica para de passar pelo sensor e o alarme é acionado (CRAIGHEAD, 2009).

2.3.7 Sensor Infravermelho Ativo Externo

Este sensor é composto de uma unidade transmissora e outra receptora, que mantém um feixe duplo para controle de uma linha imaginária. Quando seus feixes (linha imaginária) são interrompidos o sistema é acionado (CAPEL, 1997).

2.4 Processamento de Imagens

Os sistemas de visão computacional, muitas vezes, necessitam de uma etapa de pré-processamento envolvendo o processamento de imagens. As imagens de onde se quer extrair alguma informação em alguns casos precisam ser convertidas para um determinado formato, tamanho ou precisam ainda ser filtradas para remover ruídos provenientes do processo de aquisição da imagem.

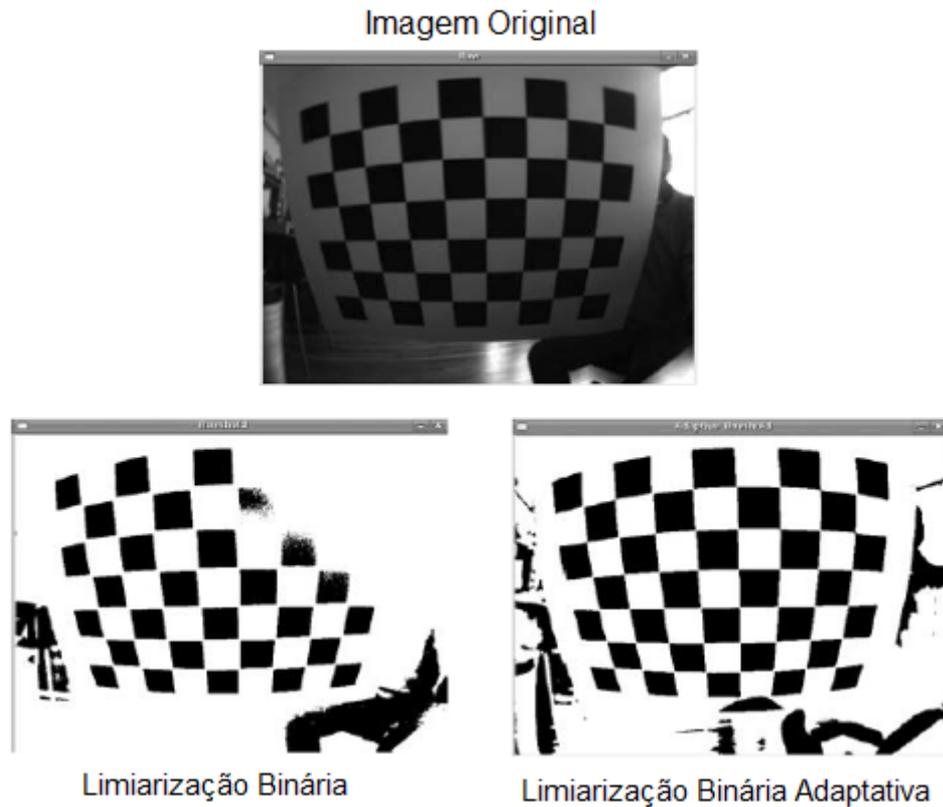
2.4.1 Limiarização

Limiarização normalmente é usado para alterar a intensidade de cor dos pixels que não pertencem a um determinado intervalo de cor, por exemplo, para extrair brilho, cor ou sombra da imagem e converter uma imagem em tons de cinza para nível binário ou imagem em preto-e-branco. A ideia básica é que para cada elemento de uma matriz, dependendo se o pixel é inferior ou superior ao limiar, o pixel de destino pode ser definido como 0, ou para um valor máximo.

Há uma técnica modificada de limiar no qual o nível de limiar é variável. A técnica de limite adaptável é útil quando existem um ponto com iluminação forte ou reflexos que precisam de um limite relativo ao gradiente de intensidade geral (BRADSKI, KAEHLER, 2008).

Normalmente, a imagem resultante é utilizada como uma máscara ou como uma fonte para a extração de informação, como por exemplo, contornos, fundo, linhas (INTEL, 2001).

Figura 4 - Exemplo de limiarização binária e adaptativa.



Fonte: (BRADSKI; KAEHLER, 2008).

2.4.2 Detecção de Borda

O processo de detecção de borda serve para simplificar a análise de imagens, reduzindo drasticamente a quantidade de dados a ser processada, ao mesmo tempo preservando a informação estrutural útil sobre os limites do objeto. A detecção de bordas consiste em identificar as regiões da imagem em que ocorrem uma alteração, normalmente abrupta, no nível de intensidade de cor dos pixels, sendo pistas importantes para separar regiões dentro de um objeto ou para identificar mudanças na iluminação ou cor (GONZALES; WOODS, 2003).

2.4.3 Histograma

Histogramas representam uma simples descrição estatística de uma imagem. Os histogramas são determinados a partir de valores de intensidade dos pixels. Entre as principais aplicações dos histogramas estão a melhora da definição de uma imagem, a compressão de imagens, a segmentação de imagens ou ainda a descrição de uma imagem. Uma operação bastante comum utilizando histogramas é o ajuste dos valores de intensidade de forma a

melhorar o contraste em uma imagem. Esta operação é chamada de equalização de histogramas. A ideia desta operação é mapear os valores de intensidade de uma imagem de um intervalo pequeno (pouco contraste) para um intervalo maior (muito contraste) e ainda distribuir os pixels ao longo da imagem de forma a obter uma distribuição uniforme de intensidades (GONZALES; WOODS, 2003).

2.4.4 Dilatação e erosão

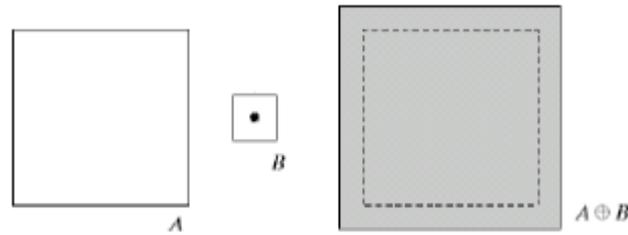
A dilatação é uma convolução de uma imagem (ou região de uma imagem), com um núcleo que é um pequeno quadrado sólido ou disco com o ponto de origem no centro. O núcleo pode ser considerado como um modelo ou máscara, e seu efeito de dilatação é de um operador máximo local. Como o núcleo é projetado sobre a imagem, calcula-se o valor máximo do pixel comum, e o pixel na imagem sob o ponto de origem é substituído com esse valor máximo. Isso faz com que regiões brilhantes dentro de uma imagem cresçam (BRADSKI, KAEHLER, 2008).

A erosão é a operação inversa. A ação do operador a erosão é equivalente a calcular um mínimo local sobre a área do núcleo. Erosão gera uma nova imagem a partir do original usando o seguinte algoritmo: como o núcleo é projetado sobre a imagem, calcula-se o valor de pixel mínimo sobreposto pelo núcleo e o pixel sob o ponto de origem na imagem é substituído com esse valor mínimo (BRADSKI, KAEHLER, 2008).

Em geral, ao passo que a dilatação expande a região, a erosão reduz a região. Além disso, a dilatação tende a alisar concavidades e erosão tenderá a suavizar saliências. Claro que, o resultado exato dependerá do núcleo, mas estas afirmações são geralmente verdadeiras para os núcleos tipicamente utilizados (BRADSKI, KAEHLER, 2008).

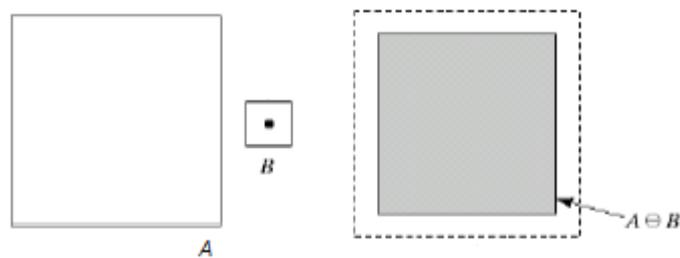
A Figura 5 mostra o objeto A sendo dilatado pelo núcleo B com o ponto de origem no centro. E na Figura 6 o objeto A sofrendo erosão pelo núcleo B.

Figura 5 - Exemplo de dilatação da imagem A pelo núcleo B.



Fonte: (GONZALES; WOODS, 2003).

Figura 6 - Exemplo de erosão da imagem A pelo núcleo B.



Fonte: (GONZALES; WOODS, 2003).

2.5 Métodos de detecção de movimentos

A biblioteca utilizada implementa diversos algoritmos de detecção de movimento, os mais relevantes para a aplicação estão descritos a seguir.

2.5.1 Subtração de fundo

O termo “fundo” significa um conjunto de pixels imóveis na imagem, isto é, pixels que não pertencem a qualquer objeto movendo-se na frente da câmera. Foram avaliadas duas formas de subtração de fundo que estão detalhadas a seguir.

2.5.1.1 Método da diferença de imagens

Um dos métodos para separar regiões de uma sequência de vídeo que apresentam movimento das regiões que representam objetos estáticos é calcular a diferença entre as intensidades dos pixels na mesma posição em imagens consecutivas.

Este método consiste na subtração da intensidade de um pixel de uma imagem de uma posição por um outro pixel na mesma posição da imagem seguinte do vídeo. O resultado da diferença é a mudança de intensidade de uma imagem para a outra no mesmo local

representando movimento. O nível de similaridade entre pixels é definido pelo programador, através de um limiar.

2.5.1.2 Método das misturas Gaussianas

Este algoritmo emprega a comparação entre duas ou mais imagens. Processo de movimento (frente) é reconhecido por contrastar a presente visualização e o fundo estático da cena. O principal desafio para o algoritmo é a aquisição de imagens de fundo, como a imagem subjacente pode não ser estática (BUGEAU; PÉREZ, 2009).

Segundo Bradski e Kaehler (2008) algoritmos mais complexos são necessários para lidar com cenários mais complicados, tais como árvores balançando ao vento, cortinas, etc. Muitas vezes essas cenas também contêm iluminação variada, causadas por nuvens ou portas e janelas que permitem a entrada de luz de maneira diferente.

2.5.2 Modelo de movimentos

Modelo de movimento pode ser usado para determinar rapidamente onde ocorreu um movimento, como ocorreu, e em que direção ocorreu. Esta função opera em imagens que são a saída de subtração de fundo ou outras operações de segmentação de imagem; assim os tipos de imagens de entrada e saída são todos em tons de cinza, ou seja, tem um único canal de cor (INTEL, 2001).

Modelos de movimento são uma forma eficaz de acompanhar o movimento geral e são especialmente aplicáveis ao reconhecimento de gestos. Usando modelos de movimento requer uma silhueta (ou parte de uma silhueta) de um objeto (BRADSKI, KAEHLER, 2008).

Apresentado uma imagem como um único objeto em movimento, muitas vezes não aparenta movimento. Assim, o objetivo é o agrupamento do histórico do modelo de movimento em vários grupos, ou regiões ligadas, que correspondem a partes da cena que se movem, onde a cena mais nova tem uma cor mais clara que as demais. Assim o algoritmo rastreia a imagem procurando as áreas conectadas representando o movimento (BRADSKI, KAEHLER, 2008).

2.5.3 CamShift

CamShift representa o algoritmo Continuously Adaptive Mean-SHIFT. Para cada imagem do vídeo, a imagem original é convertida para uma imagem de distribuição de probabilidade de cor através de um modelo de histograma de cor da cor que está sendo

monitorado, por exemplo, cor da pele no caso de rastreamento de face. O centro e o tamanho do objeto de cor são encontrados através do algoritmo CamShift operando na probabilidade de cor da imagem. O tamanho e a posição atual do objeto rastreado é apresentado e usado para definir o tamanho e a localização da janela de busca na próxima imagem do vídeo. O processo é então repetido para acompanhamento contínuo (INTEL, 2001).

O algoritmo é uma generalização do algoritmo Mean Shift. Ao contrário do algoritmo de Mean Shift, que é projetado para distribuições estáticas, CamShift é projetado para alteração dinâmica de distribuições. Estas ocorrem quando objetos em sequências de vídeo estão sendo rastreados e o objeto se move de modo que o tamanho e a localização das mudanças de distribuição de probabilidade no tempo. O algoritmo CamShift ajusta o tamanho da janela de busca durante sua operação. (BRADSKI, KAEHLER, 2008).

2.5.4 Fluxo óptico

Este tipo de técnica possibilita a identificação de movimento entre sequências de imagens sem que tenha um conhecimento anterior do conteúdo destes. Tipicamente, o movimento em si indica que algo está acontecendo. Os algoritmos densos associam um vetor de velocidade ou de deslocamento a cada pixel na imagem, sendo desnecessário o conhecimento prévio de pontos específicos. Os algoritmos de natureza esparsa consideram algum conhecimento prévio sobre os pontos que se deseja rastrear, como por exemplo as bordas do objeto. Para a maioria das aplicações práticas, as técnicas densas possuem um custo de processamento muito alto, sendo preferíveis, portanto, as técnicas esparsas (BRADSKI, KAEHLER, 2008).

Usando a equação de fluxo óptico de um grupo de pixels adjacentes e assumindo que todos eles têm a mesma velocidade, a tarefa de cálculo do fluxo óptico é reduzida para a resolução de um sistema linear. Assim o algoritmo de Lucas-Kanade (LK) pode ser facilmente aplicado a um subconjunto de pontos na imagem de entrada, tornando-se uma técnica esparsa importante. O algoritmo pode ser aplicado a um contexto esparsa porque se baseia apenas na informação local que é derivada a partir de uma pequena janela em torno de cada um dos pontos de interesse (BRADSKI, KAEHLER, 2008).

A desvantagem da utilização de pequenas janelas locais em Lucas-Kanade é que grandes movimentos podem mover os pontos para fora da janela local e, assim, tornar-se impossível para o algoritmo o encontrar. Este problema levou o desenvolvimento do algoritmo LK piramidal, que inicia a partir do nível mais alto de uma pirâmide da imagem

(menor detalhe) e processando para níveis mais baixos (maior detalhe). Rastreamento pirâmide da imagem permite que grandes movimentos sejam capturado por janelas locais (BRADSKI, KAEHLER, 2008).

Horn e Schunck (1981) propuseram uma técnica de rastreamento densa que assume a estimação do campo de fluxo óptico. O método iterativo pode ser aplicado para esta finalidade, quando um número de iterações são feitos para cada pixel. Esta técnica de duas imagens consecutivas parece ser computacionalmente dispendiosa por causa das iterações, mas para uma longa sequência de imagens uma única iteração em duas imagens podem ser feitas, se o resultado da iteração anterior é escolhido como aproximação inicial.

2.6 Estudos de caso

Os sistemas de vigilância de vídeo em uso atualmente compartilham uma característica; um operador humano deve monitorá-los constantemente. Conforme pode ser visto na Figura 7 o operador observa várias telas com as imagens das câmeras.

Figura 7 - Exemplo de central de monitoramento.



Fonte: (PREFEITURA PORTO ALEGRE, 2015).

Segundo Javed e Shah (2008) a eficácia e resposta é amplamente determinada, não pelas capacidades tecnológicas ou colocação das câmeras, mas pela vigilância da pessoa monitorando o sistema de câmeras. O número de câmeras, e a área sob vigilância é limitado

pelo pessoal disponível. Mesmo pessoas bem treinadas não conseguem manter a sua capacidade de concentração por longos períodos de tempo. Além disso, empregando pessoas para monitorar continuamente vídeos de vigilância tende a se tornar dispendioso.

Neste sentido o sistema poderá ser empregado por diversas empresas de segurança e projetos de monitoramento público, buscando melhorar a eficiência das instalações atuais. A título de exemplo pode-se citar algumas empresas e municípios.

Empresa de segurança privada CINDAPA que adquire software SIGMA. Software de Monitoramento de alarmes e Vídeo Monitoramento. Onde os dados dos clientes são transmitidos para a central de monitoramento e os vigilantes ficam monitorando o alarme e o vídeo das câmeras dos clientes. Caso ocorra um evento anormal avisam as unidades móveis para averiguar o local (CINDAPA, 2015).

O monitoramento de trânsito de Porto Alegre pela EPTC possui 113 câmeras e uma sala de controle para captar, processar, gravar e visualizar imagens à distância, encaminhando eventuais ocorrências à equipe responsável (EPTC, 2015).

Em Lajeado o monitoramento de câmeras transmite as imagens para uma central de monitoramento onde policiais militares e um agente de trânsito trabalham na sala exclusiva de videomonitoramento (COPELLO; VILLANOVA, 2015).

Venâncio Aires a central de monitoramento possui uma sala especial no quartel da 3ª Companhia. Policiais monitoram as câmeras 24 horas por dia. Sempre que for necessário, o grupamento que estiver mais próximo de uma ocorrência será acionado (BORGSMANN, 2012).

3 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO

Este capítulo tem por objetivo descrever tanto o hardware como o software utilizado no projeto. Primeiramente são apresentados os componentes utilizados no hardware e em seguida a descrição do funcionamento do software.

3.1 Descrição do hardware do sistema proposto

O sistema proposto para detecção e acompanhamento de movimento pode ser dividido nos seguintes elementos

- a) Câmera robotizada;
- b) Sensores de presença;
- c) Placa microprocessada.

3.1.1 Câmera robotizada

Foi selecionada uma câmera IP móvel com resolução da imagem 720p (1280 x 720 pixels) capaz de enviar as imagens comprimidas. Possui interface de rede Ethernet por cabo e sem fio. Permite gravação de pontos dos sensores, para mover rapidamente a câmera para o local em caso de acionamento do sensor, movimentação horizontal de 350° e vertical de 120°, LEDs (Light Emitting Diode) infravermelho para visão noturna (SZNEO, 2015).

A comunicação por rede sem fio com a câmera é feita através de um roteador *wireless* localizado próximo da placa microprocessada. Fornecendo um ponto de acesso entre o sistema, as câmeras que serão utilizadas e os responsáveis por monitorar o sistema.

3.1.2 Sensores de presença

Os sensores de presença utilizados no projeto são os sensores de movimento infravermelho passivo e sensor de abertura magnético. O sensor infravermelho passivo possui compensação automática de temperatura, cobertura com ângulo de 115° e alcance de 12 m (INTELBRAS, 2015). O sensor magnético pode ser instalado em portas e janelas, permite uma distância máxima de 22 milímetros entre o sensor e o ímã, reduzindo assim substancialmente os falsos alarmes gerados por vibrações nas partes moveis das esquadrias (SAMTEK, 2015).

A conexão de cada sensor é feita através de um cabo com 4 vias, 2 vias para a alimentação no caso do sensor infravermelho e outras 2 vias para o acionamento do disparo

do sensor. A alimentação dos sensores é realizada por uma fonte independente, garantindo que o sistema continue operando em caso de avaria acidental ou intencional dos cabos dos sensores

3.1.3 Placa microprocessada

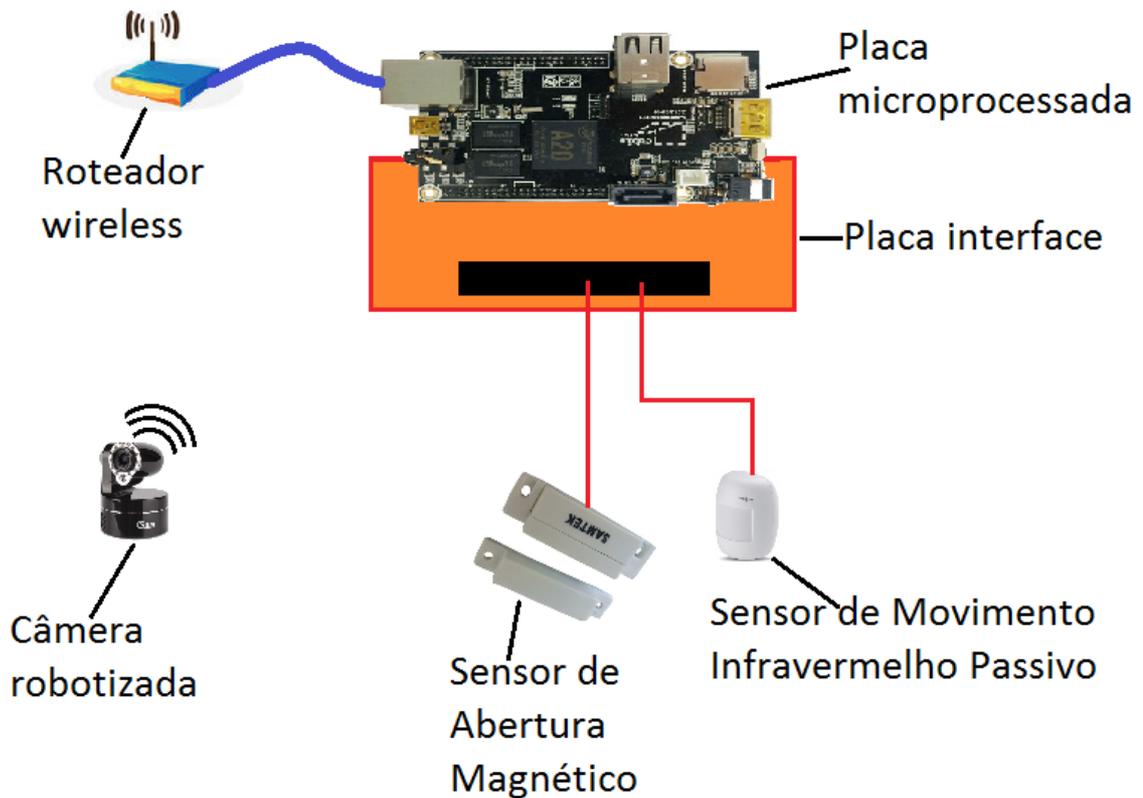
Para o processamento das imagens e o monitoramento das entradas e saídas foi utilizada a placa Cubieboard 2 com processador embarcado ARM, 2 núcleos operando a 1GHz e 1 GB de memória RAM.

Possui como vantagens baixo consumo de energia e grande poder de processamento para monitorar as imagens e armazená-las localmente. Possui pinos de entrada e saída para a conexão dos sensores e sirene utilizados. Tem dimensão compacta, podendo ficar em local remoto e seguro protegida contra eventuais invasores, evitando o roubo das imagens. Ainda suporta o sistema operacional Linux. No caso deste projeto foi utilizada a versão Debian Wheezy 7.5, fornecido pelo fabricante da placa com os *drivers* necessários, com servidor *web* permitindo que usuários possam acessar as imagens e verificar o status do sistema remotamente (CUBIEBOARD, 2015).

Para o monitoramento dos sensores e acionamento da sirene foi desenvolvida uma placa que se acopla com a placa microprocessada, realizando a interface entre os níveis de sinal da placa microprocessada e a tensão de trabalho dos sensores.

A Figura 8 apresenta o esquema de ligação dos componentes do hardware. A placa Cubieboard está conectada na placa de conexão dos sensores, que estão conectados diretamente com a placa de interface dos sinais. O cabo de rede azul realiza a conexão da rede Ethernet com o roteador, que transmite os sinais por rádio frequência até a câmera.

Figura 8 - Esquema de ligação do sistema.



Fonte: Autor.

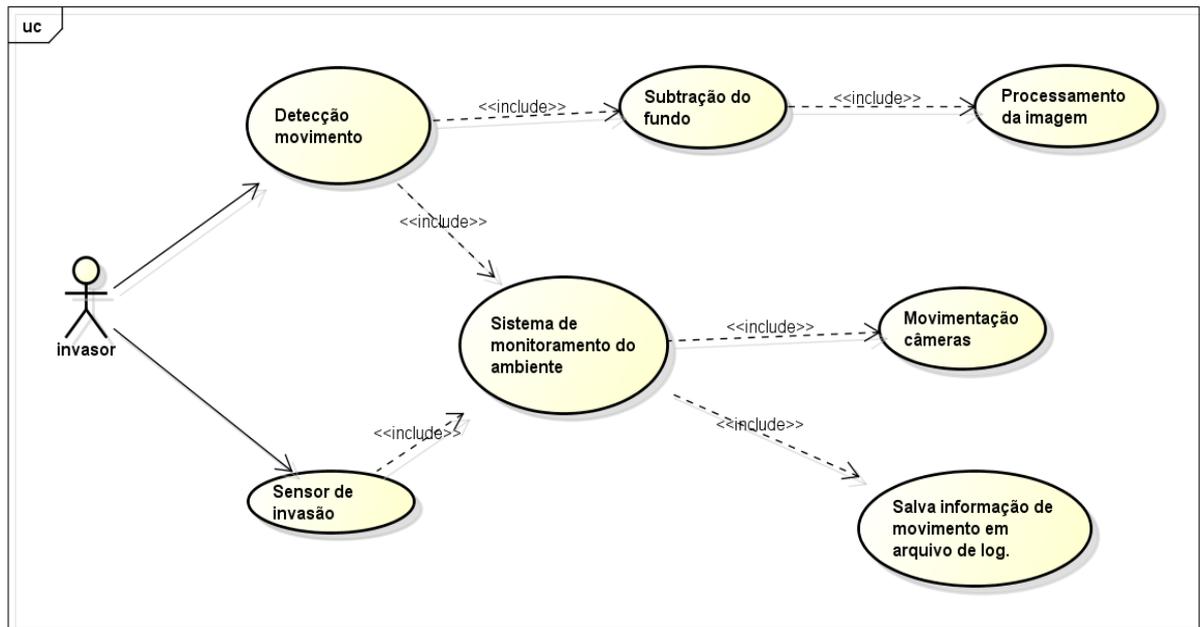
3.2 Descrição do software

Foi desenvolvido um aplicativo na placa microprocessada cuja função é monitorar os sensores e identificar o movimento em vídeo da câmera IP. Utilizando uma biblioteca para processamento de detecção de movimento em imagens.

A Figura 9 apresenta o diagrama de uso do programa desenvolvido. O invasor interage com o sistema acionando a detecção de movimento por imagem ou pelo sensor de movimento, armazena a informação de movimento e em seguida o sistema decide se move a câmera para o novo movimento ou continua o acompanhamento atual.

As informações dos acionamentos dos sensores e dos acompanhamentos da câmera são salvas em um arquivo de *log* onde ficam gravadas o horário e a origem do movimento detectado se foi por vídeo ou o sensor que foi acionado. Para o armazenamento do vídeo foi utilizado o software FFmpeg, que recebe o fluxo de vídeo da câmera e gera um arquivo de vídeo em formato mp4 (FFMPEG, 2015).

Figura 9 - Diagrama de caso de uso do sistema.



Fonte: Autor.

3.2.1 Biblioteca OpenCV

OpenCV (Open Source Computer Vision) é uma biblioteca de programação, código aberto liberado sob a licença BSD (Berkeley Software Distribution) e, portanto, é gratuito para uso acadêmico e comercial, sendo utilizado desde operações simples como um filtro de ruído, até operações complexas, tais como a análise de movimentos, reconhecimento de padrões e reconstrução em 3D (OPENCV, 2015).

No processo de detecção e monitoramento de movimento o OpenCV é utilizado para o tratamento das imagens e detecção do movimento das imagens capturadas pela câmera.

3.3 Monitoramento do ambiente

O monitoramento do ambiente é dividido em dois subsistemas, o monitoramento e acompanhamento por imagem e o monitoramento dos sensores como pode ser visto no fluxograma da Figura 10.

O subsistema de acompanhamento de movimento por imagem obtém duas imagens da câmera, subtrai a diferença das imagens, processa a imagem resultante removendo ruído e pequenos movimentos, resultando em uma imagem onde se procura o movimento, o local que ocorreu o maior movimento é consequentemente o local que deve ser monitorado.

O controle do posicionamento da câmera é através da própria conexão Ethernet, por comandos HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Os comandos são mover para esquerda, direita, subir e descer, além da seleção de ângulo de movimentação: grande, médio e pequeno.

Os comandos enviados para movimentar a câmera são:

- Mover um passo para a direita:

`http://IP_CAMERA/web/cgi-bin/hi3510/ptzctrl.cgi?usr=USUARIO&pwd=SENHA&-step=1&-act=right`

- Mover um passo para a esquerda:

`http://IP_CAMERA/web/cgi-bin/hi3510/ptzctrl.cgi?usr=USUARIO&pwd=SENHA&-step=1&-act=left`

- Mover um passo para cima:

`http://IP_CAMERA/web/cgi-bin/hi3510/ptzctrl.cgi?usr=USUARIO&pwd=SENHA&-step=1&-act=up`

- Mover um passo para baixo:

`http://IP_CAMERA/web/cgi-bin/hi3510/ptzctrl.cgi?usr=USUARIO&pwd=SENHA&-step=1&-act=down`

Para selecionar qual o ângulo movimentado durante um passo são enviados os seguintes comandos:

- Ângulo pequeno:

`http://IP_CAMERA/web/cgi-bin/hi3510/param.cgi?usr=USUARIO&pwd=SENHA&cmd=setmotorattr
&-tiltspeed=0&-panspeed=0`

- Ângulo médio:

`http://IP_CAMERA/web/cgi-bin/hi3510/param.cgi?usr=USUARIO&pwd=SENHA&cmd=setmotorattr
&-tiltspeed=1&-panspeed=1`

- Ângulo grande

`http://IP_CAMERA/web/cgi-bin/hi3510/param.cgi?usr=USUARIO&pwd=SENHA&cmd=setmotorattr
&-tiltspeed=2&-panspeed=2`

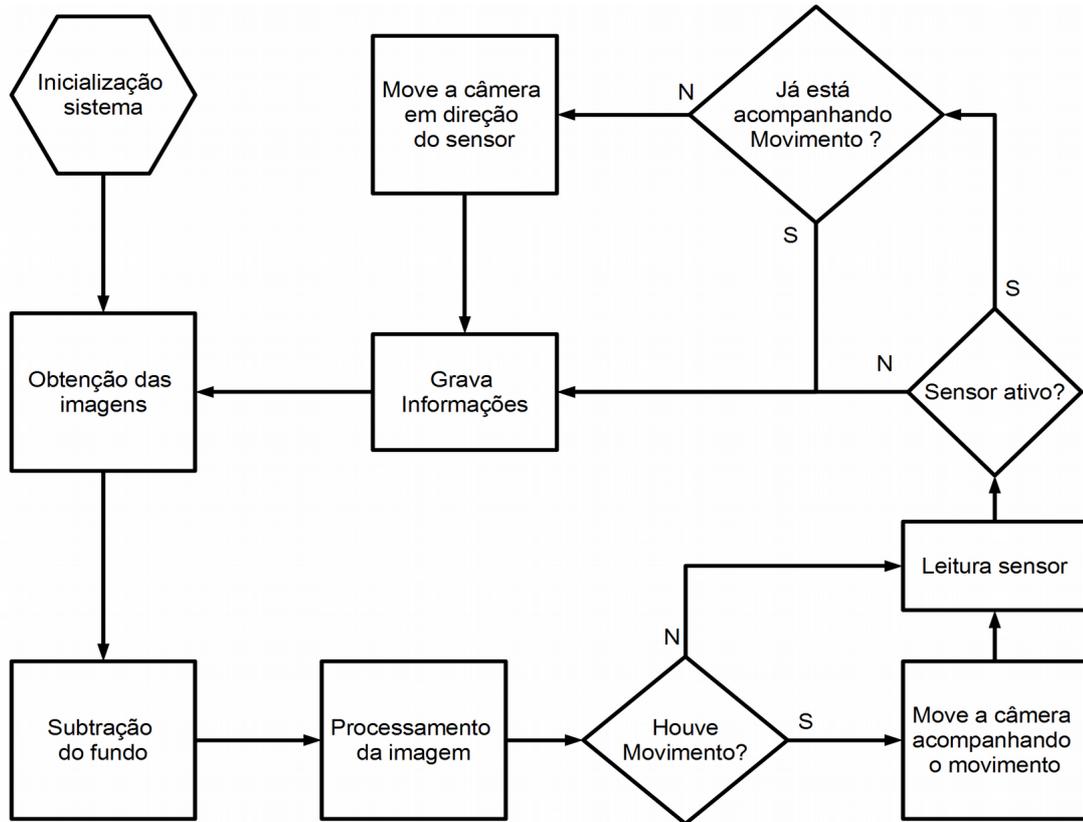
Mover a câmera em direção ao sensor é utilizado o seguinte comando:

`http://IP_CAMERA/web/cgi-bin/hi3510/preset.cgi?usr=USUARIO&pwd=SENHA&-status=1&-
number=NUMERO_SENSOR`

O subsistema de entradas e saídas monitora constantemente as alterações dos sensores. Caso detecte alguma mudança e se não estiver acompanhando algum movimento por imagem move a câmera em direção do sensor.

Todas as informações dos movimentos detectados são armazenados para uma consulta posterior por um guarda ou responsável do local.

Figura 10 - Fluxograma de detecção e monitoramento da imagem.



Fonte: Autor.

4 DESENVOLVIMENTO

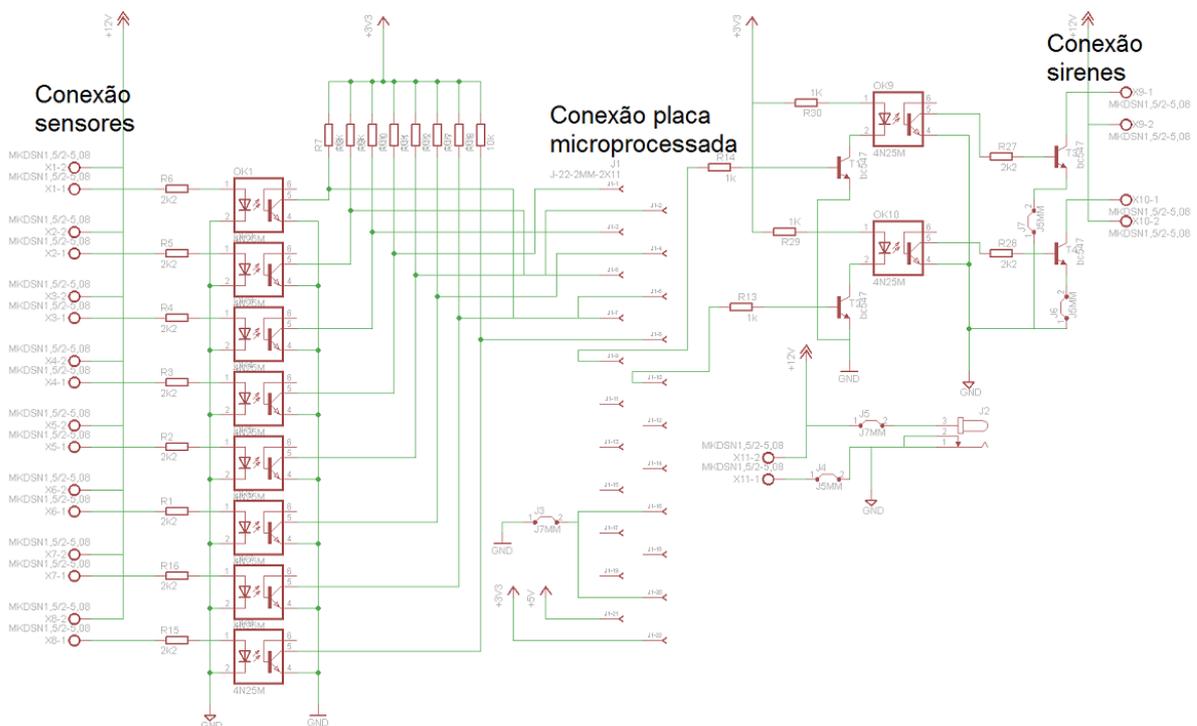
Como dito no capítulo anterior o sistema é composto por um circuito responsável pela ligação dos sensores e o aplicativo de detecção e acompanhamento de movimento. Neste capítulo, será feita uma descrição detalhada destas partes e do seu funcionamento.

4.1 Hardware desenvolvido

A placa desenvolvida possui 8 entradas e 2 saídas fotoacopladas, assim garantindo o isolamento dos sensores com o microprocessador.

Foi optado por um isolador óptico com fototransistor, por possuir um isolamento de 5000 V, de forma a evitar que qualquer excesso de tensão causado por má instalação dos sensores ou descargas elétricas prejudique o funcionamento da placa microprocessada. Também ajusta o nível de tensão do sinal de entrada para o valor de funcionamento da placa microprocessada (3,3V). O esquema do circuito eletrônico da placa é demonstrado na Figura 11.

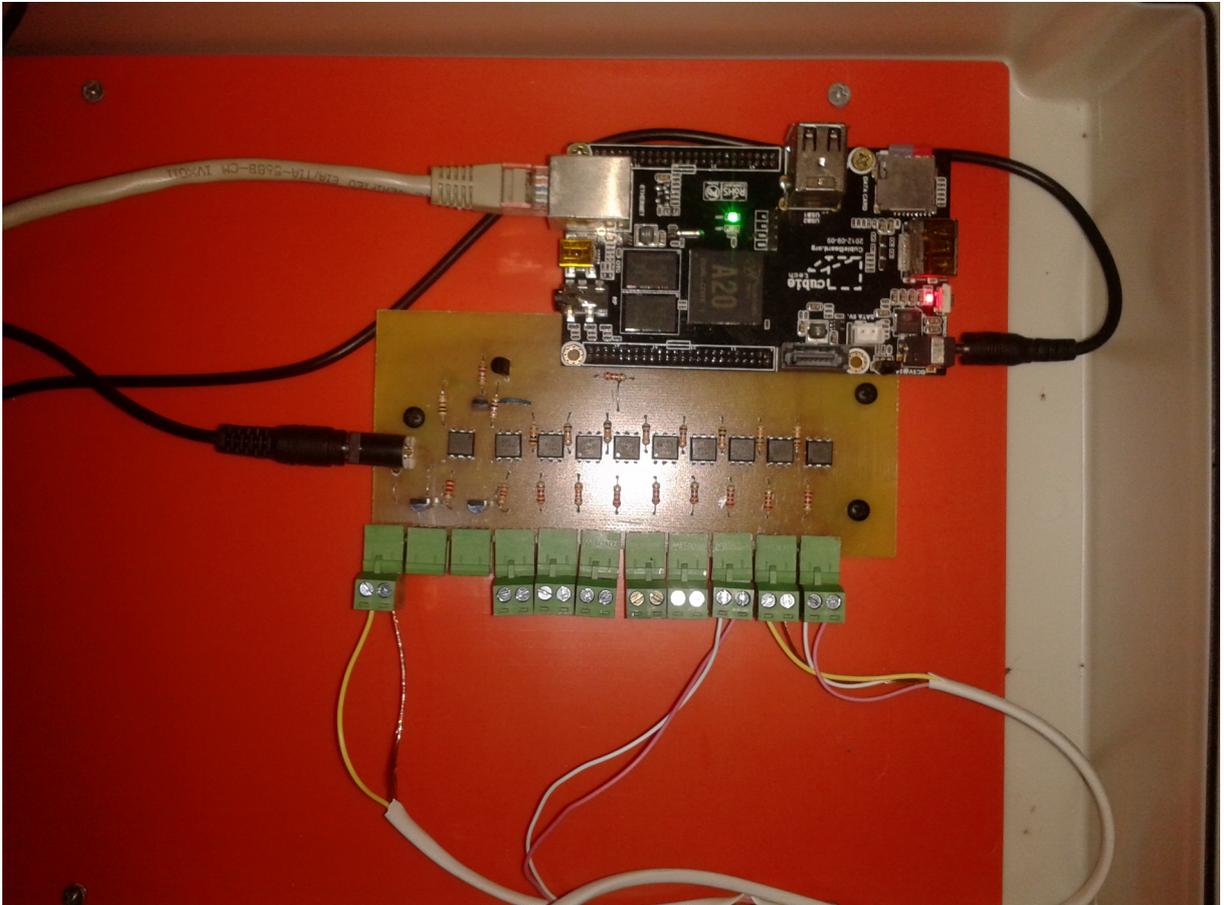
Figura 11 - diagrama esquemático da placa de ligação dos sensores.



Fonte: Autor.

Na Figura 12 pode-se ver o sistema montado em uma caixa hermética com os sensores e a alimentação.

Figura 12 - Sistema com as placas montadas.



Fonte: Autor.

4.2 Software desenvolvido

O sistema foi desenvolvido em C++ utilizando a biblioteca OpenCV para processar as imagens e detectar o movimento. A aplicação desenvolvida processa uma sequência de imagens provenientes de uma câmera, e assinala o centro do movimento como alvo.

4.2.1 Escolha do algoritmo de detecção

Para escolher qual o algoritmo a ser utilizado para o monitoramento das imagens foi elaborado um teste com os algoritmos mais promissores para a aplicação. Isto é os que monitoravam movimentos em geral e não os que acompanhavam um objeto em especial.

No teste todos os algoritmos analisaram a mesma sequência de imagens e retornaram as mesmas informações, a indicação da direção de movimento da câmera. Os resultados podem ser analisados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados dos testes dos algoritmos.

Algoritmo	Imagens por segundo
Fluxo óptico Lucas-Kanade	2,91
Fluxo óptico Farneback	0,32
Subtração fundo diferença	8,58
Subtração fundo Mistura De Gaussianas	4,84
Subtração fundo Mistura De Gaussianas aperfeiçoado	3,23

Fonte: Elaborado pelo autor.

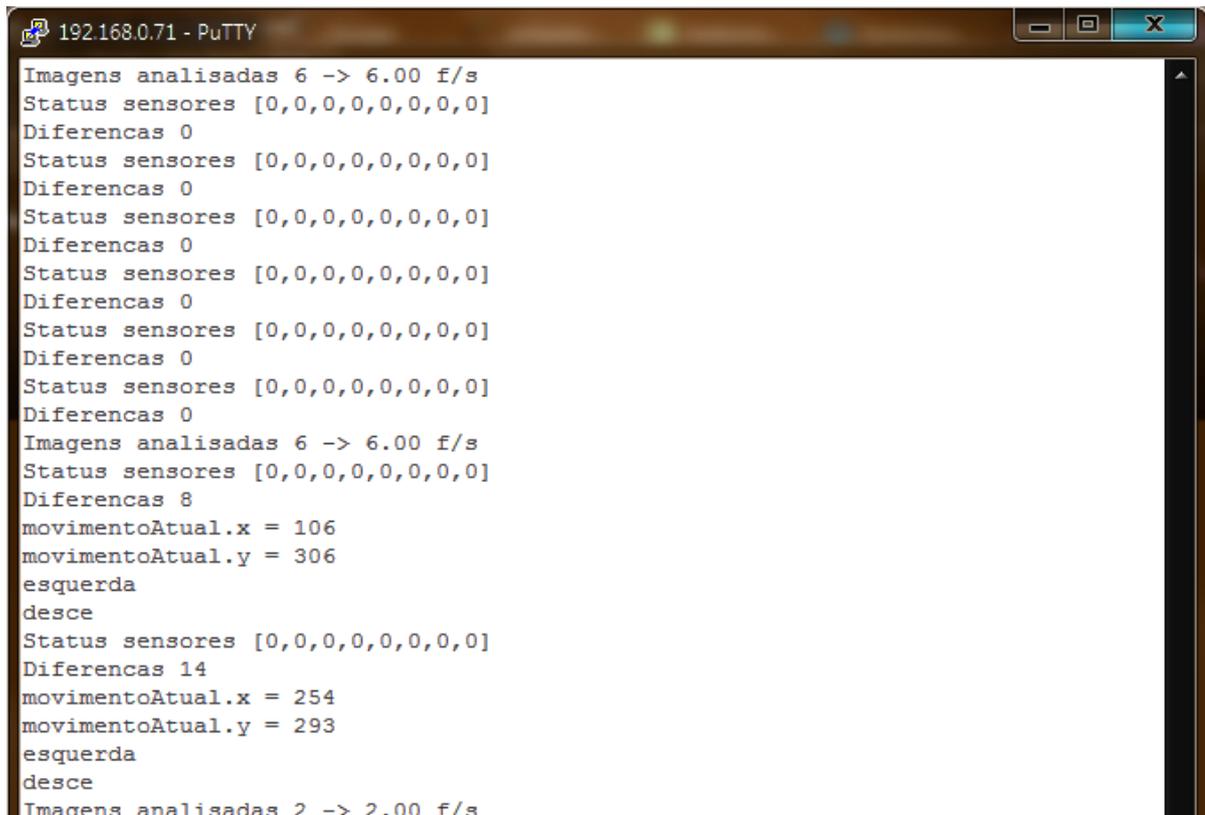
Os testes demonstraram que praticamente todos os algoritmos podem ser implementados no projeto, mas foi optado pela utilização do método de subtração de fundo das diferenças, pois analisa mais imagens por segundo permitindo assim detecção de movimentos rápidos, por exemplo alguém correndo na frente da câmera.

Considerando que o objetivo do sistema é detectar movimentos e não classificar o tipo do objeto monitorado, foi possível a adoção de um algoritmo mais simples que apenas detecte os locais de movimento.

A definição da direção do movimento da câmera é feita, calculando o centro do movimento do vídeo em relação ao centro da imagem. De acordo com a distância entre os centros é determinado o tamanho do ângulo que a câmera deve ser movimentada para continuar acompanhando o movimento do vídeo.

4.3 Funcionamento do aplicativo

O aplicativo fica constantemente monitorando as imagens de vídeo e os sensores, como pode ser visto na Figura 13. A tela apresenta as diferenças encontradas na imagem, a quantidade de imagens analisadas por segundo e o status dos sensores. Quando encontra mais de 5 pixels diferentes na imagem analisada o sistema localiza o centro do movimento e imprime na tela a posição do movimento e após indica o sentido do movimento que deve ser realizado.

Figura 13 - Tela do aplicativo funcionando.The image shows a PuTTY terminal window titled "192.168.0.71 - PuTTY". The terminal displays the following text:

```
Imagens analisadas 6 -> 6.00 f/s
Status sensores [0,0,0,0,0,0,0,0]
Diferencas 0
Imagens analisadas 6 -> 6.00 f/s
Status sensores [0,0,0,0,0,0,0,0]
Diferencas 8
movimentoAtual.x = 106
movimentoAtual.y = 306
esquerda
desce
Status sensores [0,0,0,0,0,0,0,0]
Diferencas 14
movimentoAtual.x = 254
movimentoAtual.y = 293
esquerda
desce
Imagens analisadas 2 -> 2.00 f/s
```

Fonte: Autor.

Também foram realizados testes utilizando imagens com resolução menor de 320x176 pixels, o que proporcionou uma maior quantidade de imagens processadas, atingindo cerca de 9 imagens por segundo, além de diminuir a taxa de transferência de rede, passando de 3200kbps para aproximadamente 1440kbps por segundo. Esta mudança não afetou a detecção de movimentos permitindo o funcionamento normal do sistema.

5 VALIDAÇÃO

Foram realizados diferentes testes para identificar a confiabilidade e desempenho do sistema, os quais são apresentados a seguir.

5.1 Experimento em área aberta

Neste experimento foram capturadas imagens de um indivíduo se deslocando em uma área aberta com boa iluminação, a fim de se validar o algoritmo de detecção e travamento do movimento.

A Figura 14 e a Figura 15 são as imagens da sequência onde se deseja monitorar o movimento.

Figura 14 - Imagem anterior da sequência.



Fonte: Autor.

Figura 15 - Imagem atual da sequência.



Fonte: Autor.

Após a remoção da diferença entre as imagens, se obtêm os locais com movimento inclusive com ruído devido à intensidade da iluminação, temperatura do sensor de captura de vídeo e qualidade da câmera. Conforme pode ser visto na Figura 16 a imagem antes do processo de filtragem podendo resultar em detecção de falsos movimentos.

Figura 16 - Subtração de fundo.



Fonte: Autor.

Aplicando a limiarização binária para a remoção dos tons intermediários, obtêm-se uma imagem com apenas dois tons de cor. O que pode ser visto na Figura 17. Este processo já remove a maioria do ruído da imagem a ser analisada.

Figura 17 - Resultado limiarização binária.



Fonte: Autor.

Em seguida é efetuada a erosão da imagem para remoção dos pontos com pequenos movimentos e ruídos, resultando em uma imagem com o movimento real. A Figura 18 apresenta o resultado final onde se procura o movimento.

Figura 18 - Erosão da imagem.



Fonte: Autor.

A Figura 19 mostra a imagem original, realçando o local do movimento a direção e a intensidade do movimento que a câmera deve realizar para seguir o movimento.

Figura 19 - Local detectado o movimento.



Fonte: Autor.

O algoritmo cria um envoltório em torno da área que encontrou movimento, determina o centro da área e movimenta a câmera em direção a este centro.

Na Figura 19 o retângulo amarelo representa a área em que localizou movimento, o círculo azul o centro da área do movimento, o círculo verde o centro da imagem e a seta laranja a direção do movimento que a câmera deve fazer.

5.2 Experimento em área com muitos detalhes

Foram realizados testes em um ambiente mais complexo com oclusão parcial do objeto monitorado e para validação de desempenho do algoritmo nessas situações críticas.

Os resultados dos testes são apresentados a seguir. A Figura 20 representa uma imagem da sequência onde se está procurando o movimento.

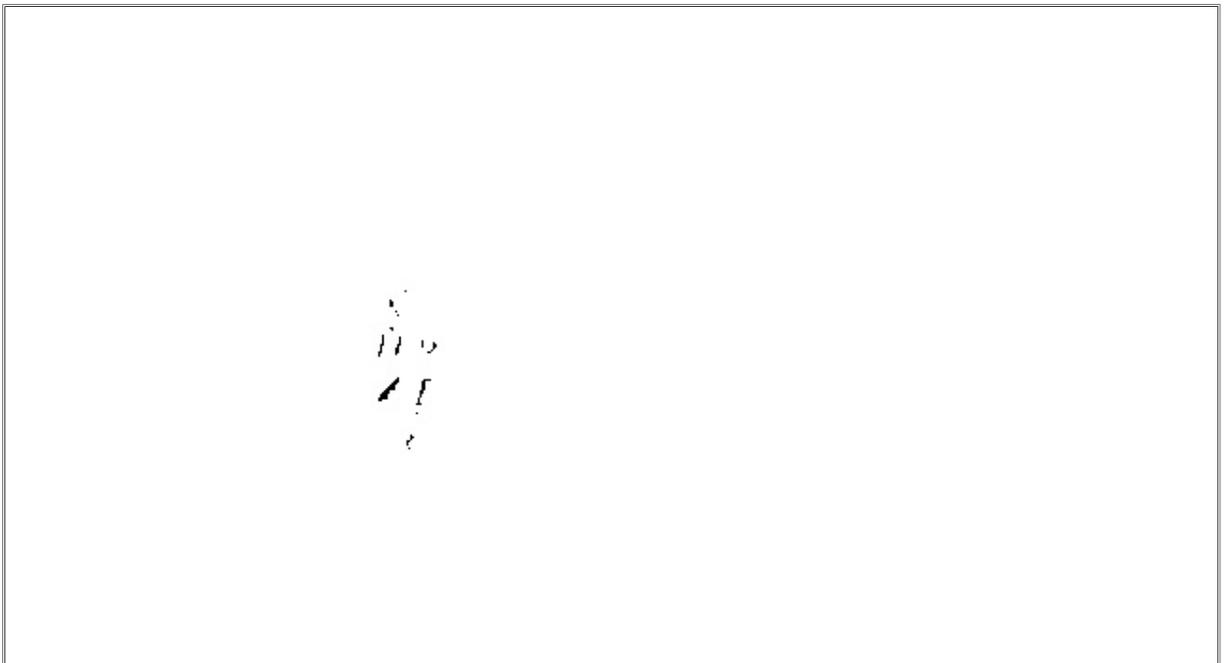
Figura 20 - Imagem da sequência com muitos detalhes.



Fonte: Autor.

A Figura 21 demonstra que mesmo com muitos detalhes e com uma oclusão parcial do objeto monitorado o algoritmo se demonstrou capaz de destacar o movimento, dos objetos imóveis.

Figura 21 - Resultado da remoção das diferenças e erosão da imagem.



Fonte: Autor.

Na Figura 22 pode-se observar o objeto em movimento destacado na imagem.

Figura 22 - Local detectado o movimento com muitos detalhes.



Fonte: Autor.

5.3 Experimento em ambiente escuro

Também foi validado o sistema em situações com pouca ou quase nula iluminação, habilitando a visão noturna da câmera. Os resultados dos testes são apresentados a seguir. Na Figura 23 a imagem da sequência com baixa iluminação.

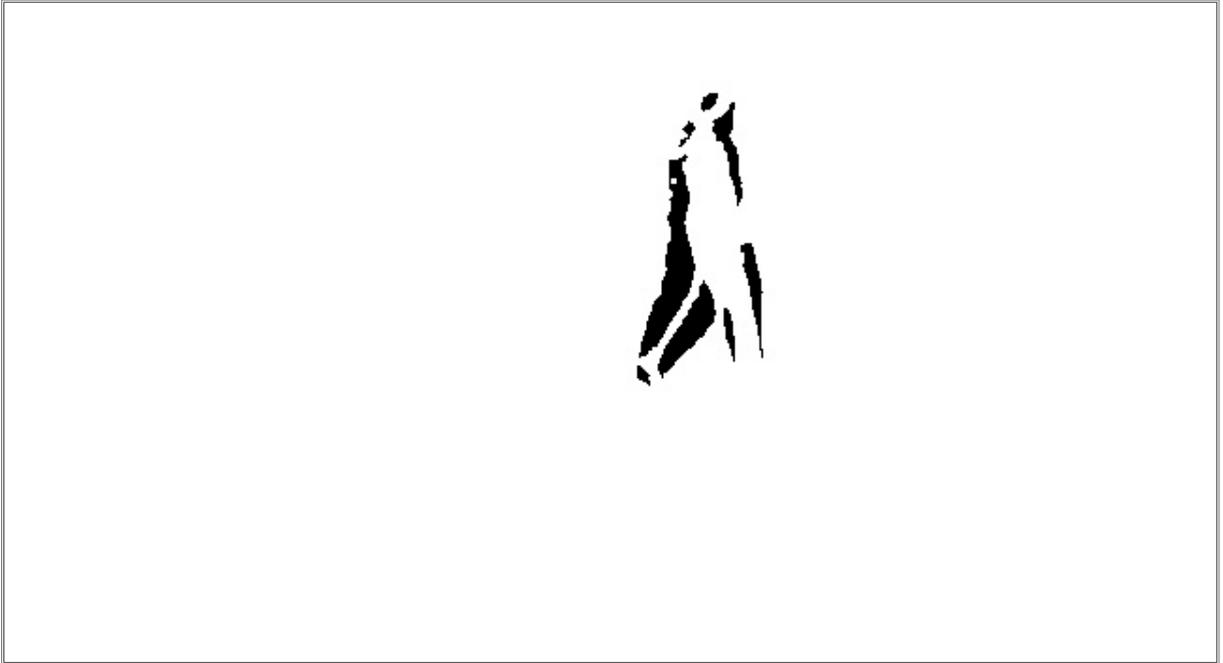
Figura 23 - Imagem da sequência com baixa iluminação.



Fonte: Autor.

Na Figura 24 o resultado do processamento da imagem demonstrando a capacidade de monitorar utilizando somente a iluminação infravermelha da câmera.

Figura 24 - Resultado da remoção das diferenças e erosão da imagem.



Fonte: Autor.

A Figura 25 apresenta o movimento detectado com monitoramento noturno.

Figura 25 - Local detectado do movimento com baixa iluminação.



Fonte: Autor.

6 CONCLUSÃO

O trabalho realizou o levantamento de algoritmos de detecção de movimento em vídeo, visando implementação em uma placa microprocessada para realizar o controle e segurança em residências.

A escolha da placa Cubieboard se mostrou uma boa decisão de projeto por ser uma placa de pequena dimensão, com baixo consumo de energia e bom poder de processamento, além de suportar sistemas operacionais comerciais como Debian com porte de várias bibliotecas.

A biblioteca OpenCV utilizada implementa diversos módulos de software para processamento de imagens tais como decodificação, filtragem, segmentação, entre outros, o que permitiu uma redução significativa do tempo de desenvolvimento. Além disso, possibilitou o teste de desempenho de diferentes algoritmos, possibilitando uma melhor escolha do algoritmo a ser utilizado.

Com a solução proposta, diminuem-se gastos com espaço em disco para armazenamento de imagens e gastos com suporte pessoal inclusive em horários e locais que dificultem o acompanhamento tradicional.

A aplicação desenvolvida permite realizar a detecção de movimentos, em tempo real, numa sequência de imagens provenientes de uma câmera. O algoritmo escolhido se mostrou eficiente em situações com baixa luminosidade, permitindo assim o monitoramento em diversos ambientes.

Apesar de ter se mostrado funcional, perceberam-se algumas limitações ao se trabalhar com vídeos de alta definição, o que se deve a demanda de elevado tempo de processamento para executar a detecção de movimento, aumentando o consumo de memória e necessidade de altas taxas de transferência da rede.

Neste trabalho não foram considerados outros problemas que podem limitar a qualidade do resultado final, como a ocorrência de oclusões completas por longos intervalos de tempo e a existência de muitos movimentos independentes numa sequência de imagens, como acontece na presença de uma multidão, em que o acompanhamento de movimento tende a se tornar complexo. E caso o objeto a ser monitorado estiver muito próximo da câmera o deslocamento desta não ser rápido o suficiente para acompanhar o objeto.

Mesmo o objetivo inicial ter sido cumprido, é possível melhorar o sistema desenvolvido, tendo em vista a obtenção de melhores resultados. Como a atualização do software para uma câmera que permita a movimentação a partir do envio de coordenadas bidimensionais de destino, possibilitando assim o acompanhamento mais preciso do movimento.

De modo a tornar a aplicação mais robusta, poderiam ser implementados novos métodos de acompanhamento dos alvos em movimento, por exemplo, recorrendo a filtros de Kalman, para que haja uma previsão do movimento. A situação de duas ou mais pessoas se cruzarem no mesmo ponto também não está contemplada na aplicação, sendo a questão de multidões um fator a melhorar futuramente.

REFERÊNCIAS

- BOLZANI, C.A.M. **Residências Inteligentes**. São Paulo: Ed. LIVRARIA DA FISICA 2004. 332 p.
- BORGMANN, R. Câmeras de videomonitoramento estão sendo instaladas em Venâncio. Venâncio Aires-RS, 2012, Disponível em <<http://www.pmva.com.br/site/noticia/visualizar/id/3239/?Cameras-de-videomonitoramento-estao-sendo-instaladas-em-Venancio.html>> Acesso em: 07 de jun. De 2015.
- BRADSKI, G.; KAEHLER, A. **Learning OpenCV**. S. L. Ed. O'Reilly 2008. 571 p.
- BUGEAU, A.; PÉREZ, P. **Detection and segmentation of moving objects in complex scenes**. Comput. Vis. Image Understanding. S. L. v. 113, n. 4, p. 459-476, 2009.
- CAPEL, V. **Home Security: Alarms, Sensors and Systems**. 2 ed. s. l. Newnes, 1997. 199 p.
- CAPUTO, A. C. **Digital video surveillance and security**. 2 ed. Waltham: Ed. Elsevier 2014. 469 p.
- CINDAPA. Monitoramento de Alarmes. Santa Cruz do Sul-RS, 2015, Disponível em <<http://www.cindapa.com.br/pagina/monitoramento>> Acesso em: 07 de jun. De 2015.
- COPELLO, C.; VILLANOVA, C. Para ficar na história. Lajeado inaugura sistema de videomonitoramento Lajeado-RS, 2015 Disponível em <http://www.lajeado.rs.gov.br/?titulo=Noticias&template=conteudo&categoria=892&codigoCategoria=892&idConteudo=2933&idNoticia=5544&tipoConteudo=INCLUDE_MOSTRA_NOTICIAS> Acesso em: 07 de jun. de 2015.
- CRAIGHEAD, G. **High-Rise Security and Fire Life Safety**. Burlington: Elsevier 2009. 696 p.
- CUBIEBOARD. Cubieboard Open-Source Main-Boards. Disponível em <<http://docs.cubieboard.org/products/start#cubieboard2>> Acesso em: 07 de jun. De 2015.
- DAMJANOVSKI, V. **CCTV : from light to pixels**. 3 ed. Waltham: Ed. Elsevier 2014. 594 p.
- EPTC. Central de Controle e Monitoramento da Mobilidade. Porto Alegre-RS, Disponível em <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/eptc/default.php?p_secao=224> Acesso em: 07 de jun. De 2015.
- FAY, J. **Encyclopedia of Security Management Series**. 2 ed. S. L Ed. Elsevier 2007. 688 p.
- FFMPEG. A complete, cross-platform solution to record, convert and stream audio and video. Disponível em <<https://ffmpeg.org/>> Acesso em: 05 de dez. De 2015.

FENNELLY, L. **Handbook of Loss Prevention and Crime Prevention**. Waltham-MA: Elsevier 2012. 632 p.

GONZALEZ R. C.; **WOODS, R. E. Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher LTDA 2003. 509 p

HORN, B.K.P.; SCHUNCK, B. G. **Determining Optical Flow**. 1980. 20 p. Disponível em <http://image.diku.dk/imagecanon/material/HornSchunckOptical_Flow.pdf> Acesso em: 07 de jun. De 2015.

INTEL. **Open Source Computer Vision Library: Reference Manual**. 2000. Disponível em <<http://www.cs.unc.edu/~stc/FAQs/OpenCV/OpenCVReferenceManual.pdf>> Acesso em: 07 de jun. De 2015.

INTELBRAS. Sensor infravermelho passivo com fio. Disponível em <<http://www.intelbras.com.br/residencial/alarmes/sensores/com-fio/ivp-3000-cf>> Acesso em: 07 de jun. De 2015.

JAVED, O.; SHAH, M. **Automated Multi-Camera Surveillance: Algorithms and Practice**. Nova Iorque: Ed. Springer 2008 120p

KRUEGLE, H. **CCTV surveillance: analog and digital video practices and technology**. 2 ed. Burlington: Ed. Elsevier 2007. 673 p.

MUELLER, J. P. **The Savvy Guide to Home Security**. Indianápolis: Ed. Indy-Tech Publishing, 2005. 287p.

OPENCV. ABOUT OpenCV. Disponível em <<http://opencv.org/about.html>> Acesso em: 07 de jun. De 2015.

PREFEITURA PORTO ALEGRE. Monitoramento Operacional de Corredores. 2015. Disponível em <<http://www.obrasdemobilidadeurbana.com.br/obras/monitoramento-operacional-de-corredores/107>> Acesso em: 07 de jun. de 2015.

SAMTEK. Sensor magnético de sobrepor STK 31. Disponível em <http://www.samtek.com.br/product_info.php?cPath=30_59&products_id=83&osCsid=bcruhedrugtaeb33k92lglucm4> Acesso em: 07 de jun. De 2015.

SSP. Dados Estatísticos, Disponível em <<http://www.ssp.rs.gov.br/?model=conteudo&menu=189>> Acesso em: 12 de nov. De 2015.

SZNEO. Indoor camera NIP-09L2J. Disponível em <<http://www.szneo.com/en/products/show.php?id=146>> Acesso em: 07 de jun. De 2015.

VELASIN, S.A.; REMAGNINO, P. et al. **Intelligent Distributed Video Surveillance Systems**. Londres: Ed. Institution of Engineering and Technology 2006. 282 p.

VISHAY. Semiconductors, Disponível em <<http://www.vishay.com/docs/83725/4n25.pdf>> Acesso em: 12 de nov. De 2015.