

# SISTEMA GERADOR DE MAPAS DE CALOR BASEADO EM GEOLOCALIZAÇÃO INTERNA COM UTILIZAÇÃO DE CÂMERAS

1<sup>st</sup> Misael de Souza Andrade  
*Programa de Engenharia de Eletrônica*  
*Universidade de Brasília - FGA*  
16/0015669  
misas.andrade@gmail.com

2<sup>nd</sup> Gustavo Cavalcante Linhares  
*Programa de Engenharia Eletrônica*  
*Universidade de Brasília - FGA*  
16/0007810  
gugacavalcante.10@gmail.com

**Resumo**—O seguinte documento trata-se da apresentação do ponto de controle 01, relacionado a disciplina de sistemas operacionais embarcados, no qual tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema para criação de mapas de calor (heat maps) em lojas comerciais. Estes mapas mostram visualmente os dados sobre a frequência do fluxo de pessoas em um recinto, podendo-se assim tirar vantagem dos dados e posicionando os produtos de forma mais qualitativa dentro do estabelecimento. Esse sistema será desenvolvido com o microprocessador RASPBERRY PI, cujo é o foco de aprendizado na disciplina juntamente com uma câmera.

## I. JUSTIFICATIVA

POR muitas vezes o e-commerce possui vantagem em relação à loja física por ter uma grande quantidade de dados captados de seus potenciais clientes, por exemplo números de visitantes do site, quais são as páginas mais acessadas, os produtos mais vendidos e o caminho do consumidor até a compra [1]. Tais fatores em consonância com a facilidade e rapidez para a compra direta pelo modo online, geram grandes desafios para o setor de lojas físicas.

Todavia, esse panorama muda com uma análise de fluxo de pessoas, o lojista consegue saber quantas pessoas passaram em frente ao seu negócio, quantas entraram no estabelecimento, qual é o tempo de permanência médio da visita, a porcentagem de visitantes novos e recorrentes e ainda tem acesso a um mapa de calor com as áreas mais atraentes da loja [1].

O monitoramento do fluxo de clientes é uma solução bastante requisitada para o setor de varejo físico e representa um diferencial para quem deseja crescer, mesmo em cenário de crise econômica [2]. Sendo assim, com o auxílio da tecnologia essas informações fluem com maior velocidade, gerando uma vantagem competitiva aos varejistas, já que as decisões ocorrerão com mais rapidez e a ação da empresa será à altura de seus concorrentes.

As tecnologias utilizadas para essas funções de coleta de dados podem ir desde câmeras dentro das lojas, até etiquetas Radio-Frequency IDentification (RFID), tão como soluções com bluetooth, beacons, infravermelho e câmera 3D [3]. No presente projeto, será utilizado um sistema que usa uma câmera para coleta dos dados, pois além de ser eficaz e de

implementação mais prática em relação as outras, trata-se de um recurso comum presente em lojas físicas, reduzindo custos para sua implementação.

## II. OBJETIVOS

Construir um sistema embarcado com o microprocessador RASPBERRY PI [4] que seja capaz de capturar e analisar imagens de vídeo coletadas através de uma câmera e a partir das mesmas consiga identificar as rotas normalmente seguidas pelos clientes dentro de estabelecimentos e descobrir zonas comumente ignoradas por eles. Estes padrões relacionados ao fluxo de pessoas serão datados em forma de mapa de calor, representados em uma imagem da loja, onde as regiões com cores mais frias representam um fluxo menor e as com cores mais quentes um fluxo maior de clientes.

## III. METODOLOGIA

O projeto é subdividido em 4 pontos de controle (PC), com o intuito de analisar e marcar o progresso do mesmo. Os 4 pontos de controle podem ser definidos:

- PC1: proposta do projeto (justificativa, objetivos, requisitos, benefícios, revisão bibliográfica).
- PC2: protótipo funcional do projeto, utilizando as ferramentas mais básicas da placa de desenvolvimento, bibliotecas prontas etc.
- PC3: refinamento do protótipo, acrescentando recursos básicos de sistema (múltiplos processos e threads, pipes, sinais, semáforos, MUTEX etc.).
- PC4: refinamento do protótipo, acrescentando recursos de Linux em tempo real.

Para cada ponto de controle este documento será atualizado com os avanços e desenvolvimentos alcançados.

## IV. REQUISITOS

### A. Formação dos documentos:

A elaboração e manutenção dos documentos produzidos no projeto deve ser feita de forma lógica, onde no final do trabalho as informações que forem acrescentadas fiquem coesas em um

único texto. Todos dados serão armazenadas em um repositório no github e apresentadas por um documento LATEX.

#### B. Hardware:

1) *Câmera*: utilizar-se de uma câmera para a coleta da imagens de dentro dos estabelecimentos

2) *Microprocessador*: Utilizar-se de um microprocessador raspberry pi para o processamento dos dados

3) *Cabos*: utilizar-se de cabos, de acordo com o padrão da do dispositivo de captura, para a conexão entre a câmera com a raspberry pi

4) *Fonte de alimentação*: utilizar-se de uma fonte de alimentação para o fornecimento da tensão para microprocessador e para câmera

5) *Armazenamento*: utilizar-se de um cartão SD para armazenamento dos dados processados pela raspberry pi e para o armazenamento do sistema

#### C. Software:

1) *Processamento de imagens*: O sistema deve ser capaz de gerar mapas de calor dadas as imagens de vídeo colhidas através de uma câmera

2) *Apresentação dos dados*: O sistema deve ser capaz de apresentar os dados através de uma página na rede local

Ao longo do projeto poderão ser adicionados mais requisitos de acordo com a progressão dos pontos de controle

### V. BENEFÍCIOS

Através das informações geradas pelo mapa de calor do interior do estabelecimento, o lojista já se destaca no cenário varejista por estar inserido em um contexto de inovação e soluções diferenciais para sua empresa [5].

Com o uso da tecnologia do presente projeto, o varejista consegue conhecer mais os seus clientes e pela ferramenta do mapa de calor, guiar as suas estratégias de vendas, ajudando a:

- Melhorar o layout dos produtos na loja;
- Melhorar a experiência e a jornada do cliente dentro do estabelecimento;
- Pensar em campanhas de promoção nas zonas mortas;
- Investir em melhores campanhas de marketing e de promoção nas zonas quentes;
- Definir melhor estratégia para relação de produtos Caros vs Baratos.

Dados tais benefício, pode-se concluir que o projeto possui grande impacto para o setor de lojas físicas, colaborando para o seu crescimento e melhor adaptação para o mercado atual.

### VI. DESENVOLVIMENTO

Para o melhor evolução no desenvolvimento do projeto foi-se adotado a metodologia top down que consiste em tratar o projeto como um processo sistemático baseando-se na decomposição de um todo para poder entender os seus subsistemas e componentes [6]. Seguindo esta metodologia de trabalho, três subdivisões foram criadas: Captação de vídeo,

Detecção do fluxo de pessoas e Sobreposição do mapa de calor e envio do relatório.

Além disso foi-se criado um grupo no microsoft teams e um quadro de kanban, através do Trello ([LINK TRELLO](#)), para delegação das tarefas e acompanhamento das atividades do projeto. Foi-se definido pontos de batimento todas as terças e sábados com o intuito de alinhar os avanços e problemas nas atividades propostas.

Todos os códigos desenvolvidos serão armazenados no git hub e podem ser acessados pelo seguinte link ([LINK GIT HUB](#))

#### A. Captura de Vídeo



Figura 1. Webcam C920 logitec

Para a captura de vídeo foi-se utilizado de webcam C920 da logitec figura 1, pelo motivo de possuímos a mesma já disponível em casa, evitando assim possíveis custos extras com os materiais do projeto.

Dado que o funcionamento Webcam é um ponto crítico no desenvolvimento, caso contrario projeto tem seu avanço prejudicado, optamos por tratar de forma mais urgente os métodos de utilização da câmera. Com o uso da biblioteca de visão computacional com foco em dados em tempo real Opencv, foi-se possível realizar a captura de vídeo na raspberripi através do método VideoCapture, dado a conexão USB da webcam com a raspberry e a devida biblioteca instalada através da linguagem de programação Python.

Encontraram-se outros métodos para coleta dos vídeos, porem o Opencv foi escolhido devido a biblioteca possuir a maior variedade de funções de processamento de imagem em sua base. A coleta dos vídeos e o seu processamento podem ser vistos nas imagens no apêndice.

No projeto o funcionamento da coleta de vídeos é descrita no fluxograma da figura 2, assim a raspberry irar armazenar os vídeos somente quando uma pessoa for detectada na imagem, caso contrario o vídeo sera somente processado e não armazenado. Os vídeos armazenados serão somente os dados do filtro de detecção de pessoas, pois somente estes são necessários para criação do mapa de calor.

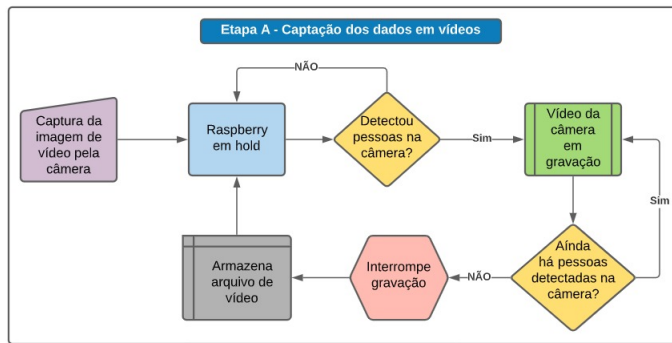


Figura 2. Fluxograma do funcionamento da captação dos vídeos

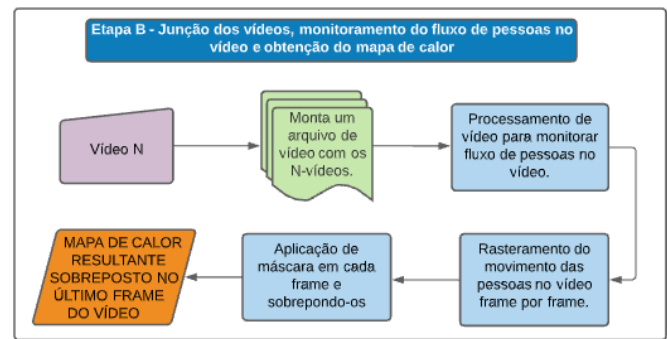


Figura 3. Fluxograma do funcionamento da detecção do fluxo de pessoas

Assim como mencionado anteriormente o processamento de imagens para detecção de humanos foi realizado com os métodos da bibliotecas do Opencv. Pode-se ver nas imagens no apêndice, partindo da imagem 5 até a imagem 7, que quando não há ninguém frente a câmera os filtros identificação ficam nulos, porem a partir do momento em que uma pessoa é detectada, o seu contorno é filtrado e destacado do restante da imagem, conforme as telas com fundo escuro na extremidade das figuras.

Para o ponto de controle 03 a proposta era consolidar os avanços do projeto porem com o foco não mais na linguagem python e agora na linguagem C/C++.

Primeiramente foi-se tentado traduzir os códigos para o C++ dado que o opencv tambem possui as classes na linguagem da matéria, porem nao foi possível devido a dependência de outras bibliotecas que constavam somente no python.

### B. Junção dos vídeos, monitoramento do fluxo e geração do mapa de calor

No final da coleta de dados teremos vários vídeos com o fluxo de pessoas que passaram por determinada área da loja, cada uma dessas gravações será armazenada em um vídeo separado, ao longo do período de processamento de captação dos dados. Quando finalizar o período de captação de dados, todos os vídeos armazenados serão juntados/compactados em um único vídeo, deste, de onde será obtido o heat map final da loja.

Este procedimento, visa obter menor quantidade de recursos de processamento necessários, redução de etapas para obtenção do mapa de calor e menor tempo gasto com as tarefas haja vista que seja processado um único vídeo, mesmo que de longa duração, ao invés de vários vídeos sendo processados separadamente para então uma operação matemática posterior.

A Figura 3 sintetiza o processo da Etapa B desde a junção dos vídeos até a obtenção do mapa de calor.

1) *Processamento realizado para obtenção do Mapa de Calor:* Inicialmente, o método proposto para geração do mapa de calor, foi a obtenção de uma matriz de intensidades, a partir do vídeo, que refletisse nos o fluxo de pessoas através dos pixels da imagem da loja. Para essa finalidade de testagem foi utilizado uma foto, encontrada na internet, de uma loja comum no formato .png e de tamanho 275x183. Vide 4.



Figura 4. Imagem exemplo de loja para testes dos programas.

Uma vez que é obtida a matriz de valores do mapa de calor de tamanho  $N \times M$ , foi criado um programa em Python, utilizando a biblioteca OpenCV, que faz o tratamento da matriz, transformando-a em imagem e gera uma imagem resultante do mapa de calor sobreposto à imagem da loja.

Foi simulado uma matriz de tamanho 90x135, com valores de intensidades e posições escolhidos manualmente, apenas com a finalidade de testar visualmente a eficácia do algoritmo.

Com o redimensionamento da matriz, para o tamanho 275x183, é gerada a imagem do mapa de calor primeiramente em níveis de cinza e logo então, o mapa de calor é colorido por uma escala que varia do azul, para menos intenso, ao vermelho, para mais intenso; tendo como médio o amarelo. Na figura 5 vemos tais resultados.

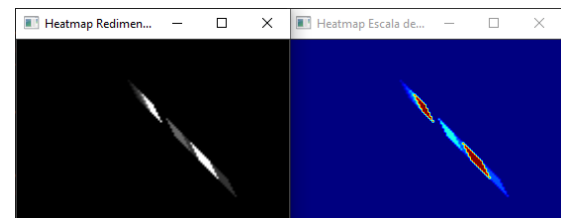


Figura 5. Imagem do mapa de calor redimensionado em tons de cinza e posteriormente mapeado na escala COLORMAP\_JET.

Com a imagem do mapa de calor gerada e já mapeada na escala visual de cores, faz-se então a sobreposição da imagem



do mapa de calor à imagem da loja, resultando assim na imagem final que mostra visualmente a intensidade do fluxo de pessoas nas regiões da loja, onde em vermelho seriam as áreas com maior passagem ou permanência de clientes e azul com menor. Vide Figura 6.



Figura 6. Mapa de Calor do fluxo de pessoas sobreposto na imagem da loja.

Notou-se então que a qualidade da apresentação do mapa de calor na imagem, não mostrou-se eficiente visualmente e precisaria de trabalhar com muitas variáveis que impactam o resultado final, como o tamanho da matriz escolhida, a variação entre os valores da matriz e o método de interpolação escolhido no redimensionamento da matriz para o tamanho da imagem da loja.

Sendo assim, optou-se por outro tipo de abordagem, onde é realizado em python usando o OpenCV, o processamento do vídeo para obtenção ao mesmo tempo do fluxo de pessoas e a geração do mapa de calor.

O programa do processamento pega cada frame do vídeo e primeiro aplica a subtração de fundo entre os frames usando o objeto *createBackgroundSubtractorMOG2* () para criar uma máscara no frame.

Um limite (threshold) é então aplicado à máscara para remover pequenas quantidades de movimento e também para definir o valor de acumulação para cada iteração para a sequência de frames do vídeo.

O resultado do limite é adicionado a uma imagem de acumulação (criada com valores que começam em zero e é adicionada a cada iteração sem remover nada), que é o que registra o movimento, pegando sempre a diferença entre os frames ao longo do vídeo.

No final, um mapa de cores é aplicado à imagem acumulada para possibilitar a visualização do movimento. Essa imagem colorida é então combinada com uma cópia do primeiro quadro usando a função do OpenCV *addWeighted* () para realizar a sobreposição.

Para fins de testes, foi utilizados os vídeos "vtest.avi" e "vloja1.mp4" presentes no repositório. Como resultado temos nas Figuras 9 e 10, as imagens acumulativas criadas a partir das diferenças entre cada frame ao longo do vídeo.

Já nas Figuras 9 e 10, podemos visualizar os resultados da sobreposição do mapa de calor nas imagens do primeiro frame de cada vídeo.

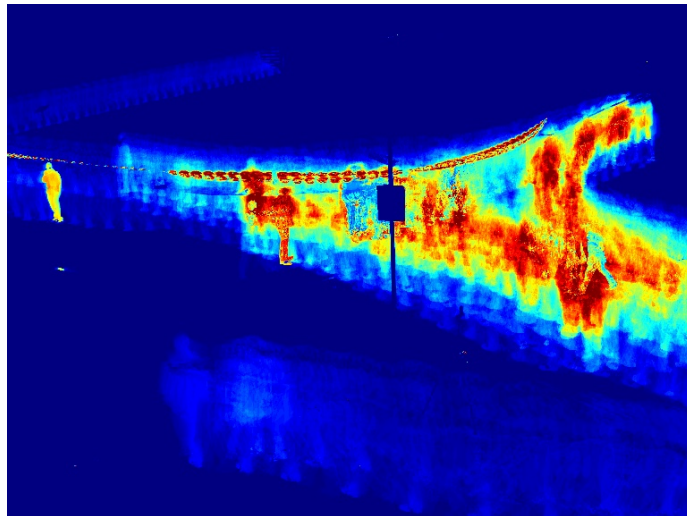


Figura 7. Imagem acumulativa das diferenças com o mapa de cores aplicado. Video 1

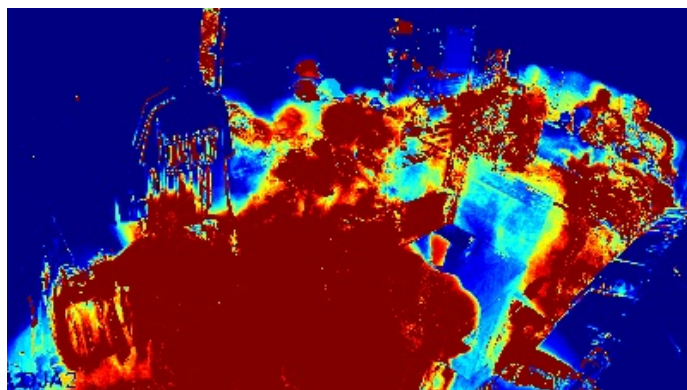


Figura 8. Imagem acumulativa das diferenças com o mapa de cores aplicado. Video 2

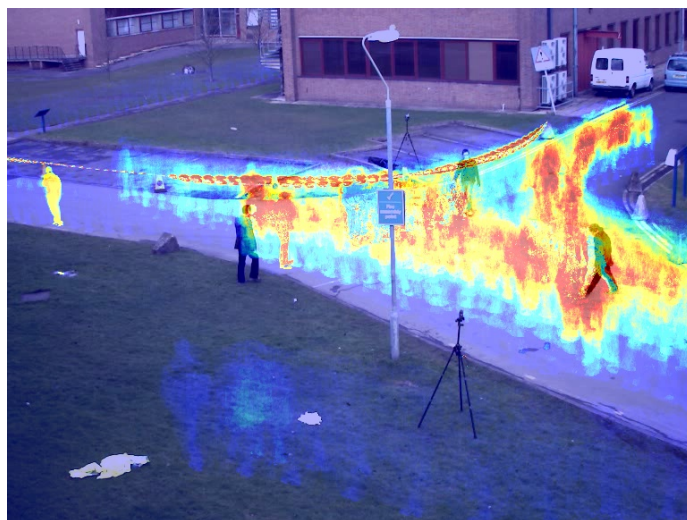


Figura 9. Mapa de calor sobreposto. Video 1



Figura 10. Mapa de calor sobreposto. Vídeo 2

É notório que dessa forma, a partir de um processamento de vídeo é possível obter resultados satisfatórios e mais objetivos, onde o mapa de calor apresentado nas imagens possui variação de intensidade mais suave e mais transparente.

Uma contribuição adicional a este método é que agora, ele não oferece apenas a informação de áreas com maior intensidade, mas também mostra em alguns casos, visualmente, o trajeto/direção do fluxo das pessoas. O que gera maior valor a informação para os lojistas.

### C. Geração e envio do relatório de dados

Nesta etapa do funcionamento, é gerado o relatório PDF com os dados pertinentes coletados e a imagem gerada do mapeamento da loja e consequentemente o envio automático do mesmo via email pela Raspberry.

A Figura 11, apresenta o fluxograma dessa etapa de funcionamento, denominada Etapa C.

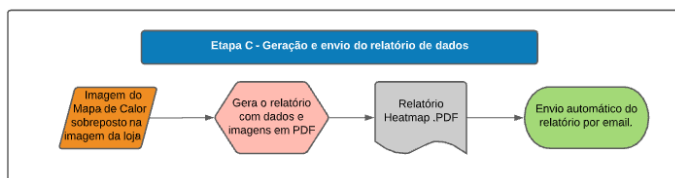


Figura 11. Fluxograma: Geração e envio do relatório de dados

O programa gerador do PDF, foi feito em Python, com uso da biblioteca *canvas* importada da biblioteca *reportlab.pdfgen*. O programa gera um arquivo no formato .PDF após a escrita em textos e adição de imagens, formas, gráficos, etc nas posições indicadas.

Para fins de testes, foi gerado o PDF que está no apêndice na Figura 18. Nele foi demonstrado a possibilidade de inserção de dados escritos importantes sobre o mapeamento de fluxo de pessoas na loja, inserção da imagem do mapa de calor, além de formas geométricas e outros recursos que facilitem a apresentação das informações.

Com ele, pode ser visto que é possível apresentar de forma eficiente e objetiva os dados necessários para o cliente

trabalhar na tomada de decisões importantes para melhoria de suas vendas.

Por fim, o programa de envio automático do relatório para o cliente via email, foi escrito também em Python com o uso da biblioteca *smtplib*.

Foi criada uma conta de email específica para o projeto (soe.heatmap@gmail.com), onde o programa já se conecta automaticamente com a conta e envia um email para a conta destinatária, após receber os textos de Assunto e do Corpo do email, tão como os arquivos em anexo, que no presente projeto foi apenas o arquivo PDF.

A Figura 12 mostra o envio com sucesso pela raspberry, com o assunto e textos de corpo do email e o relatório em anexo.



Figura 12. Email enviado automaticamente pela Raspberry com textos informativos e relatório em anexo.

### REFERÊNCIAS

- [1] F. RODRIGUES, "A importância de monitorar dados no varejo," *Startups Stars*, 2017. [Online]. Available: <https://www.startupsstars.com/todos-posts/a-importancia-de-monitorar-dados-no-varejo-por-fabio-rodrigues/>
- [2] M. TAVARES, "Cinco motivos para monitorar o fluxo de visitantes na loja," *Negócio Varejo*, 2015. [Online]. Available: <https://www.fxdata.com.br/2015/09/11/cinco-motivos-para-monitorar-o-fluxo-de-visitantes-na-loja/>
- [3] F. OLIVEIRA, "Novas tecnologias identificam clientes em lojas e sugerem produtos," *Folha Uol*, 2015. [Online]. Available: <http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/01/1575995-novas-tecnologias-identificam-clientes-em-lojas-e-sugerem-produtos.shtml>
- [4] RASPBERRYPI.ORG, "What is a raspberry pi?" *Folha Uol*, 2015. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>
- [5] A. WONDERS, "Desafios do varejo: como se destacar da concorrência?" *The future of retail*, 2018. [Online]. Available: <http://alicewonders.ws/blog/2018/02/23/desafios-do-varejo-como-se-destacar/>
- [6] B. WeDOLogos.

### APÊNDICE

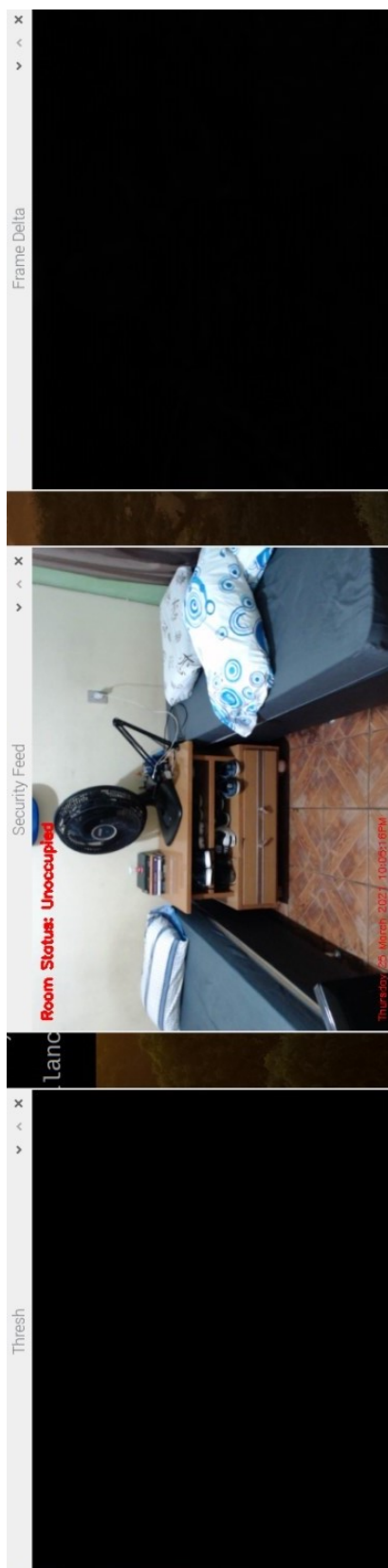


Figura 13. Reconhecimento de pessoas por vídeo. Fonte: Autor

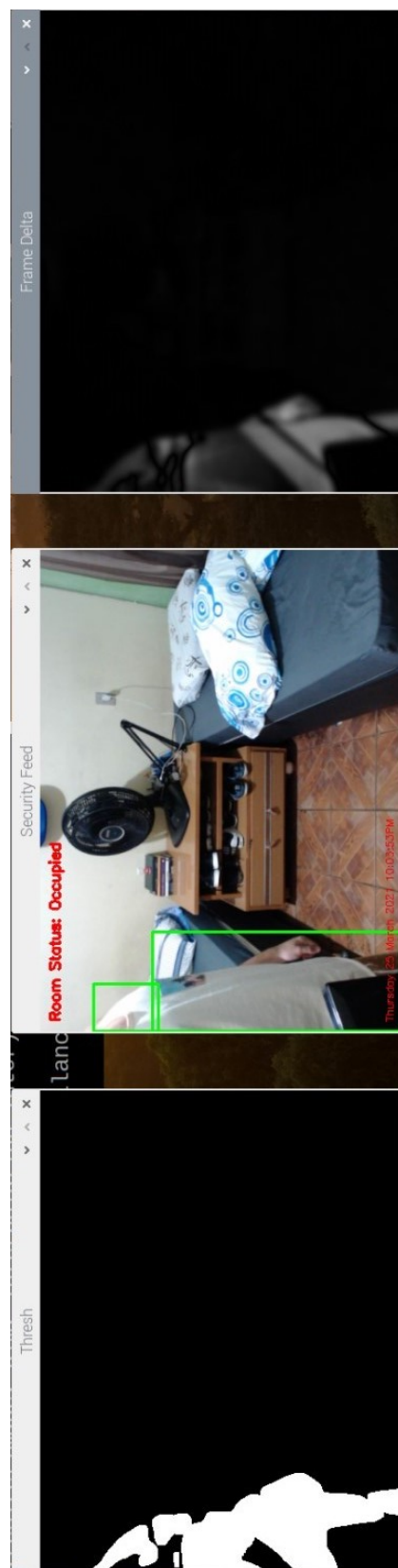


Figura 14. Reconhecimento de pessoas por vídeo. Fonte: Autor



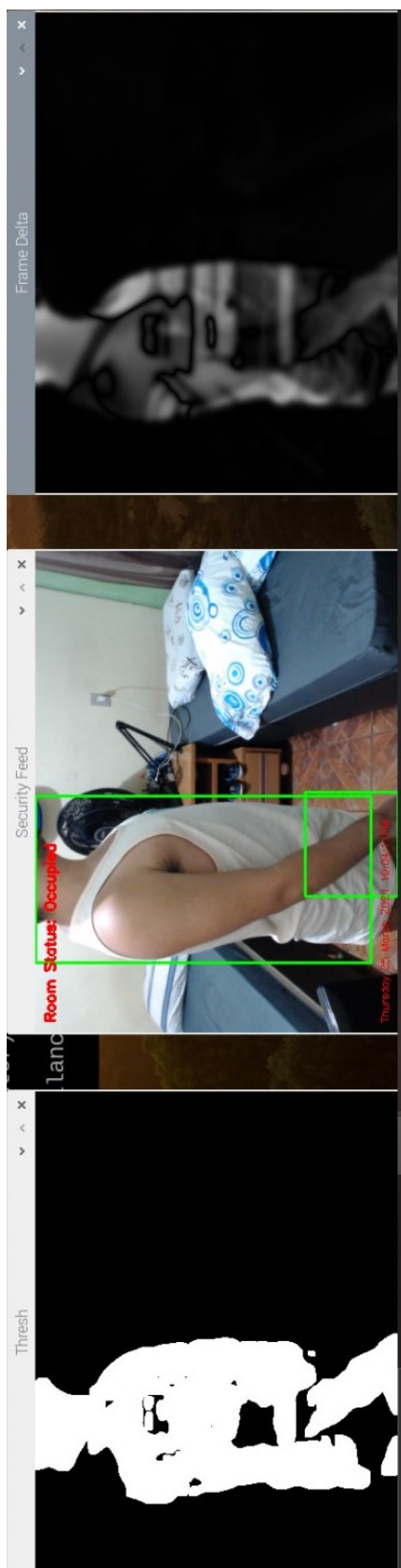


Figura 15. Reconhecimento de pessoas por vídeo. Fonte: Autor

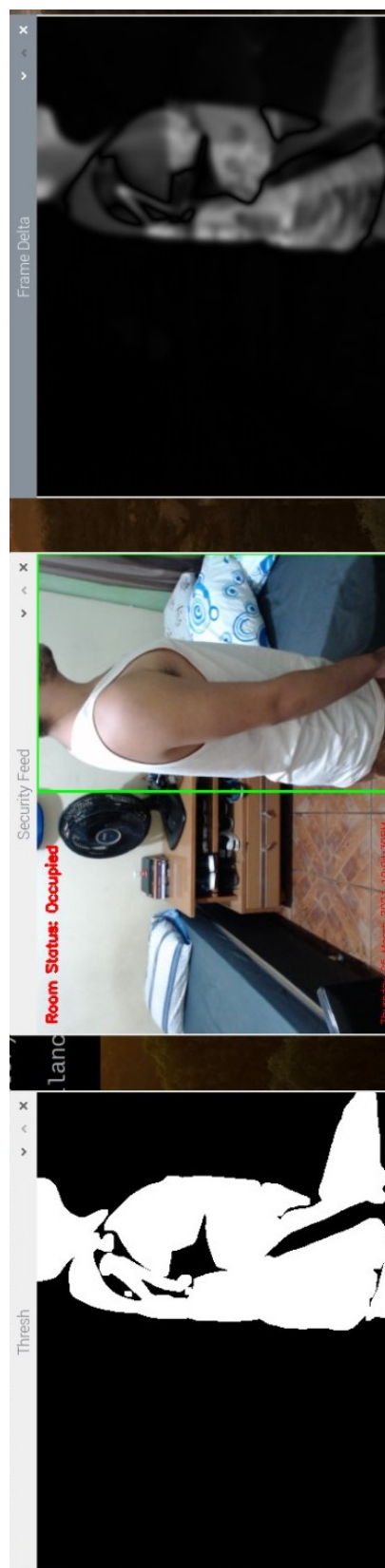


Figura 16. Reconhecimento de pessoas por vídeo. Fonte: Autor

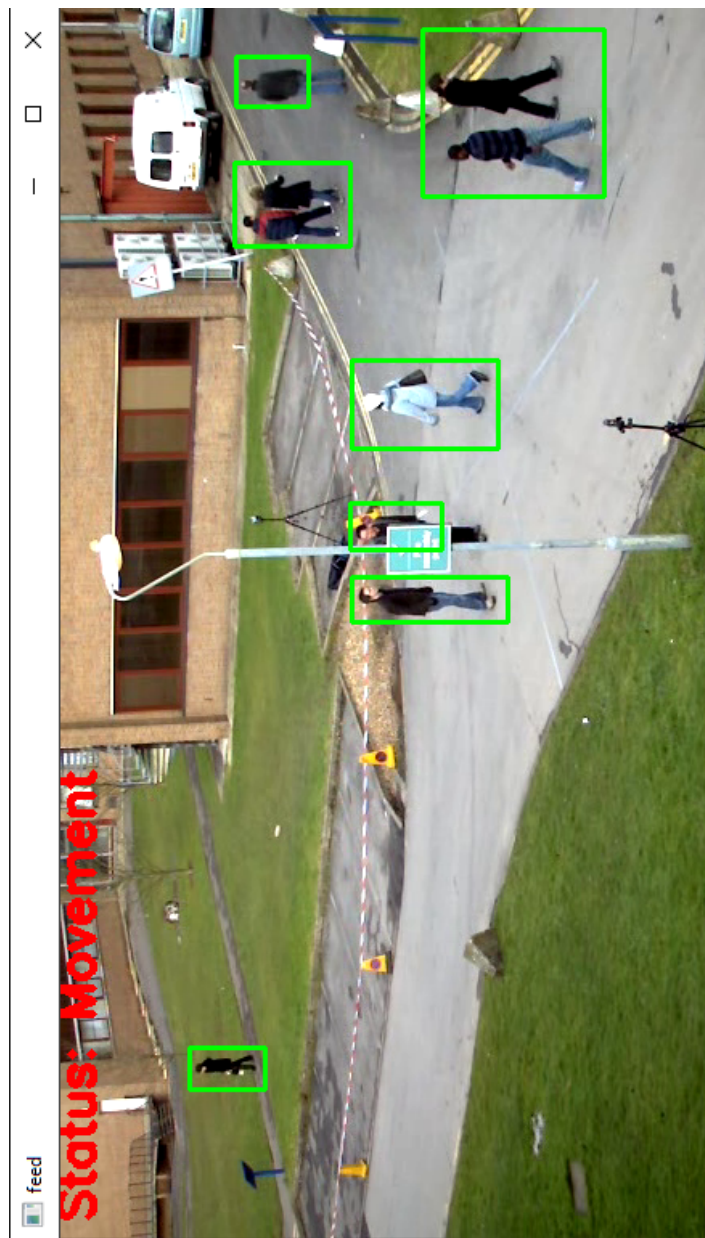


Figura 17. Reconhecimento de movimento de pessoas por arquivo de vídeo e delimitando área da pessoa. Fonte: Autor

## HeatMap Report

Mapa de Calor do fluxo de clientes de sua loja:

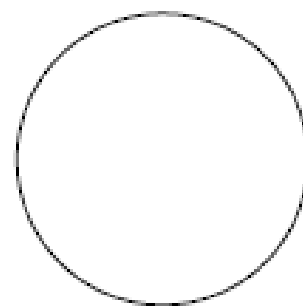


Quantidade de clientes hoje:

Média de permanência na loja:

Setor mais visitado: / Tempo médio:

Setor menos visitado: / Tempo médio:



Atualizado em 23/03/2021 (Terça-Feira) - 23:52.

Figura 18. Relatório gerado no formato PDF. Fonte: Autor