## UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E COMPUTAÇÃO

**CURSO DE ENGENHRIA DE COMPUTAÇÃO**

**ANDERSON OLIVEIRA SOUSA**

**ANDERSON OLIVEIRA SOUSA**

CAPTURA DE IMAGENS GEORREFERENCIADAS USANDO MICROCONTROLADOR

CAPTURA DE IMAGENS GEORREFERENCIADAS USANDO MICROCONTROLADOR

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

GOIÂNIA

2014

GOIÂNIA

2014

**ANDERSON OLIVEIRA SOUSA**

**ANDERSON OLIVEIRA SOUSA**

**CAPTURA DE IMAGENS GEORREFERENCIADAS USANDO MICROCONTROLADOR**

**CAPTURA DE IMAGENS GEORREFERENCIADAS USANDO MICROCONTROLADOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Computação.

**Orientador: Prof. Dr. José Wilson Nery**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia de Computação da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Computação.

**Orientador: Prof. Dr. José Wilson Nery**

## GOIÂNIA

## 2014

## GOIÂNIA

## 2014

## TERMO DE APROVAÇÃO

**CAPTURA DE IMAGENS GEORREFERENCIADAS USANDO MICROCONTROLADOR**

Por

Anderson Oliveira Sousa

Projeto final de curso apresentado e aprovado em \_\_\_\_\_\_\_\_ de dezembro de 2014 pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

**Prof. Dr. José Wilson Lima Nerys**

## GOIÂNIA

## 2014

(DEDICATÓRIA) Às memórias de Emília Maria - Fernanda - e Maria Antônia, sábias mulheres analfabetas, que conduziram e incentivaram minha educação formal.À Lohanna e Shayana, que tenham a opção, e a escolha, das próprias formações.À Tereza, Leonir, Márcia, Hilda, Sigrid, Takako, Marinei, Elizabeth, Rosana e Aline, pelos exemplos e contra-exemplos de vida.

## AGRADECIMENTOS

## RESUMO

Este trabalho apresenta a implementação um sistema para obtenção de imagens georreferenciadas que poderá ser utilizado em veículos como VANTs, com foco no setor florestal. Uma nova técnica que irá auxiliar o sensoriamento remoto foi desenvolvida neste projeto através de uma câmera de uso convencional, de um módulo GPS e de um computador de pequeno porte. O desenvolvimento teve início com o estudo e implementação do software de controle de cada hardware separadamente e, em seguida, fez-se a integração dos dispositivos através de uma rotina em software.

O estudo iniciou com uma O sensoriamento remoto, utilizado no setor florestal, é um dos maiores beneficiários dos resultados deste projeto é muito importante para o sensoriamento remoto utilizado no setor florestal.

. Hoje existem diversas tecnologias que apoiam o sensoriamento remoto em nível aéreo, entretanto, quando utiliza-se um VANT, um quadricóptero (ou outras variações de veículos aéreos autônomos) como veículo para obtenção de dados, novas possibilidades e técnicas podem ser exploradas também.

, definida como todas as tecnologias relacionadas às informações espaciais.

Esse conceito abrange a aquisição, processamento interpretação (ou análise) de dados ou informações espacialmente referenciadas, apoiadas pelos Sistemas de Informações Geográficas, Sensoriamento Remoto, Geoestatística, Cartografia, Geodésia e outros

.

**ABSTRACT**

## LISTA DE IMAGENS

## LISTA DE SIGLAS

GPS

SIG

SR

Vants

API

GPIO

UART

GPU

RAM

NMEA  
HDMI  
MP

MiB  
SD

SPI

I2C

I2S

USB

PWM

SD

HTTP

IP

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

Assim como acontece em diversas áreas do conhecimento e do desenvolvimento humano, o Setor Florestal se beneficia bastante dos avanços das geotecnologias, definidas como todas as tecnologias relacionadas às informações espaciais. Esse conceito abrange a aquisição, processamento, interpretação de dados ou informações espacialmente referenciadas, apoiadas pelos Sistemas de Informações Geográficas, Sensoriamento Remoto, Geoestatística, Cartografia, Geodésia e o sistema de posicionamento global.

Tarefas que antes eram realizadas com grande dificuldade, agora podem ser concretizadas rapidamente e com melhores resultados, tais como: delimitação de corredores ecológicos, estudo do risco de incêndios florestais, risco de inundação, monitoramento de adequações ambientais, planos de manejo de unidades de conservação, etc. Diante disso, cada vez mais as pesquisas aplicadas aos recursos florestais dependerão das Geotecnologias aplicadas aos recursos florestais

“O sensoriamento remoto é considerado uma das técnicas mais utilizada nos estudos de ecologia da paisagem”[[1]](#footnote-1). Pode-se definir sensoriamento remoto como “a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, de superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície”[[2]](#footnote-2). Ele tem a capacidade de caracterizar no tempo e no espaço os padrões de uso e cobertura da terra, que são a base para posterior quantificação da estrutura e definição dos padrões da paisagem.

SILVICULTURA DE PRECISÃO

“Silvicultura é a ciência que se ocupa das atividades ligadas a implantação e regeneração de florestas. Visa desta forma o aproveitamento e a manutenção racional das florestas, em função do interesse ecológico, científico, econômico e social.”[[3]](#footnote-3). Em geral, silvicultura é o ato de criar e desenvolver povoamentos florestais, satisfazendo as necessidades do mercado. Inclusive, ela dedica-se ao estudo dos métodos naturais e artificiais de regenerar e melhorar os povoamentos florestais com

A silvicultura de precisão apresenta um modo de produção e manejamento das florestas, de forma que a coleta e a análise de dados da cultura possibilitem uma interferência precisa e exata na área em questão. Dessa forma, enquanto na forma usual a floresta é vista como uma unidade uniforme, na silvicultura de precisão esta mesma área é dividida em frações menores (conforme a qualidade do sítio) e tratada de forma pontual. Intervenções precisas nas florestas e culturas permitem obter um rendimento máximo de acordo com a potencialidade do solo em um determinado local e tais intervenções são feitas por meio de práticas como o mapeamento dos talhões[[4]](#footnote-4), avaliação do potencial produtivo do solo, susceptibilidade à erosão do solo, otimização do traçado das estradas florestais, monitoramento da saúde dos talhões (crescimento de ervas daninhas, pragas e doenças), criação de corredores florestais e outros.

Da mesma forma que o Setor Florestal se apoia nas geotecnologias, para que o rendimento máximo de uma produção seja alcançado, é necessária uma base de dados confiável e atualizada, que reflita com fidelidade o estado atual da área. Essa base de dados é garantida utilizando-se três tecnologias muito importantes: sensoriamento remoto (SR), sistema geográfico de informação (SIG) e o sistema de posicionamento global (GPS). O sistema de posicionamento global pode ser utilizado para várias finalidades, como o manejo florestal, mapeamento e a localização de parcelas do terreno, cadastro de árvores fornecedoras de sementes, e outros. O sensoriamento remoto permite obter imagens digitais de baixo custo, capturando um amplo espectro da radiação eletromagnética, para acompanhar continuamente a fertilidade do solo, produtividade, realizar o controle de pragas, doenças, erosão hídrica e outros pontos críticos de uma floresta.

OBJETIVO GERAL

Este trabalho utiliza duas geotecnologias: o sensoriamento remoto e o sistema de posicionamento global. O objetivo será realizar a captura de imagens georreferenciadas[[5]](#footnote-5) por meio de uma câmera fotográfica e de um GPS. Com o sistema em funcionamento, o usuário terá as informações de cada imagem gravadas no computador. Os resultados desse trabalho irão auxiliar as práticas da silvicultura de precisão e de qualquer outra atividade que necessite de uma câmera que dispare fotos georreferenciadas de forma autônoma.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Elaborar um sistema de captura imagens georreferenciadas utilizando uma GoPro Hero 3+, um módulo GPS Ultimate Breakout v3 e um computador de pequeno porte Raspberry Pi. O georreferenciamento será feito através das coordenadas geográficas dadas pelo sistema de posicionamento global e cada fotografia terá, no seu canto superior esquerdo, a latitude, longitude e altitude do local representado na foto. As imagens devem ser salvas no computador, juntamente com um arquivo contendo as informações de cada uma delas. Para que o sistema funcione de forma autônoma é necessário implementar um software para o controle dos dispositivos e para a execução da rotina de disparo das fotos, coleta de dados, obtenção e gravação das imagens. Deve-se desenvolver uma forma de facilitar a apresentação do sistema, por exemplo uma interface física para que o usuário possa controla-lo.

DISPOSITIVOS UTILIZADOS

Raspberry Pi

O Raspberry Pi é um pequeno computador desenvolvido no Reino Unido pela Raspberry Pi Foundation, cujo foco principal é auxiliar o ensino da computação nas escolas para crianças e adultos. A ideia surgir a partir de uma preocupação dos seus fundadores, Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang e Alan Mycroft, membros do laboratório de Computação da Universidade de Cambridge, que observaram a grande redução das habilidades em computação dos alunos recém ingressados no curso de Ciência da Computação da universidade. Dessa forma, os fundadores criaram uma plataforma barata, que pudesse facilitar e incentivar o ambiente de programação, assim, não seria preciso ter um computador caro, desktop ou notebook, para aprender a programar.

Este trabalho foi realizado utilizando o Raspberry Pi modelo B. Este computador possui vários periféricos, incluindo um processador, GPU, memória RAM, barramento para GPIO[[6]](#footnote-6) e aproximadamente o mesmo tamanho de um cartão de crédito, fator que o fez ser mundialmente conhecido e utilizado em várias aplicações. Na tabela abaixo estão as especificações desse computador:

Tabela 1 - Especificações do Raspberry Pi modelo B.

|  |  |
| --- | --- |
| System on a Chip: | Broadcom BCM2835 (CPU + GPU) |
| Processador: | ARM1176JZF-S 700 MHz |
| Memória SDRAM: | 512 MiB |
| Rede local integrada: | 10/100 Mb Ethernet RJ45 |
| Saída de vídeo: | RCA e HDMI |
| Saída de áudio: | Conector TRS, 3.5 mm |
| Portas USB 2.0: | 2 |
| Demais periféricos: | 26 pinos para GPIO, incluindo SPI, I2C, I2S e UART |
| Armazenamento: | Via cartão SD |
| Potência: | 700 mA (3.5 W) |
| Tensão de operação: | 5 V DC |
| Peso: | 40 g |
| Tamanho: | 85 x 56 mm x 17 mm |

Fonte: Rpi Hardware Disponível em: <<http://elinux.org/RPi_Hardware>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

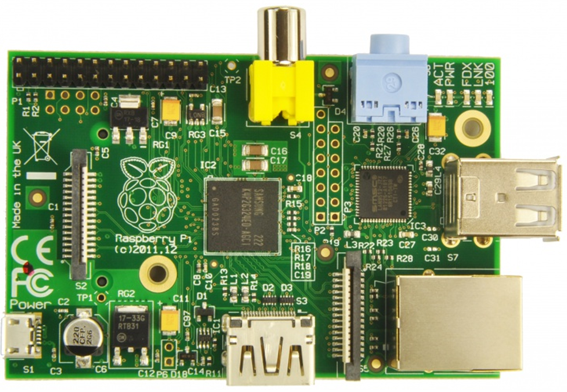


Figura 1 – Raspberry Pi modelo B.  
Fonte: Rpi Hardware Disponível em: <<http://elinux.org/RPi_Hardware>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

Este computador suporta sistemas operacionais Linux e nesse projeto utilizou-se o sistema operacional Raspbian. Um sistema operacional (S.O.) é software que gerencia um hardware (processos, memória, entrada e saída, etc.) e provê um conjunto softwares e serviços utilitários necessários pelos programas que serão escritos para esse hardware. O Raspbian é um S.O. baseado na distribuição Debian Wheezy armhf e otimizado para executar no hardware do Raspberry Pi. Este sistema foi modificado para aumentar a performance de aplicações que necessitam bastante das operações aritméticas com ponto flutuante.

GOPRO HERO

A câmera é o elemento principal para obtenção das fotos, diante disso, utilizou-se um dispositivo que houvesse processamento e armazenamento próprio. Por oferecer uma qualidade muito alta para fotos e vídeos, a câmera GoPro Hero Black Edition é amplamente utilizada em fotografia de ação extrema, além disso elas são leves, emborrachadas e capazes de serem montadas em veículos. Na tabela abaixo estão algumas especificações técnicas da câmera:

Tabela 2 - Especificações técnicas da câmera GoPro Hero 3+ Black Edition

|  |  |
| --- | --- |
| Resoluções de vídeo: | 4K, 2.7K, 1440p, 1080p e 960p |
| Resoluções de foto: | 12 MP, 7 MP e 5 MP |
| Taxas de burst: | 30, 15, 10, 5 e 3 fotos por segundo |
| Modos de vídeo: | NTSC e PAL |
| Formatos suportados: | H.264 e mp4 para vídeos e JPEG para fotos |
| Bateria: | 3.7 V 1050 mAh carregável via USB |
| Wi-Fi embutido: | 2.4 GHz, b/g |
| Massa: | 74 g |

Fonte: Disponível em: <<http://shop.gopro.com>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

Os fabricantes disponibilizaram um controle remoto, o qual utiliza a rede Wi-Fi para executar funções na câmera remotamente, por exemplo alterar modos, tirar fotos ou gravar vídeos. Existe também um aplicativo para dispositivos móveis que, de forma semelhante, permite o controle da câmera e, além disso, podemos pré-visualizar as imagens e vídeos.



Figura 2 - Câmera GoPro Hero 3+ Black Edition  
Fonte: Disponível em: <http://bonjourlide.com>. Acesso em: 25 nov. 2014.

GPS

As coordenadas geográficas de um local na superfície terrestre são obtidas através de um módulo GPS e para o projeto optou-se pelo Adafruit Ultimate GPS Breakout. Além de ser um GPS de baixo custo, as principais vantagens dele são a precisão e a alta taxa de atualização. Abaixo estão os detalhes técnicos do módulo:

Tabela 3 - Especificações técnicas do Ultimate GPS Breakout v3

|  |  |
| --- | --- |
| Número de satélites: | 22 em rastreamento, 66 em modo de busca |
| Tamanho da antena embutida: | 15 x 15 x 4 mm |
| Taxa de atualização: | 1 até 10 Hz |
| Precisão de posição: | Menor que 3 metros |
| Precisão de velocidade: | 0.1 m/s |
| Inicialização Warm/cold: | 34 segundos |
| Tensão de operação: | 3.0 a 5.5 V DC |
| Corrente: | Máximo de 25 mA |
| Massa: | 8.5 g |
| Dimensões: | 25.5 x 35 x 6.5mm |
| Protocolo: | NMEA 0183 |

Fonte: Disponível em: <<http://www.adafruit.com/product/746>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

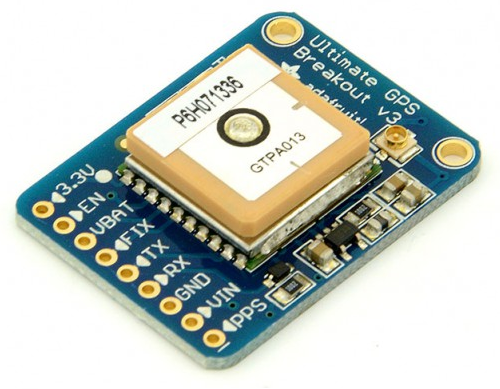


Figura 3 - Ultimate GPS Breakout v3.  
Fonte: Disponível em: <<http://www.adafruit.com/product/746>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

Utilizou-se uma antena externa para facilitar aquisição do sinal do satélite e acelerar o processo de obtenção das coordenadas. A antena drena cerca de 10 mA e oferece um ganho adicional de 28 dB.

As informações são obtidas do módulo através da comunicação serial e as mensagens são entregues no formato padrão definido pela NMEA 0183.

ADAPTADOR WI-FI

Para realizar o controle da câmera através da WiFi fez-se necessária a utilização de um adaptador Wi-Fi que possibilita a conexão entre o computador e a câmera fotográfica. O adaptador utilizado foi o LinkOne e abaixo estão as suas especificações técnicas:

|  |  |
| --- | --- |
| Padrões: | IEEE 802.11 b/g/n |
| Interface: | USB 2.0 |
| Faixa de frequência: | 2.4 GHz |
| Velocidade de Rede Wireless: | Até 150 Mbps |
| Antena: | 1 antena interna de 2 dBi |
| Segurança: | 64/128 bit WEP, WPA-PSK, WPA2-PSK, WPS |
| Condições de operação: | De 0  a 40  C |
| Dimensões: | 38,4 x 17,2 x 7,9 mm |
| Massa: | 5 g |

Tabela 4 - Especificações técnicas do adaptador Wi-Fi LinkOne.  
Fonte: Disponível em: <[www.link1.com.br](http://www.link1.com.br)>. Acesso em 24 nov. 2014.

INTERFACE FÍSICA ENTRE O SOFTWARE E O USUÁRIO

Uma interface foi criada para gerar entradas para o sistema e identificar algumas das suas saídas. Durante a execução do software de controle do sistema, o usuário poderá fotografar, mudar modos da câmera e iniciar/parar a rotina principal através dos botões da interface. Os LEDs verdes e vermelhos indicam os estados do programa.

3.CONTROLE E UTILIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS

O computador, a câmera fotográfica e o módulo GPS funcionam em conjunto para executar as ações de fotografar e geolocalizar das imagens. Antes de desenvolver um software para executar tarefas que operam sobre cada um deles, foi necessário uma pesquisa para compreender como cada dispositivo funciona e como são controlados.

3.1UTILIZAÇÃO DO COMPUTADOR

Diferente dos computadores utilizados pela grande maioria das pessoas, o sistema operacional do Raspberry Pi, Raspibian, localiza-se em um cartão de memória SD previamente formatado e configurado. Durante as primeiras inicializações, além de instalar o sistema operacional no cartão de memória, é necessário conectar nas portas USB do computador um teclado, mouse (caso utilizar o ambiente gráfico), um monitor e o adaptador Wi-Fi.

Concluída a inicialização, recomenda-se fazer a atualização dos pacotes do sistema operacional, do kernel e do firmware por meio do gerenciador de pacotes padrão. Além da atualização, deve-se instalar um conjunto de softwares necessários para o desenvolvimento de aplicações em C++, instalar a biblioteca de controle da GPIO, configurar a UART e a rede Wi-Fi para estabelecer a conexão com a câmera fotográfica. **Uma lista de comandos será disponibilizada nos anexos.**

3.1.1CONTROLE DA GPIO

Neste trabalho, os pinos da GPIO do computador foram utilizados para definir os estados dos LEDS e capturar os estados dos botões. Essa funcionalidade foi implementada utilizando a API do WiringPi, criada por Gordon Henderson. Esta API possui um conjunto de funções que possibilitam o programador definir o modo de operação do pino (entrada/saída), definir ou obter seu estado[[7]](#footnote-7), controlar a PWM[[8]](#footnote-8), pausar a execução do programa, definir interrupções, criar threads, entre outros.

O módulo GPS utiliza a serial do Raspberry Pi para enviar e receber dados e, antes de utilizá-lo, devemos configurar a UART do computador para que esteja disponível para uso. O sistema operacional é pré-configurado para usar a porta serial como meio de acesso dos usuários ao console de comandos, portanto, foi necessário seguir alguns passos para utilizá-la como interface de comunicação com o módulo GPS. **VIDE APENDICE**

3.2GERENCIAMENTO DA CONEXÃO COM A CÂMERA

O gerenciamento das conexões da rede *Wi-Fi* no computador é feito por um software pré-instalado no sistema operacional chamado **<nome>**. Para conectar à rede criada pela câmera, primeiramente ative o modo “*GoPro App*” no menu de configurações da GoPro ou através do botão localizado na lateral do dispositivo. Em seguida, utilize o **<nome>** para procurar por redes *wireless* disponíveis, encontre a rede com o nome *GOPRO-BP-D4D9190FCAe1* e insira a senha que foi criada previamente para esta rede. Após conectar com sucesso, o software irá disponibilizar o endereço *IP* da câmera (servidor) e do computador (cliente). O endereço de *IP* do servidor é importante porque que o software que executará a rotina o utilizará para enviar os comandos de controle da câmera.

CONTROLE DA CÂMERA GOPRO

O fabricante do produto possibilitou que os usuários pudessem comandar a câmera remotamente usando um controle remoto ou um aplicativo para dispositivos móveis, ambos fornecidos pelo fabricante. O controle é feito por meio de comandos que são enviados pelo cliente para um servidor web que executa no sistema operacional da câmera e a comunicação entre as duas partes (cliente e servidor) é realizada através de uma rede wireless. Após habilitar o modo “*GoPro App*” no menu de configurações, a câmera torna-se um ponto de acesso e permite que clientes[[9]](#footnote-9) conectados nela possam acessar o servidor web disponível através do endereço http://10.5.5.9:8080.

Estabelecida a conexão, requisições HTTP (*Hypertext Transfer Protocol* ou Protocolo de Tranferência de texto) são utilizadas pelo cliente para enviar uma ordem ao servidor da câmera por meio da rede. Cada tipo de ordem possui um endereço específico, chamado de URL (*Uniform Resource Locator* ou Localizador-Padrão de Recursos), contendo o tipo de comando, subtipo, a senha da rede e o seu valor. Este endereço deve seguir um formato padrão para que o servidor web da câmera possa receber a requisição (contendo a URL do comando) e interpretar de maneira correta. Segue abaixo o formato da URL de um comando:

http://10.5.5.9:/**“TIPO”**/**“COMANDO”**?t=**“SENHA”%p=%“VALOR”**

Os campos entre aspas duplas, marcados em negrito, devem ser substituídos por seu respectivo valor. A lista completa dos comandos disponíveis e valores para cada campo está anexada ao trabalho. Segue abaixo um exemplo de comando para acionar o botão de disparar:

http://10.5.5.9/bacpac/SH?t=goprohero&p=%01

Por exemplo, se a câmera estiver no modo “Foto” ela irá fotografar uma vez, ou iniciar a gravação de um vídeo caso estiver no modo “Video”. Observa-se que o campo **“SENHA”** foi preenchido com o valor “goprohero”, que é a senha definida durante a primeira configuração do ponto de acesso da câmera.

A forma que o controle remoto ou o aplicativo de celular utiliza para enviar os comandos para a câmera não é publicada para os usuários. No entanto, pode-se enviá-los utilizando o próprio navegador do computador, digitando na barra de endereços o endereço do comando desejado. Para fins de teste, essa é a forma mais simples de enviar comandos para a câmera

CONTROLE VIA SOFTWARE

CONTROLE REMOTO

SOFTWARE PRÓPRIO

APIs UTILIZADAS

API (Application Programming Interface), do português Interface de programação de Aplicações,

1. YOUNG e MERRIAM, 1994. [↑](#footnote-ref-1)
2. GALLOTI, 2002, p.1. [↑](#footnote-ref-2)
3. BRANDELERO, C.; ANTUNES, M.U.F.; GIOTTO, E. Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal. Ambiência, Paraná, v.3 n.2, p. 269-281, Maio/Ago. 2007. [↑](#footnote-ref-3)
4. \* Talhão: terreno cultivado ou próprio para cultura. [↑](#footnote-ref-4)
5. Imagens georreferenciadas: tornar as coordenadas geográficas da imagem conhecidas em um dado sistema de referência. [↑](#footnote-ref-5)
6. . GPIO (General-Purpose Input/Output): Pino genérico em um circuito integrado cujo comportamento, de entrada ou saída, pode ser controlado pelo usuário em tempo de execução. [↑](#footnote-ref-6)
7. Definir como alto ou baixo (0 ou 1) quando o pino está operando no modo saída ou obter o nível lógico (0 ou 1) quando o pino está operando no modo entrada. [↑](#footnote-ref-7)
8. PWM (Pulse Width Modulation) ou modulação por largura de pulso (MLP). [↑](#footnote-ref-8)
9. Cliente é o dispositivo que requerer algum tipo de serviço do servidor. No contexto deste trabalho, o cliente é o computador Raspberry Pi e ele requer serviços do servidor, a câmera fotográfica, como fotografar ou disponibilizar imagens para download. [↑](#footnote-ref-9)