

Thales Duarte  
FGA  
Universidade de Brasília  
Gama, Brasil  
eletronic.eng@gmail.com

Lucas Rocha  
FGA  
Universidade de Brasília  
Gama, Brasil  
lucas.oct8@gmail.com

## **Espectrofotômetro**

**Brasília, junho de 2019**



## RESUMO

O presente projeto visa a criação de um laboratório remoto do experimento do espectrofotômetro para ensino nos cursos de farmácia da FACIPLAC. A fim de resolver o problema de faltas de kits do espectrofotômetro na faculdade, o trabalho possibilita aos estudantes trabalhar fora do ambiente acadêmico em horários predeterminados por um agendamento. Trata-se do desenvolvimento de uma arquitetura baseada em raspberry pi para controle de soluções, escolha de luzes e controle da intensidade do brilho luminoso para as devidas análises do experimento. O usuário fica apto a controlar características do experimento e interagir com a prática remotamente a partir de uma interface web simulando em tempo real as qualidades e atributos necessários para encontrar os resultados esperados. A estrutura construída é viável e, de acordo com os parâmetros mostrados no TCC, replicável para a concepção de novas soluções para o mesmo problema.

**Palavras-chave:** Laboratório remoto. Raspberry pi. Servidor web.

## ABSTRACT

The present project aims at the creation of a remote laboratory of

the experiment of the spectrophotometer for teaching in the courses of pharmacy of FACIPLAC. In order to solve the spectrophotometer kits shortage problem in college, the work enables students to work outside the academic setting at predetermined times by scheduling. It is about the development of an architecture based on raspberry pi for control of solutions, choice of lights and control of brightness intensity for the proper analysis of the experiment. The user is able to control features of the experiment and interact with the practice remotely from a web interface simulating in real time the qualities and attributes needed to find the expected results. The constructed structure is feasible and, according to the parameters shown in the TCC, replicable for the design of new solutions for the same problem.

**Keywords:** Raspberry pi, Remote Lab, Web Server.

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta considerações gerais e preliminares relacionadas à construção de um laboratório remoto para o projeto de espectrofotômetro para desenvolvimento do curso de farmácia da FACIPLAC. São abordados os diferentes aspectos sobre a estrutura do trabalho, mas

principalmente sobre a arquitetura baseada em Raspberry pi e um servidor web para a devida comunicação entre os dispositivos tecnológicos.

### 1.1. CONTEXTO

No desenvolvimento do aprendizado de química um experimento em especial é importante para o ideal conhecimento em farmácia: A prática do espectrofotômetro. Nesta experimentação, existe uma luz incidente sobre uma solução química, e de acordo com as características do soluto, uma parcela de comprimentos de onda luminosa é absorvida. O resultado é que o espectro refratado na outra extremidade mostra uma sombra na cor absorvida, resultando numa cor complementar. Isto é importante para identificação de qualidades físico-químicas da solução. Quando a luz incidente passa através de um retículo de difração ela se decompõe em raios de luz de diferentes comprimentos de onda. Esta separação de cores projeta sobre um anteparo, rede de difração, uma faixa de cores no intervalo de ondas visíveis que vai desde o vermelho até o violeta.

Contudo, um kit espectrofotômetro custa alguns milhares de reais e, além disto, o tempo de experimentação nas matérias dos cursos de química está sujeita ao horário da disciplina, geralmente de 30 minutos. Ademais, os alunos estão subordinados ao número de kit disponíveis e são submetidos às práticas em ambientes acadêmicos onde dividem um espaço de laboratório físico com mais uma dezena de estudantes. Estes fatores

comprometem a qualidade do ensino de química.

Ante ao exposto, propõe-se a construção de um laboratório remoto onde se faça a observação de fenômenos físico-químicos em ambientes distantes do laboratório servidor. Isto confere ao estudante maior autonomia para estudar, e conseqüentemente auxilia no processo de aprendizagem.

### 1.2. JUSTIFICATIVA

O projeto de laboratório remoto possibilita ao aluno o estudo fora do ambiente acadêmico, no conforto de sua casa, não estando necessariamente próximo do kit do espectrofotômetro. Além disto, o estudante pode repetir o experimento quantas vezes forem necessárias para a ideal compreensão dos conceitos abordados. Outro fator relevante para os fundamentos deste projeto é o princípio do tempo, que é otimizado para possibilitar a repetição do experimento diversas vezes ao longo do dia. De fato, o laboratório remoto potencializa a disseminação de conhecimento, pois traz mais conforto e praticidade na análise de conceitos.

Uma solução bem definida e bem-sucedida promove maior segurança no processo de ensino de práticas experimentais de química e física, pois trabalha-se com a possibilidade de o aluno ocupar remotamente, durante o tempo que for necessário, sem precisar compartilhar o ambiente acadêmico e kits de espectrofotômetros. Isto busca melhorar o rendimento das turmas.

Portanto, o laboratório remoto é importante para a adequação e modernização das aulas práticas de farmácia na FACIPLAC. Esta solução já foi implementada em

diversas faculdades/universidades ao redor do país e do mundo e está de acordo com o rigor do ensino por parte das instituições de educação. Trata-se de uma experiência bem-sucedida que funciona não somente para o ensino de química, mas por exemplo para o ensino de física, por meio dos experimentos de Lei de Ohm e Plano inclinado para o aprendizado de eletrônica e mecânica, respectivamente, além do ensino de engenharia por meio dos experimentos de simulação de placas FPGA e Arduino para o aprendizado de eletrônica digital e programação. Isto mostra que o padrão de aulas presenciais para práticas experimentais pode ser atualizado para novas atuações em que as fronteiras físicas não sejam impedimento para a devida transmissão de conhecimento. O aprendizado é incrementado por novas aplicações tecnológicas que trazem mais conforto ao estudante. Deste modo, objetiva-se incentivar o estudo de ciências conferindo aos professores e alunos mais autonomia na hora de estudar.

Deste modo, o projeto de um laboratório remoto mostra-se uma solução interessante para a expansão de possibilidades de estudo na FACIPLAC, pois além de ser uma alternativa viável para que os estudantes continuem seu aprendizado, é também uma medida que confere à instituição de ensino uma renovação na forma de ensinar.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivos Gerais

Desenvolver um protótipo funcional do kit experimental do espectrofotômetro baseado na arquitetura raspberry pi para o

ensino de química nos cursos de farmácia da FACIPLAC.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Os principais objetivos específicos são:

- Desenvolver um servidor web como frontend e rodando na raspberry pi como backend;
- Controle de luminosidade e seleção de luzes;
- Controle da posição do motor do experimento.

## 1.4 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO

No capítulo 2 fala-se sobre a fundamentação teórica do experimento do espectrofotômetro, explicando mais sobre o tema, além de mostrar mais sobre laboratórios remotos ao redor do mundo. Além disto, trata-se do tópico de laboratórios remotos. O que já existe ao redor do mundo e soluções bem definidas.

No capítulo 3 aborda-se a metodologia aplicada no presente projeto, explicando mais sobre a arquitetura geral proposta sobre o tema. Trata-se de temas como a apresentação das páginas de fluxo de dados, bem como a página de streaming de vídeo com as possibilidades de alteração no brilho da luz. Além disto, fala-se brevemente sobre a necessidade de vincular o site com aplicação SQL para controlar um banco de dados com tabelas específicas com a finalidade de apresentar consultas complexas e realizar cálculos necessários principalmente referindo-se ao controle de tempo em datas de experimentação.

Finalmente, no capítulo 4 trata-se dos resultados parciais obtidos, analisando em comparações com os resultados esperados.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 ESPECTROFOTOMETRIA

A espectrofotometria é a medida de absorção ou transmissão de luz. Consiste em uma das mais utilizadas técnicas analíticas para estudos laboratoriais didáticos bem como análises clínicas. Por meio da espectrofotometria, componentes desconhecidos de uma solução podem ser identificados por seus espectros característicos referenciados desde o ultravioleta, passando pelo campo visível, até infravermelho.

Quando um feixe de luz monocromática atravessa uma solução com moléculas absorventes existe uma redução de energia, resultando na situação em que parte da luz é absorvida pela solução e o restante é transmitido. Este fenômeno físico depende basicamente de duas variáveis, que são a concentração de moléculas absorventes e do caminho ótico que a luz percorre, ou a espessura da solução.

Com relação à natureza da cor, é importante ressaltar dois aspectos fundamentais que são a intensidade do brilho da luz, que está ligada à amplitude da onda incidente, e a cor resultante do processo, que se refere ao comprimento de onda. A intensidade da cor de uma solução é proporcional à concentração das

moléculas absorventes de luz. Isto quer dizer que quanto mais concentrada for a solução, mais energia ela absorve, portanto, a luz será mais absorvida.

Além da intensidade do brilho, outra característica a ser analisada é a cor da luz. Esta é determinada pela cor da luz transmitida. De acordo com a absorção da luz, apenas parte do espectro será refratado do outro lado da cubeta de quartzo e isto define quais comprimentos de onda serão observados pelo estudante no resultado final da experimentação.

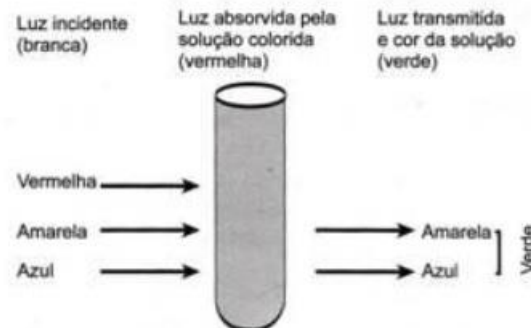


Figura 1: Cor incidente e cor complementar

De acordo com a tabela a seguir, pode-se relacionar a cor da luz absorvida com a cor da luz refratada, cor complementar.

A luz é uma forma de radiação eletromagnética que possui características de onda e partícula, fóton. O movimento ondulatório é caracterizado pelo comprimento de onda ( $\lambda$ ), que é a distância linear entre dois picos de onda, geralmente medido em nanômetros (nm), que equivale a unidade de medida de  $10^{-9}$  metros.

A energia desta onda eletromagnética de luz é inversamente proporcional ao comprimento de onda. Deste modo, as ondas mais próximas do violeta ( $\lambda=380\text{nm}$ ) são mais energéticas que as ondas próximas do vermelho ( $\lambda=700\text{nm}$ ). Conclui-se, portanto,

que a luz é composta por partículas de energia chamadas fótons, e sua energia está intimamente ligada ao comprimento de onda da cor correspondente da luz. A absorção de luz pela matéria envolve as relações energéticas entre o fóton e a matéria contida na estrutura das moléculas absorventes.

Quando acontece a absorção de energia luminosa por parte das moléculas absorventes, estas passam do estado fundamental para o estado excitado. Vão de um estado de menor energia para o de maior energia.

Entretanto, este processo de excitação física ocorre durante um período de tempo reduzido, da ordem aproximada de  $10^{-8}$  segundos. Este fenômeno resulta na liberação de energia em forma de calor, fazendo com que as moléculas retornem ao estado fundamental. Portanto, quando um feixe de luz monocromática incide sobre uma solução que contém moléculas absorventes, parte da energia eletromagnética é absorvida pelas moléculas, que são excitadas durante um breve tempo, e que depois retornam ao estado fundamental liberando energia na forma de calor.

O fenômeno da absorção implica que o conteúdo energético do fóton da onda luminosa incidente seja igual à quantidade de energia necessária para que a molécula ou átomo passe do estado fundamental para o excitado.

Para a espectrofotometria, duas leis físicas são de importante análise: Lei de Lambert e Lei de Beer.

Lambert estudou o fenômeno da absorção luminosa por trajetos transparentes. Sua lei leva alguns aspectos em relevância que são a intensidade de luz incidente e

a espessura do meio transparente por onde passa.

Sua lei pode ser definida com as seguintes palavras: “*A intensidade de luz emitida decresce exponencialmente à medida que a espessura do meio absorvente aumenta aritmeticamente*”. Ocorre que quando um feixe de luz monocromática atravessa um meio transparente homogêneo, cada camada infinitesimal deste meio absorve igual fração energética da luz, independente da intensidade de luz que incide inicialmente.

Esta lei pode ser traduzida matematicamente pela fórmula:

$$I = I_0^{-xl}$$

Onde I: Intensidade de luz transmitida;  $I_0$ : Intensidade de luz incidente; x: Coeficiente de absorção, que depende do meio analisado; e l: Espessura do meio absorvente.

Com relação a Lei de Beer, estuda-se a relação existente entre a transmissão de luz e a concentração química por onde o feixe passa. Uma certa solução absorve a luz proporcionalmente à concentração molecular do soluto. Pode-se dizer que “*A intensidade de um feixe de luz monocromático decresce exponencialmente à medida que a concentração da substância absorvente aumenta aritmeticamente*”.

Matematicamente, expressa-se:

$$I = I_0 * 10^{-kc}$$

Onde I: Intensidade da luz transmitida;  $I_0$ : Intensidade da luz incidente; k: Coeficiente de absorção; e c: Concentração do meio absorvente.

As leis de Lambert-Beer são tratadas simultaneamente no estudo da espectrofotometria e são o fundamento desta análise. Concluem, portanto, que a

quantidade de luz absorvida ou transmitida por uma determinada solução depende da concentração do soluto e da espessura da solução.

A lei de Lambert-Beer pode ser escrita matematicamente pela fórmula:

$$T = e^{-alc}$$

Onde T: transmitância; e: número exponencial de Euler; a: absorvidade molar da substância; l: Espessura da solução; e c: Concentração da solução.

Finalmente, sobre o kit do espectrofotômetro alguns componentes são comuns a todos os kits. A luz geralmente é oferecida por uma lâmpada e depois é fracionada por um prisma ou rede de difração. Isto confere que a luz seja partilhada em componentes monocromáticos em cores bem definidas. O comprimento de onda selecionado é destinado para a solução contida em um recipiente transparente, cubeta. De acordo com os fenômenos físicos, parte da energia luminosa é absorvida e parte é refratada. A redução da intensidade luminosa é medida por um sensor, célula fotoelétrica. O sinal elétrico no final deste processo é amplificado e visualizado no galvanômetro, é lido como uma absorbância e é proporcional à concentração da substância absorvente contida na cubeta.

‘Sobre o espectro de absorção tem-se que quando uma solução de um determinado composto químico é submetida a leituras de absorbância ao longo de uma faixa de comprimentos de onda eletromagnética conclui-se sobre a capacidade da solução de absorver luz. A representação gráfica dos valores de comprimento de onda  $\lambda$  versus absorbância é denominada espectro de absorção.

Como a interação da luz com a matéria depende da estrutura química dos compostos, o espectro de absorção é uma forma de caracterização que permite verificar qual a faixa de comprimento de onda em que um dado composto apresenta sua maior afinidade de absorção.

## 2.2 LABORATÓRIO REMOTO

O conceito de laboratório remoto remete à sistemas físicos que permitem que experimentos reais sejam acessados de um lugar remoto e possibilitam uma maneira de compartilhar habilidades e recursos especializados capazes de reduzir custos e enriquecer experiências educacionais. (MA; JEFFREY; NICKERSON, 2006)

A construção de laboratório remoto é utilizada em algumas universidades pelo mundo. Aqui no Brasil, tem-se como exemplo o RELLE (Remote Labs Learning Environment), que é o laboratório de experimentação remota da Universidade Federal de Santa Catarina. Neste laboratório pode-se fazer experimentos de elétrica, eletrônica, programação de Arduino, física térmica, física mecânica, microscopia, ótica e termodinâmica.

Contudo, não é somente no Brasil que existem laboratórios remotos. Outros laboratórios são encontrados pelo mundo afora.

Para a fundamentação teórica deste trabalho, foi feita uma busca na comunidade acadêmica sobre os laboratórios remotos que já existem no meio científico. A seguir, mostram-se alguns exemplos:

- 1 - Laboratório Remoto Para Prototipação de



Circuitos Digitais  
Utilizando Kits de  
Desenvolvimento FPGAs  
XILINX: (Vicente, 2016);

- 2 – Remote FPGA Lab with Interactive Control and Visualisation Interface:

Laboratório remoto para práticas com FPGA. O servidor web fornece a interface gráfica, sendo amostrada a visualização de LEDs, display de sete segmentos e interação com chaves e botões. A comunicação entre o servidor web e a placa FPGA é feita via protocolo RS-232 (MORGAN et al., 2011);

- 3 - RELLE (Remote Labs Learning Environment): Desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina UFSC. Existe uma interface web com a seleção de vários tipos de experimentos, já exemplificados nos parágrafos acima. Utiliza transmissão web ao vivo, seleção de componentes virtuais para interação com o usuário e tem tempo limite para acesso dos experimentos. Fornece, ainda, tutoriais e manuais para os estudos. O site é acessado pelo link  
<<http://relle.ufsc.br/labs>>;

- 4 - Remote Laboratories to Support electrical and Information Engineering (EIE) Laboratory access

for students with disabilities: Laboratório remoto para estudantes de engenharia elétrica com algum tipo de deficiência física. Possibilita transmissões ao vivo dos experimentos. Sua comunicação entre a interface web e as ferramentas é feita via protocolo RS-232 (I. GROUT, 2014);

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ARQUITETURA PROPOSTA (GERAL)

Para a construção do projeto de laboratório remoto, foram utilizados sockets de rede no fluxo de comunicação entre a placa raspberry pi e o servidor web. Deste modo, existe uma conversa entre os diferentes processos necessários para o adequado funcionamento das aplicações do projeto.

Desta forma, para acessar as funcionalidades de câmera, PWM LEDs e motor, utilizam-se o IP da raspberry pi e uma porta do protocolo de transporte. Com o socket é possível identificar unicamente um aplicativo na rede de comunicação IP.

Neste contexto, o socket é usado em ligação de redes de computadores, estabelecendo um elo de comunicação entre os programas que utilizam o mesmo protocolo e que estão ligados na mesma rede de internet.

Para a comunicação, definem-se endereços únicos compostos pelo endereço da máquina e o identificador local da porta usada pelo processo. A

comunicação entre o cliente e o servidor acontece da seguinte forma: O cliente faz uma requisição de comunicação para o servidor, que responde estabelecendo a conexão através do IP e de uma porta específica. Então o cliente faz uma requisição de dados para o servidor, que a recebe e depois responde enviando os dados solicitados. Após este processo acontecer, o cliente envia ao servidor uma notificação para finalizar o processo.

### 3.2 ARQUITETURA DO SERVIDOR WEB

O Servidor web é programado em HTML com aplicações em javascript e CSS. A escolha pelas aplicações em javascript e CSS se faz devido ao fato destas possibilitarem maior interação dinâmica entre o usuário do site tendo dentre as possibilidades itens como por exemplo as barras de rolamento no browser para controlar o duty cycle responsável por controlar a intensidade da luz no caso específico do projeto do espectrofotômetro.

A página frontend amostará dados de vídeo, escolha de luzes LEDs e controle de brilho da luz. As etapas interativas são controladas por Java script e os textos são HTML, bem como a aplicação de vídeo. Devido as características das linguagens, acredita-se que estas sejam as linguagens de programação necessárias para a construção dos sites. Existe um texto fixo na página além de barras de rolamento para interação de controles de intensidade.

Sua configuração relaciona com a raspberry pi como backend. A raspberry é o microprocessador

responsável por realizar os sockets de comunicação. Além disto, esta placa controla a entrada e saída de stream de vídeo, pwm de LEDs conforme ajuste de duty cycle de onda quadrada e controle de posição de motor para visualização adequada do resultado experimental.

De acordo com a atualização inicial da página, o vídeo começa a transmitir, em tempo real, as imagens da câmera. Desta forma, quem entra no domínio web tem acesso aos resultados experimentais. Esta etapa é interativa com o usuário. Além deste tópico, o controle da intensidade do brilho da luz é amostrado de forma interativa. O estudante tem a capacidade de medir e escolher quão brilhante será a luz do LED correspondente através de uma barra de rolamento. Esta é basicamente a interface do site, sendo composta também por textos explicativos.

Além destas considerações iniciais, uma projeção para o TCC 2 da proposta de laboratório remoto para ensino de sistemas de controle é a de um site de apresentação que contenha o devido controle para questões de agendamento de alunos. Esta tarefa deverá estar ativa para que exista um fluxo inteligente de estudantes no qual se defina um tempo específico de acesso para cada estudante. Isto é necessário pois como ocorre o compartilhamento dos mesmos kits do espectrofotômetro, é desejável que haja uma divisão justa nos tempos de acesso ao laboratório remoto. Assim, respeitando o tempo de aprendizagem médio, considerando desde as interações com o site até a fase de observação científica dos resultados experimentais, se faz a definição de

tempo máximo por estudante. Este site também deverá ser programado utilizando HTML, para programar os textos fixos, além de usar javascript e CSS para as partes interativas como o bloco de entrada de dados como nome do aluno e horário de estudo desejado.

A parte do cadastro de estudantes por horário para experimentação será feita a partir de protocolos *get* e *post*. Estes protocolos são responsáveis pela entrada de dados *string* para tratativas específicas. Os campos de interação do usuário de Nome do aluno, Matrícula do aluno e Hora de Experimentação são campos que recebem *strings* que serão computadas para fins de organização do fluxo de quem usa o espectrofotômetro, bem como os horários possíveis de acesso ao kit remoto. Estes protocolos são programados via linguagem HTML e funcionam na página de entrada de apresentação do experimento.

Finalmente, deve-se considerar um banco de dados com tabelas de dados contendo informações como a data atual, horário atual, data do experimento, tempo de experimentação, horário final de experimentação, nome, matrícula, dentre outras de relevância para a construção de um banco de dados bem desenvolvido. Devem-se existir fluxos entre dados no sentido de que haja cálculos com as informações, além de tabelas com chaves primárias de identificação de dados. Além disto, relações entre as tabelas como tabela pai e tabela filho conferem ao sistema a possibilidade de apresentar consultas mais completas e complexas na linguagem SQL, assim conferindo mais robustez ao banco construído como backend para suportar as informações e o fluxo de

informações fornecidas no site frontend correspondente. Estas informações são obtidas pelo sistema de protocolo *get* e *post* explicadas no parágrafo anterior.

Uma boa comunicação entre o banco de dados e o website frontend é o que produz eficiência na organização de quem usa o kit do espectrofotômetro. Sem o banco de dados fica impossível realizar um fluxo inteligente de estudantes por horário. Desta forma, esta é outra etapa da construção da arquitetura geral do experimento.

De acordo com a teoria de sockets de rede, constrói-se uma relação entre o computador e a raspberry pi. Assim, a comunicação entre os processadores se faz. Espera-se, com isso, ter uma determinada precisão entre os processos para que haja confiabilidade na execução das tarefas. O stream de vídeo deve transmitir, em tempo real e com qualidade as imagens da câmera, bem como o PWM deve ser confiável para controle da intensidade da luz. Estes requisitos são importantes para que o experimento do espectrofotômetro reaja de maneira esperada e seja considerado um experimento à altura do rigor dos métodos de ensino da faculdade de farmácia da FACIPLAC.

### 3.3 PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

São planejadas as seguintes interações com o espectrofotômetro para aprendizado: Escolha do comprimento de onda da luz (cores), controle da intensidade do brilho de luz, visualização das imagens da câmera e controle de posicionamento de cubetas de quartzo por meio de um motor

acoplado à uma esteira linear com sistema de *stopend*. O conjunto destes atributos propõe uma experiência virtual ao usuário do laboratório remoto possibilitando o devido funcionamento necessário ao aprendizado do estudante das disciplinas de química analítica e hematologia no curso de farmácia.

A escolha do comprimento de onda da luz se refere ao acionamento de algum dos LEDs possíveis para brilho da luz. Como existem aproximadamente 26 pinos de GPIO na raspberry pi 3, e alguns deles serão utilizados para conexão com LEDs e outros são utilizados para controle de informações do sistema do motor, inclusive com o sistema de *stopend*, propõe-se aproximadamente de 15 a 20 cores possíveis para definições de comprimento de onda, embora apenas algumas unidades de cores seja necessária para a construção do projeto do espectrofotômetro. Principalmente, espera-se que estejam instaladas a cor branca, por possuir todo o espectro visível da luz em sua composição, e a cor ultravioleta, por possuir características interessantes para determinadas experimentações de soluções químicas. Sugere-se que exista no máximo as sete cores básicas do intervalo de frequências das cores visíveis. Isto faz com que as pesquisas fiquem mais precisas no sentido de apresentar resultados experimentais que amostrem que determinados comprimentos de onda (cores) sejam absorvidos pela solução química. Pode-se obter a cor da onda incidente através da cor branca, ou por sua cor monocromática, que possui apenas um comprimento de onda específico.

O controle da intensidade do brilho da luz será obtido através de uma interação do usuário,

programada via javascript no site frontend da aplicação por onde o usuário tem contato com o experimento. Esta relação acontece através de uma barra de rolagens que amostra um apontador dentre um intervalo bem definido entre 0% e 100% de brilho. Isto quer dizer que se pode controlar o LED entre “apagado” e várias gradações de brilho desde o menos intenso até o mais intenso. Este intervalo de brilhos pode ser comparado à atuação de um potenciômetro que define quão mais resistivo se pode chegar numa escala bem definida. Desta forma, controla-se, por meio de um socket de rede, o duty cycle de uma onda que fornece tensão ao LED para acendê-lo. Isto faz com que exista a graduação de intensidade no brilho da luz, desde apagado, quando o duty cycle corresponde a 0%, tendo nível lógico em constante ao longo do tempo valor de 0 volts, até no brilho máximo quando o duty cycle corresponde a 100%, tendo a fonte de tensão fornecendo constante valor máximo de tensão ao longo do tempo. Este socket é responsável por conectar as aplicações da web e da raspberry pi, formando uma comunicação entre os diversos dispositivos conectados a internet por onde o usuário tem acesso ao experimento, e a própria raspberry como backend deste sistema automatizado.

Este brilho da luz é definido alterando-se o duty cycle de uma onda incidente no LED. O duty cycle refere-se à razão entre o período de tempo em nível lógico zero e o período em nível lógico um. Isto resulta num fenômeno ótico em que os LEDs que tem maior período em nível lógico 0 apresentem um menor brilho de luz devido ao tempo em que estão apagados. Logicamente, os extremos da escala de intervalos de

duty cycle são a situação em que a onda está constantemente em nível lógico zero (LED apagado) e a situação em que a onda está constantemente em nível lógico um (LED aceso todo tempo). É justamente o fato de existir uma divisão no tempo em que o LED está aceso e apagado que faz com que exista o fenômeno físico da intensidade do brilho da luz, pois existe um fenômeno ótico conhecido como POV (Persistence of vision) que basicamente refere-se a ação de como os olhos humanos “entendem” fenômenos óticos que acontecem em alta frequência. Não se percebem os períodos apagados intermitentes como um pisca-pisca, mas como uma luz que brilha com menor intensidade num brilho contínuo.

#### 4 RESULTADOSPACIAIS

Como resultados parciais, foram criados os sockets de ligação entre o computador, os LEDs, a raspberry pi e a webcam. Desta forma, foram construídas partes da arquitetura do projeto sendo elas: O acionamento de LEDs por meio de sockets e o stream de vídeo.

A teoria de sockets foi fundam'ental para o início do projeto, pois com ela se criaram as complexas conexões necessárias para a comunicação entre o computador e a raspberry pi. Esta relação entre os dispositivos é necessária na continuidade da construção do projeto pois as

informações enviadas pelo usuário no servidor web deverão ser convertidas em dados para a raspberry trabalhar. Isto quer dizer que o usuário tendo contato com a interface gráfica do browser da internet poderá alterar parâmetros de tensão em GPIOs da placa, como por exemplo, para a aplicação de duty cycle em PWM para controlar o brilho de LEDs.

O protocolo socket de vídeo por webcam foi criado utilizando a linguagem de programação em Python. Sua configuração envolve o setup do raspberry pi onde a opção “Enable Camera” deve ser acionada, além de atualizações no sistema operacional por meio dos comandos executados no terminal: *sudo apt-get update* e *sudo apt-get upgrade*. Este processo demorou por volta de 40 minutos. Dentre todos os comandos importantes para a execução desta etapa, outro se destaca por sua importância: *sudo apt-get install motion*. Esta linha de comando inicia a instalação do processo de *stream* de vídeo. Após este processo, é importante reiniciar a função *motion software*. Isto é feito através de: *sudo service motion restart*. Finalmente, inicia-se o servidor web através do

comando *sudo motion*. Desta forma, e através de outros comandos importantes, os sockets são criados e configurados de acordo com o protocolo para a transmissão no browser web em um endereço composto pelo IP da raspberry e a porta de escolha. No caso, a porta selecionada é a 8081. Sendo assim, quando se seleciona este endereço no browser, imediatamente aparece uma imagem da câmera cujas características como qualidade da imagem e tamanho do vídeo podem ser alteradas nos parâmetros das linhas de comando no terminal.

Assim, se faz o socket que possibilita a comunicação entre os diversos dispositivos eletrônicos compostos por um computador, uma raspberry pi e uma webcam genérica. Esta etapa dispensa o uso de uma câmera raspberry pi específica e possibilita o uso de qualquer webcam conectada via cabo USB, desta forma reduzindo os custos do projeto pois uma câmera raspberry pi custa em torno de R\$230,00 enquanto uma webcam pode custar entre R\$20,00 a R\$50,00.

O outro resultado parcial é o acionamento de LEDs via socket.

Esta etapa é realizada através de linhas de comando no terminal da raspberry. Isto quer dizer que por meio do terminal, ou por meio de uma aplicação de SSH noutro computador como o software Putty, realiza-se o acionamento de ligação do LED. Mais uma vez a teoria de sockets foi necessária para a comunicação entre os dispositivos periféricos de eletrônica conectados à placa Raspberry pi.

A próxima tarefa é realizar o controle PWM do LED, porém esta etapa é mais complicada de se implementar devido a complexidade desta atividade. Trata-se de controlar o duty cycle de uma onda quadrada de tensão enviada ao LED. De acordo com o tempo destinado a característica ligado ou desligado da onda, tem-se um efeito visual do led por persistência da visão (POV) que produz uma consequência visual de maior ou menor intensidade de brilho da luz. Esta aplicação também é controlada via socket de rede. Sua apresentação para o usuário deve ser programada por linguagem de programação javascript devido às suas características de interação dinâmica. Sugere-se que se utilize soluções com barras de rolagento

por onde se define dois extremos de uma escala que mostra desde o menor brilho possível (LED apagado, duty cycle 0%) até o maior brilho possível (duty cycle 100%). Isto refere-se ao duty cycle da onda quadrada de tensão que será fornecida pela raspberry até o LED correspondente.

Algumas soluções de socket para realizar o PWM foram encontradas, porém elas utilizavam a mesma porta que a câmera no endereçamento IP. Desta forma, a raspberry pi priorizava a ligação da câmera em detrimento do acionamento PWM. Sua solução era programada em javascript e sua interface é composta por uma barra de rolamento que de um extremo a outro definia o duty cycle da onda. Desta forma, em um extremo o LED estava desligado, no outro extremo o LED apresentava o maior brilho possível. O intervalo entre os extremos define possíveis intensidades intermediárias.

## 5 BIBLIOGRAFIA

- <http://www.ufjf.br/quimica/files/2016/08/Espectrometria-UV-vis.pdf>
- Práticas de Laboratório de Bioquímica e Biofísica, Guanabara Koogan, Compri-

Nardy M., Stella M.B., Oliveira C. (2009), 200 págs.

- [http://www.ufrgs.br/leo/site\\_e\\_spec/](http://www.ufrgs.br/leo/site_e_spec/)
- <http://relle.ufsc.br/>
- MA, J.; JEFFREY; NICKERSON, V. Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Comput. Surv*, v. 38, p. 7, 2006.
- VICENTE, C. *Laboratório Remoto Para Prototipação De Circuitos Digitais Utilizando Kits de Desenvolvimento FPGAS XILINX*. 2016. Bacharelado em ciência da computação, (Centro Uinversitário Eurípides de Marília), Marília, Brasil.
- MORGAN, F. et. al. Remote fpga lab with interactive control and visualisation interface In: . [S.l.: s.n.], 2011.
- I.GROUT. Remote laboratories to support electrical and information engineering (eie) laboratory access for students with disabilities. In: *2014 25th EAAEIE Annual Conference (EAAEIE)*. [S.l.: s.n.],
- <https://www.udemy.com/aprendahtml/>