

**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**GENILSON MARÇAL BARROS
HUGO GOMES ALVES DA SILVA**

CONTROLE DE TEMPERATURA POR RECONHECIMENTO FACIAL

**RIO DE JANEIRO
2020**

GENILSON MARÇAL BARROS
HUGO GOMES ALVES DA SILVA

CONTROLE DE TEMPERATURA POR RECONHECIMENTO FACIAL

Projeto de Final de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Computação do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador(es): Sérgio dos Santos Cardoso Silva, M.Sc.

Rio de Janeiro
2020

©2020

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmар ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

Marçal Barros, Genilson; Gomes Alves da Silva, Hugo.

CONTROLE DE TEMPERATURA POR RECONHECIMENTO FACIAL /
Genilson Marçal Barros e Hugo Gomes Alves da Silva. – Rio de Janeiro, 2020.
32 f.

Orientador(es): Sérgio dos Santos Cardoso Silva.

Projeto de Final de Curso (graduação) – Instituto Militar de Engenharia, Engenharia da Computação, 2020.

1. raio de enlace. 2. zona de Fresnel. 3. reconhecimento facial. 4. controle de temperatura. i. dos Santos Cardoso Silva, Sérgio (orient.) ii. Título

**GENILSON MARÇAL BARROS
HUGO GOMES ALVES DA SILVA**

CONTROLE DE TEMPERATURA POR RECONHECIMENTO FACIAL

Projeto de Final de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia da Computação do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia da Computação.

Orientador(es): Sérgio dos Santos Cardoso Silva.

Aprovado em Rio de Janeiro, 23 de outubro de 2020, pela seguinte banca examinadora:

Prof. **Sérgio dos Santos Cardoso Silva** - M.Sc. do IME - Presidente

Prof. **Anderson Fernandes Pereira dos Santos** - Ph.D. do IME

Prof. **Luiz Carlos Castro Guedes** - D.C. do IME

Rio de Janeiro
2020

Ao Instituto Militar de Engenharia, alicerce da minha formação e aperfeiçoamento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que me incentivaram, apoiaram e possibilitaram esta oportunidade de ampliar meus horizontes.

*“Sem publicação, a ciência é morta.
(Gerard Piel)*

RESUMO

A questão da saúde pública fez se muito relevante no ano de 2020 com o surto de COVID-19, ou novo corona vírus, e com isso muitos países decidiram optar pelo isolamento social. Com isso, surgiu a idéia de projetar uma área de isolamento para militares infectados afastada do IME, e o PIRF foi o local escolhido. E para isso será desenvolvido um sistema de monitoramento em que será realizado o reconhecimento facial e a medição de temperatura das pessoas que entram no local, com a geração de um relatório em um servidor com as informações de temperatura de cada pessoa que entrou no local. Porém, com o Pão de Açúcar entre as duas unidades se faz necessário um enlace rádio intermediário com o Forte Imbuí.

Para isso, será calculado o enlace entre IME, Forte Imbuí e PIRF, utilizaremos um software de reconhecimento facial e será criado um software que irá monitorar a temperatura do pessoal isolado para associar cada temperatura a cada pessoa analisada ao longo do tempo. A parte da ligação entre IME e PIRF não será implementada de fato, mas o cálculo necessário para posterior realização será posto como anexo a este trabalho.

Palavras-chave: raio de enlace. zona de Fresnel. reconhecimento facial. controle de temperatura.

ABSTRACT

The issue of public health became very relevant in the year of 2020 because of COVID-19's outbreak, or new corona virus, with that some countries opted for social distancing procedures. As a result, there was an idea to design an isolation area for IME's infected military personnel in PIRF. To this end, a monitoring system will be developed in which facial recognition and temperature measurement of people entering the site will be carried out, with the generation of a report on a server with the temperature information of each person who entered the site. But, as the "Sugar Loaf" stands between these two organizations an intermediate link with Imbuí Fortress was made necessary. To achieve it, the link between IME, Imbuí Fortress and PIRF will be calculated, a facial recognition software will be used and a software will be designed to monitor the temperature of the isolated personnel and link each person with its own temperature over time. The part of the link between IME and PIRF will not be implemented, but the calculation needed for it will be attached to this work.

Keywords: link radius. Fresnel zone. facial recognition. temperature control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Reconhecimento facial (https://cmusatyalab.github.io/openface/) . . .	15
Figura 2 – Espectro de ondas - http://www.if.pwr.wroc.pl/~piosit/eka/wyklad8.pdf 16	16
Figura 3 – Esquemático do Flask Webserver	18
Figura 4 – Protótipo do programa de detecção de temperatura	19
Figura 5 – Protótipo do reconhecimento facial	22
Figura 6 – Relatório das medições	22
Figura 7 – Página de Ajuda	23
Figura 8 – Zona de Fresnel - Retirado de CWNA Study Guide	27
Figura 9 – Formulas utilizadas	28
Figura 10 – imagem do google earth	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	MOTIVAÇÃO	11
1.2	OBJETIVOS	11
1.3	METODOLOGIA	12
1.3.1	SOFTWARE DE RECONHECIMENTO FACIAL	12
1.3.2	SOFTWARE PARA MEDIÇÃO DE TEMPERATURA	12
1.3.3	INTERFACE DE MONITORAMENTO	12
1.3.4	CONECTVIDADE ENTRE OS AMBIENTES	13
2	RECONHECIMENTO FACIAL E MEDIÇÃO DE TEMPERATURA	14
2.1	RECONHECIMENTO FACIAL	14
2.2	MEDIÇÃO DE TEMPERATURA	15
2.2.1	TERMOGRAFIA E INFRAVERMELHO	16
2.2.2	FUNCIONAMENTO DE UMA CÂMERA INFRAVERMELHO	17
3	SISTEMA DE DETECÇÃO DE TEMPERATURA E RECONHECI- MENTO FACIAL	18
3.1	SERVIDOR	23
4	CONCLUSÃO	25
	REFERÊNCIAS	26
	ANEXO A – CÁLCULO DO ENLACE RÁDIO	27
A.1	TEORIA PARA O CÁLCULO DO ENLACE RÁDIO	27
A.1.1	ZONA DE FRESNEL	27
A.1.2	FÓRMULAS PARA O CÁLCULO	28
A.1.2.1	1ª FÓRMULA	28
A.1.2.2	2ª FÓRMULA	28
A.1.2.3	3ª FÓRMULA	29
A.2	CÁLCULO DO ENLACE	29
A.2.1	INFORMAÇÕES ÚTEIS	29
A.2.2	TRECHO IME – IMBUÍ (5500M APROX)	30
A.2.3	TRECHO IMBUÍ – PIRF (4400M APROX)	31
A.2.4	CÁLCULO DE VIABILIDADE DO ENLACE	32
A.2.5	CONSIDERAÇÕES	32

1 INTRODUÇÃO

O nosso modo de viver sofreu um choque muito grande neste ano, o surto de COVID-19 impulsionou políticas de isolamento e controle de entrada de pessoas em estabelecimentos de alto fluxo de pessoas. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, até a data de 2 de outubro de 2020 mais de 34 milhões de pessoas foram infectadas e mais de 1 milhão veio a óbito, sendo que aproximadamente 50% de ambos os dados ocorreram no continente americano.

No que tange ao controle de entrada de pessoas, temos como principais fatores de controle a quantidade de pessoas e sua temperatura. Controlar a quantidade de pessoas que entra em um estabelecimento é simples, basta por alguém ou um contador simples na entrada e saída que o problema está resolvido, porém, quando se trata de controlar a temperatura temos algumas soluções possíveis.

Podemos por pessoas com termômetros digitais, o que parece uma solução razoável, mas ainda assim precisamos de pessoas para operar os termômetros, o que irá expô-las ao risco de contrair a doença.

Então, como alternativa apresentamos uma solução baseada na utilização de câmeras de infravermelho, ou câmeras térmicas, o IME possui uma câmera FLIR T440 que pode ser programada, com apoio de um SDK oferecido pela própria empresa FLIR, para realizar essas tarefas de forma automatizada, além de ser possível criar relatórios com as temperaturas de cada pessoa ao adicionarmos uma câmera para reconhecimento facial.

1.1 Motivação

O Trabalho vem ao encontro das necessidades atuais, ano de 2020, de combate ao COVID-19 e apresenta uma alternativa para avaliar automaticamente a oscilação de temperatura de militares e civis que estejam confinados em um ambiente remoto, que para o IME, será o PIRF, que é o local ideal para isolamento de militares no caso de infecção, ou para avaliar a temperatura de pessoas que entrem em algum estabelecimento pré-determinado.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem o objetivo de criar uma solução automatizada de monitoramento de temperatura de pessoas em ambientes confinados, em casos de necessidade de isolar militares do IME por motivos de doenças infectocontagiosas. Para alcançar este objetivo

a solução deve realizar o reconhecimento facial de cada pessoa e medir sua temperatura para colocar em um relatório com o nome da pessoa e a temperatura.

1.3 Metodologia

Para a realização do trabalho foi necessário entender como funciona uma câmera infravermelho e suas aplicações na medição de temperatura corpórea utilizando o manual do utilizador FLIR T4xxx series, além de entender a teoria em volta de reconhecimento facial. E também foi necessário o livro Sistemas Modernos De Comunicações Wireless (1) e as recomendações da União Internacional de Telecomunicações, mais especificamente as ITU-R P530-15 e ITU-R P530-17, para as fórmulas e a teoria por trás para realizar o cálculo enlace rádio. Para isso o trabalho possui essencialmente quatro partes.

1.3.1 Software de reconhecimento facial

Será utilizado para o projeto a biblioteca da OpenCV que já fornece uma API específica para tratar do reconhecimento facial.(2)

1.3.2 Software para medição de temperatura

Esse software será feito para que juntamente com o de reconhecimento facial tenhamos a identificação da pessoa com sua respectiva temperatura corporal, para que se possa analisar se a pessoa está em condições normais de saúde. Ele será desenvolvido com o auxílio de um dos SDKs fornecidos pela FLIR.

1.3.3 Interface de Monitoramento

A interface de monitoramento deverá contar com um registro periódico das temperaturas associadas à pessoa que foi analisada pelo sensor de temperatura. O período de medição da temperatura deverá ser pré-determinado por quem acompanhará o monitoramento, podendo ser alterado de acordo com a necessidade.

Caso haja alguma pessoa com problema de identificação facial, a câmera não consiga reconhecer automaticamente por motivos diversos, o programa registrará como "*unknown*", pois mesmo que não haja uma pessoa específica associada seremos capazes de analisar se a pessoa teve alteração significativa na temperatura.

Para a interface de monitoramento será desenvolvido um webserver em python e uma página em html. No registro deverá constar, no mínimo, nome da pessoa ou "face não reconhecida", temperatura mensurada e horário da medição.

1.3.4 Conectividade entre os ambientes

Para que os militares sejam monitorados é necessário que haja uma ligação entre o IME e o ambiente que será via enlace rádio entre IME – Forte Imbuí e Forte Imbuí – PIRF, para que se possa analisar a viabilidade dessa transmissão de informação e decidir com base nos cálculos e na disponibilidade qual será a melhor antena a satisfazer as necessidades do projeto. Entretanto neste projeto não será implementado o enlace na prática, logo esta parte do projeto será colocada em anexo.

2 RECONHECIMENTO FACIAL E MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

2.1 Reconhecimento Facial

As duas tarefas principais do reconhecimento facial podem ser definidas como: Verificação e Identificação.

Na verificação, dada uma face e uma alegação de identidade, informa-se a face que pertence de fato ao indivíduo, já na identificação compara-se a imagem de uma face que não se conhece com todas as imagens que se possui em um banco de dados a fim de determinar sua identidade.(3) Neste sistema temos as seguintes fases:

- Detecção de face
- Extração do revestimento da face de cada face com o uso de *deep learning*
- Treinar um modelo de reconhecimento facial nos revestimentos
- Reconhecer a face de fato

Os "revestimentos" das faces são vetores de dimensão 128 que quantificam a face em uma imagem.(2)

A biblioteca OpenCV traz um módulo de *deep neural networks* para se usar em reconhecimento facial, e é este módulo que foi utilizado neste trabalho. Este módulo se baseia em basicamente dois passos:

- aplicar detecção de face, mas que apenas verifica a presença e o local da face mas não a identifica
- A extração do revestimento da face que são os vetores de dimensão 128 para a identificação

O revestimento é uma representação genérica de uma face qualquer, com a propriedade de que uma distância grande entre dois revestimentos de face significa que as faces provavelmente não pertencem a mesma pessoa, o que torna *clustering*, detecção similar e classificação de faces uma tarefa mais fácil que outras técnicas de reconhecimento.

O *framework* utilizado nessa rede neural é o Caffe, criado na universidade de Berkley mais especificamente no *Berkeley Artificial Intelligence Research* (BAIR).

A imagem abaixo demonstra bem como vai funcionar o reconhecimento facial. Primeiro fornecemos uma imagem, a face será detectada na imagem com um modelo

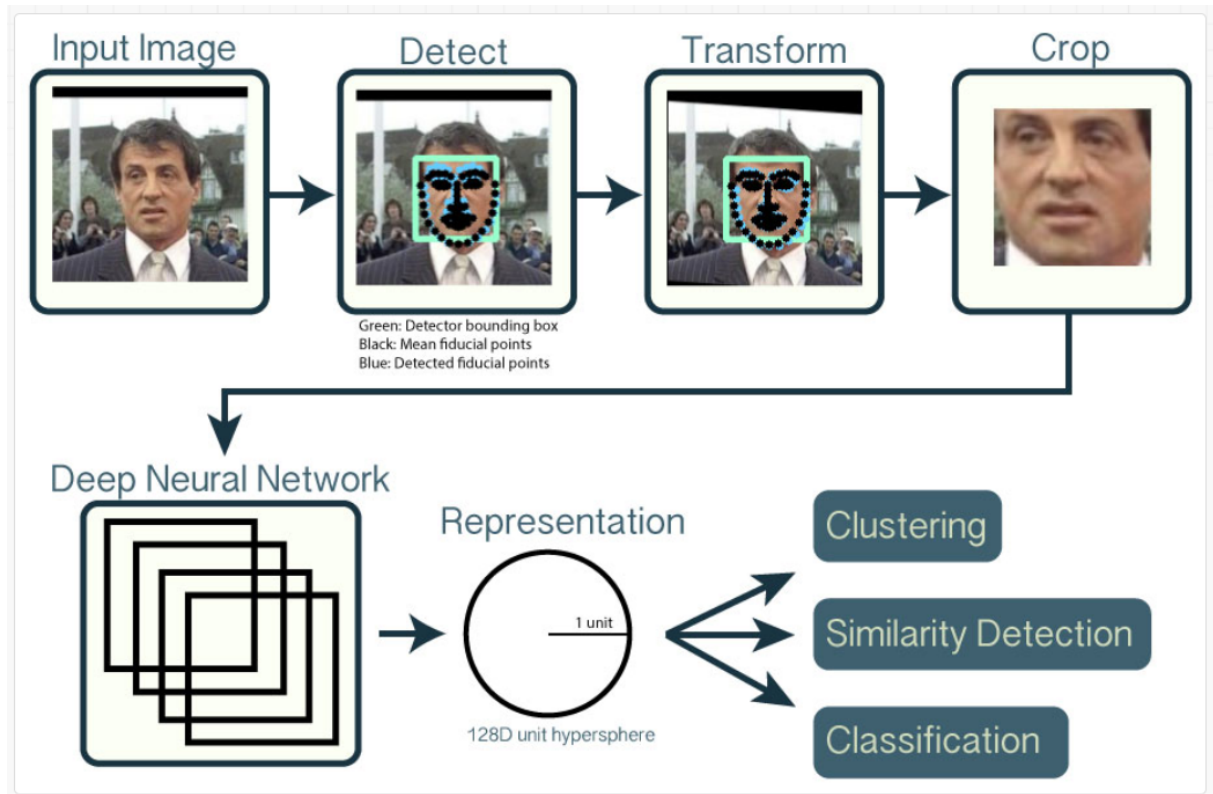


Figura 1 – Reconhecimento facial (<https://cmusatyalab.github.io/openface/>)

pré-treinado da OpenCV, após isso transforma-se a face para a rede neural, em seguida utiliza-se a *deep neural networks* para representar a face em uma hiperesfera unitária de 128 dimensões, e por fim, aplica-se o *clustering*, que é basicamente agrupar as faces da mesma pessoa mesmo que não esteja em um banco de dados, ou técnicas de classificação para terminar a tarefa de reconhecimento.

2.2 Medição de Temperatura

Para detectar a temperatura de uma pessoa temos algumas alternativas, dentre elas as mais usadas são o termômetro de digital e o termômetro a laser infravermelho, porém essas alternativas são para uso exclusivamente individual e a ideia do atual projeto é poder ser expandido para medir a temperatura de mais de uma pessoa ao mesmo tempo, portanto, utilizaremos uma câmera infravermelho, o modelo utilizado é a FLIR T440 que pertence ao IME.

A temperatura da nossa pele é influenciada pela temperatura corpórea, logo, podemos analisar a temperatura do corpo baseado na temperatura da pele. A temperatura do corpo é um dos indicativos mais fáceis de serem percebidos como uma resposta do nosso sistema imunológico, porém, ela pode ser influenciada por diversos outros fatores como temperatura do ambiente, atividades físicas, e outros.

Dentro das condições ideais, nós podemos utilizar a temperatura da pele para analisar a temperatura corpórea, se há algum aumento incomum, e a tecnologia das câmeras infravermelho nos permite realizar essa tarefa sem a necessidade de contato humano e de forma automatizada.

2.2.1 Termografia e Infravermelho

O sistema visual humano nos limita a ver apenas uma pequena parte do espectro eletromagnético e o espectro da energia térmica está acima do intervalo visível ao ser humano, ou seja, somos incapaz de vê-la a olho nu. A luz visível para humanos está entre 430nm e 690nm aproximadamente.

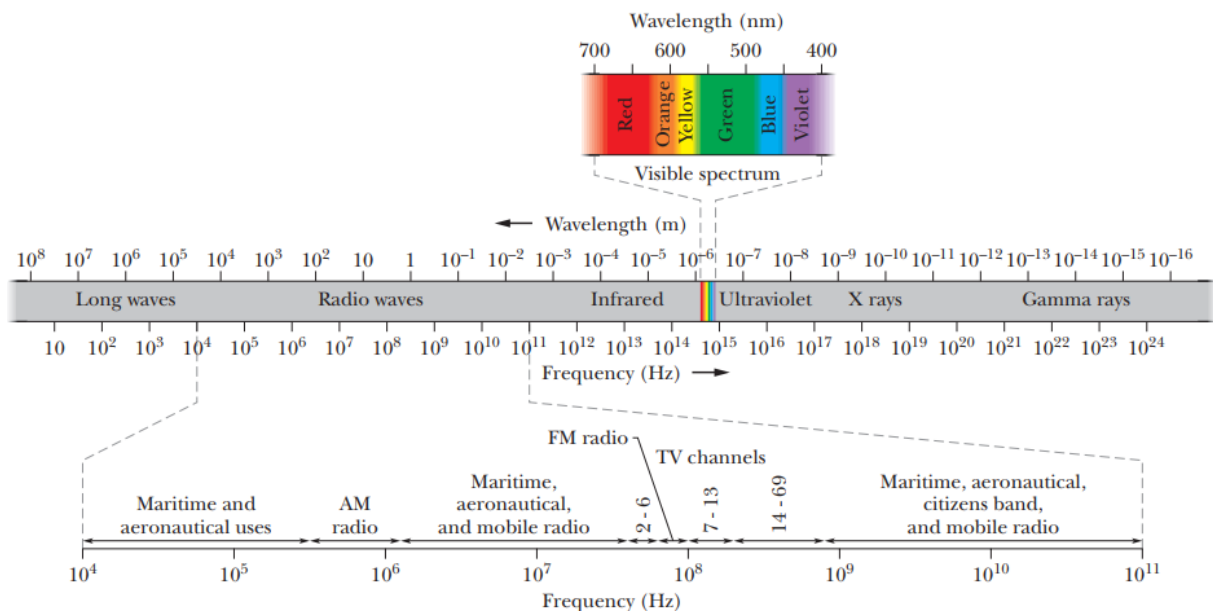


Figura 2 – Espectro de ondas - <http://www.if.pwr.wroc.pl/piosit/eka/wyklad8.pdf>

Uma característica interessante é que a luz visível não afeta a térmica, logo, um ambiente escuro ou claro pouca diferença faz na captação dessa energia, isso é interessante pois mesmo durante a noite e sem luz é possível monitorar a temperatura local e quanto maior a temperatura do objeto maior a radiação infravermelho emitida.

Todo corpo com temperatura acima do zero absoluto emite radiação eletromagnética, até objetos muito frios como gelo, desde que atendida a condição de sua temperatura estar acima do zero absoluto.(4)

2.2.2 Funcionamento de uma câmera infravermelho

A câmera de infravermelho é uma câmera que converte ondas invisíveis aos humanos em ondas do espectro visível em forma de imagem. Uma câmera comum não detecta ondas do espectro infravermelho e uma câmera infravermelho, ou térmica, não detecta ondas de luz do espectro visível, por isso quando estamos utilizando uma câmera infravermelho não vemos diferença ao passar de um local escuro para um claro.

Uma câmera infravermelho possui sensores térmicos que captam as ondas térmicas e essas ondas são transformadas em sinais eletrônicos que são processados para produzir a imagem. Os sensores térmicos possuem um tamanho maior do que os sensores de luz visível, pois os comprimentos de ondas capturados são maiores, por isso a resolução de câmeras térmicas são mais baixas do que as câmeras normais.

3 SISTEMA DE DETECÇÃO DE TEMPERATURA E RECONHECIMENTO FACIAL

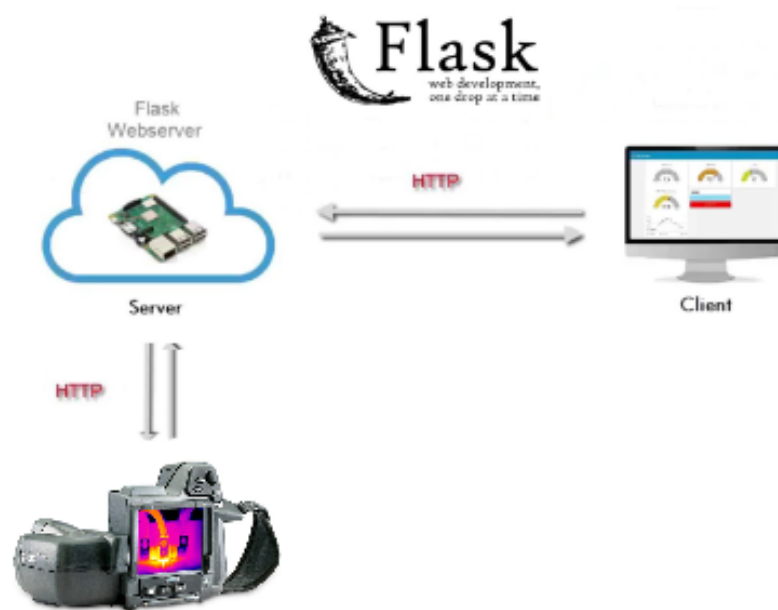


Figura 3 – Esquemático do Flask Webservice

Vemos no esquemático acima o funcionamento do sistema. Temos um servidor que será responsável por armazenar as informações de identificação e temperatura das pessoas que entram na área controlada, a câmera que terá o papel de realizar o reconhecimento facial e a identificação de temperatura, e o cliente será a parte com o navegador, em que ira poder visualizar o relatório e a página de ajuda.

Esse sistema é capaz de reconhecer o rosto da pessoa e de identificar a sua temperatura corporal através da região dos olhos. Para alcançar esse objetivo foi necessário o uso da câmera T440 da empresa FLIR, operando em *FlirFileFormat* que é capaz de detectar a temperatura humana. E para o reconhecimento facial foi necessário o uso da biblioteca OpenCV, a qual já possui uma API pronta para reconhecimento facial.

A câmera T440 pode detectar temperaturas de -20°C a 1200°C e pode salvar a imagem em basicamente três formatos:

- *FlirFileFormat* que é um formato proprietário que contém 16-bits de informação radiométrica utilizada para cálculo de temperatura
- *ARGB* que possui 32-bit mais o *overlay* da câmera

- *Dual* que é a junção dos dois em um arquivo apenas, o que possibilita utilizar uma única imagem para realizar o reconhecimento facial e a detecção de temperatura

Para este projeto, o ideal seria utilizar o modo *Dual*, porém para o modelo de câmera utilizado ele só funciona se a foto for tirada de forma mecânica, ou seja, ao acionar o botão do obturador pois os *Kits* de desenvolvimento de *software* oferecidos pela *FLIR* não permitem esse tipo de acionamento remoto, permitem apenas em *FlirFileFormat* ou *ARGB*, então a alternativa é capturar em formato *FlirFileFormat* para retirar a temperatura dos corpos na imagem. É possível transmitir um vídeo em infravermelho em tempo real e capturar uma imagem à comando remoto e com isso a temperatura mais alta presente na imagem. Ao isolar uma pessoa na imagem é possível saber sua temperatura corporal e é essa condições que utilizaremos para detectar a temperatura de uma pessoa.

O software construído terá como base o código exemplo *DualCamera* do Atlas SDK fornecido pela *FLIR*, que vem com duas funcionalidades básicas, a detecção de dispositivo conectado ao computador e a transmissão da imagem em tempo real nos modos *ARGB* ou *FlirFileFormat*. Ao *software* foram adicionadas as funcionalidades pertinentes ao projeto, como a medição da temperatura corpórea e configurações diversas da câmera.

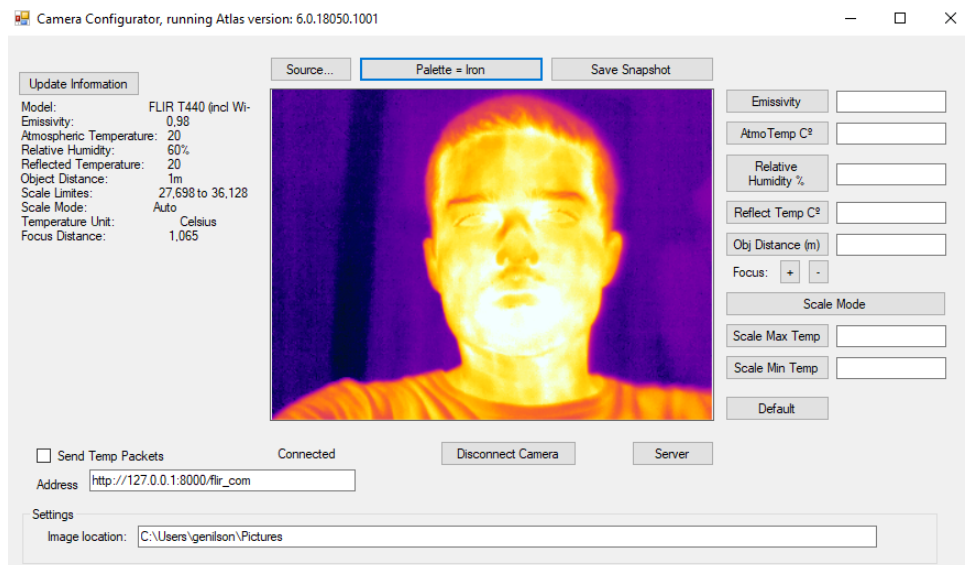


Figura 4 – Protótipo do programa de detecção de temperatura

Na figura 3 temos o programa e suas funcionalidades.

- *Source* lista as câmeras conectadas ao computador e permite ao usuário selecionar a câmera IR de sua escolha.
- *Palette* permite a escolha do sistema de cores para melhor visualizar a imagem.
- *Save Snapshot* salva a imagem na pasta definida em *Image Location*.

- *Disconnect Camera* vai parar a exibição da imagem gerada pela câmera e desconectar a camera do programa.
- *Server* abre ou fecha o servidor HTTP com a câmera que realizará o reconhecimento facial, no nosso caso é a própria webcam do computador.
- *Send Temp Packets* ativa o envio de pacotes, para *Address*, com informações de temperatura e parâmetros da câmera para o servidor HTTP que é responsável pelo reconhecimento facial e pela escrita do relatório.
- *Update Information* atualiza os parâmetros que estão configurados na câmera e os mostra na tela para que o operador do sistema saiba os parâmetros que estão sendo utilizados na medição e possa configurá-los da forma mais adequada.
- *Default* define todos os parâmetros da câmera para os parâmetros padrões recomendados pela fabricante da *FLIR T440*.

O restante dos botões servem para definir os respectivos parâmetros da câmera. Os métodos utilizados para definir e receber os parâmetros fazem parte da classe

- *RemoteCameraSettings* que faz parte do *namespace Flir.Atlas.Live.Remote* com exceção da configuração de foco que está definida na classe *RemoteCameraFocus* que faz parte do mesmo *namespace*, todos do *SDK Atlas da FLIR*, são elas:
- *double GetObjectEmissivity()*, *void SetObjectEmissivity(double value)* para retornar e definir a emissividade.
- *double GetAtmosphericTemperature()*, *void SetAtmosphericTemperature(double value)* para retornar e definir a temperatura atmosférica em graus celsius.
- *double GetRelativeHumidity()*, *void SetRelativeHumidity(double value)* para retornar e definir a humidade relativa do ar em porcentagem.
- *double GetReflectedTemperature()*, *void SetReflectedTemperature(double value)* para retornar e definir a temperatura, em graus celsius, refletida pelo objeto.
- *double GetObjectDistance()*, *void SetObjectDistance(double value)* para retornar e definir a distância da câmera ao objeto, em metros, que terá sua temperatura avaliada.
- *double GetDistance()*, *void SetDistance(double value)* para retornar e definir a distância do foco câmera em metros, o botão "+" adiciona 0,2 metros e o botão "-" subtrai 0,2 metros.
- *ScaleAdjustMode GetScaleAdjustMode()*, *void SetScaleAdjustMode(ScaleAdjustMode mode)* para retornar e definir se a escala de temperatura será definida de forma automática ou manual.

- *Range<double> GetScaleLimits()*, *void SetScaleLimits(Range<double> limits)* para retornar e definir o limite máximo e mínimo da escala de medição de temperatura.

Em conjunto com a detecção da temperatura temos o reconhecimento facial que será responsável por automatizar a detecção do indivíduo para que possamos ter a informação da pessoa que receberá a temperatura corpórea encontrada.

Para que o reconhecimento facial funcione o programa precisa ser treinado, ou seja, as pessoas que passarão pela medição da temperatura devem ser fotografadas para que o banco de dados do programa seja alimentado.(2)

O reconhecimento facial inicia logo ao clicarmos no botão *Server*, ele na verdade inicializa o programa *servidor.py*, que irá ligar a câmera e a partir daí podemos iniciar a câmera que medirá a temperatura corpórea através do botão *Source* e escolher a opção *FLIR T440 FlirFileFormat*.

Com a *FLIR* e a *webcam* ligadas e funcionando corretamente, agora temos que ativar a função de envio de pacotes da *FLIR* para o servidor HTTP, o pacote enviado via requisição *POST* vai em formato *Json* com as informações de temperatura, emissividade e temperatura atmosférica. Os pacotes são enviados em uma média de 2 por segundo, e sempre que o servidor recebe a temperatura e os parâmetros recebidos em formato *Json* ele atualiza suas variáveis de temperatura e parâmetros da câmera.

A imagem exibida no reconhecimento facial possui informações que facilitam a percepção de como se dá o está processo, assim como podemos ver na Figura 5. No topo do *frame* mais externo temos a porcentagem de detecção que demonstra o andamento do processo de reconhecimento facial, ao lado direito temos a informação da última face que foi detectada pelo programa e na parte mais abaixo temos as informações de data e hora atual. Já o *frame* mais interno, o que envolve a face a ser detectada, possui duas informações, uma é a face reconhecida no *frame* atual, que pode variar de acordo com a qualidade do treinamento que o algoritmo recebeu, e a porcentagem da confiabilidade que o programa atribui a esse reconhecimento no *frame* em questão.

Ao completar 100% na detecção, o programa escreve no relatório as informações da pessoa que foi detectada, sua temperatura e os parâmetros definidos na câmera para o cálculo da temperatura.

Na página do relatório podemos observar as temperaturas salvas e seu histórico com códigos de cores para melhor avaliação das variações de temperatura. A linha azul é para temperaturas abaixo de 37 °C , entre 37 e 38 temos a cor amarela e acima de 38 temos o preenchimento vermelho. Na parte superior do relatório temos um *Hyperlink* que

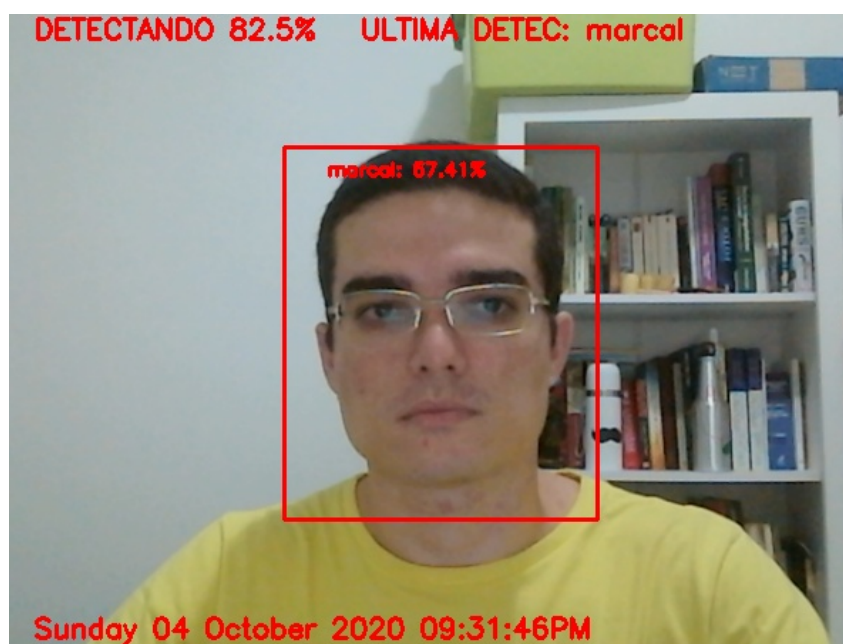


Figura 5 – Protótipo do reconhecimento facial

redireciona para uma página de ajuda com explicações para possíveis problemas de falha na detecção do reconhecimento da face.

Relatorio
[ajuda](#)

Indice	Nome	Temp	DataHora	Emissividade	Temp Atmosferica
0	"unknown"	36.52	"Tuesday 29 September 2020 12:20:45AM"	"0.98"	"20.00"
1	"unknown"	36.61	"Tuesday 29 September 2020 12:21:01AM"	"0.98"	"20.00"
2	"marcal"	37.53	"Friday 02 October 2020 11:28:30PM"	"0.98"	"20.00"
3	"marcal"	38.54	"Friday 02 October 2020 11:28:35PM"	"0.98"	"20.00"
4	"marcal"	35.54	"Friday 02 October 2020 11:28:35PM"	"0.98"	"20.00"
5	"marcal"	36.54	"Friday 02 October 2020 11:28:35PM"	"0.98"	"20.00"
6	"marcal"	36.68	"Friday 02 October 2020 11:28:49PM"	"0.98"	"20.00"
7	"marcal"	36.56	"Friday 02 October 2020 11:28:54PM"	"0.98"	"20.00"
8	"marcal"	37.2	"Friday 02 October 2020 11:28:59PM"	"0.98"	"20.00"
9	"marcal"	36.87	"Friday 02 October 2020 11:29:04PM"	"0.98"	"20.00"
10	"marcal"	36.61	"Friday 02 October 2020 11:29:08PM"	"0.98"	"20.00"
12	"unknown"	36.34	"Friday 02 October 2020 11:29:18PM"	"0.98"	"20.00"
11	"marcal"	36.73	"Friday 02 October 2020 11:29:13PM"	"0.98"	"20.00"
13	"marcal"	36.51	"Friday 02 October 2020 11:29:20PM"	"0.98"	"20.00"

Figura 6 – Relatório das medições

Na página de ajuda temos as seguintes informações.

Procedimento para identificação

- Se a pessoa usa óculos, pedir para retirar na identificação
- Importante haver apenas uma pessoa por vez na identificação
- aproximar-se da câmera a uma distância de x cm, e olhar fixamente para a câmera por um tempo de 6 segundos para reconhecimento facial e identificação de temperatura
- Importante haver boa iluminação no local para uma identificação correta

Problemas que podem ocorrer na identificação

Caso a pessoa não seja identificada, tentar mais duas vezes e caso não haja sucesso deve-se:

1. Verificar se a mesma esta cadastrada no sistema, ou seja, se há uma pasta com fotos do rosto da pessoa, localizada na pasta dataset
2. Caso haja uma pasta com fotos do rosto da pessoa, treinar o programa novamente com os rostos das pessoas, executando os seguintes comandos:

Primeiro precisamos calcular os revestimentos das faces, o que é feito com o comando logo abaixo:

1. `python extract_embeddings.py --dataset dataset --embeddings output/embeddings.pickle --detector face_detection_model --embedding-model openface_nn4.small2.v1.t7`

Agora precisamos treinar o modelo com os revestimos das faces obtidos

2. `python train_model.py --embeddings output/embeddings.pickle --recognizer output/recognizer.pickle --le output/le.pickle`
3. Caso o passo 2 não tenha funcionado, aumentar a quantidade de fotos da pessoa com problema de identificação na sua respectiva pasta dentro da pasta dataset
4. Realizar novamente o passo 2

Figura 7 – Página de Ajuda

3.1 Servidor

O Servidor que coordena o reconhecimento facial e a medição de temperatura possui, basicamente, as funcionalidades de transmitir o reconhecimento facial via HTTP, receber as informações de medição de

temperatura da câmera IR, criar um relatório baseados nas informações recebidas do reconhecimento facial e da câmera IR e uma página de ajuda. Ele foi desenvolvido através do *framework* web escrito em *Python Flask* que é baseado na biblioteca *WSGI Werkzeug* e na biblioteca *Jinja2*.

Durante a transmissão do reconhecimento facial no navegador, a face da pessoa postada a frente da câmera é analisada *frame* por *frame* e a cada vez que a pessoa é reconhecida, seu nome é escrito em um vetor de *strings* de oitenta posições, valor esse escolhido pois o tempo gasto para analisar oitenta *frames* é de aproximadamente cinco segundos, ideal para a pessoa ficar posicionada a frente da câmera e dar maior precisão no reconhecimento da face. Quando o vetor está totalmente preenchido, o servidor envia uma mensagem para a tela de transmissão confirmando a detecção facial com o nome da pessoa detectada, congela a imagem por um segundo e zera o vetor de strings para que

uma próxima pessoa possa ser detectada. A *T440* envia a mensagem com informações de temperatura via *PostJsonAsync*, função da biblioteca *Fluent HTTP* de C#.

A página que apresenta o relatório é gerada através de um código em *javascript*, esse relatório gerado pode ser apresentado de forma diferente a depender do navegador utilizado pelo usuário.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi desenvolvido um sistema de reconhecimento facial com identificação de temperatura, em que é possível monitorar as pessoas que estão em um ambiente de isolamento. Sendo o objetivo do software ser utilizado no PIRF para monitoramento das pessoas que ali adentram, para reduzir as chances de contaminação por COVID-19.

No trabalho não foi possível utilizar o modo Dual da câmera, o qual satisfaz melhor a proposta do trabalho, por causa de limitações da câmera, pois o nosso modelo de câmera FLIR só permite esse modo se a foto for tirada de forma mecânica, o que não convém para a proposta deste trabalho

Para trabalhos futuros poderia ser feito um sistema de monitoramento melhor com um histórico das temperaturas de cada pessoa, individualmente, pois no que foi desenvolvido temos apenas a temperatura medida anteriormente de cada pessoa no sistema.

Outra melhoria sugerida é repassar toda a parte de configuração da câmera para o servidor *web* e adicionar protocolos de segurança mais seguros como *ssh*, devido a premissa de tempo isso não foi possível, era uma ideia muito interessante para o trabalho, visto que informações sobre saúde pessoal é de caráter sigiloso.

Além disso, poderia ser feita a implementação de fato do Enlace rádio, que neste trabalho foi feito somente o cálculo teórico com uma proposta de antena, mas sem implementar na prática.

Algumas dificuldades encontradas no trabalho foram a falta de experiência com as linguagens de programação utilizadas e com o tipo de ferramenta empregado, principalmente a do *SDK Atlas* da câmera FLIR que para o objetivo proposto utiliza *C#* e principalmente o tempo, como a proposta foi atualizada já muito próximo da realização da primeira avaliação e os esforços expendidos no tema anterior à mudança não tinham correlação com o novo tema, tivemos que recomeçar do zero. Apesar de tudo, a experiência de trabalhar com tecnologia infravermelho e reconhecimento facial foi muito interessante, principalmente por não ser algo abordado de forma específica no IME.

REFERÊNCIAS

- 1 HAYKIN, M. M. S. *Sistemas Modernos De Comunicações Wireless*. [S.l.]: Bookman, 2008.
- 2 ROSEBROCK, A. *OpenCV Face Recognition*. 2018. 24 set. de 2018. Disponível em: <<https://www.pyimagesearch.com/2018/09/24/opencv-face-recognition/>>.
- 3 JAFRI, H. A. R. R. A survey of face recognition techniques. *Journal of Information Processing Systems*, v. 5, 2009. 2 jun. de 2009. Disponível em: <<https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200920237949770.pdf>>.
- 4 VOLLMER, K.-P. M. M. *Infrared Thermal Imaging: Fundamentals, Research and Applications*. 2. ed. [S.l.]: Wiley-VCH, 2017. 794 p.
- 5 COLEMAN, D. A. W. D. D. *CWNA Certified Wireless Network Administrator Study Guide*. [S.l.]: Sybex, 2006.
- 6 MEHL, E. L. de M. *CÁLCULO DE ENLACES DE RADIOCOMUNICAÇÃO PONTO-A-PONTO*. 2016. 1 junho de 2016. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/te271/Ponto-a-Ponto.pdf>>.
- 7 PIAU, G. A. C. Diego de B. Projeto de dimensionamento de enlace de rádio. *Ciência Engenharia*, v. 23, 2014. 20 abr. de 2020. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/cieng/article/download/27371/16559/>>.
- 8 SEYBOLD, P. J. S. *Introduction to RF Propagation*. [S.l.]: Wiley, 2005.

ANEXO A – CÁLCULO DO ENLACE RÁDIO

Neste anexo será realizado o cálculo do Enlace Rádio do Instituto Militar De Engenharia para o Forte Imbuí, e do Forte Imbuí para o PIRF. O intuito é o envio de informação entre o IME e o PIRF em relação ao controle de pessoas no PIRF pela identificação de temperatura e o reconhecimento facial.

A implementação do Enlace não será realizada na prática neste projeto. O objetivo é apenas a realização do cálculo necessário para a implementação do Enlace Rádio, com a proposta de uma antena que satisfaça as condições do Enlace.

A.1 Teoria para o Cálculo do Enlace Rádio

A.1.1 Zona de Fresnel

De acordo com o "CWNA Study Guide" uma Zona de Fresnel é uma área em forma de elipsoide, que circula o caminho da linha de visão entre duas antenas. Teoricamente, existem infinitas Zonas de Fresnel, ou elipsoides concêntricos, o menor elipsoide é a primeira Zona de Fresnel, o próximo é a segunda Zona de Fresnel, e assim segue. Na figura a seguir apenas a primeira e a segunda zona estão ilustradas, pois as outras Zonas de Fresnel influenciam pouco nas comunicações. Se a primeira Zona de Fresnel for parcialmente obstruída, ela influenciará na integridade da comunicação RF. A primeira Zona de Fresnel pode ser calculada sabendo a distância entre as duas antenas e a frequência do sinal transmitido.(5)

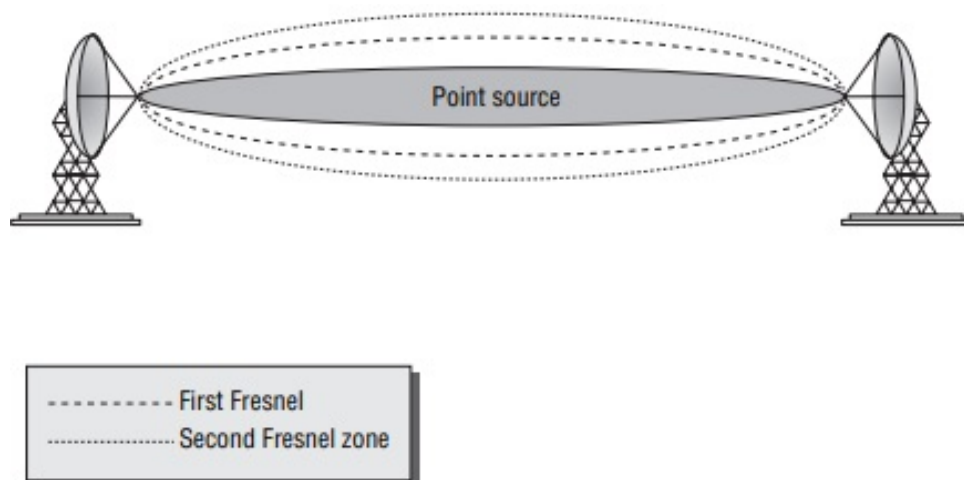


Figura 8 – Zona de Fresnel - Retirado de CWNA Study Guide

A.1.2 Fórmulas para o cálculo

O cálculo dos raios de Fresnel, altura das antenas e viabilidade do enlace foi realizado utilizando as fórmulas de raio e altura de antenas no Excel para facilitar e agilizar futuros testes e alternativas:

$$r_{fresnel} = 547 \cdot \sqrt{\frac{d_{AO} \cdot d_{BO}}{d_{AB} \cdot f}}$$

$$a_{BK} = \frac{d_{AB}(h_0 + h_{cK} + h_{veg} + h_{seg} - h_b) - d_{BO}(h_A + a_A + -h_B)}{d_{AO}}$$

$$R_x = T_x - P_t + G_t - A_o + G_r - P_r$$

Figura 9 – Formulas utilizadas

A.1.2.1 1ª fórmula

serve para calcular o raio da primeira Zona de Fresnel, em que:

f - é a frequência do sinal;

dAO - distância do transmissor no ponto "A", para o obstáculo no ponto "O";

dBO - distância do receptor no ponto "B", para o obstáculo no ponto "O";

dAB - distância do transmissor no ponto "A", para o receptor no ponto "B";

547 - resultado da raiz quadrada da velocidade da luz em km/s.

(1)

A.1.2.2 2ª fórmula

serve para calcular a altura mínima da antena no ponto "B" (receptor), em que:

aBK - altura da antena no ponto "B" para um determinado K (fator geoclimático)

dAB - distância do transmissor no ponto "A", para o receptor no ponto "B";

dBO - distância do receptor no ponto "B", para o obstáculo no ponto "O";

dAO - distância do transmissor no ponto "A", para o obstáculo no ponto "O";

hO - altura do obstáculo

hcK - 60% do raio de Fresnel + correção da curvatura da terra para k (fator geoclimático) = 4/3.

A teoria da difração indica que o caminho direto entre o transmissor e o receptor precisa de uma folga acima do solo de pelo menos 60 % do raio da primeira Zona de Fresnel para obter condições de propagação de espaço livre (ITU-R P530-15)

hveg - margem de segurança em metros, para existência e/ou crescimento de árvores/vegetação no ponto de obstrução

hseg - Margem de segurança devido a precisão das medidas

hb - altitude da estação B

ha - altitude da estação A

aA - altura da antena A tomada como referência

(ITU-R P530-15)

(6)

A.1.2.3 3ª fórmula

serve para calcular a intensidade do sinal recebido, em que:

Tx – Potência de saída do rádio transmissor (dBm);

Pt – Perda por atenuação no cabo da antena transmissora (dB);

Gt – Ganho na antena transmissora (dBi);

Ao – Atenuação no espaço livre (dB);

Gr – Ganho da antena receptora (dBi);

Pr – Perda por atenuação no cabo da antena receptora (dB);

Rx – Sinal recebido (dBm).

(7)

A.2 Cálculo do enlace

A.2.1 Informações úteis

Nesta seção apresentado como foi realizado o cálculo do Enlace entre IME – Forte Imbuí e Forte Imbuí – PIRF. A antena referência escolhida para realizar os cálculos foi a APC 5A-90 que trabalha com 5GHz de frequência. Todos os cálculos foram realizados utilizando o nível do mar como referência e considerando que as embarcações/obstáculos passarão no centro dos trechos. Ao final do relatório temos algumas considerações.

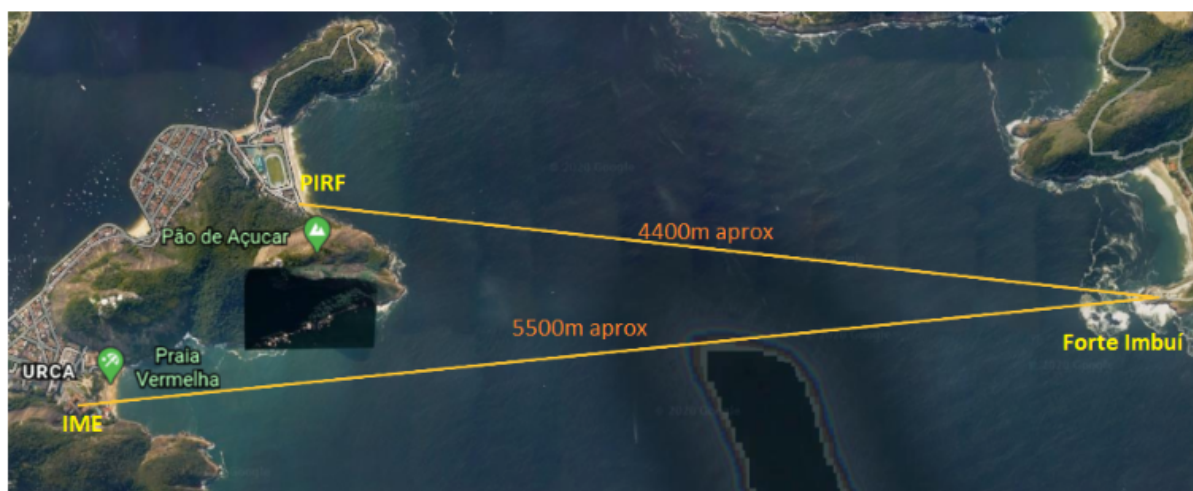


Figura 10 – imagem do google earth

A.2.2 TRECHO IME – IMBUÍ (5500m aprox)

No primeiro trecho IME – IMBUÍ, temos uma distância aproximada de 5500 metros e utilizamos, como pode ser visto na tabela abaixo, as alturas das margens como a nível do mar.

Cálculo do raio de fresnel e altura das antenas			
Frequencia do enlace	f	5000	MHz
Comprimento	dAB	5,5	km
$K = 4/3$	K	1,33	
K = mínimo	Kmin	0,65	
Distância da estação A até a obstrução	dAO	2,75M	km
Distância da estação B até a obstrução	dBO	2,75	km
Altitude da estação A	hA	0	m
Altitude da estação B	hB	0	m
Altitude do obstáculo	hO	20	m
100% do raio de fresnel no ponto crítico (*)	rfresnel100	9,07	m
60% do raio de fresnel no ponto crítico (*)	rfresnel60	5,44	m
30% do raio de fresnel no ponto crítico (*)	rfresnel30	2,72	m
Correção da curvatura da terra $K=4/3$	hK	0,45	m
Correção da curvatura da terra $K=min$	hKmin	0,91	m
60% rfresnel para + hK	hcK	5,89	m
30% rfresnel para + hKmin	hcKmin	3,63	m
Altura da antena A como tomada referência	aA	31	m
Crescimento de árvores nao obstrução	hveg	0	m
Margem de segurança das medidas	hseg	0	m

Cálculo do raio de fresnel e altura das antenas			
Altura da antena B para $K=4/3$	aBk	20,78	m
Altura da antena B para $K=\min$	aBKmin	16,26	m

(*) O critério de visibilidade é baseado na porcentagem da primeira zona de fresnel a ser liberada.

Esse percentual varia de acordo com a frequência de operação do enlace rádio. Se a frequência de operação é entre 1 e 3 GHz utilizamos rfresnel60 para $K = 4/3$ e rfresnel30 para Kmin. Se a frequência de operação é acima de 3 GHz utilizamos rfresnel100 para $K=4/3$ e rfresnel60 para Kmin

A.2.3 TRECHO IMBUÍ – PIRF (4400m aprox)

No segundo trecho IMBUÍ – PIRF , temos uma distância aproximada de 4400 metros e utilizamos, como pode ser visto na tabela abaixo, as alturas das margens como a nível do mar.(8)

Cálculo do raio de fresnel e altura das antenas			
Frequencia do enlace	f	5000	MHz
Comprimento	dAB	4,4	km
$K = 4/3$	K	1,33	
$K = \text{mínimo}$	Kmin	0,65	
Distância da estação A até a obstrução	dAO	2,2M	km
Distância da estação B até a obstrução	dBO	2,2	km
Altitude da estação A	hA	0	m
Altitude da estação B	hB	0	m
Altitude do obstáculo	hO	20	m
100% do raio de fresnel no ponto crítico (*)	rfresnel100	8,11	m
60% do raio de fresnel no ponto crítico (*)	rfresnel60	4,87	m
30% do raio de fresnel no ponto crítico (*)	rfresnel30	2,43	m
Correção da curvatura da terra $K=4/3$	hK	0,29	m
Correção da curvatura da terra $K=\min$	hKmin	0,58	m
60% rfresnel para + hK	hcK	5,16	m
30% rfresnel para + hKmin	hcKmin	3,01	m
Altura da antena A como tomada referência	aA	31	m
Crescimento de árvores na obstrução	hveg	0	m
Margem de segurança das medidas	hseg	0	m
Altura da antena B para $K=4/3$	aBk	19,32	m
Altura da antena B para $K=\min$	aBKmin	15,02	m

(*) O critério de visibilidade é baseado na porcentagem da primeira zona de fresnel a ser liberada.

A.2.4 Cálculo de Viabilidade do Enlace

Para realizar o cálculo de viabilidade do enlace nós precisamos das informações:

Potência de saída do rádio transmissor: 29dBm

Perda por atenuação no cabo da antena transmissora: Consideramos zero, visto que ainda não temos informações de quanto cabo será utilizado.

Ganho na antena transmissora: 18dBi

Atenuação no espaço livre: Foi calculado considerando: $f = 5000\text{MHz}$ $D = 5500\text{m}$, que é a maior distância percorrida, a do trecho IME - IMBUÍ

Ganho da antena receptora: 18dBi

Perda por atenuação no cabo da antena receptora: Consideramos zero, visto que ainda não temos informações de quanto cabo será utilizado.

Todas as informações foram retiradas da ficha técnica da antena APC- 5A-90 no link <https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2019-04/Datasheet_APC_5A-90.pdf>

Cálculo de viabilidade do enlace			
Potência de saída do rádio transmissor	Tx	29	dBm
Perda por atenuação no cabo da antena transmissora	Pt	0	dBm
Ganho da antena transmissora	Gt	18	dBi
Atenuação no espaço livre	Ao	121,23	dB
Ganho da antena receptora	Gr	18	dBi
Perda por atenuação no cabo da antena receptora	Pr	0	dB
Sinal recebido	Rx	-56,23	dBm

Como o valor do sinal recebido é maior do que a sensibilidade do receptor, chegamos a conclusão que a ligação é viável.

A.2.5 Considerações

Ainda não foi calculado a influência do trânsito de embarcações entre as antenas nos trechos do enlace nem a influências dos dutos de vapor. Considerando que a frequência utilizada será de 5GHz temos que ter em mente que cem por cento do raio de fresnel deve estar livre na 1a zona de fresnel. Ambas as margens possuem altitude maior do que o nível do mar, o IME possui um prédio de pelo menos quatro andares e se considerarmos a seção de Engenharia Cartográfica podemos alcançar seis andares, o que nos dá uma boa margem de altura para antena. As alturas do forte IMBUÍ e do PIRF ainda não foram verificadas.