

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA COM ÊNFASE EM ELETRÔNICA E
TELECOMUNICAÇÕES

HÉLIO AUGUSTO BONI BRANDÃO

ILDA – IDENTIFICAÇÃO DE LÂMPADAS DEFEITUOSAS EM
AEROPORTOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2011

HÉLIO AUGUSTO BONI BRANDÃO

ILDA – IDENTIFICAÇÃO DE LÂMPADAS DEFEITUOSAS EM
AEROPORTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, como requisito parcial para obtenção de grau de Engenheiro do curso de Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Eletrônica e Telecomunicações, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Douglas R. Jakubiak

CURITIBA

2011

AGRADECIMENTOS

Neste pequeno espaço é impossível deixar de agradecer às pessoas sem as quais a realização desse projeto não seria possível. Portanto, primeiramente agradeço ao professor orientador Douglas Jakubiak pela ajuda no desenvolvimento do projeto, desde as primeiras idéias sobre outras propostas de projetos em 2009 até hoje.

Também agradeço ao professor Dario Dergint, que ministrou as aulas das disciplinas de Projeto Final 1 e Trabalho de Conclusão de Curso, além de ter sido orientador de Iniciação Científica, pelo suporte dado ao longo do curso.

Impossível também deixar de citar o senhor Jürgen Burghardt, engenheiro e sócio da empresa parceira, pois sem o seu consentimento este projeto não poderia ter sido utilizado como Trabalho de Conclusão de Curso. Agradeço também aos engenheiros da empresa, Renan Veliz, Florian Grimm e Thomas Klement, pela boa vontade e disposição para ajudar a contornar situações de dificuldade durante o desenvolvimento do projeto.

Agradeço também aos meus queridos colegas de curso Bruno Vinícius Corrêa, Ricardo Casagrande Faust, Marcus Vinícius Fitz, Rafael Coradini Schwarz, Ramon Platini e André Awane, que durante todo o curso de engenharia se mostraram grandes amigos e me ajudaram a superar os obstáculos impostos nesta trajetória.

*"Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis."*

Bertolt Brecht

RESUMO

BRANDÃO, Hélio A. B.. **Identificação de Lâmpadas Defeituosas em Aeroportos**. 2011, 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Industrial Elétrica, ênfase em Eletrônica e Telecomunicações. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

O trabalho de conclusão de curso proposto tem como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema de identificação de lâmpadas defeituosas nas pistas de um aeroporto. O projeto foi desenvolvido durante a execução de estágio em uma empresa alemã. Através de análises dos sinais de tensão e corrente provenientes dos circuitos de alimentação das lâmpadas sinalizadoras da pista, foi avaliado que o método para detectar as falhas seria a medição da diferença de fase entre ambos os sinais e o algoritmo de Goertzel foi escolhido para isto. O projeto foi desenvolvido a partir de uma placa de circuitos integrados já desenvolvida pela empresa e envolve a recepção dos sinais analógicos de até oito circuitos diferentes, seu condicionamento e multiplexação deles para que somente duas entradas ADC do microcontrolador da família dsPIC33F fossem utilizadas. A comunicação com os outros equipamentos da empresa é feito através do protocolo I²C e um algoritmo de interpolação foi programado para que o número de lâmpadas fosse estimado através dos dados de dois estados armazenados por uma calibração prévia. O projeto foi desenvolvido em 6 meses, em Mannheim, Alemanha, totalizando 936 horas de trabalho.

Palavras chave: identificação de lâmpadas defeituosas, automação de sistemas aeroportuários, algoritmo de Goertzel, análise de corrente e tensão.

ABSTRACT

BRANDÃO, Hélio A. B.. **Identification of defective lamps at airports**. 2011, 91 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Industrial Elétrica, ênfase em Eletrônica e Telecomunicações. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

The proposed Final Project has as main goal the development of an identification system of defective lamps of an airport runway. The project was developed during an internship at a German company. Through analysis of the voltage and current signals proceeding from the runway's signalization circuits, the measurement of the phase difference between both signals was chosen as the failure detection method and the Goertzel algorithm would be used to measure the desired delay. The project was developed on a previously designed circuit board, which belongs to the company, and comprehend the reception of the analog signals from up to eight different circuits, their conditioning and multiplexation in order to use only two analog inputs of the dsPIC33F family microcontroller. The communication with the other equipments of the company is held through the I²C protocol and an interpolation algorithm was programmed, so the amount of broken lamps could be estimated using data of two previously calibrated states. The development was accomplished in a six-month schedule in Mannheim, Germany, totalizing 936 work hours.

Keywords: defective lamps detection, airport system automation, Goertzel algorithm, voltage and current analysis.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
1.1.	JUSTIFICATIVA	8
1.2.	OBJETIVOS.....	9
1.3.	DIAGRAMA.....	9
1.4.	METODOLOGIA	10
1.5.	APRESENTAÇÃO DO DOCUMENTO.....	10
2.	DEFINIÇÃO DO ESCOPO.....	12
2.1.	MERCADO	12
2.2.	PATENTES.....	13
2.3.	CONSIDERAÇÕES	14
3.	DESENVOLVIMENTO	15
3.1.	O PROBLEMA.....	15
3.2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA SOLUÇÃO EMPREGADA	18
3.2.1.	O método	18
3.2.2.	Aproximação utilizada	21
3.2.3.	Linearização	22
3.3.	<i>HARDWARE</i>	24
3.3.1.	Ambientes de pré-desenvolvimento	24
3.3.2.	Placa efetiva de desenvolvimento.....	26
3.4.	<i>FIRMWARE</i>	28
3.4.1.	Função main e funções de inicialização	28
3.4.2.	Interrupção do ADC.....	31
3.5.	COMUNICAÇÃO	37
3.6.	ESTIMATIVA DO NÚMERO DE LÂMPADAS QUEIMADAS	39
3.7.	TESTES EM CAMPO	40
3.8.	RESULTADOS	41
3.9.	CONSIDERAÇÕES	41
4.	GESTÃO	43
4.1.	ESCOPO	43
4.2.	CRONOGRAMA	43
4.3.	CUSTOS.....	48
4.4.	RISCOS	48
4.5.	CONSIDERAÇÕES.....	50
5.	PLANO DE NEGÓCIOS	52
5.1.	RESUMO EXECUTIVO	52

5.1.1.	Visão e Missão	52
5.1.2.	Dados da Empresa	52
5.1.3.	Produtos e Serviços	52
5.1.4.	Análise de Mercado	53
5.1.5.	Plano de Marketing e Vendas	53
5.1.6.	Plano Financeiro	54
5.2.	VISÃO E MISSÃO	54
5.2.1.	Histórico e Situação Atual	54
5.2.2.	Visão	55
5.2.3.	Missão	55
5.3.	DADOS DA EMPRESA	55
5.3.1.	Aspectos Jurídicos	56
5.3.2.	Responsabilidade Gerencial, Equipe de Gerentes	56
5.3.3.	Pessoal da Empresa	56
5.3.4.	Advogado e Contador	57
5.4.	PRODUTOS E SERVIÇOS	57
5.4.1.	Serviços Disponíveis	57
5.4.2.	Ciclo de vida do produto	58
5.4.3.	Consolidação e integração de produtos existentes	59
5.4.4.	Novos produtos em desenvolvimento	59
5.4.5.	Produtos e serviços planejados	59
5.5.	ANÁLISE DE MERCADO	60
5.5.1.	Definição do mercado	60
5.5.2.	Segmento de Mercado	60
5.5.3.	Pontos Fortes e Fracos	61
5.5.4.	Oportunidades existentes	61
5.5.5.	Perfil do Cliente	62
5.5.6.	Caracterização da Concorrência	62
5.5.7.	Riscos	63
5.5.8.	Mercado Internacional	64
5.6.	PLANO DE MARKETING E VENDAS	64
5.6.1.	Objetivos e Metas Quanto às Vendas e Aos Clientes	65
5.6.2.	Estratégias de Marketing e Linhas de Ação/Atividades	65
5.7.	PLANO FINANCEIRO	67
5.7.1.	Estimativa dos investimentos iniciais	67
5.7.2.	Estimativa de gastos	69
5.7.3.	Estimativa do custo por projeto	69
5.7.4.	Estimativa do faturamento trimestral da empresa de 2012 a 2014	70
5.8.	CONSIDERAÇÕES	73
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
7.	BIBLIOGRAFIA	78

1. INTRODUÇÃO

Para que um aeroporto receba e permita a decolagem de aviões com segurança, certos requisitos devem ser preenchidos. Ele deve contar com uma boa comunicação entre torre e aeronaves, possuir uma ou mais pistas em boas condições e bem sinalizadas. A sinalização da área de pouso e decolagem é fundamental para que os pilotos se orientem e realizem manobras seguras, mesmo em condições não ideais.

Apesar de tudo, alguns pontos dessa sinalização podem apresentar pequenas falhas. Para verificar essas falhas é necessária uma inspeção manual, por vezes dificultada pelas más condições climáticas (frio e calor extremos, chuva, neve...). Portanto é necessária a utilização de métodos de monitoramento do estado dos dispositivos em campo de maneira remota.

O projeto a ser detalhado neste documento foi desenvolvido pelo aluno em questão como sua atividade principal de estágio em um empresa localizada em Mannheim, Alemanha, entre os meses de setembro de 2010 e fevereiro de 2011, e foi implantado em um aeroporto cliente da empresa.

1.1. JUSTIFICATIVA

A necessidade da implementação de um novo método de previsão do número de lâmpadas foi trazida à tona em uma discussão com o engenheiro responsável pelo desenvolvimento da empresa parceira, visto que os métodos atuais existentes não são eficientes para todos os casos, o que acarreta em erros de medição e gastos extras, que podem ser explicitados em: tempo de paralisação de vôos e decolagens para que uma vistoria na pista seja realizada, combustível dos veículos utilizados no aeroporto e gastos extras com funcionários. Os métodos atuais consistem na medição da variação da fase entre os sinais de tensão e corrente provocadas pela queima das lâmpadas. Como elas estão conectadas ao

circuito através de transformadores, cada falha introduz no circuito uma carga indutiva extra, provocando um atraso da corrente. Todavia, devido a particularidades de cada sistema, muitos circuitos possuem sinais extremamente distorcidos, o que dificulta ou por vezes impossibilita a medição com esta abordagem.

Portanto a implementação de uma nova abordagem que possibilite a indicação do número de lâmpadas defeituosas se justifica. Métodos alternativos que eliminem ou pelo menos diminuam a influência da distorção no sinal serão avaliados e implementados a fim de que a empresa parceira tenha uma nova versão de sua ferramenta com um método menos suscetível às imperfeições do sinal.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste projeto é implementar um método de detecção do número de lâmpadas defeituosas presentes em um sistema aeroportuário no equipamento da empresa parceira. Os objetivos específicos do projeto são pesquisar um método que seja capaz de analisar as variações dos sinais de tensão e corrente antes e após as falhas das lâmpadas, desenvolver o algoritmo do método escolhido em linguagem C para microcontrolador e disponibilizar a solução desenvolvida para uso nos aeroportos gerenciados pela companhia parceira.

1.3. DIAGRAMA

O diagrama do projeto está especificado na Figura 1.

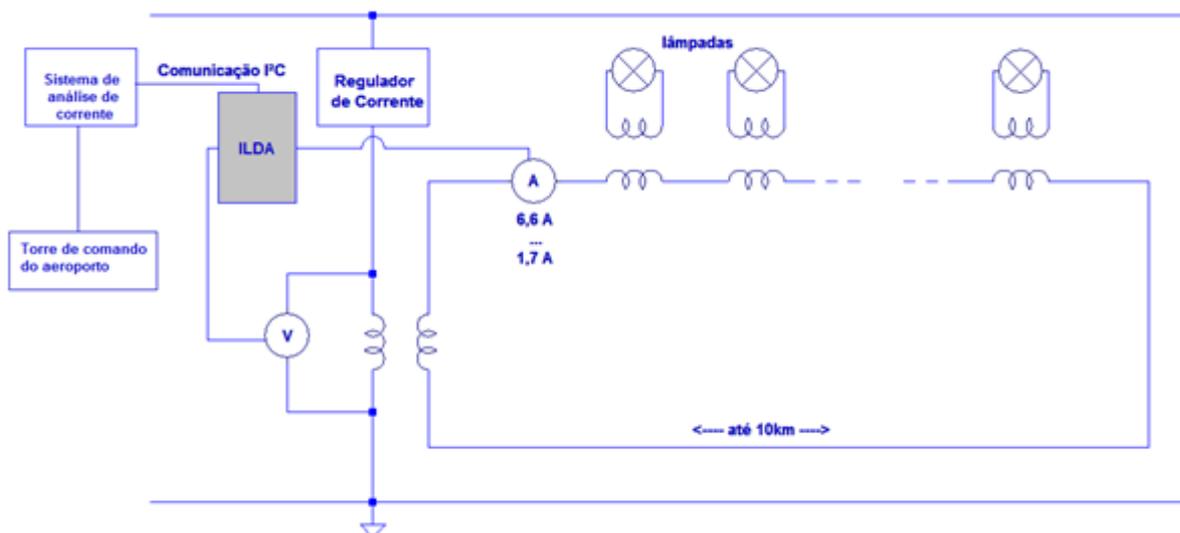


Figura 1 – Diagrama em blocos do projeto 1. Fonte: Autoria própria

1.4. METODOLOGIA

O projeto foi estratificado em etapas, explicitadas abaixo:

- Etapa 1 – Determinar os efeitos no sistema causados pelas falhas das lâmpadas.
- Etapa 2 – Pesquisar e escolher um método apropriado que forneça o estado atual do sistema.
- Etapa 3 – Implementar o método escolhido em uma plataforma de desenvolvimento rápido, afim de testar a sua eficácia.
- Etapa 4 – Desenvolver o firmware para o sistema da empresa parceira.
- Etapa 5 – Realizar testes do método escolhido tanto em laboratório como em campo.
- Etapa 6 – Elaborar o Relatório da disciplina de Projeto Final 2.

1.5. APRESENTAÇÃO DO DOCUMENTO

Este relatório contém a descrição detalhada do projeto de conclusão de curso de engenharia eletrônica desta universidade, cujo título é Identificação de Lâmpadas Defeituosas em Aeroportos. Nele estará descrito o escopo do projeto, com uma previsão de suas funcionalidades. Como esse produto já foi desenvolvido dentro de uma empresa com intuito de agregar valor e funcionalidade a um projeto já existente, a necessidade de pesquisa por produtos concorrentes a ele foi considerada desnecessária, pois ele não teria como ser vendido como um projeto solo. Uma busca em uma base de patentes foi feita, com o intuito de garantir que sua futura produção não seja comprometida e também para pesquisar tecnologias existentes que possam auxiliar no desenvolvimento do projeto, e será apresentada neste documento.

Após esta primeira fase será apresentado uma descrição do processo de mensuração, assim como dos componentes de *hardware* da placa da empresa parceira e organização do *firmware*. Esta pequena fundamentação teórica que tem a finalidade de deixar claro para o leitor o método escolhido. Uma descrição do *hardware* e o projeto do *firmware* têm seu valor, pois esclarecem como o projeto foi desenvolvido, suas características e limitações.

Em seguida, uma análise de gestão do projeto como um todo será apresentada. Uma discussão sobre o escopo, o andamento das atividades de acordo com o cronograma proposto, um levantamento de custos e uma devida análise de riscos será descrita.

O último tópico abordado neste relatório é um plano de negócios realizado para uma empresa fictícia que oferece o desenvolvimento de projetos de eletrônica embarcada para empresas que necessitam da elaboração de soluções em *hardware* e *software*, porém não possuem o *know-how* e preferem contratar uma empresa terceira a dispor de tempo e dinheiro para montar sua própria equipe especializada.

2. DEFINIÇÃO DO ESCOPO

O projeto desenvolvido apresenta alguns requisitos de implementação, pois teve que ser integrado a um sistema já existente. Portanto, as especificações para o *software* embarcado serão apresentadas a seguir.

O *software* embarcado teve de ser feito em linguagem de programação C, feito no ambiente de desenvolvimento da Microchip, MPLAB. O código contém um algoritmo de interpretação dos dados do dispositivo de *hardware*, o que possibilita o fornecimento do valor do número de lâmpadas defeituosas no sistema instalado. O código prevê a análise simultânea de até oito circuitos diferentes, por isso o quesito desempenho é fundamental. Uma demora de mais que alguns segundos na entrega de novos dados após a ocorrência de uma falha não é bem vista aos clientes do projeto. Os dados obtidos através do método de medição dos sinais digitais são analisados através de um algoritmo que foi implementado no sistema da empresa.

O *firmware* desenvolvido se comunica com os outros dispositivos da empresa através do protocolo de comunicação I²C. O uso desse protocolo também foi imposto ao desenvolvedor pela empresa parceira, que já utiliza o mesmo em outros projetos, portanto a compatibilidade com produtos já existentes seria mantida.

Em um primeiro momento o desenvolvimento teve de ser feito em simulações em um *software* em um computador e após isso em um kit de desenvolvimento rápido que utiliza um microcontrolador da mesma fabricante do presente na placa original. Isto aconteceu devido ao trabalho simultâneo de outros profissionais no mesmo sistema. Assim, para já iniciar o desenvolvimento e aproveitar o tempo, essas outras alternativas foram utilizadas.

2.1. MERCADO

O projeto em questão foi desenvolvido dentro de uma empresa parceira. Ele sozinho não pode ser utilizado como produto e vendido a nenhuma empresa ou aeroporto, pois ele faz parte de um sistema maior e atende aos requisitos desse

sistema, como, por exemplo, temporizações, pacote de comunicação e formatação dos dados enviados. Portanto, como mercado, a própria empresa parceira será descrita, de uma maneira em que a empresa pode ser considerada como “cliente” do aluno desenvolvedor.

A empresa nasceu no dia 1 de maio de 2002 em Mannheim, resultado de um *spin off* da divisão de Iluminação Aeroportuária do Grupo ABB. Os fundadores da companhia passaram a ter responsabilidades sobre todos os produtos da área de iluminação de aeroportos, de uma unidade de produção em Dresden, oeste da Alemanha, e também sobre a continuidade de manutenção das instalações já previamente realizadas pelo Grupo ABB. Atualmente a empresa conta com aproximadamente 100 funcionários e projetos espalhados principalmente pela Alemanha, mas também no restante da Europa e na Ásia.

2.2. PATENTES

Uma pesquisa nas bases de patentes internacionais foi feita, com o intuito de averiguar as tecnologias existentes. Com essa informação é possível avaliar a possibilidade de ser realizado um depósito de patente referente alguma técnica desenvolvida no projeto em questão. Entretanto, durante o desenvolvimento do projeto, as tecnologias aqui citadas não foram utilizadas.

A busca por patentes foi realizada no site da Agência Européia de Patentes, a Espacenet. Conforme será explicitado ao longo do projeto, o método empregado para estimar o número de lâmpadas defeituosas no sistema foi através da diferença de fase entre os sinais de tensão e corrente do circuito. Portanto, uma pesquisa no site da Espacenet com o termo “phase difference measurement” foi realizado, a fim de procurar alternativas para resolução do problema.

Uma primeira patente encontrada é a do título “A SIGNAL PHASE DIFFERENCE MEASUREMENT METHOD, APPARATUS AND SYSTEM”, cujo número de aplicação é neste escritório é EP20090795678 20090708. Essa patente especifica um método desenvolvido por engenheiros chineses que descrevem na

mesma um método, o aparato necessário e um sistema para detectar diferença de fase entre dois sinais através de duas entradas analógico-digitais.

Outra patente encontrada, depositada pela companhia de eletrônicos multinacional ST Electronics, possui o título “HIGH ACCURACY SIGNAL PHASE DIFFERENCE MEASUREMENT SYSTEM”, e o seu número de aplicação é JP20010085086 20010323. Ela calcula a diferença de fase entre dois sinais obtendo primeiramente a fase relativa do primeiro sinal e comparando-a com a fase relativa do segundo.

2.3. CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo foram definidos alguns pontos básicos referentes ao desenvolvimento deste projeto. Requisitos de implementação impostos pela empresa para a elaboração do *firmware* foram propostos. Os pontos comentados foram a linguagem de programação, o número de circuitos analisados simultaneamente, o protocolo de comunicação com os outros dispositivos da empresa e a necessidade da utilização de um kit de desenvolvimento no início do projeto.

Levando-se em consideração o fato do desenvolvimento em questão ser um projeto interno de uma empresa, como se o aluno fosse um prestador de serviços para a mesma, ela foi considerada o mercado no qual o produto está inserido e então uma introdução à empresa foi feita.

A pesquisa nas bases de patentes européias mostrou que o método utilizado na elaboração da solução para o problema proposto é utilizado e há investimento em pesquisas por parte de grandes empresas. Através de uma rápida pesquisa, cerca de 50 documentos de pedidos de depósitos de patentes no assunto foram encontrados.

3. DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo do relatório serão descritos os componentes de *hardware* e metodologia de elaboração do *software* embarcado que foram empregados. Porém, antes da descrição destes elementos, uma breve descrição do problema proposto, cuja resolução foi desenvolvida, e uma fundamentação teórica do processo de medição serão realizadas, com o intuito de esclarecer o método ao leitor. Ao final do capítulo, considerações sobre o processo de desenvolvimento serão feitas.

3.1. O PROBLEMA

A empresa parceira trabalha com o planejamento e instalação de projetos de sinalização de pistas de aeroportos e heliportos ao redor do globo. Entre os itens instalados pela companhia estão os circuitos de sinalização das pistas dos aeroportos com lâmpadas halógenas, cujo brilho identifica as diferentes regiões da pista como a área de pouso, as saídas da mesma e o local para as manobras dos aviões. Elas são instaladas em buracos no asfalto e ligadas a uma central de comando por cabos que podem chegar a comprimentos de mais de dois quilômetros. Os cabos estão conectados a transformadores e circuitos de controle e chaveamento do sinal para a dimerização da luminescência.

Para evitar que a falha de uma única lâmpada cause um desligamento do circuito completo, devido à quebra do fluxo de corrente no cabo, cada uma é acoplada a um transformador que possui relação de espiras 1:1. Assim, caso uma lâmpada apresente defeito, o fornecimento de corrente não é interrompido e as outras lâmpadas continuam a brilhar.

O transformador, por ter uma bobina condutora enrolada em um núcleo de material ferromagnético, adiciona uma indutância no circuito, provocando assim uma pequena defasagem entre os sinais de tensão e corrente. Contudo, ao falhar de uma lâmpada, uma indutância extra é acrescida ao circuito devido ao rompimento da

conexão no secundário, o que faz com que o transformador se comporte somente como um indutor, causando uma defasagem ainda maior.

Portanto, para se estimar o número de lâmpadas queimadas no circuito, é suficiente a medição do valor do atraso entre as formas de onda e assim é possível indicar as falhas presentes e sua quantidade.

Todavia, a presença de alguns fatores tornava essa detecção um pouco mais complicada. Primeiramente, há sinais de ruído no circuito inseridos, que geralmente não são altos e não comprometem a medição do atraso. Porém o comprimento dos cabos, sua idade (certos circuitos já estão em operação há mais de 20 anos, pois são projetos antigos) e outros fatores geram distorções nas formas de onda. Dois exemplos são apresentados nas figuras abaixo. O sinal de tensão é representado pela onda em verde e o de corrente em amarelo.



Figura 2 – Sinais de tensão e corrente para circuito com 10 lâmpadas sem falhas. Fonte: Autoria própria

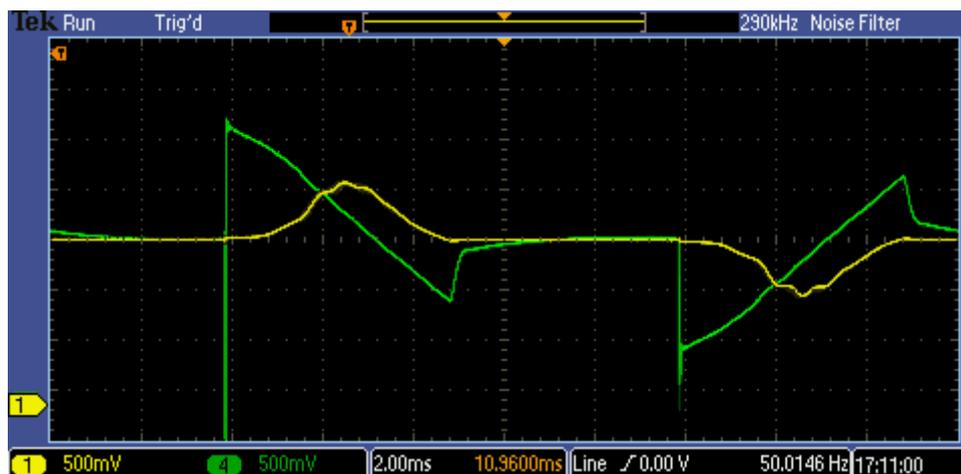


Figura 3 – Sinais de tensão e corrente para circuito com 10 lâmpadas com 5 falhas. Fonte: Autoria própria

A primeira imagem representa um circuito com 10 lâmpadas sem falhas e a segunda o mesmo circuito com 5 falhas. As ondas apresentadas acima são passíveis de análise através da medição da diferença dos pontos de início das curvas de tensão e corrente, método mais simples de ser utilizado. Elas foram retiradas de um circuito de teste em laboratório.

Já as imagens a seguir se mostram bem diferentes. O sinal em rosa é o de tensão e o amarelo é o de corrente.

IMAGEM PROTEGIDA – DIVULGAÇÃO NÃO AUTORIZADA

Figura 4 – Sinais de tensão e corrente para circuito sem falhas. Fonte: Arquivo empresa parceira

IMAGEM PROTEGIDA – DIVULGAÇÃO NÃO AUTORIZADA

Figura 5 – Sinais de tensão e corrente para circuito com 15 falhas. Fonte: Arquivo empresa parceira

Ambas as imagens foram capturadas no mesmo circuito, instalado no Aeroporto Internacional de Frankfurt, sendo a primeira sem lâmpadas defeituosas e a segunda com 15 lâmpadas quebradas. Uma simples medição da diferença de fase através da aferição da diferença dos pontos de início das curvas de tensão e corrente não basta, visto que elas iniciam praticamente no mesmo ponto. Outro fator que dificulta a utilização do método é a presença de uma componente positiva do sinal de tensão antes mesmo do ciclo positivo da onda iniciar. Este fato dificulta a

detecção do ponto de início da onda. Além disso, a elevada distorção no sinal de corrente também pode trazer empecilhos à detecção.

Portanto outro método deve ser utilizado para verificação da quantidade de lâmpadas defeituosas no sistema, buscando a resolução do problema.

3.2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA SOLUÇÃO EMPREGADA

A solução encontrada para o algoritmo de Goertzel. Esse método é utilizado normalmente para detecção de um único tom em um sinal, ou seja, ele detecta apenas uma componente de frequência dentro do espectro desejado. Ele foi utilizado para que somente o tom de 50Hz dos sinais fossem analisados, excluindo assim todas as outras componentes causadoras de distorção da análise.

3.2.1. O método

O algoritmo de Goertzel é implementado como um filtro IIR de segunda ordem, com um coeficiente direto complexo e dois coeficientes de realimentação reais. Esse filtro computa a Transformada de Fourier Discreta (TFD) para apenas uma frequência (o m-ésimo ponto de uma TFD com N pontos) e é definido por:

$$X(m) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-\frac{j2\pi nm}{N}}$$

Equação 1

A figura abaixo ilustra a implementação do filtro IIR do algoritmo:

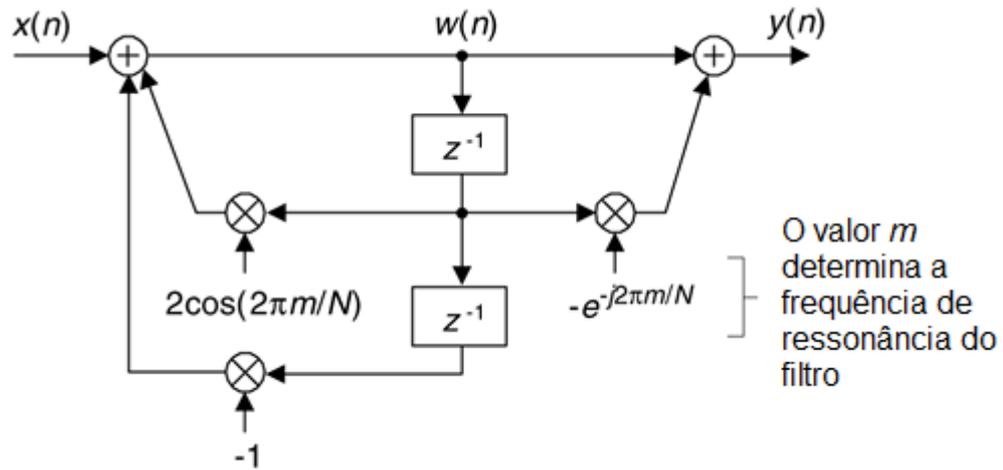


Figura 6 – Implementação do algoritmo de Goertzel como um filtro IIR. Fonte: Lyons, Richard G., 2004, p. 529

A saída $y(n)$ do filtro é igual ao coeficiente da frequência na TFD, $X(m)$, quando $n = N$, sendo que o primeiro valor de n é 0. Porém, para que a equação tenha validade, m deve ser um valor inteiro e pertença ao escopo $0 \leq m \leq N-1$.

A função de transferência do filtro de Goertzel pode ser descrito com a fórmula a seguir:

$$H_G(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{1 - e^{-\frac{j2\pi m}{N}} z^{-1}}{1 - 2 \cos\left(\frac{2\pi m}{N}\right) z^{-1} + z^{-2}}$$

Equação 2

Ela possui somente um zero localizado em $z = e^{-j2\pi m/N}$ e pólos conjugados em $z = e^{\pm j2\pi m/N}$, conforme mostra a figura 7(a).

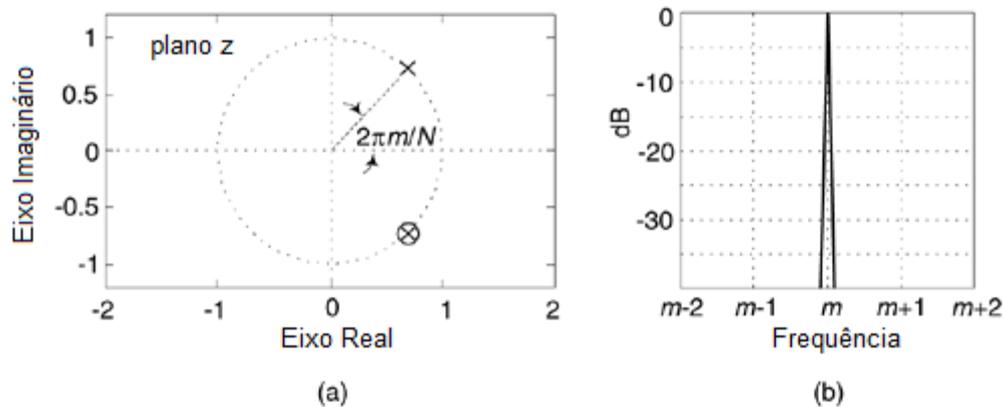


Figura 7 – Filtro de Goertzel: (a) Localização dos pólos e zeros; (b) Resposta de magnitude da frequência. Fonte: Lyons, Richard G., 2004, p. 529

A resposta em magnitude do filtro, exposta na figura 7(b), mostra uma ressonância centralizada no tom $2\pi m/N$, ou, em Herz, mf_s/N Hz. Assim,

$$m = \frac{f_{tom}}{f_s/N}$$

Equação 3

O algoritmo de Goertzel é implementado com um ressonador complexo, tendo uma resposta ao impulso unitária e infinita, $h(n) = e^{-j2\pi nm/N}$, e por isso que o espectro da magnitude da resposta em frequência é tão estreita. As equações para o filtro no domínio do tempo são:

$$w(n) = 2 \cos\left(\frac{2\pi m}{N}\right) w(n-1) - w(n-2) + x(n)$$

Equação 4

$$y(n) = w(n) - e^{-\frac{j2\pi m}{N}} w(n-1)$$

Equação 5

Sendo que, da última equação, a parte real é representada por:

$$\alpha = w(n) - \cos\left(\frac{2\pi m}{N}\right) w(n-1)$$

Equação 6

e a imaginária por:

$$\beta = \text{sen}\left(\frac{2\pi m}{N}\right)w(n-1)$$

Equação 7

Uma vantagem do método de Goertzel é que, enquanto a equação 1 necessita ser computada N vezes, a equação 2 somente necessita ser computada uma vez, após a chegada da N -ésima amostra. Assim, para uma entrada $x(n)$, o filtro precisa de $N+2$ multiplicações reais e $2N+1$ adições reais para computar uma $X(m)$ de N pontos.

Em aplicações práticas, para minimizar vazamento de espectro, é aconselhável escolher um número de amostras N que corresponde a um número inteiro de ciclos do sinal que se deseja encontrar. Ele pode ser um número inteiro e quanto maior N , melhor é a resolução da frequência e a imunidade ao ruído. Porém, um grande valor de N representa um grande número de operações a serem feitos.

3.2.2. Aproximação utilizada

Para poder aumentar ainda mais o desempenho do método previamente descrito, uma aproximação do cálculo foi utilizada (SMITH, J. R. e SANDLER, S. M., 1994). Com essa aproximação, as multiplicações descritas na equação 4 podem ser substituídas por um conjunto de somas e subtrações, diminuindo o número de ciclos de instrução necessários para que o microcontrolador chegue ao resultado necessário. A equação 4 será reescrita abaixo de maneira simplificada para facilitar a visualização, sendo $D_i = x(n)$, $U_i = w(n)$, $U_{i-1} = w(n-1)$ e $U_{i-2} = w(n-2)$:

$$U_i = 2 \cos(\theta) U_{i-1} - U_{i-2} + D_i$$

Equação 8

A simplificação parte do princípio que a multiplicação de um $\cos(\Theta)$ descrita na função 8 pode ser substituída por uma subtração e uma multiplicação por uma potência de 2 de tal forma que o ângulo Θ seja muito similar a $1-2^{-n}$, sendo que n é um inteiro. Assim, a equação fica:

$$U_i = 2U_{i-1} - 2^{1-n}U_{i-1} - U_{i-2} + D_i$$

Equação 9

Uma multiplicação por uma potência de 2 é significativamente mais rápida que uma multiplicação por um outro número qualquer, pois, caso os números tratados sejam inteiros, um simples deslocamento dos bits representa a operação.

O valor n presente no expoente da potência de 2 é um número inteiro obtido com a fórmula:

$$n = -\frac{\log(1 - \cos(w))}{\log(2)}$$

Equação 10

sendo que

$$w = \frac{2\pi f_{tom}}{f_s}$$

Equação 11

3.2.3. Linearização

À medida que mais lâmpadas são avariadas, maior a defasagem entre as componentes fundamentais dos sinais de tensão e corrente. Como os circuitos possuem geralmente transformadores semelhantes, o valor da indutância por cada um acrescida no circuito a cada falha é aproximadamente constante. Por isso, quanto mais lâmpadas falham, menor a influência da indutância individual de um transformador no atraso da corrente, pois o seu valor é cada vez menos

representativo em relação à indutância em série já presente no circuito. Assim, é necessário um método que facilite a previsão da quantidade de defeitos no sistema.

O fenômeno acima descrito pode ser melhor visualizado utilizando a notação fasorial para a impedância do circuito. Considerando que toda a resistência real dos cabos seja R , a impedância de cada transformador com lâmpadas funcionando seja desprezível e de cada transformador cuja lâmpada esteja queimada seja L , temos uma impedância total no circuito de:

$$Z = R + jwL$$

Equação 11

Representando com notação fasorial:

$$Z = \sqrt{R^2 + (wL)^2} \left| \tan^{-1} \frac{wL}{R} \right.$$

Equação 12

Traçando uma curva para $n * wL/R$ e seu arco tangente, sendo n o número de indutores iguais acrescidos ao circuito, ou seja, os transformadores acoplados a lâmpadas defeituosas, podemos notar que a curva do ângulo de defasagem, representada pela linha vermelha, possui característica não linear e sempre tenderá a $\pi/2$. Porém, ao calcular a sua tangente, representada pela curva azul, é possível notar uma linearidade. Dessa forma é feita a previsão.

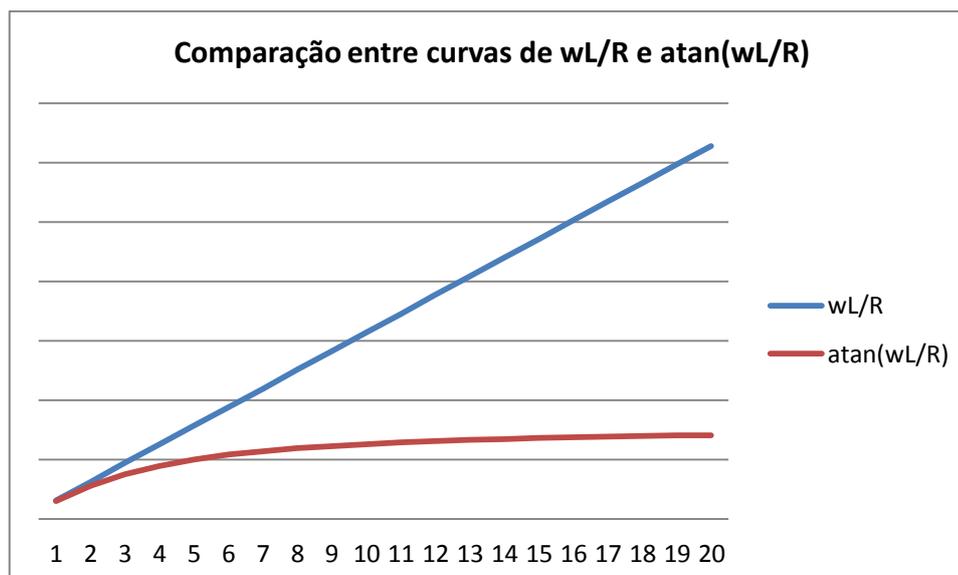


Figura 8 – Comparação entre curvas de wL/R e $\text{atan}(wL/R)$

3.3. *HARDWARE*

Nesta seção serão descritos o kit de desenvolvimento utilizado no primeiro momento do projeto e os componentes de hardware da placa em que o projeto foi desenvolvido.

3.3.1. Ambientes de pré-desenvolvimento

Em uma primeira etapa do projeto de desenvolvimento, devido à impossibilidade de utilizar todos os equipamentos necessários, pois estavam sendo utilizados para outros projetos, outros ambientes de desenvolvimento tiveram que ser utilizados. O software de simulação Matlab e um kit de desenvolvimento rápido com sinais de entrada fornecidos por um gerador de ondas e atrasados em relação ao outro com uso de um circuito RL simples foi utilizado.

O kit em questão é uma ferramenta para desenvolvimento rápido e iniciação ao PIC 32 bits da Microchip. Embora não tenha sido esse o microcontrolador utilizado no projeto, ele contém similaridades ao empregado, como seus periféricos,

que possuem mesma nomenclatura e método de programação, e ambiente de desenvolvimento. O modelo do kit é PIC32 USB Starter Kit, e contém interfaces prontas de comunicação CAN e USB, além de programação direta no circuito (in-circuit). A ele foi conectada uma placa de expansão, a Starter Kit I/O Expansion Board, que disponibiliza ao usuário todos os pinos de I/O presentes no PIC de 32 bits da placa.

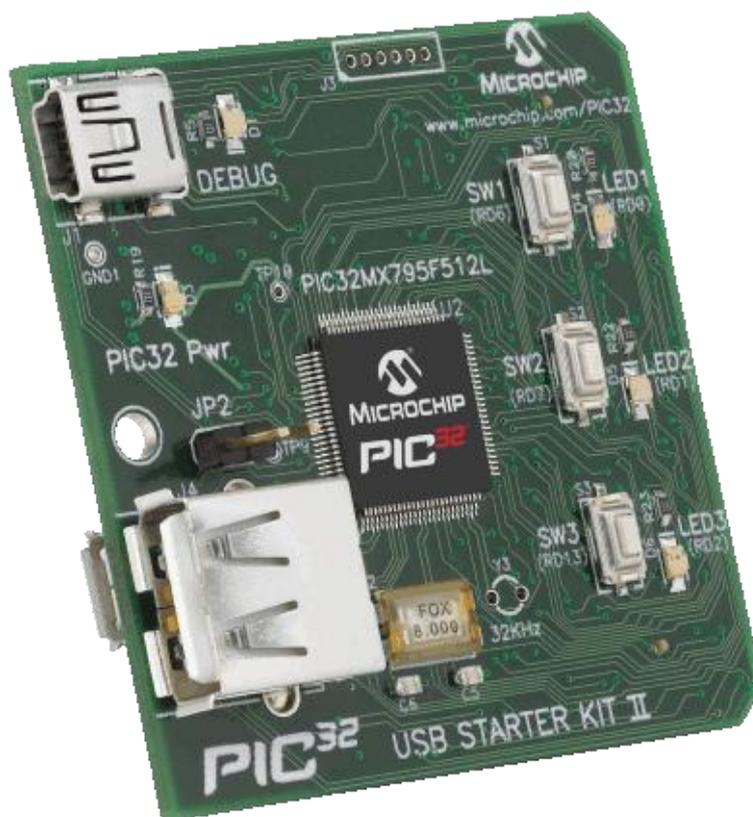


Figura 9 – Kit de desenvolvimento PIC 32 USB Starter Kit. Fonte: <http://www.microchip.com/stellent/images/mchpsiteimages/PIC32%20USB%20Starter%20Kit%20II.gif>

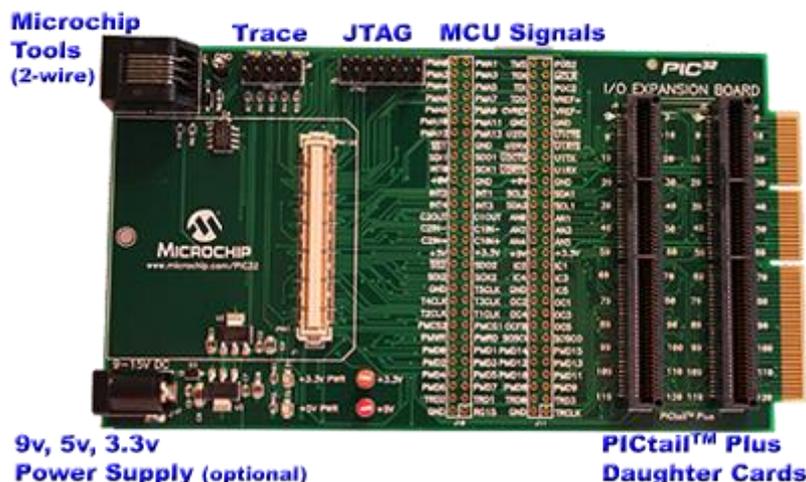


Figura 10 – Placa de expansão para kit de desenvolvimento. Fonte: http://www.microchip.com/stellent/images/mchpsiteimages/IO%20Expansion%20Production_small.png

A dois pinos de entrada da placa, configurados como entradas analógicas, foram conectados dois sinais senoidais de 50Hz defasados um em relação ao outro e o valor da fase era conferida em um osciloscópio digital. Ao programar o método de Goertzel, foi possível chegar ao mesmo valor apontado pelo instrumento de medição, verificando assim a viabilidade do algoritmo. Porém esses testes preliminares foram executados com sinais senoidais e uma verificação com os sinais reais só seria possível com a placa real.

Portanto, após essa primeira etapa de testes, o desenvolvimento com o circuito que seria realmente utilizado teve início.

3.3.2. Placa efetiva de desenvolvimento

O microcontrolador presente na placa é um dsPIC33FJ32MC202. Ele possui arquitetura 16-bits e frequência de operação de 40 mega instruções por segundo. Sua memória é organizada com uma arquitetura Harvard modificada, que difere da Harvard convencional pelo fato de que o conteúdo da memória de programa pode ser cedido ao usuário como se fosse memória de dados. Ele é alimentado com tensões de 3 a 3,6V e possui 6 entradas de conversores A/D e 28 pinos no total.

Para ler os sinais da rede, um condicionamento dos mesmos deve ser feito antes que ele seja acoplado ao microcontrolador. Para isso, há um circuito com amplificadores operacionais que transforma os sinais de entrada, de 7,5V pico a pico, para sinais de 0 a 3,3V. Este circuito possui um filtro passa baixa com frequência de corte de 100kHz e ganho 0,2. Assim, o sinal resultante estaria entre -1,65V e 1,65V. A entrada não inversora do amplificador operacional do filtro está também ligada a uma tensão de referência de 1,65V, o que faz com que a tensão fique entre os níveis desejados. O amplificador operacional utilizado foi o TLC2274, da Texas Instruments.

A tensão de referência é criada com o auxílio de um circuito integrado, o TPS71701. Ele é um regulador linear que fornece uma corrente constante de até 150mA. Sua saída está conectada a uma tensão de 1,65V, obtida através de um divisor de tensão da alimentação, e a ela conectada através de um amplificador operacional em configuração buffer.

Os circuitos de condicionamento e da tensão de referência estão expostos nos anexos, assim como os outros circuitos que serão explicados. É importante lembrar que a placa possui entrada para 8 diferentes redes de lâmpadas, portanto existem 16 entradas de sinal: 8 para sinal de tensão e 8 para sinal de corrente.

As entradas de sinal da rede estão conectadas aos circuitos de condicionamento através de um conector D-SUB de 37 pinos, sendo que destes somente 32 são utilizados.

Como o microcontrolador possui apenas 6 entradas A/D, não é possível acoplar as 16 entradas de sinal em uma porta independente para cada. Para tanto, há na placa dois multiplexadores de sinais analógicos MAX4781. Este multiplexador, de tecnologia CMOS, possui 8 entradas diferentes. Cada um dos dois está ligado a uma entrada analógica do dsPIC. Um dos MAX4781 é conectado às entradas de corrente e outro às de tensão, seguindo a mesma ordem. Assim, somente 3 pinos de saída do microcontrolador são suficientes para endereçar ambos os multiplexadores.

O sinal de tensão de 3,3V, assim como as de $\pm 5V$ para alimentação dos amplificadores operacionais, são obtidas através do uso do regulador de tensão LT3508.

Pinos de programação *in-circuit* estão disponíveis para que a placa seja programada facilmente após a soldagem dos componentes, de acordo com as especificações presentes na folha de dados do fabricante.

IMAGEM PROTEGIDA – DIVULGAÇÃO NÃO AUTORIZADA

Figura 11 – Placa de desenvolvimento do projeto. Fonte: Autoria própria

Circuitos da figura 10:

1. Condicionamento de sinal;
2. Entrada de alimentação, circuitos de regulação do sinal de alimentação e comunicação I²C;
3. Multiplexadores analógicos;
4. Microcontrolador;
5. Interface de programação.

3.4. *FIRMWARE*

Nesta seção será apresentado um fluxograma e explicitados os blocos de código do *firmware* do projeto.

3.4.1. Função main e funções de inicialização

Abaixo segue um diagrama em blocos do funcionamento da função *main* do *firmware*.

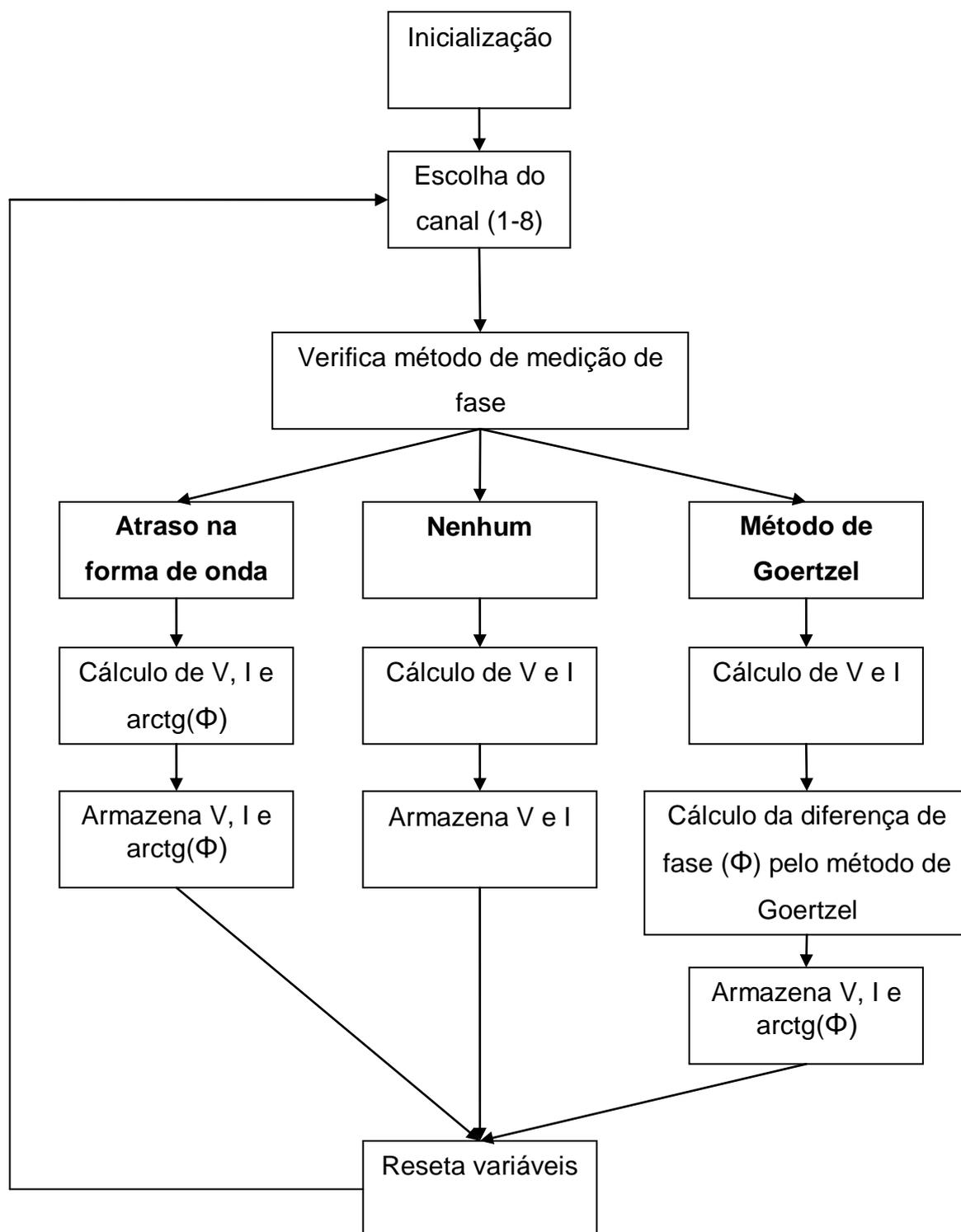


Figura 12 – Diagrama em blocos do funcionamento da função *main*.

No início da execução os registradores fundamentais do microcontrolador são iniciados: *clock*, definição das portas de entrada e saída digital, o conversor analógico-digital, os registradores da porta de comunicação I²C e os timers.

O *clock* é gerado a partir de um gerador interno do microcontrolador de 8MHz e configurado para operar a uma frequência de 80MHz, o que implica numa taxa de 40M instruções por segundo. As portas digitais utilizadas são todas de saída, visto que as de entrada são ou entradas analógicas ou de comunicação, configuradas em suas devidas funções.

O conversor analógico/digital desse chip possui conversão de 10 ou 12 bits de resolução, obtidas pelo método de aproximações sucessivas. Quando configurado com 10 bits de resolução, sua taxa conversão é de até 1,1 mega amostras por segundo, enquanto com 12 ela cai para até 500 mil amostras por segundo. Este encapsulamento possui até 6 pinos conversores e pode ser utilizado com uma tensão de referência externa, captada por um pino a parte. A amostragem dos canais pode ser feita de maneira simultânea para até 4 entradas diferentes e possui função de verificação automática dos canais a cada repetição de um certo período de tempo. No caso do projeto, três canais de conversão foram utilizados, um para corrente (canal 4), outro para tensão (canal 4) e um como referência, que estava acoplado à tensão de referência de 1,65V (canal 0). Foram configurados para atuar com 10 bits de resolução, com amostragem simultânea, tendo como valores de referência para conversão a tensão de alimentação, com interrupção automática a cada ciclo de conversão desabilitada.

Esta última configuração fazia com que o uso de um timer a parte fosse necessário. Assim o timer 1 do microcontrolador foi configurado para interromper a execução do programa a uma frequência de 100kHz ou 25kHz, dependendo do método de medição do canal (verificação do atraso do sinal ou Goertzel, respectivamente). Como a frequência da rede na Alemanha é de 50Hz, isso traz um total de 2000 ou 500 amostras por ciclo respectivamente, o suficiente para analisar o sinal de maneira apropriada.

O timer 2 foi configurado para ter início de verificação manual para medição da diferença de fase da maneira usual, sem utilizar o algoritmo de Goertzel.

Após os diversos componentes do microcontrolador serem configurados, uma função para configurar as variáveis do algoritmo de Goertzel é chamada. Esta função calcula previamente todos os coeficientes utilizados pelo método a fim de otimizar execução em tempo real, eliminando cálculos posteriores que seriam desnecessários e fariam com que o tempo de execução do algoritmo completo fosse muito longo, incompatível com a velocidade de amostragem necessária. Os

coeficientes foram calculados segundo os seguintes parâmetros: frequência de amostragem de 5kHz, frequência alvo de 50Hz e o número de períodos da forma de onda utilizados para a análise foi 3, porém a necessidade da implementação de um filtro FIR antes do uso do método de Goertzel fez com que somente os 2 últimos períodos pudessem ser usados, devido ao tempo de acomodação do mesmo. O uso de um maior número de períodos traria uma maior precisão no resultado, porém o tempo necessário para o cálculo se tornaria inviável e faria com que o resultado demorasse muito a ser reportado ao sistema. Com essas informações, todos os coeficientes necessários são calculados e armazenados.

Então o timer 1 é iniciado e ele começa a correr e gerar as interrupções com uma frequência de 100kHz.

Após isso a função *main* entra no seu loop principal. Nele, os valores de tensão e corrente RMS de todos os canais de entrada são calculados, assim como a defasagem entre ambos os sinais. Os valores RMS são calculados a partir da soma do quadrado de cada amostra coletada pelo ADC (operação realizada na própria interrupção) e aqui dividida pelo número de amostras utilizadas.

O valor da defasagem para o método da medição do *delay* entre as duas curvas já é dado pela interrupção, portanto somente o cálculo da tangente é necessário. Então a tangente é calculada e os valores são salvos em registradores acessíveis à função de comunicação, que passará os dados ao outro dispositivo da empresa.

Para o método de Goertzel, algumas operações matemáticas extras são necessárias. Na interrupção do ADC, os valores de $w(n)$ e $w(n-1)$ da função 4 são calculados apenas com operações de soma, subtração e *shift* de bits e então armazenados. Na função *main*, o cálculo da diferença de fase entre os sinais é feita através da divisão da equação 7 por 6 e o cálculo de seu arco tangente para cada um separadamente e então tirada a diferença. O valor também é salvo e fica acessível à função de comunicação.

3.4.2. Interrupção do ADC

A função de interrupção do ADC executa basicamente quatro tarefas: soma quadrática dos valores instantâneos de corrente e tensão para o cálculo dos seus valores eficazes, medição da defasagem entre ambos os sinais, reinicialização das variáveis e configuração para o próximo canal.

Também é importante citar que a frequência de amostragem pode variar de canal para canal, dependendo do método de medição de fase utilizado. Ela se justifica pelo fato do processamento/quantidade de instruções realizadas pelo método de medição do atraso na forma de onda ser muito mais rápido do que pelo método de Goertzel. Isso se deve à necessidade da adição de um filtro FIR passa-baixa antes da análise pelo algoritmo de medição de fase.

Conforme citado anteriormente, quanto o maior número de ciclos analisados pelo método de Goertzel, maior sua imunidade ao ruído e sua resolução. Porém, como estamos tratando com frequências baixas, de 50Hz, o uso de um número excessivo de períodos é perceptível ao final da análise, tendo em vista que 8 canais são analisados e até 8 placas podem ser utilizadas ao mesmo tempo em um sistema. Portanto somente 3 períodos das ondas de tensão e corrente podem ser medidos, o que acarreta em uma flutuação do ângulo em torno de uma média.

Para tentar corrigir essa flutuação, o uso de um sinal cujas componentes que não interessam à análise já estivessem atenuadas, ou seja, um sinal com componentes de frequência que não fossem a procurada com magnitudes muito baixas, foi levado em conta. Assim sendo, um filtro FIR passa-baixas foi empregado antes do processamento do sinal pelo algoritmo de Goertzel.

O filtro foi feito no *software* Matlab, da Labworks, com o auxílio da ferramenta FDATool. Com ela é possível escolher o tipo de filtro desejado, assim como o tipo de janela, as frequências de corte, o nível de atenuação e a sua ordem. Ela retorna um buffer com os coeficientes do filtro projetado. Para o projeto, um filtro de 128 coeficientes, com frequência de corte em 60Hz e atenuação de 30 dB em 100Hz foi utilizado.

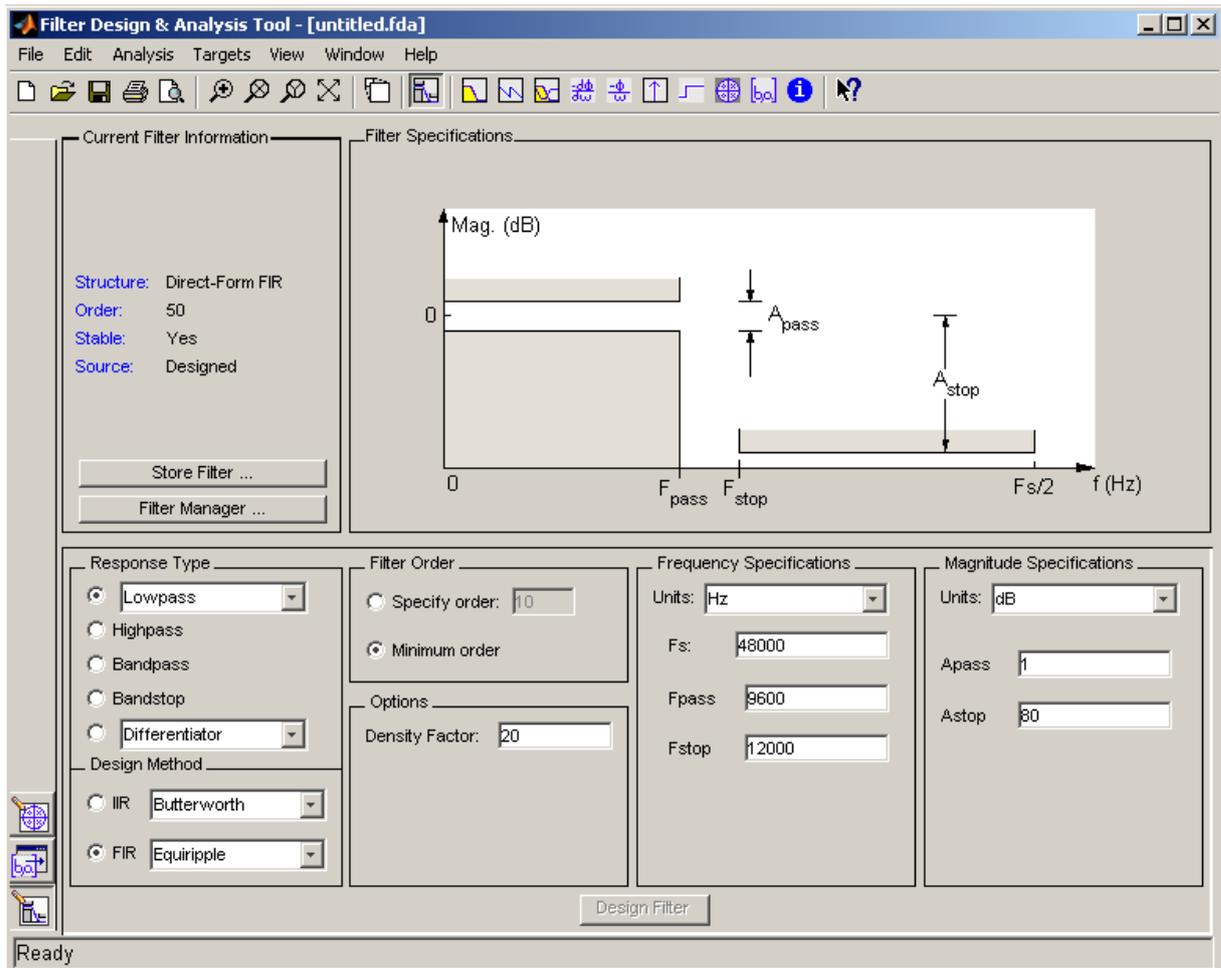


Figura 13 – Tela principal da ferramenta FDATool do Matlab. Fonte: MathWorks

Todavia, o uso do filtro faz com que o primeiro ciclo do sinal filtrado seja inutilizado para a análise devido a um período de acomodação do sinal. Apesar disso, a análise com o algoritmo de Goertzel foi feita com o filtro e somente os dois últimos ciclos da amostra coletada foram utilizados, obtendo-se resultados melhores do que com três ciclos e sem filtro.

A implementação do filtro foi feita com o uso de uma biblioteca especial da Microchip para dsPIC's, a fir.h. Ela contém funções otimizadas para a execução de filtros em altíssima velocidade, aproveitando a total capacidade de processamento do microcontrolador, fazendo assim com que a performance do filtro seja alta. No entanto, mesmo assim o seu ciclo de execução não era compatível com o tempo disponível em um ciclo de amostragem de 100kHz. Isto se deve à quantidade de amostras utilizadas na filtragem. Com essa frequência de amostragem, três ciclos de um sinal de 50Hz geram 6000 amostras, portanto um buffer com esse número de amostras deve ser processado a cada execução do filtro FIR, o que é muito custoso

em termos de tempo de execução. Assim sendo, foi considerado o uso de apenas 300 amostras, o que corresponde a uma frequência de amostragem de 5kHz. Porém, para o cálculo da tensão e corrente eficazes, é utilizado uma frequência de 25kHz para manter uma maior precisão nesses valores. O tempo de execução do filtro para 300 amostras é compatível com o tempo disponível da interrupção taxada em 25kHz, portanto um downsampling simples é feito dentro da interrupção, utilizando uma em cada cinco amostras fornecidas pelo conversor analógico/digital.

Após o cálculo das 300 amostras, todos os valores calculados para o canal em questão são armazenados e as variáveis resetadas e configuradas de acordo com os requisitos do próximo canal a ser analisado.

O outro método para analisar a diferença de fase entre dois sinais é a medida simples do *delay* entre o início do ciclo positivo do sinal de tensão e do sinal de corrente. Este método tem sua vantagem pela simplicidade, visto que nenhuma operação custosa é necessária, e sim somente uma sincronização do início da contagem de tempo com o início do primeiro sinal e do segundo. Para circuitos com sinais não muito danificados por presença de ruídos e distorções, o método é bastante eficaz e, portanto, é utilizado.

Primeiramente, a inclinação das curvas dos sinais com base nas últimas 8 amostras de V e I é calculada. Então a medida do *delay* é realizada através de duas máquinas de estados, cujas instruções estão descritas abaixo:

Sincronização com a forma de onda de tensão:

0. Inicialização das variáveis e passa para o estado 1;
1. Verifica um contador que representa a verificação do final do ciclo negativo;
 - 1.1. Se o contador atingiu um valor de referência, passar para estado 2;
 - 1.2. Senão, compara o valor da amostra atual de tensão para verificar se ela se encontra dentro dos limites de amplitude previstos para o início do semi-ciclo positivo;
 - 1.2.1. Se sim, incrementa contador;
 - 1.2.2. Senão, decrementa contador;
2. Espera pelo início da subida de tensão do semi-ciclo positivo
 - 2.1. Se detectar um valor acima de uma referência, verifica se a inclinação é maior que um limite pré-definido
 - 2.1.1. Se sim, passar para estado 3;
 - 2.2. Se detectar valor de amostra negativo, houve equívoco. Volta ao estado 0;

3. Detecção do semi-ciclo positivo;
 - 3.1. Verifica se o valor da amostra atual é maior que um limite mínimo;
 - 3.1.1. Se sim, começa a integrar os valores das amostras;
 - 3.2. Verifica se foi atingido o valor mínimo de integração;
 - 3.2.1. Se sim, inicia o timer para contagem de tempo e ativa flag de sincronização;
 - 3.2.1.1. Passa para o estado 4;
4. Permanece nesse estado até que o canal seja mudado.

Sincronização com a forma de onda de corrente:

0. Inicialização das variáveis e passa para o estado 1;
1. Verifica um contador que representa a verificação do final do ciclo negativo;
 - 1.1. Se o contador atingiu um valor de referência, passar para estado 2;
 - 1.2. Senão, compara o valor da amostra atual de corrente para verificar se ela se encontra dentro dos limites de amplitude previstos para o início do semi-ciclo positivo;
 - 1.2.1. Se sim, incrementa contador;
 - 1.2.2. Senão, decrementa contador;
2. Espera pelo início da subida da corrente do semi-ciclo positivo
 - 2.1. Se detectar um valor acima de uma referência, verifica se a inclinação é maior que um limite pré-definido
 - 2.1.1. Se sim, passar para estado 3;
3. Detecção do semi-ciclo positivo;
 - 3.1. Verifica se o valor da amostra atual é maior que um limite mínimo;
 - 3.1.1. Se sim, começa a integrar os valores das amostras;
 - 3.2. Verifica se foi atingido o valor mínimo de integração;
 - 3.2.1. Se sim, para o timer de contagem de tempo;
 - 3.2.1.1. Verifica se a tensão já está sincronizada através da flag;
 - 3.2.1.1.1. Se sim, armazena o valor do timer de contagem;
 - 3.2.1.1.1.1. Passa para o estado 4;
 - 3.2.1.1.1.2. Permanece nesse estado até que o canal seja mudado.

Um diagrama de funcionamento da função de interrupção do *firmware* está descrito na figura seguinte.

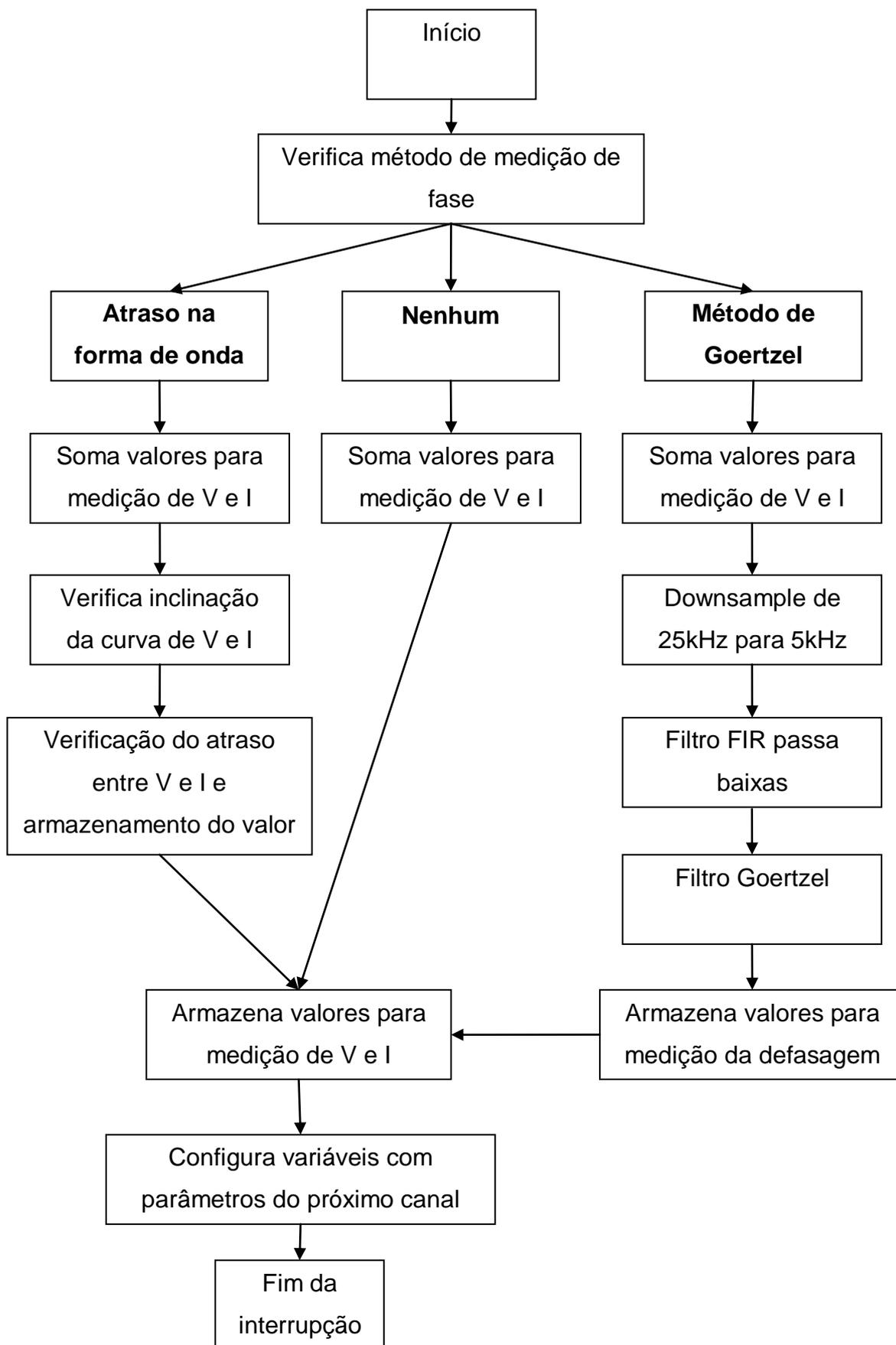


Figura 14 – Diagrama em blocos do funcionamento da função de interrupção do timer 1.

3.5. COMUNICAÇÃO

A comunicação com os outros dispositivos da companhia pela placa é feita através do protocolo I²C. O microcontrolador utilizado já possui pinos de comunicação especiais para este protocolo, além de uma rotina de interrupções com temporização pronta. Desta forma, os registradores da porta de comunicação devem ser programados e a interrupção liberada. A placa está configurada como escravo, sendo mestres os outros dispositivos da empresa, e seu endereço é setado com o uso de uma chave manual presente em cada placa.

A função de interrupção possui uma máquina com quatro estados distintos:

1. Leitura de endereço do dispositivo com o qual o aparelho mestre quer se comunicar;
2. Leitura dos dados enviados pelo mestre, caso o pacote esteja endereçado a este dispositivo;
3. Envio do endereço do dispositivo escravo ao mestre;
4. Envio de dados ao mestre.

A comunicação engloba os seguintes pacotes de dados:

1. Pacote de recebimento:

Endereço (1 byte)	Tamanho (1 byte)	Comando (1 byte)	Buffer de dados (até 10 bytes)	
			Dados (até 8 bytes)	CRC (2 bytes)

Quadro 1 – Pacote de dados de recebimento. Fonte: Autoria própria

- a) Configuração (escrita):

Endereço (1B)	Tamanho (1B)	Comando (1B)	Buffer de dados (até 10B)				
			Escolha do canal (1B)	Método de detecção de fase (1B)	Parâmetros de configuração V (2B)	Parâmetros de configuração I (2B)	CRC (2B)

Quadro 2 – Pacote de dados de recebimento – comando de escrita.

b) Requisição (leitura):

Endereço (1B)	Tamanho (1B)	Comando (1B)	Buffer de dados (até 10B)	
			Escolha do canal (1B)	CRC (2B)

Quadro 3 – Pacote de dados de recebimento – comando de leitura.

2. Pacote de transmissão:

Endereço (1 byte)	Tamanho (1 byte)	Comando (1 byte)	Status (1 byte)	Buffer de dados (até 10 bytes)	
				Dados (até 8 bytes)	CRC (2 bytes)

Quadro 4 – Pacote de dados de transmissão.

a) Envio de versão:

Endereço (1 byte)	Tamanho (1 byte)	Comando (1 byte)	Versão principal (1 byte)	Buffer de dados (3 bytes)	
				Sub-versão (1 byte)	CRC (2 bytes)

Quadro 5 – Pacote de dados de transmissão – envio de versão.

b) Envio de dados de um canal:

Endereço (1B)	Tamanho (1B)	Comando (1B)	Status (1B)	Buffer de dados (até 10B)				
				Tensão (2B)	Corrente (2B)	Fase (2B)	Tangente (2B)	CRC (2B)

Quadro 6 – Pacote de dados de transmissão – envio de dados de um canal.

O campo Endereço de ambos os pacotes indica com qual placa escrava o dispositivo mestre está se comunicando. O campo Tamanho indica quantos bytes subsequentes serão enviados. O campo Comando indica se a instrução é de escrita ou leitura.

Caso seja um comando seja de escrita, o mestre envia configurações para um canal específico com o método de mensuração de fase a ser utilizado por aquele canal (atraso dos sinais ou método de Goertzel) e, caso o método seja o de atraso

dos sinais, manda valores de limites para sintonia fina da sincronização. No final do pacote de dados, uma verificação de integridade do mesmo é enviada. Caso seja um comando de leitura, o mestre envia somente o número do canal cujos dados ele está requisitando.

O pacote de transmissão pode ser de dois tipos: um que envia a informação da versão do firmware instalado e outro que envia os dados de valor de tensão, corrente e fase de cada circuito da placa. O envio dos dados de cada canal é feito individualmente em um pacote.

A verificação de integridade é feita com o cálculo do CRC, que é uma palavra calculada a partir dos dados presentes no pacote. Ao receber um pacote de dados, a primeira verificação feita é se o CRC corresponde aos dados recebidos. Se sim, as instruções são processadas. Se não, nenhuma resposta é enviada e o mestre, após expirar um tempo de resposta, tenta enviar novamente o pacote de dados até obter sucesso.

3.6. ESTIMATIVA DO NÚMERO DE LÂMPADAS QUEIMADAS

A placa na qual o *firmware* foi desenvolvida apenas lê os dados de corrente e tensão dos oito canais a ela conectados, porém não têm informação sobre o número de lâmpadas presentes em cada circuito. Essa informação está armazenada no equipamento que pode se comunicar com ela, um sistema de análise de corrente. (SAC)

O SAC é um equipamento desenvolvido para monitoração dos sinais de corrente e tensão de circuitos de controle de corrente e nível de iluminação da sinalização que não são controlados por equipamentos da empresa, porém de concorrentes. Ele é necessário, pois muitos aeroportos possuem sistemas alheios à empresa e uma troca total seria significativamente cara. O SAC é então conectado pela placa utilizada no desenvolvimento aos circuitos de terceiros e envia e recebe dados à torre de comando do aeroporto. Ele possui uma memória não volátil, aonde as informações sobre os circuitos são armazenadas, tais como o número de lâmpadas totais, parâmetros de configuração de cada circuito e número de

lâmpadas defeituosas. Portanto, foi julgada mais simples a programação do algoritmo de identificação do número de lâmpadas defeituosas nesse equipamento.

A estimativa é feita da seguinte maneira: devido às características lineares do valor da tangente da diferença de fase, é feita uma tentativa de interpolação, comparando a inclinação da reta entre dois pontos conhecidos. Então, ao se implantar um novo circuito, uma calibração é necessária. O usuário entra com o valor total de lâmpadas e dois valores de número de lâmpadas para calibração, por exemplo, 0 e 1. Assim, o usuário deve alimentar o circuito com valores de corrente pré-determinados para cada nível de iluminação com, primeiramente, nenhuma lâmpada avariada ou fora do circuito. Ao detectar o nível de iluminação, o SAC armazena o valor da tangente no momento. Esse processo é repetido para todos os níveis de iluminação. Ao percorrer todos, o segundo número de lâmpadas é retirado do circuito, no caso do exemplo, uma lâmpada é retirada. E o processo de armazenamento é repetido.

Ao terminar, caso duas lâmpadas estejam avariadas, ela irá causar uma variação de fase cuja tangente é proporcional à inclinação da reta obtida no processo de calibração.

Cabe ressaltar que somente esse algoritmo foi programado no SAC. Os desenvolvimentos anteriores presentes no mesmo não são de autoria do aluno.

3.7. TESTES EM CAMPO

No dia 11 de Fevereiro de 2011, o aluno, junto ao engenheiro chefe da empresa, foi ao aeroporto de Zweibrücken, na Alemanha, próximo à divisa com a França, para realizar testes parciais do projeto que estava sendo desenvolvido. A seguir, constam algumas fotos para comprovar a visita ao local.

IMAGEM PROTEGIDA – DIVULGAÇÃO NÃO AUTORIZADA

Figura 15 – Torre de controle do aeroporto de Zweibrücken. Fonte: Autoria própria

IMAGEM PROTEGIDA – DIVULGAÇÃO NÃO AUTORIZADA

Figura 16 – Sala da torre de controle do aeroporto de Zweibrücken. Fonte: Autoria própria

IMAGEM PROTEGIDA – DIVULGAÇÃO NÃO AUTORIZADA

Figura 17 – Pista de pouso do aeroporto de Zweibrücken. Fonte: Autoria própria

IMAGEM PROTEGIDA – DIVULGAÇÃO NÃO AUTORIZADA

Figura 18 – Controladores de corrente dos circuitos de sinalização (à esquerda) e equipamento SAC da empresa parceira (à direita). Fonte: Autoria própria

IMAGEM PROTEGIDA – DIVULGAÇÃO NÃO AUTORIZADA

Figura 19 – Rack com vários sistemas SAC da empresa parceira. Fonte: Autoria própria

3.8. RESULTADOS

Após a implementação dos dois algoritmos de medição foi obtido um resultado de acordo com as especificações na detecção de lâmpadas defeituosas nos sistemas aeroportuários da empresa, sendo capaz de prever pelo menos 30% do número de falhas em cada canal.

Tanto que, em Março/2011, placas deste projeto contendo o *firmware* desenvolvido pelo aluno foram instaladas pela empresa no aeroporto de Bremen, no norte da Alemanha, e sua operação ocorreu sem problemas até pelo menos Junho/2011, mês em que o aluno saiu da companhia.

3.9. CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo uma descrição do problema a ser solucionado foi devidamente apresentada, que é a medição da diferença de fase entre dois sinais de tensão e corrente de um circuito com distorção elevada.

Uma explicação do método encontrado para solucionar o problema foi feita, o algoritmo de Goertzel. A explicação da sua origem, uma variação da transformada discreta de Fourier para apenas um tom, e fundamentação teórica foram

explicitadas. Um método de aproximação para o aumento do desempenho computacional e o artifício utilizado para linearizar e facilitar a previsão do número de lâmpadas defeituosas foram também elucidados.

Em seguida foi apresentada uma visão geral das plataformas de hardware utilizadas, tanto o kit de desenvolvimento quanto a placa da empresa. Uma descrição dos circuitos presentes nesta última foi realizada, revelando os componentes utilizados no design da mesma.

O firmware desenvolvido, por sua vez, foi descrito utilizando-se de dois tópicos, um que descrevia as funções de inicialização e os processos executados pela função main e outro que continha a descrição da interrupção que processava os dados lidos pelo conversor analógico-digital.

O uso do protocolo I²C foi apresentado, além dos tipos de comandos que podem ser recebidos e os pacotes de dados utilizados na comunicação com o dispositivo externo da empresa foram apresentados na seção seguinte, junto a uma descrição dos bytes relevantes.

A descrição da forma de programação do método de determinação do número de lâmpadas queimadas e a justificativa pelo uso de um ambiente de desenvolvimento externo ao da placa foram explicitadas no tópico seguinte. O método de calibração do sistema também foi descrito. Na seção seguinte, uma galeria de imagens do aeroporto utilizado para os primeiros testes do projeto também foi apresentada. Finalmente o status dos resultados finais foi apresentado ao leitor.

4. GESTÃO

Neste capítulo do relatório será apresentado o caminho percorrido no desenvolvimento do projeto até o presente momento. O gerenciamento do trabalho realizado e os mecanismos utilizados para este fim serão descritos, de forma que o processo se torne transparente aos olhos do leitor.

4.1. ESCOPO

Durante a etapa de elaboração do projeto, os requisitos mínimos de elaboração do mesmo foram definidos pelo engenheiro responsável da empresa parceira. O tipo de sinal que seria recebido, suas amplitudes, o microcontrolador a ser utilizado, o ambiente de desenvolvimento, a linguagem de programação e o número de circuitos processados simultaneamente, todos esses itens foram descritos.

Na medida em que as pesquisas em relação ao projeto foram sendo feitas, o reconhecimento do problema e as alternativas possíveis para resolvê-lo, os itens presentes do escopo definido inicialmente começaram a ser reavaliados. A necessidade de alto desempenho devido ao número de circuitos e curto tempo de resposta foi filtrando os métodos possíveis até encontrar um que fosse condizente com os requisitos do projeto. Assim, o método de Goertzel foi estudado e colocado à prova para testar sua capacidade de suprir os requisitos do projeto.

Portanto, deve-se citar que os itens propostos no escopo do projeto, impostos pela companhia, foram cumpridos e estão presentes no projeto.

4.2. CRONOGRAMA

Uma das características de um projeto é o seu tempo de vida. Todo projeto deve ser bem pensado e todas as etapas do mesmo devem ser muito bem articuladas. Após um período de *brainstorm*, que é o momento no qual todas as possíveis idéias a respeito das fases de desenvolvimento foram discutidas, é necessária a delimitação de prazos para que as tarefas sejam concluídas, visto que a realização de determinadas etapas do processo dependem da completa execução de etapas anteriores.

Destarte, foi necessária a organização de um cronograma completo, com datas e tarefas detalhadas, com a finalidade de se ter a noção exata da etapa em que o projeto se encontra, quais as tarefas estão com seu andamento em dia, quais se encontram adiantadas e quais se encontram atrasadas. A visualização clara do processo como um todo é de extrema importância, pois permite uma ação rápida no ponto exato do projeto que está causando atrasos. Além disso, pelo fato do resultado do projeto ser um produto já vendido a um cliente e com prazo para instalação no aeroporto, esse cronograma se torna mais importante.

Um cronograma resumido, com as datas mais relevantes do projeto, será apresentado no quadro 8.

Atividade	Data prevista de início	Data prevista de término	Data efetiva de início	Data efetiva de término
Etapa 1 – Determinar os efeitos no sistema	06/09/2010	10/09/2010	06/09/2010	10/09/2010
Etapa 2 – Pesquisar e escolher um método	13/09/2010	17/09/2010	13/09/2010	27/09/2010
Etapa 3 – Implementar o método em uma plataforma de desenvolvimento rápido	20/09/2010	22/10/2010	27/09/2010	15/10/2010
Etapa 4 – Desenvolver o <i>firmware</i>	25/10/2010	21/01/2011	16/10/2010	07/02/2011
Etapa 5 – Realizar testes	25/01/2011	11/02/2011	25/01/2011	26/02/2011
Etapa 6 – Elaborar o Relatório da disciplina de Término de Conclusão de Curso	05/04/2011	27/05/2011	03/09/2011	22/11/2011

Quadro 8 – Cronograma resumido com datas planejadas e cumpridas

Um cronograma detalhado com as datas inicialmente planejadas está exposto no quadro abaixo. Como as sub-tarefas de cada fase acabaram não sendo desenvolvidas necessariamente na ordem estipulada e este processo aconteceu há cerca de um ano, as datas efetivas de início e término não estão explicitadas.

Atividade	Data prevista de início	Data prevista de término
Etapa 1 – Determinar os efeitos no sistema	06/09/2010	10/09/2010
Montar um circuito equivalente no laboratório	06/09/2010	07/09/2010
Colher e analisar os dados	07/09/2010	10/09/2010
Etapa 2 – Pesquisar e escolher um método	13/09/2010	17/09/2010
Pesquisar métodos na literatura da Hochschule Mannheim e virtualmente	13/09/2010	16/09/2010
Discutir a viabilidade dos métodos encontrados com o supervisor da empresa	17/09/2010	17/09/2010
Etapa 3 – Implementar o método em uma plataforma de desenvolvimento rápido	20/09/2010	22/10/2010
Emular o sistema no MatLab - sinais lidos antes e após falhas	20/09/2010	21/09/2010
Implementar o algoritmo no MatLab	21/09/2010	23/09/2010
Estudar Kit de Desenvolvimento disponibilizado pela empresa parceira	24/09/2010	29/09/2010
Programar as funcionalidades básicas necessárias para o funcionamento do algoritmo no Kit	29/09/2010	06/10/2010
Implementar o algoritmo no Kit	07/10/2010	15/10/2010
Realizar testes em escala menor à do circuito real	18/10/2010	22/10/2010
Etapa 4 – Desenvolver o <i>firmware</i>	25/10/2010	21/01/2011
Estudar a plataforma da empresa parceira	25/10/2010	29/10/2010
Implementar o <i>firmware</i> da plataforma	01/11/2010	21/01/2011
Etapa 5 – Realizar testes	25/01/2011	11/02/2011
Testar o firmware desenvolvido no circuito equivalente previamente montado	24.01.2011	28.01.2011
Realizar as correções necessárias	31.01.2011	04.02.2011
Testar o sistema em uma estação normal de funcionamento (aeroporto)	07.02.2011	11.02.2011
Etapa 6 – Elaborar o Relatório da disciplina de Término de Conclusão de Curso	05/04/2011	27/05/2011

Quadro 9 – Cronograma detalhado com datas planejadas

As tarefas explicitadas pelo quadro 10 são as mesmas definidas como metodologia do projeto, descritas na seção 1.4 deste documento. O quadro abaixo explicita de maneira visual o cronograma e o cumprimento das atividades. A letra maiúscula P representa as semanas planejadas para a execução da tarefa e a letra E as semanas em que elas foram executadas. Caso o E esteja verde, significa semana dentro do prazo, caso esteja em vermelho, significa um atraso. Note que os meses não estão dispostos de maneira contínua.

Após conversar com o engenheiro responsável e outros colegas de equipe, o método foi aprovado para ser colocado em teste. Assim, na etapa 3, um código inicial foi feito em Matlab e em um kit de desenvolvimento rápido, conforme já explicado no capítulo de desenvolvimento.

A etapa 4 foi a mais longa e custosa de todas, pois todas as funcionalidades do projeto tiveram de ser programadas e a falta de conhecimento do microcontrolador e dos protocolos utilizados geravam atrasos no desenvolvimento. Além disso, a necessidade de realizar outras tarefas do cotidiano da empresa e três semanas de férias também postergaram o término da etapa.

A etapa 5, de testes, foi iniciada antes mesmo do término da etapa de desenvolvimento, a medida que certas funcionalidades não se mostravam tão bem sucedidas como deveriam ser, um retrabalho foi necessário e novas soluções tinham que ser pesquisadas e implementadas. Ao final da etapa de testes, o equipamento foi levado a um aeroporto que contém os equipamentos da empresa e testes em campo foram feitos. Após uma correção de pequenos defeitos que foram à tona neste teste, o projeto foi entregue em sua versão final, possibilitando a instalação do equipamento no aeroporto de Bremen, norte da Alemanha.

A elaboração do relatório, etapa 6, foi postergada para a chegada ao Brasil, pois ainda haviam certas dúvidas sobre a elaboração deste documentos que foram sanadas no início da disciplina de Término de Conclusão de Curso e com colegas já formados que elaboraram trabalhos semelhantes para a mesma disciplina. A elaboração do relatório estava seguindo um bom ritmo até o início de novembro, quando tinha o documento bem encaminhado, com exceção dos capítulos de Gestão e Plano de Negócios e as seções de Considerações de todos os demais capítulos. Porém problemas pessoais, viagens para entrevistas de emprego causaram certo atraso na elaboração do trabalho. Esses problemas, entretanto, não causariam um atraso tão grande e o relatório seria entregue aos professores no dia 19/11/2011, mais de uma semana antes da defesa do projeto, marcada para o dia 30/11/2011. Porém, um imprevisto com o computador pessoal do aluno causou a perda quase total do relatório do projeto, com exceção de pedaços dos capítulos de Desenvolvimento e Plano de Negócios, que estavam salvos no email do aluno, pois este havia trabalhado com os mesmos em outros computadores. Este relatório atual foi totalmente reescrito do dia 20/11/2011 ao dia 24/11/2011.

4.3. CUSTOS

A análise de custos de um projeto é a investigação realizada com a finalidade de determinar todos os tipos de gastos dispensados à execução do mesmo. Os gastos computados não devem se limitar a valores monetários. Os custos de matérias prima para produção de determinado produto, assim como valores gastos com manutenção de máquinas e equipamentos também devem ser computados. Um fator de custo importantíssimo, que não deve ser deixado à parte, é o gasto humano. A informação do tempo que uma pessoa ocupa realizando uma determinada tarefa é de suma importância para determinar os gastos do projeto.

No projeto em questão, devido ao fato de ter sido desenvolvido dentro de uma empresa como um projeto da mesma, os custos em equipamentos, ambiente de desenvolvimento, componentes eletrônicos utilizados na fase de pré-desenvolvimento, materiais para testes, combustível até o aeroporto de testes, etc, foram bancados pela empresa. Também é relevante citar que, durante o desenvolvimento do projeto, o aluno recebeu uma ajuda de custo da empresa para poder se manter na Alemanha de €800,00 a €1000,00 mensais. Portanto, os custos apresentados no quadro abaixo serão somente expostos em hora de trabalho. Os cálculos foram feitos por quantidade de dias trabalhados multiplicados por uma média de 6 horas diárias.

Responsável – Hélio	936 hrs
Etapa 1 – Determinar os efeitos no sistema	30 horas
Etapa 2 – Pesquisar e escolher um método	66 horas
Etapa 3 – Implementar o método em uma plataforma de desenvolvimento rápido	90 horas
Etapa 4 – Desenvolver o <i>firmware</i>	510 horas
Etapa 5 – Realizar testes	120 horas
Etapa 6 – Elaborar o Relatório da disciplina de Término de Conclusão de Curso	120 horas

Quadro 11 – Levantamento de custos do projeto

4.4. RISCOS

Todo projeto inserido num macro contexto, onde o seu desenvolvimento não depende apenas da dedicação das pessoas envolvidas, mas também de fatos exógenos, apresenta riscos. Os riscos decorrem dos mais variados fatores: uma crise econômica pode encarecer matérias primas e tornar um projeto inviável, a escassez ou o fim da produção de um determinado componente também pode comprometer os rumos do projeto, o atraso de fornecedores pode retardar etapas da produção, o desenvolvimento de novas tecnologias que deixem o processo atual defasado tecnologicamente ou a aprovação/revogação de uma nova lei.

E mesmo que o projeto dependesse apenas das pessoas envolvidas, fatores endógenos ao grupo desenvolvedor também influenciam e são riscos ao projeto. Como exemplos desses riscos podem ser citados: a dificuldade de conclusão de uma determinada tarefa devido a sua alta complexidade, desavenças entre membros do grupo e falta de tempo dos indivíduos para dedicação ao projeto.

No quadro 12 estão explicitados os riscos levantados que poderiam causar problemas no andamento do projeto. Eles se encontram ordenados pela sua gravidade, calculada a partir de valores estimados de probabilidade de ocorrência e de impacto no projeto.

Grau	Descrição	Efeito	Prob.	Impacto	Prob x Imp	Ação
Alto	Verificação da ineficiência do método escolhido	Atraso no cronograma	0.2	4	0.8	Mitigar: pesquisar novo método
Médio	Dificuldade na modelagem do método no <i>firmware</i>	Atraso no cronograma	0.2	3	0.6	Mitigar: mudar a abordagem de programação
Médio	Dificuldades nos testes em escala real	Atraso no cronograma	0.2	3	0.6	Mitigar: pedir orientação a engenheiros da empresa com experiência de campo
Baixo	Verificação da impossibilidade da execução do projeto	Não conseguir terminar a graduação	0.05	10	0.5	Mitigar: mudar o projeto

Quadro 12 – Análise de riscos

O risco considerado de maior gravidade é a verificação da ineficiência do método escolhido. Sua maior complicação seria um atraso no cronograma. Como sua probabilidade de ocorrência é relativamente alta, em torno de 20%, e o impacto que causará no andamento do projeto é médio, definido como grau 4, numa escala

de 1 a 10. A combinação desses fatores impõe um risco de valor alto. Uma solução possível para resolver este problema seria busca por outro método de medição.

Um segundo fator de risco que se deve ter em mente é a dificuldade na modelagem do *firmware*. Esta modelagem causaria um atraso no cronograma. Sua possibilidade de ocorrência é média, circundando os 20%, e seu impacto, numa escala de 1 a 10 é 3. Ou seja, analisando a combinação de probabilidade e impacto, o risco é de magnitude média. Uma solução para tentar minimizar este empecilho seria uma mudança da abordagem de programação.

O atraso nos testes representa outro fator de risco do projeto. Com isto, uma falta de tempo para o desenvolvimento de outras atividades pode ocorrer. A sua probabilidade de ocorrência é média, em torno de 20%, e seu impacto tem valor médio, 3. Avaliando os fatores envolvidos, foi considerado que o risco é de grau médio. Uma solução encontrada para este problema é pedir orientação a engenheiros da empresa com experiência de campo.

O último risco levantado é a constatação da impossibilidade de execução do projeto. Isso implicaria na impossibilidade do término da graduação. A possibilidade de isso acontecer é pequena, visto que os professores já aprovaram a execução do projeto. Mas o impacto que causaria é máximo. Combinando os fatores, chegou-se a conclusão que o risco é baixo e que a única solução seria mudar de projeto.

4.5. CONSIDERAÇÕES

Para se realizar a gestão do projeto, vários tópicos foram analisados. Primeiramente uma análise do seu escopo, definido no início das atividades de elaboração do projeto, foi realizada. Os requisitos previamente estabelecidos foram devidamente pensados e, na medida em que o estudo dos métodos e as reavaliações do escopo foram feitas, pode-se perceber que todas as ponderações originais sobre as exigências do projeto possuíam validade.

A análise das atividades previstas pelo cronograma, assim como o andamento de sua execução também, foi desempenhada. Uma avaliação detalhada

de cada etapa realizada foi feita. Os sucessos obtidos com as tarefas foram comentados, assim como os insucessos e os motivos de atraso.

Ao se examinar os custos envolvidos no projeto, foi citado o fato de que ele foi desenvolvido como produto de uma empresa e assim ela bancou todos os gastos a ele pertinentes. Deste modo, apenas estimativas de custos em horas de trabalho foram realizadas. Foi possível averiguar que os custos homem *versus* hora estimados na realização da proposta do projeto desta disciplina para as atividades foram próximos do valor real, pois o desenvolvimento ocorreu basicamente durante os horários de estágio do aluno, com algumas situações de pesquisa fora da empresa, porém pequenas se compararmos o tempo total gasto.

Como último item de observação no processo de gestão do projeto, uma análise dos riscos, aos quais esse projeto se submete, foi apresentada. Todos os riscos descritos foram ponderados, classificados em ordem de gravidade e soluções foram propostas. A gravidade foi calculada através da realização de estimativas de probabilidade de acontecimento e da avaliação do impacto que estes causariam no andamento do projeto. Através desta investigação foi possível notar que existiram três riscos com alta probabilidade de acontecimento que poderiam causar atrasos no andamento no projeto. O outro risco avaliado, apesar de apresentar conseqüências piores, possuía uma gravidade menor devido à sua baixa probabilidade de acontecimento.

5. PLANO DE NEGÓCIOS

5.1. RESUMO EXECUTIVO

5.1.1. Visão e Missão

Missão
Fornecer soluções em eletrônica para projetos de empresas parceiras através de projeto de hardware e firmware, desenvolvendo soluções com sistemas embarcados de processamento em tempo real.
Visão 2012 – 2014
Ser o maior parceiro de uma empresa de automação de aeroportos em desenvolvimento terceirizado de projetos em eletrônica em até três anos.

Quadro 13 – Missão e Visão

5.1.2. Dados da Empresa

Dados da Empresa	
Razão Social: Boni Desenvolvimento em Eletrônica Ltda	
Nome Fantasia: HB Electronics	
CGC: 123456789-0	
Área de atuação: Eletrônica e Automação	
Endereço sede: R. Almirante Tamandaré, 503 – Alto da XV – CEP: 80045-110	
Cidade: Curitiba	Estado: Paraná
País: Brasil	
Telefone: +55 41 3524 5559	Fax: +55 41 3524 5559
Email: contato@hbelectronics.com	
Home-page: www.hbelectronics.com.br	

Quadro 14 – Dados da Empresa

5.1.3. Produtos e Serviços

Produtos e Serviços	
Serviços	Desenvolvimento de projetos de sistemas eletrônicos embarcados que atendem os requisitos dos projetos das empresas parceiras, como exemplo o projeto já desenvolvido, o detector de lâmpadas defeituosas em sistema de iluminação de pistas de aeroportos.
Experiência	Parceria com uma empresa alemã no desenvolvimento de um projeto de melhoramento da detecção de lâmpadas defeituosas presentes em pistas de aeroportos.

Quadro 15 – Produtos e Serviços

5.1.4. Análise de Mercado

Análise de Mercado
<p>A empresa possui no momento apenas uma parceira como mercado atual, localizada na Alemanha. Visando crescimento, como mercado alvo nacional foram definidas empresas dos mais variados ramos de negócios que demandem desenvolvimento de soluções em eletrônica instaladas na região do eixo Rio-São Paulo e da região Sul do Brasil, além da manutenção da parceria já existente. Considerando o portfólio atual da empresa, que se encontra ainda muito restrito, fica claro que ela deve estar disposta a atender os mais variados tipos de cliente para que possa somar cada vez mais experiência no mercado de desenvolvimento de dispositivos eletrônicos embarcados. A concorrência no setor é multifacetada, composta de grandes empresas como empresas pequenas. Empresas como Siemens e o Grupo ABB são desenvolvedores globais e compartilham o ramo de negócio, no qual essa companhia está tentando se inserir.</p>

Quadro 16 – Análise de Mercado

5.1.5. Plano de Marketing e Vendas

Estratégias de Marketing
<p>Produto: no momento, a empresa possui somente um projeto desenvolvido, um sistema de identificação de lâmpadas defeituosas das pistas de aeroportos compatível com os equipamentos da companhia parceira.</p> <p>Preço: os preços oferecidos são compatíveis com o mercado, com valor de projeto cobrado por hora/homem, de acordo com o número de empregados envolvidos no projeto.</p> <p>Promoção: com objetivo de fortalecer o nome da empresa no mercado de desenvolvimento de sistemas embarcados, a companhia estará presente em feiras de eletrônica e aviação, buscando formar novas parcerias que visam o cumprimento das metas propostas na Visão da empresa.</p> <p>Canais de vendas: as vendas seriam realizadas através do atendimento aos clientes em seus respectivos locais de trabalho, buscando um diálogo para conhecê-los e desvendar suas reais necessidades. Assim, uma solução sob demanda seria desenvolvida para satisfazer as realidades de cada cliente.</p> <p>Pessoas: os funcionários da companhia que possuirão contato direto com o cliente seriam pessoas com conhecimento técnico, para que os problemas dos clientes sejam rapidamente absorvidos e</p>

uma proposta mais consistente seja elaborada.

Processo: devido ao fato de que cada empresa/cliente tem suas necessidades particulares, o atendimento a cada uma delas seria feita de maneira personalizada, levando em conta os pontos de maior foco em cada projeto.

Quadro 17 – Estratégias de Marketing

Metas de vendas	
Ano	Venda (Qtde por ano)
2012	1 projetos
2013	3 projetos
2014	4 projetos

Quadro 18 – Metas de vendas

5.1.6. Plano Financeiro

Ano	2012	2013	2014
Receitas	R\$ 150.000	R\$ 450.000	R\$ 600.000
Despesas	R\$ 210964,8	R\$ 315571,84	R\$ 373971,84
Lucro	(R\$ 60964,80)	R\$ 134428,16	R\$ 226028,16

Quadro 19 – Resumo financeiro

5.2. VISÃO E MISSÃO

5.2.1. Histórico e Situação Atual

Histórico e Situação Atual	
Constituição da Empresa	A empresa nasceu a partir de um projeto dentro de uma empresa alemã. O projeto, desenvolvido por Hélio Augusto Boni Brandão, foi terceirizado pela empresa parceira ao desenvolvedor. Vendo uma oportunidade de negócio no mercado, a empresa HB Electronics foi criada para atender às necessidades das indústrias que necessitam de desenvolvimento de projetos de sistemas embarcados e estão dispostas a realizar parcerias através de venda de serviços para que esse objetivo seja realizado.
Data de Fundação	05/12/2010
Localização	R. Almirante Tamandaré, 503 – Alto da XV – CEP: 80045-110 – Curitiba, PR. Brasil.
Serviços	Projeto de um detector de lâmpadas defeituosas em sistema de iluminação de pistas de aeroportos.

Mercado	Eletrônica e Automação.
Tecnologia	As tecnologias variam de acordo com o projeto. Famílias de microcontroladores da Microchip, Texas Instruments e Atmel podem ser utilizados. Todos os chips e componentes passivos das placas possuem encapsulamento SMD (salvo quando inviável), linguagem de programação utilizada varia entre C, C++ e C#, dependendo da interface.
Experiência	Parceria com uma empresa alemã no desenvolvimento de um projeto de melhoramento da detecção de lâmpadas defeituosas presentes em pistas de aeroportos.
Clientes	Por enquanto somente há um cliente sendo atendido.

Quadro 20 – Histórico e Situação Atual

Marcos relevantes	
Dezembro/2010	Fundação da empresa
Fevereiro/2011	Finalização do primeiro projeto da empresa
Março/2011	Instalação do primeiro projeto da empresa em um aeroporto cliente da parceira

Quadro 21 – Marcos relevantes

5.2.2. Visão

Visão 2012 - 2014
Ser o maior parceiro de uma empresa de automação de aeroportos em desenvolvimento terceirizado de projetos em eletrônica em até três anos.

Quadro 22 – Visão 2012-2014

5.2.3. Missão

Missão
Fornecer soluções em eletrônica para projetos de empresas parceiras através de projeto de <i>hardware</i> e <i>firmware</i> , desenvolvendo soluções com sistemas embarcados de processamento em tempo real.

Quadro 23 – Missão

5.3. DADOS DA EMPRESA

5.3.1. Aspectos Jurídicos

Dados da Empresa	
Razão Social: Boni Desenvolvimento em Eletrônica Ltda	
Nome Fantasia: HB Electronics	
CGC: 123456789-0	
Área de atuação: Eletrônica e Automação	
Endereço sede: R. Almirante Tamandaré, 503 – Alto da XV – CEP: 80045-110	
Cidade: Curitiba	Estado: Paraná
País: Brasil	
Telefone: +55 41 3524 5559	Fax: +55 41 3524 5559
Email: contato@hbelectronics.com	
Home-page: www.hbelectronics.com.br	
Registro na junta comercial: Não definido	
Responsáveis legais: Não definido	
Propriedade industrial e intelectual: Não definido	

Quadro 24 – Dados da empresa

Quadro de composição de capital		
Sócio	Quotas	Cargo
Hélio Augusto Boni Brandão	100%	Diretor Geral e de Desenvolvimento

Quadro 25 – Quadro de composição de capital

5.3.2. Responsabilidade Gerencial, Equipe de Gerentes

Cargo	Nome	Responsabilidade
Diretor Financeiro	Admin Silva	Administrativa e Financeira
Gerente de RH	Raquel Social	Gestão de RH
Diretor de Desenvolvimento	Hélio Boni	Desenvolvimento de Projetos
Diretor de Marketing	Jorge Vendemil	Planejamento e Comercialização

Quadro 26 – Equipe de gerentes

5.3.3. Pessoal da Empresa

Atividades	Pessoal	Nome	Função
Desenvolvimento	3	Hélio Boni Juan Ingeniero Felipe Miúdo	Diretor Desen. HW e FW Estagiário

Administrativo e Financeiro	1	Admin Silva	Assistente Administrativo
Marketing e vendas	2	Jorge Vendemil Hélio Boni (Diretor)	Diretor de Marketing Vendedor
RH	1	Raquel Social	Gerente de RH

Quadro 27 – Pessoal

5.3.4. Advogado e Contador

Para estas funções serão contratados escritórios especializados, visando assim diminuir gastos com contratação e manutenção de funcionários.

5.4. PRODUTOS E SERVIÇOS

5.4.1. Serviços Disponíveis

5.4.1.1. Descrição dos serviços

Detector de lâmpadas defeituosas em sistema de iluminação de pistas de aeroportos	
Aplicação	Módulo eletrônico compatível com sistema da empresa parceira que lê os sinais da rede de iluminação da pista de pouso/decolagem de um aeroporto que identifica a quantidade de lâmpadas defeituosas no sistema.
Características e Vantagens e benefícios	O dispositivo oferece a vantagem da detecção à distância das falhas no sistema. Segundo uma regulação europeia, o sistema deve ser capaz de identificar falhas de até um limite de 30% do número de lâmpadas do sistema. Assim o operador no aeroporto pode monitorar o estado da sinalização falha a falha até que o número se aproxime do valor limite, fazendo a correção somente no momento necessário. Desta maneira, a quantidade de trabalho humano é otimizada, pois o funcionário do aeroporto já sabe o cenário que o espera e vai a campo com material contado. Esse fato é de grande auxílio em casos, por exemplo, de condições climáticas extremas.
Versão Atual	1.0
Idiomas	Inglês
Interface com outros softwares	A comunicação com o software de exibição para o usuário no módulo é feita em I ² C. Esse módulo da companhia parceira, por sua vez, se comunica com a torre através de ProfiBus.
Ambiente de Desenvolvimento	Microchip MPLAB

Reprodução, empacotamento e entrega	Somente o projeto é feito e ele é vendido à empresa parceira. Ela, com o esquemático e o código em mãos, é responsável pelo processo de fabricação.
Garantia e suporte	Atendimento a telefone e garantia no contrato de 1 ano, que abrange tanto hardware como firmware.

Quadro 28 – Descrição do detector de lâmpadas defeituosas em sistema de iluminação de pistas de aeroportos

Serviços	
Aplicação	Serviços de desenvolvimento de módulos de sistema embarcados para companhias parceiras.
Características Vantagens e benefícios	A empresa fornece atendimento rápido e busca soluções de alta tecnologia para os projetos da companhia parceira. A partir do momento em que o problema e os requisitos do projeto são propostos, uma análise do caso é iniciada para que a solução seja encontrada o mais rápido o possível e sua implementação tenha início. Após o término da implementação e entrega ao cliente, o mesmo ainda tem 1 ano de garantia, período em que a empresa presta atendimento via telefone e local para solucionar os problemas do cliente. (como a empresa eh de produtos, os produtos estão vinculados as demandas dos clientes – aumento de conhecimento, capacitação para melhorar as competências da empresa)

Quadro 29 – Descrição dos serviços

5.4.2. Ciclo de vida do produto

Como tecnologia principal foi eleito o microcontrolador, pois é o centro de desenvolvimento de projetos de sistemas embarcados. Assim uma análise da tecnologia atualmente utilizada e previsões para novos desenvolvimentos será apresentada.

O microcontrolador utilizado no projeto atual é do modelo dsPIC33FJ32MC202 da Microchip. Segundo o site da fabricante, o modelo ainda está em produção, assim como todos os outros componentes da família dsPIC33F. Após uma busca no site da empresa, não foi encontrada nenhuma informação a respeito da descontinuação da família.

Entretanto, existem documentos que explicam como fazer uma possível migração desta família de produtos para outra mais atual, a dsPIC33E. Portanto leva-se a pensar que o componente utilizado pode ser substituído em algum momento dos próximos anos.

O documento em questão explica a migração de uma família de produtos para outra e exemplifica as diferenças entre elas, entre as quais uma das mais

importantes, que é a do encapsulamento e disposição da pinagem e a compatibilidade do código. Segundo o fabricante, as famílias são pino-compatíveis com algumas poucas exceções, o que pode acarretar em uma futura necessidade de mudança do layout das placas. O código é totalmente compatível e transposto de um chip para outro pelo compilador do ambiente de desenvolvimento.

Para projetos vindouros, portanto já serão utilizadas as novas famílias de microcontroladores, minimizando impactos futuros devido à necessidade de mudança de chips e retrabalho no design das placas eletrônicas.

5.4.3. Consolidação e integração de produtos existentes

Consolidação

Cada projeto é tido como independente, salvo se o cliente negocie uma atualização de um projeto previamente desenvolvido. Nestes casos, componentes e métodos mais atuais são utilizadas com a finalidade de não somente elevar o nível tecnológico do projeto e mantê-lo atualizado e competitivo no mercado de trabalho, mas também realizar troca de componentes que têm previsão de descontinuidade pelo fabricante nos próximos anos.
--

Quadro 30 – Consolidação

5.4.4. Novos produtos em desenvolvimento

No momento não existem novos contratos com empresas parceiras, portanto o desenvolvimento de novos produtos está parado por ora. Caso haja demanda de novos projetos pela empresa parceira ou por novos clientes, novas soluções em eletrônicas serão desenvolvidas.

5.4.5. Produtos e serviços planejados

Como citado no item anterior, não existem outros contratos com novos parceiros, assim sendo não existe um planejamento específico a ser descrito.

5.5. ANÁLISE DE MERCADO

5.5.1. Definição do mercado

Detector de lâmpadas defeituosas em sistema de iluminação de pistas de aeroportos	
Mercado Atual	Empresa parceira, localizada na Alemanha
Mercado-alvo Nacional	Devido às obrigações contratuais e especificações únicas do projeto, o projeto não pode ser vendido para outra empresa.
Mercado-alvo Internacional	Devido às obrigações contratuais e especificações únicas do projeto, o projeto não pode ser vendido para outra empresa.

Quadro 31 – Definição do mercado do detector de lâmpadas defeituosas em sistema de iluminação de pistas de aeroportos

Novos Produtos	
Mercado Atual	Não existem novos projetos no momento
Mercado-alvo Nacional	Para o desenvolvimento de novos produtos, empresas que necessitem de desenvolvimento de soluções em eletrônica embarcada e estão presentes no eixo Rio-São Paulo, assim como na região Sul do Brasil, são clientes em potencial.
Mercado-alvo Internacional	Para o desenvolvimento de novos produtos, a companhia parceira atenderá por ora como parceira única na Alemanha. Não existem previsões de novos parceiros internacionais no momento devido à falta de recursos para a captação de clientes externos.

Quadro 32 – Definição do mercado de novos produtos

5.5.2. Segmento de Mercado

Segmento de Mercado	
Detector de lâmpadas defeituosas em sistema de iluminação de pistas de aeroportos	Aeroviário.
Projetos de sistemas eletrônicos embarcados futuros	Todas as indústrias que demandem sistemas embarcados dedicados.

Quadro 33 – Segmento de Mercado

5.5.3. Pontos Fortes e Fracos

Pontos Fortes e Fracos		
Fatores	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Confiabilidade	- Formada por profissionais capacitados pelas melhores universidades do país.	- Empresa emergente. Contra-medidas: a empresa está em busca de novos projetos para montar um portfólio de projetos mais completo.
Credibilidade	- Primeiro produto desenvolvido é utilizado em aeroportos da União Européia.	- Pouco conhecido no mercado. Contra-medidas: participação de feiras de eletrônica e aviação, com finalidade de expor a empresa a possíveis clientes.
Preço	- Compatíveis com os valores de mercado.	- Pouca flexibilidade quanto a métodos de pagamento. Contra-medidas: buscar alternativas com instituições financeiras que possam auxiliar a empresa a fornecer métodos de pagamento mais amigáveis aos clientes.
Tecnologia	- Utiliza tecnologias mais avançadas em eletrônica através de buscas nos fabricantes de componentes, visando fornecer um equipamento mais atual o possível para o cliente.	- Em função do grande avanço tecnológico visto atualmente, o produto pode ficar desatualizado rapidamente. Contra-medidas: buscar utilizar sempre os componentes mais novos e ativos dos fabricantes, para que problemas devido à sua descontinuação sejam postergados.

Quadro 34 – Pontos fortes e fracos

5.5.4. Oportunidades existentes

Oportunidades
<p>Analisando o portfólio atual da empresa, nota-se que ela deve estar aberta a atender os mais variados tipos de cliente com finalidade de aumentar sua experiência no mercado de desenvolvimento de dispositivos embarcados. Devido ao ramo do projeto já existente, sistemas que envolvam automação em aeroportos terão preferência em futuros negócios, assim como novas parcerias com a empresa parceira atual, pois ambas as empresas estão familiarizadas com seus métodos de trabalho e exigências do negócio.</p> <p>Contudo a empresa não deve se fechar ao resto do mercado, principalmente ao mercado sul e sudeste nacional, cuja possibilidade de angariar novos clientes é consideravelmente mais barata, visto que os valores de divulgação, participação de feiras e mobilidade é sensivelmente menor. Assim, projetos de desenvolvimento para empresas nacionais que se encontram no nicho de mercado da primeira empresa parceira como também para firmas que não trabalham no mesmo segmento de mercado são bem vistos.</p>

Quadro 35 – Oportunidades

5.5.5. Perfil do Cliente

Perfil do Cliente	
Cientes	Empresa alemã
Características	Principal parceira da companhia, ela é uma empresa com menos de 10 anos de existência e já com cerca de 100 funcionários, nascida como um <i>spin-off</i> do Grupo ABB, com crescimento acelerado e fundado em contratos de médio e longo prazo para planejamento, instalação e manutenção de sistemas de automatização da sinalização de aeroportos principalmente da Alemanha, além de outros projetos no restante da Europa, na Ásia e, recentemente, na África.
Localização	Mannheim, Alemanha
Cientes	Empresas nacionais
Características	Empresas que necessitem de desenvolvimento de soluções em eletrônica embarcada
Localização	Eixo Rio-São Paulo e da região Sul do Brasil

Quadro 36 – Perfil do cliente

No próximo quadro serão citados outros possíveis clientes que poderiam se tornar parceiros para que o objetivo descrito na visão da empresa seja atingido.

Possíveis Clientes	
Principais Concorrentes	Flight Light Inc. http://www.flightlight.com/ Point Lightning Corporation http://www.pointlighting.com/
Localização	Estados Unidos da América
Posicionamento	Ambas as empresas têm âmbito global e possuem clientes espalhados pelo mundo, nos continentes Sul e Norte-Americanos, Europa, Ásia e África. As companhias trabalham não somente com sistemas de sinalização para aeroportos como também sistemas de sinalização contra acidentes aéreos, utilizadas no topo de construções de grande dimensão e atuação crítica, como usinas elétricas, por exemplo.
Pontos Fortes	As duas empresas mencionadas possuem clientes ao redor do mundo e produtos de qualidade para atendê-los, assim como a companhia parceira. Por isso, cabe à parceira oferecer as melhores condições para os seus atuais e possíveis novos clientes a fim de que a empresa mantenha seu crescimento e a parceria não corra riscos devido à insuficiência de fundos.

Quadro 37 – Possíveis clientes

5.5.6. Caracterização da Concorrência

A concorrência da empresa pode ser dividida em dois tipos, que remetem à concorrência direta em empresas de automação e também concorrentes da principal

empresa parceira, que podem atrapalhar os planos de renovações de contrato para futuros desenvolvimentos devido à vitória na concorrência por aeroportos.

Concorrência Direta	
Principais Concorrentes	Siemens www.siemens.com.br Grupo ABB www.abb.com.br P.L.E. www.pletronic.com.br Safesoft www.safesoft.com.br
Localização	Estado de São Paulo (Siemens, Grupo ABB, P.L.E.) e região de Curitiba (Siemens e Safesoft)
Posicionamento	Tanto a Siemens quanto o Grupo ABB são empresas de âmbito global e possuem forte atuação no mercado de automação e desenvolvimento de soluções que agregam fundamentos de engenharia elétrica, eletrônica e mecânica. A P.L.E. e a Safesoft são empresas de porte pequeno que atuam basicamente nas regiões em que se situam: a P.L.E. no estado de São Paulo e a Safesoft na região metropolitana de Curitiba.
Pontos Fortes	As companhias Siemens e o Grupo ABB são multinacionais alemãs com longo período de atuação e renome internacional. Seus produtos possuem alta qualidade, conhecida no mundo inteiro. As contramedidas para vencer a concorrência contra essas grandes empresas seria o oferecimento de elaboração de projetos mais personalizado, com foco no produto como o cliente precisa e atendendo suas peculiaridades. Embora as empresas P.L.E. e Safesoft sejam pequenas empresas, já possuem um portfólio de produtos mais extenso que o nosso, permitindo assim uma melhor apresentação ao possível cliente. A abordagem para vencer a concorrência contra essas empresas seria oferecer um projeto por menor custo e/ou tempo de execução sem diminuir a qualidade, garantindo assim a satisfação do cliente. Outra maneira é focar na área em que a empresa já possui conhecimento, a automação de aeroportos.

Quadro 38 – Concorrência direta

5.5.7. Riscos

Riscos	
Tecnológicos	Riscos: desenvolvimento de novas tecnologias que viriam a descontinuar ou elevar os custos de produção dos equipamentos atuais, mudanças nas especificações do projeto fazendo com que ele tenha que ser revisado. Ações da empresa: Procurar trabalhar com dispositivos que possuem previsão de continuidade de fabricação, garantindo assim uma versão estática do projeto por alguns anos. Para solucionar o problema das especificações, seria necessário um contrato amparado nos dados atuais, prevendo um acréscimo de custo para modificações posteriores, com finalidade de proteger a empresa.
Mercadológicos	Riscos: problemas na batalha com a concorrência, já previamente discutidos, mudanças na legislação, que passe a mudar as regras de negócio entre Brasil e Alemanha. Ações da empresa: os empecilhos causados pela concorrência já foram tratados no item anterior. E a respeito das mudanças na legislação, a solução deverá ser encontrada buscando sempre cumprir as leis Alemãs e Brasileiras.

Financeiros	<p>Riscos: Crise global, que pode afastar possíveis clientes devido às incertezas da economia mundial, falta de recursos próprios e dificuldade de captação de clientes.</p> <p>Ações da empresa: quanto à crise global, a empresa deve se preparar e não realizar gastos excessivos, visando o não comprometimento do caixa no futuro, caso as receitas não sejam como o esperado. Caso haja falta de recursos próprios, um empréstimo seria a opção, buscando principalmente fundos de investimento governamentais de incentivo a empresas tecnologia (exemplo: BNDES). No caso de dificuldade de captação de clientes, seria necessária uma maior divulgação da empresa, através de feiras e propagandas em meios especializados.</p>
--------------------	--

Quadro 39 – Riscos

5.5.8. Mercado Internacional

Alemanha	
Barreiras	O contato com uma empresa na Alemanha já foi feita. Devido à vivência no exterior, o conhecimento da cultura e método de trabalho no país já é conhecido, o que facilitaria o trabalho com parceiros de mesma nacionalidade.
Oportunidades	A grande oportunidade identificada para a companhia é a presença de uma empresa parceira no exterior. Assim, a companhia já está inserida no mercado e pode continuar caso continue a parceria. Esta manutenção da parceria é um objetivo primário da empresa. Outra oportunidade de continuação no mercado alemão seria um contrato com uma firma diferente, porém não é o objetivo principal no momento.
Análise de Mercado	<p>Apesar da crise mundial em que vivemos, a Alemanha segue como potência mundial e líder econômica do bloco europeu. Sede de inúmeras grandes companhias mundiais, está se comportando de maneira estável ante as crises econômicas atuais.</p> <p>A área de eletrônica e tecnologia é extremamente desenvolvida e o país possui inúmeras instituições de ensino e pesquisa reconhecidas no mundo inteiro pela sua excelência no assunto, como exemplos podem ser citadas a Universidade Técnica de Munique e o Instituto Tecnológico de Karlsruhe. Grandes indústrias de eletrônica e automação, como a Siemens e a ABB são alemãs e outras grandes mundiais possuem sede em solo germânico, por exemplo a Texas Instruments.</p> <p>Portanto, é fato que existe uma grande concorrência no setor. A vantagem competitiva presente é o fator custo: o valor do salário do profissional capacitado no Brasil é significativamente menor que na Alemanha, o que permitiria propor acordos mais interessantes aos possíveis clientes.</p>

Quadro 40 – Mercado Internacional

5.6. PLANO DE MARKETING E VENDAS

5.6.1. Objetivos e Metas Quanto às Vendas e Aos Clientes

Objetivo		Prazo
Faturamento	Atingir faturamento de R\$ 600.000,00	No ano 2014
Cobertura de Mercado	Ser a principal parceira da empresa parceira atual.	Até ano 2014
	Atingir 2% do mercado de desenvolvimento de sistemas embarcados no sul do Brasil	Até ano 2014
Atualização tecnológica e Qualidade	Manter processos e produtos atualizados e compatíveis com as normas internacionais. Norma base a ser seguida: ISO 9001:2008.	Contínuo

Quadro 41 – Objetivos e metas de vendas

Detector de lâmpadas defeituosas em sistema de iluminação de pistas de aeroportos					
Ano	Vendas Anuais (projetos)	Faturamento (R\$)	% mercado nacional	% de exportação	
2012	1	R\$ 150.000	0%	100%	
Novos projetos					
Ano	Vendas Anuais (projetos)	Faturamento (R\$)	% mercado nacional	% de exportação	
2012	0	R\$ 0	0%	0%	
2013	3	R\$ 450.000	33%	67%	
2014	4	R\$ 600.000	50%	50%	

Quadro 42 – Objetivos e metas de vendas 2

Entre os novos projetos, encontram-se novas parcerias esperadas com a empresa parceira atual, que tem prioridade nos novos desenvolvimentos. Seguindo esse planejamento, a HB Electronics se cumpriria sua meta proposta na Visão da Empresa, tornando-se a maior parceira de uma empresa de automação de aeroportos. Porém uma abertura para o mercado nacional, que se encontra em crescimento, se faz necessária para que a empresa se solidifique e não seja dependente apenas de uma parceira e nem das variações cambiais.

5.6.2. Estratégias de Marketing e Linhas de Ação/Atividades

Produtos
Linhas de ação/atividades
1. Procurar empresas parceiras para que o desenvolvimento de novos projetos seja possível, aumentando assim o portfólio de serviços prestados e também a experiência da empresa no mercado.
2. Buscar contato com a empresa parceira atual, com o objetivo de receber a responsabilidade

do desenvolvimento de outros projetos da mesma, visando atingir o objetivo explicitado na Visão da companhia, descrito anteriormente.

Quadro 43 – Marketing - Produtos

Preço
Linhas de ação/atividades
1. Estimar o número de horas de trabalho necessárias para cada projeto e qual tipo de profissional será necessário para cumprir as mais variadas tarefas dentro da elaboração do novo produto, cobrando assim do cliente um valor relativo à complexidade e demanda de tempo que o seu projeto possui.
2. Fazer cotação no mercado atual com as empresas concorrentes, a fim de estimar o valor por elas pedido, e assim adaptar o preço com os custos calculados, com o objetivo de informar para manter um preço competitivo no mercado.

Quadro 44 – Marketing – Preço

Promoção
Linhas de ação/atividades
1. Elaborar material de comunicação <ol style="list-style-type: none"> a. Dossiê Documental: Folders, cartões e pastas personalizados devem ser desenvolvidos pelo departamento de Marketing da empresa, que seriam levados às feiras para entrega a possíveis clientes e parceiros. b. Dossiê Eletrônico: Uma página virtual na internet será disponibilizada em breve e ela possuirá opção de navegação em ao menos dois idiomas: Português e Inglês, com possibilidade de uma versão também em Alemão, caso a empresa detecte a necessidade de tradução. Através desse <i>website</i>, os clientes poderão conhecer a empresa, seu portfólio de produtos e fazer o contato inicial. Ela também é responsabilidade do departamento de Marketing.
2. Preparação do portfólio de projetos já desenvolvidos <ol style="list-style-type: none"> a. Uma lista com os projetos já desenvolvidos e empresas já atendidas seria elaborada, com finalidade de poder mostrar ao potencial cliente que a empresa é qualificada e projeta soluções com qualidade. Uma ressalva deve ser feita: na elaboração deste portfólio deve-se tomar cuidado para não expor partes chave dos projetos, que possam divulgar sensibilidades das empresas parceiras.
3. Participação em feiras de eletrônica e aviação <ol style="list-style-type: none"> a. Pesquisa das feiras mais importantes na região do mercado-alvo. b. Participação destas feiras, levando a ela funcionários especializados que possam conversar diretamente com possíveis clientes, visando a demonstração da qualidade da equipe e gerando confiança por parte dos possíveis contratantes.

Quadro 45 – Marketing – Promoção

Pontos de vendas
Linhas de ação/atividades
1. Atendimento personalizado <ol style="list-style-type: none"> a. O atendimento aos clientes será feito em seus respectivos locais de trabalho
2. Soluções sob medida <ol style="list-style-type: none"> a. O diálogo com o cliente será realizado por funcionários com conhecimento técnico, que possa obter todos os requisitos do projeto e discuti-los com o cliente, adicionando ou eliminando funcionalidades ao produto com a finalidade de aumentar o valor agregado dele ou reduzir custos.

Quadro 46 – Marketing – Pontos de vendas

Pessoas
Linhas de ação/atividades

- | |
|---|
| <p>1. Funcionários capacitados</p> <p>a. Os desenvolvedores serão profissionais formados pelas melhores universidades e com conhecimento técnico avançado, a fim de poder realizar um projeto em um tempo curto e com alta qualidade.</p> |
|---|

Quadro 47 – Marketing – Pessoas

Processo
Linhas de ação/atividades
<p>1. Processos personalizados</p> <p>a. Devido ao fato de que cada empresa/cliente tem suas necessidades particulares, o atendimento a cada uma delas seria feita de maneira personalizada, levando em conta os pontos de maior foco em cada projeto.</p>

Quadro 48 – Marketing – Processo

5.7. PLANO FINANCEIRO

Nesta seção do plano de negócios está descrito o plano financeiro da empresa para os próximos 3 anos.

5.7.1. Estimativa dos investimentos iniciais

5.7.1.1. Estimativa dos investimentos fixos

Máquinas e equipamentos				
	Descrição	Quantidade	Valor Unitário	Total
1	Osciloscópio Digital Agilent	1	R\$ 4.778,25	R\$ 4.778,25
2	Estação de solda	1	R\$ 794,59	R\$ 794,59
3	Notebook Dell Latitude	5	R\$ 2399,00	R\$ 11995,00
4	Multímetro Digital Fluke 117	1	R\$ 576,00	R\$ 576,00
5	Impressora HP Multifuncional	1	R\$ 379,00	R\$ 379,00
Subtotal				R\$ 18522,84

Quadro 49 – Máquinas e equipamentos

Móveis e utensílios				
	Descrição	Quantidade	Valor Unitário	Total
1	Mesa para trabalho	5	R\$ 419,00	R\$ 2095,00
2	Armário para arquivo	1	R\$ 599,00	R\$ 599,00
3	Cadeira Escritório	5	R\$ 159,00	R\$ 795,00

Subtotal	R\$ 3489,00
-----------------	-------------

Quadro 50 – Móveis e utensílios

Software			
Descrição	Quantidade	Valor Unitário	Total
1 Windows e Office (já incluídos no valor do notebook)	5	-	-
2 Altium Designer	1	R\$ 2000,00	R\$ 2000,00
Subtotal			R\$ 2000,00

Quadro 51 - Software

5.7.1.2. Investimentos em estoque

Como a empresa não trabalha com produtos, mas somente com desenvolvimento de projetos para terceiros, não há a necessidade de fazer comprar de produtos para ficarem em estoque para a venda. Porém, é necessário contabilizar os gastos com material de escritório e materiais básicos de eletrônica, como resistores, capacitores, estanho, cabos, conectores, que são utilizados em todo e qualquer projeto.

Materiais de estoque		
Descrição		Total
1 Dispositivos básicos de eletrônica		R\$ 1000,00
2 Material para escritório		R\$ 500,00
Subtotal		R\$ 1500,00

Quadro 52 – Estoque

5.7.1.3. Investimentos pré-operacionais

Investimentos pré-operacionais		
Descrição		Valor
1 Despesas de legalização		R\$ 1000,00
2 Divulgação		R\$ 5000,00
Subtotal		R\$ 6000,00

Quadro 53 – Investimentos pré-operacionais

5.7.1.4. Investimentos iniciais totais (resumo)

Descrição do Investimento		Valor	%
1	Investimentos fixos	R\$ 18522,84	71%
2	Investimentos em estoque	R\$ 1500,00	6%
3	Investimentos pré-operacionais	R\$ 6000,00	23%
Total (1+2+3)		R\$ 26022,84	100%
Fontes de recursos		Valor	%
1	Recursos próprios	R\$ 11000,00	42%
2	Empréstimo bancário	R\$ 15022,84	58%
Total (1 + 2)		R\$ 26022,84	100%

Quadro 54 – Investimentos iniciais totais

5.7.2. Estimativa de gastos

5.7.2.1. Gastos com Pessoal

Nome	Função	Salário mensal	Gasto mensal total com Impostos
Juan Ingeniero	Desen. HW e FW	R\$ 3300,00	R\$ 6.798,00
Felipe Miúdo	Estagiário	R\$ 600,00	-
Admin Silva	Assistente Administrativo	R\$ 1.100,00	R\$ 2.266,00
Jorge Vendemil	Diretor de Marketing	R\$ 1.100,00	R\$ 2.266,00
Raquel Social	Gerente de RH	R\$ 1.100,00	R\$ 2.266,00
Subtotal		RS 7.200,00	R\$ 13.596,00
Subtotal anual (13 meses)		R\$ 93.600,00	R\$ 176.748,00

Quadro 55 – Gastos com pessoal

5.7.3. Estimativa do custo por projeto

5.7.3.1. Materiais de desenvolvimento

Materiais de desenvolvimento			
Descrição	Quantidade	Valor Unitário	Total
1 Componentes eletrônicos	-	R\$ 1000,00	R\$ 1000,00

	variados			
2	Placas de circuito impresso para testes	20	R\$ 150,00	R\$ 3000,00
Subtotal				R\$ 4000,00

Quadro 56 – Materiais de desenvolvimento

5.7.3.2. Desenvolvedor

Desenvolvedor				
Descrição		Quantidade de horas trimestral	Valor Unitário (hora)	Total
1	Desenvolvedor de HW e FW	480	R\$ 42,49	R\$ 20539,2
2	Estagiário	240	R\$ 7,50	R\$ 1800,00
Subtotal				R\$ 22339,2

Quadro 57 – Investimentos em desenvolvedores

5.7.3.3. Custos totais

Descrição do Investimento		Valor
1	Materiais de desenvolvimento	R\$ 4000,00
2	Desenvolvedor	R\$ 20539,2
Total (1+2)		R\$ 24539,2

Quadro 58 – Custos totais por projeto

5.7.4. Estimativa do faturamento trimestral da empresa de 2012 a 2014

A estimativa do faturamento da empresa se torna difícil de ser feita, visto que ela não trabalha com vendas de produtos, cujas quantidades vendidas podem ser estimadas, mas sim com a assinatura de contratos de prestação de serviços de desenvolvimento. Portanto, para cada ano até 2014, um número meta de projetos foi estabelecido, exposto no quadro abaixo:

Metas de vendas	
Ano	Venda (Qtde por ano)
2012	1 projetos
2013	3 projetos
2014	4 projetos

Quadro 59 – Metas de vendas

Estimando um valor de cerca de R\$ 150.000 reais por projeto.

Período	Entrada de caixa (R\$)
1° Trimestre de 2012	37500
2° Trimestre de 2012	37500
3° Trimestre de 2012	37500
4° Trimestre de 2012	37500
1° Trimestre de 2013	112500
2° Trimestre de 2013	112500
3° Trimestre de 2013	112500
4° Trimestre de 2013	112500
1° Trimestre de 2014	150000
2° Trimestre de 2014	150000
3° Trimestre de 2014	150000
4° Trimestre de 2014	150000

Quadro 60 – Estimativa de ganho trimestral pelos projetos

5.7.4.1. Fluxo de caixa projetado

HB Electronics		R\$	1° Trim 2012	2° Trim 2012	3° Trim 2012	4° Trim 2012	1° Trim 2013	2° Trim 2013	3° Trim 2013	4° Trim 2013	1° Trim 2014	2° Trim 2014	3° Trim 2014	4° Trim 2014
FLUXO DE CAIXA PROJETADO														
RECEITA BRUTA														
Venda de Produtos			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venda de Serviços			37500	37500	37500	37500	112500	112500	112500	112500	150000	150000	150000	150000
TOTAL DE RECEITA BRUTA			37500	37500	37500	37500	112500	112500	112500	112500	150000	150000	150000	150000
% dos Impostos sobre Vendas			18%											
IMPOSTOS SOBRE VENDAS			6750	6750	6750	6750	20250	20250	20250	20250	27000	27000	27000	27000
RECEITA LÍQUIDA			30750	30750	30750	30750	92250	92250	92250	92250	123000	123000	123000	123000
CUSTO DOS SERVIÇOS VENDIDOS														
Mão de Obra Direta			22339	22339	22339	22339	22339	22339	22339	22339	22339	22339	22339	22339
Matéria Prima e Materiais			4000	0	0	0	4000	4000	4000	0	4000	4000	4000	4000
MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO			26339	22339	22339	22339	26339	26339	26339	22339	26339	26339	26339	26339
% da Receita Líquida			86%	73%	73%	73%	29%	29%	29%	24%	21%	21%	21%	21%
DESPESAS DE VENDAS														
Fixas			6798	6798	6798	6798	6798	6798	6798	6798	6798	6798	6798	6798
% sobre Receitas Brutas			3%											
DESPESAS DE VENDAS			7923	7923	7923	7923	10173	10173	10173	10173	11298	11298	11298	11298
DESPESAS FIXAS														
Pessoal + Encargos + Benefícios			7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5
Retiradas e Pró-labore			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aluguéis + Impostos + Condomínios			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Administração			7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5	7364,5
Depreciação / Amortização			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DESPESAS FIXAS			14729											
LUCRO														
Lucro Operacional			-18241	-14241	-14241	-14241	41009	41009	41009	45009	70634	70634	70634	70634
Imposto de Renda			20%											
LUCRO LÍQUIDO APÓS IR			-18241	-14241	-14241	-14241	32807	32807	32807	36007	56507	56507	56507	56507
% da Receita Líquida			0%	0%	0%	0%	36%	36%	36%	39%	46%	46%	46%	46%

Figura 20 – Investimentos pré-operacionais

5.8. CONSIDERAÇÕES

O Plano de Negócios já possui uma conclusão, representada pelo seu sumário executivo no início do capítulo. Portanto, esta subseção de considerações existe apenas para manter uma coerência com o restante do relatório.

Neste capítulo foram definidas a Missão e a Visão para a empresa, cuja viabilidade está sendo estudada. Estes dois itens são de fundamental importância para definir o tipo de serviço prestado pela empresa e traçar os seus objetivos futuros.

Em seguida os dados da empresa foram mostrados, informações como a razão social, seu endereço e a área de atuação na qual a empresa se classifica. Os nomes dos funcionários e suas posições dentro da empresa foram mencionados, com a finalidade de informar ao leitor quais são os tipos de profissionais que trabalham e levam a empresa ao crescimento.

Foi definido o tipo de serviços prestados pela empresa, que é o desenvolvimento de projetos de sistemas eletrônicos embarcados para terceiros. Uma análise do primeiro serviço já desenvolvido foi realizada, descrevendo suas funcionalidades e características. Uma discussão sobre o ciclo de vida do componente físico mais importante em projetos de desenvolvimento de sistemas embarcados, o microcontrolador, foi feita e uma solução para os desenvolvimentos futuros foi proposta.

Um plano de negócios visa a inserção de uma empresa no mercado atual. Portanto uma análise deste mercado foi realizada, analisando possíveis clientes, definindo uma região de atuação e traçando os perfis dos possíveis concorrentes, analisando seus pontos fortes e fracos. As forças e fragilidades da empresa a ser desenvolvida também foram analisadas e para os defeitos encontrados foram propostas soluções de contorno.

Uma estratégia de marketing e vendas foi traçada utilizando como base o princípio dos 5 P's do Marketing. Os produtos já existentes na empresa foram identificados, uma política de preços definida, uma estratégia de promoção proposta, os canais de vendas a serem utilizados escolhidos, o tipo de pessoa que trabalhará

para a empresa e o seu contato com o cliente estipulado e o processo de desenvolvimento definido.

Ao final do capítulo, um plano financeiro foi elaborado com base em estimativas e cotações realizadas no mundo atual. Utilizando os dados coletados e considerando que as metas de quantidade de serviços prestados foram alcançados, foi possível ver que a empresa começará ter lucro a partir do quinto trimestre de operação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo-se do princípio que o projeto possui como objetivo desenvolver uma solução para o sistema da empresa parceira, cuja função era a identificação do número de lâmpadas defeituosas em aeroportos, desenvolveu-se uma metodologia no sentido de tornar viável o desenvolvimento deste projeto como trabalho de conclusão de curso de engenharia eletrônica. A metodologia desenvolvida se mostrou eficiente devido à estratificação do processo em etapas bem definidas, o que facilitou a visualização do processo como um todo.

Tomado o conhecimento da configuração de *hardware* disponível para o desenvolvimento e estruturados os requisitos para o *firmware*, foram pesquisadas publicações nas bases de patentes européias com temas semelhantes às tecnologias empregadas neste relatório, com o intuito de identificar a existência de invenções similares. Levando em conta a quantidade de documentos encontrados, a pesquisa mostrou que o assunto é tema de diversas pesquisas no mundo inteiro, o que denota a importância do mesmo.

O desenvolvimento se iniciou a partir da introdução do problema a ser resolvido e suas peculiaridades. Em seguida, uma introdução teórica do método escolhido para a resolução do problema foi feita, o algoritmo de Goertzel, assim como dos artifícios utilizados para aumento de desempenho do mesmo e interpolação dos dados obtidos para a simplificação da estimativa de lâmpadas defeituosas. Então, foram feitas as considerações necessárias a respeito da plataforma de *hardware* existente e uma descrição detalhada das seções de código existentes, tanto do *firmware* quanto dos pacotes de comunicação. A plataforma de *hardware* existente possui um microcontrolador dsPIC33FJ32MC202 da Microchip, com 28 pinos e frequência de instruções de 40 mega instruções por segundo, que é capaz de receber sinais de até oito circuitos diferentes. Para cada circuito de entrada diferente é necessário um condicionamento dos sinais de tensão e corrente, que são entregues à placa com tensão de $\pm 7,5V$ e então redimensionados para uma tensão de 0 a 3,3V com o uso de circuitos com amplificadores operacionais. Para passar os sinais analógicos ao microcontrolador dois multiplexadores MAX4781 foram utilizados, um para corrente e outro para tensão, cada um conectado a uma porta

conversora do dsPIC33F e controlados simultaneamente por três pinos de I/O do mesmo. Levando em conta o número de canais de entrada, o *firmware*, desenvolvido em C no ambiente MPLAB, da própria Microchip, possui artifícios que o torna capaz de processar os dados em questão no tempo necessário, como o uso de *downsampling*, filtro digital e aproximações matemáticas. A comunicação com outros dispositivos da empresa é feita como o protocolo I²C e foram obtidos resultados positivos para os circuitos analisados em laboratório quanto em campo. Portanto a implementação pode ser considerada bem sucedida.

Elaborou-se uma metodologia de gestão do projeto. Desenvolveu-se um cronograma detalhado das atividades com a intenção de organizar a execução do processo, tornando capaz a previsão de prazos e a monitoração de atrasos de tarefas e então foram comparadas as datas previstas com as datas de real execução das atividades. Com uma análise de riscos foi possível antecipar eventuais problemas e propor ações de correção ou suavização prévias. Ao enfrentar os problemas previstos, esta análise prévia foi de grande auxílio para que esses fossem superados rapidamente. O tempo total de trabalho estimado foi de 936 horas, calculados a partir de seis horas diárias de trabalho durante o período de estágio além de duas horas diárias para a escrita do relatório. Todas as etapas planejadas, exceto a de escrita do relatório, ocorreram entre setembro de 2010 a fevereiro de 2011, totalizando aproximadamente seis meses. Ocorreram atrasos na realização de algumas tarefas, conforme previsto na análise de riscos. Destarte, concluiu-se que as ferramentas de gestão foram empregadas com sucesso, visto que se mostraram de grande auxílio para a visualização do andamento do processo.

Enfim, é apresentado um plano de negócios para uma empresa fictícia que tem como serviço prestado o desenvolvimento de sistemas eletrônicos embarcados a clientes que necessitam de soluções na área, mas que não possuem conhecimento técnico ou mão de obra especializada suficiente para realizar essas tarefas. O plano apresenta descrições detalhadas dos serviços oferecidos pela empresa, sua missão e visão, uma análise de mercado da área de atuação situada, plano estratégico de marketing e vendas e um plano financeiro para o negócio. O cenário proposto para o cálculo foi considerado otimista e prevê um projeto em 2012, três projetos em 2013 e quatro projetos em 2014, cada um avaliado em R\$150.000,00. Assim a empresa se tornaria viável, com taxa interna de retorno calculada em 40% e teria lucro a partir do primeiro trimestre do segundo ano.

Como propostas futuras para itens a ser desenvolvidos, é possível citar uma atualização no *hardware* da empresa com um microcontrolador mais veloz que poderia processar mais canais simultaneamente, possibilitando uma verificação de dois ou mais circuitos paralelamente e assim analisando um maior número períodos dos sinais de tensão e corrente, fato que se refletiria no aumento da precisão e também ausência de necessidade do uso do filtro FIR pré-Goertzel, otimizando o processo de cálculo e melhorando o desempenho do sistema.

7. BIBLIOGRAFIA

LYONS, RICHARD G.. **Understanding Digital Signal Processing**. Estados Unidos: Prentice Hall, 2004

DJOKIC', BRANISLAV; SO, EDDY. **Phase Measurement of Distorted Periodic Signals Based on Nonsynchronous Digital Filtering**. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 50, No. 4, August 2001

MICHELETTI, ROBERTO. **Phase Angle Measurement Between Two Sinusoidal Signals**. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 40, No. 1, February 1991

SMITH, J. R.; SANDLER, S. M.. **A simple algorithm for the real-time evaluation of quadrature components**. Reino Unido, Meas. Sci. Technol., Vol 6, 1995.

BANKS, Kevin. The Goertzel Algorithm. **EE Times Design**. Fevereiro/2002. Disponível em <<http://www.eetimes.com/design/signal-processing-dsp/4024443/The-Goertzel-Algorithm>>. Acesso em 24.11.2011 às 14:00.