



**Universidade Federal de Campina Grande**

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

DENIS MARTINS DANTAS

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
(180H, 6 CRÉDITOS)**

Campina Grande, Paraíba  
Fevereiro de 2016

DENIS MARTINS DANTAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
(180H, 6 CRÉDITOS)

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido  
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
da Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Controle e Automação

Orientador:

Professor Péricles Rezende de Barros

Campina Grande, Paraíba  
Fevereiro de 2016

DENIS MARTINS DANTAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
(180H, 6 CRÉDITOS)

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido  
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
da Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Controle e Automação

Aprovado em        /        /

**Professor Avaliador**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Péricles Rezende de Barros**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG



Esse trabalho é dedicado aos meus pais, irmão, irmã e à minha namorada, Laryssa, que me apoiaram sempre para buscar meus sonhos.



# LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - V-MODEL INCLUINDO ETAPAS DE PLANEJAMENTO DA VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO. ....	13
FIGURA 2 - UNIDADES DO DISPOSITIVO EMBARCADO SAINDO DE FÁBRICA. ....	21
FIGURA 3 – UM DOS PRODUTOS DESENVOLVIDOS NA EMPRESA.....	24

# SUMÁRIO

Lista de Figuras .....	vii
Sumário .....	viii
1 Introdução.....	9
2 A Empresa .....	10
3 Trabalhos Realizados.....	11
3.1 Elaboração de uma metodologia para o desenvolvimento de produtos da empresa.....	11
3.2 Elaboração de documentação de um produto já existente na empresa de acordo com a metodologia desenvolvida .....	14
3.3 Desenvolvimento de firmware .....	15
3.3.1 Driver para Modem GPRS.....	15
3.3.2 Módulo de criação, armazenamento, e envio de mensagens .....	16
3.3.3 Integração com o projeto antigo e teste .....	16
4 Conclusão .....	19
Referências .....	20
ANEXO A – Fotos do dispositivo embarcado .....	21

# 1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem como objetivo descrever as atividades desenvolvidas pelo estudante Denis Martins Dantas durante o estágio supervisionado realizado na empresa Tomus Soluções em Eletrônica e Telecomunicações LTDA. O estágio supervisionado teve vigência de 04/01/2016 até 16/02/2016, totalizando 180h.

A Tomus é uma empresa do ramo de desenvolvimento de soluções em telemetria e monitoramento em tempo-real. A empresa vem atuando principalmente desenvolvendo soluções na área de saneamento básico, mas possui projetos em outras áreas também.

O estágio foi focado na elaboração de uma metodologia para desenvolvimento de produtos, elaboração de documentação de produtos já existentes na empresa e desenvolvimento de firmware para microcontrolador. O contexto de trabalho do estágio envolveu uma cooperação próxima das equipes de Desenvolvimento de Hardware e Desenvolvimento de Servidor da empresa.

## 2 A EMPRESA

A Tomus Soluções em Eletrônica e Telecomunicações LTDA desenvolve e integra soluções em microeletrônica, automação, software e telemetria. O objetivo da empresa é sempre encontrar soluções simples e inovadoras.

O mercado no qual a empresa centraliza os esforços atualmente é o *B2B (Business to Business)*, ou Negócio para Negócio, em tradução livre), estabelecendo contratos de venda de produtos eletrônicos e também de serviços associados a esses produtos.

Convergingo conhecimentos e tecnologias de automação em gestão de perdas, eficiência energética e telemetria a Tomus contribui no gerenciamento dos sistemas de saneamento em operadores dos setores públicos e privados. Suas soluções são encontradas desde a captação até a distribuição de água. Possui experiência em estações de esgoto e até no monitoramento da gestão de distribuição por meio de caminhões-pipa.

Na parte de saneamento básico a Tomus atua, ainda, na gestão de perdas. A partir do controle e monitoramento em tempo-real da pressão e vazão da água em válvulas, é possível descobrir falhas na distribuição relacionadas a vazamentos ou roubos. Com o objetivo de atuar diretamente nas válvulas que gerenciam as manobras e a pressão na rede de distribuição, a TOMUS desenvolveu a família DLC 15000 que permitem o monitoramento online e a atuação remota das válvulas borboleta e auto operadas (VRP).

A Tomus desenvolve soluções de telemetria e telecomando para sistemas que se encontram em locais de difícil acesso da rede elétrica, oferecendo assim um controle total de toda a cadeia de distribuição de água. Desde a captação até a entrega da água a cadeia pode ser monitorada e controlada remotamente através dos dispositivos desenvolvidos pela empresa.

Adjacente ao campo do saneamento básico, a Tomus fornece uma solução para o Exército Brasileiro de monitoramento de entregas de água, em cidades em estado emergencial, através de carros-pipa. A localização dos caminhões, momento de abastecimento e momento de entrega da água são monitoradas em tempo-real através de um website próprio do programa. Este sistema aumentou a eficiência na entrega de água às populações carentes, uma vez que os motoristas recebem seus pagamentos de acordo com as entregas registradas no sistema.

## 3 TRABALHOS REALIZADOS

O estágio foi realizado com a Equipe de Desenvolvimento de Firmware da empresa. O objetivo desta equipe é de realizar a programação do firmware dos dispositivos embarcados, baseado em requisitos funcionais e não-funcionais do produto. Além deste desenvolvimento também é responsabilidade da equipe realizar a documentação de códigos fonte, documentação do funcionamento do projeto do *firmware* (Desenvolvimento Baseado em Modelos), e realizar testes de validação do produto.

A Equipe de Desenvolvimento de Firmware trabalha de forma cooperativa com a Equipe de Desenvolvimento de Hardware. A cooperação nos trabalhos entre estas equipes ocorre através de discussões sobre a necessidade de utilização de componentes eletrônicos durante a criação de novos protótipos, dúvidas sobre o funcionamento de módulos de hardware, e ajuda com solda de novos componentes. As duas equipes interagem também para a elaboração de documentos do produto.

As duas equipes são lideradas pelo Eng. Eletrônico George Fonseca. Reuniões semanais são realizadas para discutir os trabalhos realizados até então, avaliação de demandas prioritárias para a semana seguinte, e associação de cada demanda para diferentes integrantes dos times.

As atividades realizadas durante o período de estágio podem ser divididas em três tipos:

1. Elaboração de uma metodologia para o desenvolvimento de produtos da empresa;
2. Elaboração de documentação de um produto já existente na empresa de acordo com a metodologia desenvolvida;
3. Implementação de driver para modem GPRS, e de um módulo que utiliza este driver para envio de mensagens para um servidor remoto.

Nos próximos subtópicos cada uma das atividades será detalhada.

### 3.1 ELABORAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS DA EMPRESA

A Tomus procurava um procedimento passo-a-passo para concepção de novos produtos, de forma que tendo posse dos requisitos de um novo sistema, houvesse um caminho definido a seguir até chegar à fase de implementação.

Também é de grande importância para a empresa que cada profissional realize a documentação do funcionamento dos produtos. Esta documentação deve descrever tanto o funcionamento percebido pelo usuário final, quanto as características internas pertinentes aos desenvolvedores. Este tipo de documentação é importante para que novos membros da equipe de desenvolvimento possam aprender de forma autônoma o funcionamento dos sistemas, de forma a diminuir o tempo entre aprendizado e implementação de novas funcionalidades.

Desta forma, precisava-se tanto de uma metodologia de desenvolvimento de produtos, quanto de documentos padrões compondo cada etapa da metodologia.

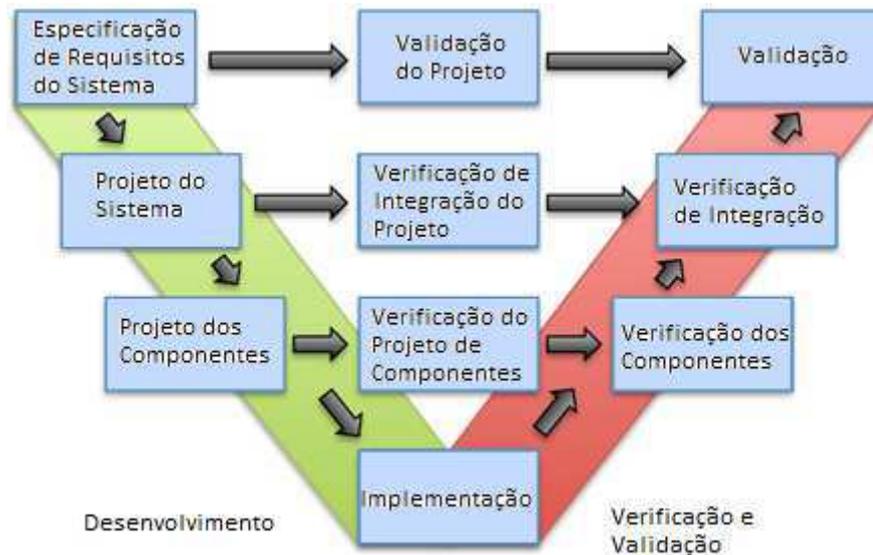
A metodologia escolhida foi baseada no *V-Model*, que é um tipo de diagrama utilizado para desenvolvimento de sistemas que visa guiar as atividades que serão realizadas na fase no desenvolvimento, diminuindo assim a complexidade da execução. Uma clássica representação de um diagrama V-Model é apresentada na Fig. 3. As atividades mostradas no V-Model são agrupadas entre aquelas relacionadas ao desenvolvimento em si (parte esquerda do diagrama), e as atividades relacionadas à Verificação e Validação (V&V – lado direito) do sistema. Como pode ser visto na Fig. 3, atividades de verificação e validação são aplicadas nas diversas fases realizadas na etapa de desenvolvimento.

Atividades de verificação são um conjunto objetivo de testes que confirmam a qualidade do produto como um todo, ou verifica se módulos individuais de *hardware* ou *software* alcançam as métricas determinadas nos requisitos. A validação busca demonstrar que o produto realiza sua intenção original.

Considerando o lado esquerdo da Fig. 3, o desenvolvimento começa definindo o ambiente do sistema e seus requisitos (funcionais e não-funcionais). A fase de *Especificação* irá definir como o sistema irá alcançar seus requisitos. A fase *Projeto de Arquitetura* define uma visão de alto nível sobre o *hardware* e *software* do sistema. A fase de *Projeto Detalhado* descreve em detalhes cada componente de *hardware* (pode-se fazer uma pesquisa de mercado nessa fase também), como eles se interconectam, segurança e robustez dos componentes. A Arquitetura de *Software* é detalhada com foco em como cada módulo interage com os outros módulos e o ambiente. Finalmente, na fase *Código* a implementação começa – é possível começar a implementação de *software* e

*hardware* em paralelo a partir da utilização de placas de desenvolvimento e construção de protótipos simplificados do sistema final.

FIGURA 1 - V-MODEL INCLUINDO ETAPAS DE PLANEJAMENTO DA VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO.



FONTE 1 - PIETRANTUONO, ROBERTO (2015). MODEL-DRIVEN ENGINEERING OF A RAILWAY INTERLOCKING SYSTEM

Atividades V&V são realizadas do lado direito do V-Model. Testes unitários podem verificar se a implementação de pequenos módulos está correta testando entradas e saídas. Na *Integration Test* é feita a verificação da comunicação e interação entre os módulos. No *System Test* a verificação irá mostrar que o sistema funciona de acordo com os aspectos que foram definidos – como casos de uso, cenários e protocolos de comunicação. Finalmente, a *Acceptance Test* valida todos os requisitos de acordo com suas especificações.

Idealmente uma equipe de testes deve ser atribuída para realizar as atividades V&V – uma equipe diferente é preferível por ser mais neutra em relação aos testes que irão executar, a avaliar de forma mais imparcial a mantenebilidade do sistema e se o sistema tem interface de usuário amigável ou não (*user-friendly*). Para facilitar o processo de Validação e Testes é importante ter documentos explicando os resultados esperados e os passos necessários para obter tais resultados.

Um outro diagrama V-Model levemente diferente é apresentado na Fig. 4. Este diagrama especifica fases de atividades de planejamento – por exemplo, um plano de validação é produzido logo depois que a fase *System Requirements Specification* é

realizada. A atividade de validação em si é realizada do lado direito na *Verificação de Integração*

(Scippacercola, Pietrantuono, Russo, & Zentai, 2015) explica:

O desenvolvimento começa definindo o ambiente do sistema e seus requisitos (funcionais e não-funcionais). Depois, [as fases] *Projeto do Sistema* e *Projeto dos Componentes* são realizadas. A primeira define uma arquitetura de alto nível do sistema e distingue as partes que devem ser realizadas por hardware daquelas que devem ser implementadas por software. Os requisitos são então associados a componentes, e novos requisitos podem ser descobertos para apontar interações apropriadas entre os elementos. A fase *Component Design* define a arquitetura interna de cada componente. Finalmente, o lado de desenvolvimento do diagrama procede com a Implementação.

## 3.2 ELABORAÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO DE UM PRODUTO JÁ

### EXISTENTE NA EMPRESA DE ACORDO COM A METODOLOGIA

#### DESENVOLVIDA

O início da metodologia ocorre com uma reunião, onde participam todos os desenvolvedores e líderes envolvidos diretamente no projeto para discussão dos requisitos do sistema que será desenvolvido. Esta reunião deve ser gravada, e pelo menos um integrante deve ser responsável por fazer anotações desses requisitos. Ao fim da reunião o áudio gravado é revisado, de forma a refinar as anotações feitas, e um Documento de Requisitos baseado nos tópicos da reunião é elaborado.

Durante o estágio, a equipe de Desenvolvimento de Firmware, da qual eu faço parte, liderou a reunião de requisitos para elaborar o documento relativo a um dos produtos da empresa. Esse produto já estava em fase de desenvolvimento, mas carecia de documentação, e foi quando a metodologia foi colocada à prova. Os seguintes documentos foram elaborados, derivados das discussões da reunião:

- Documento de Requisitos;
- Documento de Casos de Uso;
- Documento de Especificação de Requisitos.

O Documento de Requisitos lista todos os requisitos que o produto final deve cumprir para satisfazer a especificação do cliente. Este documento inclui definição da problemática a ser resolvida e o cenário em que o produto estará inserido (ambiente, interfaces, pessoas ou artefatos que interagem com o produto).

Ainda na fase de *Especificação de Requisitos do Sistema*, foi elaborado um documento de Casos de Uso. Este documento descreve todos os cenários de agentes externos (ou atores) que interagem com o sistema na forma de Casos de Uso. Este documento ilustra as funcionalidades do sistema de através de ações previstas pelos usuários, e as respectivas reações realizadas pelo sistema.

Posteriormente um documento intitulado *Especificações de Requisitos do Sistema* (*System Requirements Specifications – SRS*), o qual especifica um projeto para cumprir os requisitos e casos de uso produzidos anteriormente, foi elaborado pela mesma equipe.

Neste documento aspectos do sistema são especificados: contexto do produto, hardware interno, interações externas, interação homem-máquina, especificação de requisitos de dados (definição e conversão de unidades, números de identificação, métricas de qualidade de sinal GPRS, etc), especificações de outros sistemas que interagem com o microcontrolador, condições de ideais de operação (temperatura, tensões, temporizadores), versionamento de firmware, protocolo, encapsulamento de e algoritmo de verificação de integridade de mensagens, etc.

O documento *SRS* serve como um guia para desenvolvedores da empresa entenderem o funcionamento de um produto. Ele é muito importante para introduzir novos membros às tecnologias e procedimentos da empresa.

### 3.3 DESENVOLVIMENTO DE FIRMWARE

Concluída a elaboração do documento *SRS* eu fui submetido à reformulação de um driver para um Modem GPRS. O driver já existente apresentava um código com alta complexidade, o que o tornava de difícil manutenção, e apresentava falhas. O modelo do modem foi escolhido para substituir o anterior, utilizado na produção de alguns equipamentos da empresa.

#### 3.3.1 DRIVER PARA MODEM GPRS

Vários requisitos, especificados no *SRS*, foram previstos para o comportamento do Modem. Por exemplo:

- Como a plataforma em que trabalhei possui dois SIM cards, o driveria deve ser capaz de permitir a comutação do SIM card utilizado para conexão remota;
- O driver deveria reconhecer quando um dos SIM cards apresentasse falha de leitura;
- O driver deveria armazenar informações de identificação dos SIM cards, como IMSI<sup>1</sup> e ICCID<sup>2</sup>.
- O driver deveria dar suporte ao de recebimento de mensagens SMS.

O driver do modem projetado provia funcionalidades através de funções públicas. Outro módulo de firmware foi desenvolvido para controlar o modem através dessas funções. Este módulo, portanto, implementa a “inteligência” de controle do modem, de acordo com estímulos de outros módulos da plataforma desenvolvida. Por exemplo, a conexão de socket com o servidor remoto só ocorre quando existe uma mensagem pronta para ser enviada. A Figura 2 mostra uma máquina de estados que representa a execução do módulo de controle do modem.

### 3.3.2 MÓDULO DE CRIAÇÃO, ARMAZENAMENTO, E ENVIO DE MENSAGENS

Este módulo tinha como objetivo fornecer funções de criação de mensagens, que são posteriormente enviadas para o servidor remoto. As mensagens enviadas para o servidor possuem conteúdos diferentes dependendo do seu propósito. As funções desenvolvidas recebem como argumentos os dados esperados em cada mensagem, os encapsula em um array de bytes, e gravam a mensagem na memória.

As mensagens armazenadas na memória são posteriormente encapsuladas em um pacote maior de mensagens e enviadas para o servidor de forma síncrona – o servidor envia uma mensagem de confirmação do recebimento da mensagem.

### 3.3.3 INTEGRAÇÃO COM O PROJETO ANTIGO E TESTE

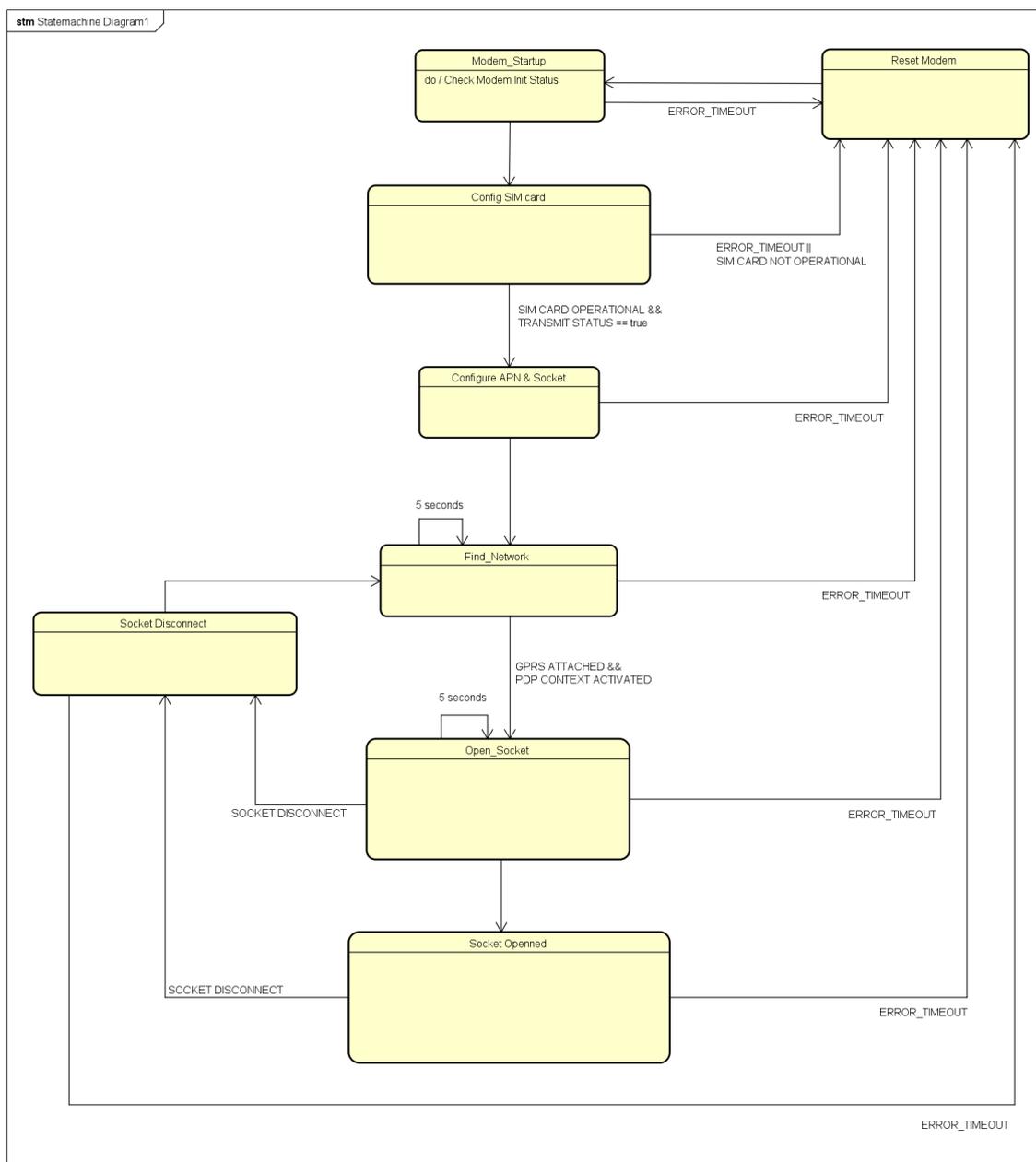
---

<sup>1</sup> Identificação Internacional de Equipamento Móvel.

<sup>2</sup> Identificador do Circuito Integrado do Cartão, em livre tradução da sigla.

Terminado o desenvolvimento dos módulos citados, foi realizada a integração do código novo com o código desenvolvido com o projeto anterior de um dos produtos da empresa.

A realização desta integração foi feita de forma adaptativa – o projeto antigo foi baseado em interfaces que não mais existiam, ou que funcionavam de forma diferente. Desta forma, teve que ser feito um retrabalho em outros módulos que utilizavam serviços de envio de mensagem, ou mesmo de monitoramento do funcionamento do modem.



Cada conjunto de alterações realizadas no processo de integração dos módulos era seguida de uma bateria de testes para verificação das funcionalidades do dispositivo. A realização exaustiva de testes é importante para garantia de que todas as funcionalidades estão funcionais mesmo depois de alterações no código.

No Anexo A podem ser vistas fotos do equipamento para o qual o firmware foi desenvolvido.

## 4 CONCLUSÃO

Este período de estágio foi de suma importância para o meu desenvolvimento profissional, pois me permitiu aplicar conhecimentos adquiridos durante a graduação para o desenvolvimento de um produto que irá ser colocado em produção. As disciplinas de Circuitos Lógicos, Arquitetura de Sistemas Digitais e Arquiteturas Avançadas para Computação foram essenciais para o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento de firmware embarcado. As disciplinas de Dispositivos Eletrônicos e Eletrônica também foram muito importantes para a interpretação de esquemáticos e o trabalho em conjunto com a equipe de Desenvolvimento de Hardware da empresa.

Por ter realizado o estágio em uma empresa de pequeno porte, fui capaz de vivenciar vários desafios relacionados ao desenvolvimento de um produto, que estão aquém das minhas responsabilidades como Desenvolvedor de Firmware. Por exemplo, durante o período de estágio observei meus colegas de trabalho lidando com desafios relacionados a confecção carcaça, cabos e conectores, atraso em entrega componentes, instalação de equipamentos em outros estados e manutenção de equipamentos defeituosos. Este tipo de experiência me fez ver o mercado de sistemas embarcados de uma forma bem mais realista.

O desenvolvimento de um produto na área de Internet das Coisas me fez desenvolver a capacidade de se relacionar interdisciplinarmente com profissionais de diferentes áreas. A minha comunicação com a equipe de Desenvolvimento do Servidor era frequente, uma vez que tínhamos que definir protocolos de comunicação, definir regras de como o servidor ou o dispositivo embarcado devem se comportar em diferentes cenários, ou na realização de testes de comunicação.

## REFERÊNCIAS

- de Almeida e Bueno, L., Barros Zanoni Lopes Moreno, G., & Sweet, B. (2013). Three-Layer Software Architecture Inspired by AUTOSAR applied in a Telemetry System for a Radio-Controlled Aircraft. 2013 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE on ELECTRO/INFORMATION TECHNOLOGY. Rapid City: [s.n.]. 2013.
- Friedenthal, S., Moore, A., & Steiner, R. (2015, November 27). *About Us: The Object Management Group (OMG)*. Retrieved from The Official OMG SysML site: [http://www.omgsysml.org/SysML-Tutorial-Baseline-to-INCOSE-060524-low\\_res.pdf](http://www.omgsysml.org/SysML-Tutorial-Baseline-to-INCOSE-060524-low_res.pdf)
- Gomma, H. (2011). *Software Modeling & Design*. New York: cambridge university press.
- Isovic, D. (2012). *Introduction to Real-Time Systems*. Västerås.
- Li, Q., & Yao, C. (2003). *Real-Time Concepts for Embedded Systems*. San Francisco, CA: CMP Books.
- Scippacercola, F., Pietrantuono, R., Russo, S., & Zentai, A. (2015, October 09). Model-Driven Engineering of a Railway Interlocking System. *3<sup>rd</sup> IEEE International Conference on Embedded Systems*. Angers, 2015.
- Stallings, W. (2008). *Operating Systems: Internals and Design Principles*. Pearson.
- Vermesan, O., & Friess, P. (2014, 12 30). *Internet of Things – From Research and Innovation to Market Deployment* (2<sup>a</sup> ed.). Aalborg, Brasil: River Publishers.

## ANEXO A – FOTOS DO DISPOSITIVO EMBARCADO

FIGURA 2 - UNIDADES DO DISPOSITIVO EMBARCADO SAINDO DE FÁBRICA.



FIGURA 3 – PCBs FABRICADOS PARA MONTAGEM DO PRODUTO FINAL.

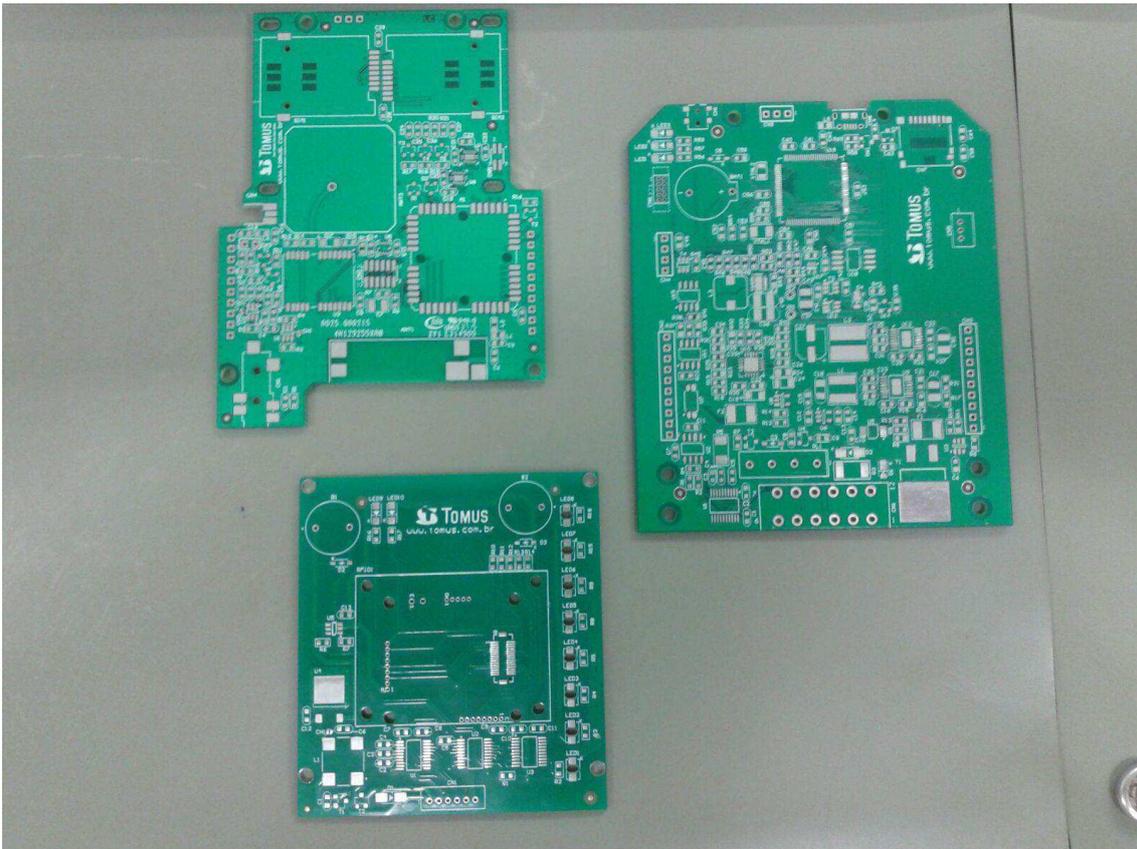


FIGURA 4 – PCBS COM COMPONENTES JÁ SOLDADOS.



FIGURA 5 – UM DOS PRODUTOS DESENVOLVIDOS NA EMPRESA.

