



## **PROJETOS DE EXTENSÃO NA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO. ESTUDO DE CASO: "SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO POR BIOMETRIA" PARA O APRENDIZADO DE SISTEMAS EMBARCADOS, INTEGRAÇÃO E FORMAÇÃO PROFISSIONAL**

**Stéphanie A. Braga** – stephanie.abraga@gmail.com

**Priscylla S. Tavares** – priscyllatavares@gmail.com

**Caio R. F. Barbosa** – caio.raveli@gmail.com

**Érika B. D. Bezerra** – erikabdiniz@gmail.com

**Rogers G. F. Teixeira** – rogerguesdes.ft@gmail.com

**Thiago O. Rodrigues** – thiagoliveira08@gmail.com

**Antônio H. S. Lira** – lira.hugo92@gmail.com

**Jose W. M. Menezes** – wally@ifce.edu.br

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará

Avenida 13 de maio, 2081, Benfica.

60040-531 – Fortaleza – Ceará

**Resumo:** *Com o acelerado crescimento do conhecimento e de novas tecnologias, torna-se cada vez mais difícil o ensino e o aprendizado apenas pela transmissão oral, dentro da sala de aula. Muito do que o estudante, dentro da universidade, precisará saber em sua vida profissional pode ser descoberto por meio de atividades que promovem o aprendizado de forma prática e o coloca diante de um problema que precisa ser solucionado. Nesse contexto, é apresentado nesse trabalho o conjunto de etapas de execução de um projeto desenvolvido pelos integrantes da área de Sistemas Embarcados do grupo GDEST, Grupo de Desenvolvimento de Sistemas de Telecomunicações e Sistemas Embarcados, criado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). São destacados a metodologia, recursos e os novos conhecimentos aplicados em cada etapa, bem como a contribuição que o projeto trouxe aos envolvidos.*

**Palavras-chave:** *Controle de Acesso, Biometria, Arduíno.*

### **1. INTRODUÇÃO**

O mercado de engenharia tem, cada vez mais, passado por mudanças, tanto que, cargos atualmente ocupados por vários engenheiros foram criados nas últimas duas décadas (gerente de projetos, analista de requisitos, arquiteto de *software*, projetista de hardware e vários outros). Dessa forma, um dos grandes desafios da universidade hoje é capacitar o engenheiro para lidar com mudanças e solucionar problemas até mesmo desconhecidos pela comunidade, usando o conhecimento bem fundamentado que a ele já foi transmitido.

É dentro desta perspectiva que a inserção precoce do aluno de graduação em projetos de pesquisa se torna um instrumento valioso para aprimorar qualidades desejadas em um profissional de nível superior, bem como para estimular e iniciar a formação daqueles mais vocacionados para a pesquisa (BEIRÃO, 2010).



Atividades como: trabalhos de iniciação científica, projetos multidisciplinares, visitas técnicas, desenvolvimento de protótipos, monitorias, e outras têm como objetivo o aumento da criatividade, a produção do conhecimento, e a articulação entre teoria e prática, além de permitirem ao aluno uma complementação e atualização do conteúdo ministrado nas disciplinas do curso, contribuindo assim para o desenvolvimento de posturas de cooperação, comunicação e liderança. (PILEGGI, 2005).

O Grupo de Desenvolvimento de Sistemas de Telecomunicações e Sistemas Embarcados (GDESTe), grupo criado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), exige e incentiva que seus integrantes, pesquisadores/desenvolvedores, desenvolvam atividades relacionadas à Ensino, Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I) e Extensão, através do engajamento em projetos, vinculados ou não à iniciação científica e/ou tecnológica.

Os integrantes do grupo são, em sua grande maioria, alunos de cursos Técnicos, Tecnológicos, Engenharia e Mestrado do IFCE, sendo que, a cada ano, são selecionados novos integrantes, na qualidade de voluntários ou bolsistas para os projetos. Esses integrantes têm o incentivo ao aprendizado de novas tecnologias, por meio de ensino, pesquisas e desenvolvimento de sistemas voltados ao mercado de trabalho como pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental e a integração ao meio científico, por meio de bolsas de programas de iniciação científica/tecnológica e da produção de artigos, monografias, minicursos e demais tipos de produção técnica.

De acordo com Beirão (2010), para desenvolver um projeto de pesquisa é necessário buscar o conhecimento existente na área, formular o problema e o modo de enfrentá-lo, coletar e analisar dados, e tirar conclusões. Aprende-se a lidar com o desconhecido e a encontrar novos conhecimentos.

Com base nesses argumentos, nesse trabalho serão apresentadas as etapas de execução de um projeto desenvolvido pelos integrantes da área de Sistemas Embarcados do grupo GDESTe, sendo destacados a metodologia, recursos e os novos conhecimentos aplicados em cada etapa, bem como a contribuição que o projeto trouxe aos envolvidos.

## **2. O SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO**

A concepção inicial do projeto surgiu da necessidade de controlar o acesso do ambiente em que se instala o GDESTe, restringindo, assim, o acesso somente aos alunos e aos professores vinculados ao grupo. O objetivo principal seria a construção de um sistema próprio do grupo, construído no próprio laboratório pelos integrantes da área de Sistemas Embarcados.

O projeto consiste em um sistema embarcado capaz de controlar o acesso do ambiente, habilitando a entrada somente dos membros por meio da biometria, usando como dado biométrico a impressão digital. O controle do acesso é feito por meio de uma tranca elétrica, que será acionada pelo sistema embarcado, habilitando a entrada.

Para fazer a interface com o usuário, o sistema teria um botão e três LEDs de sinalização: o botão é apertado toda vez que um usuário quiser ter acesso ao ambiente, habilitando, assim, o sensor biométrico para reconhecer a impressão digital. Quando o botão é acionado, o LED amarelo é ligado até que o usuário insira o dedo no sensor. Após o reconhecimento da impressão digital, o LED verde ou o LED vermelho será ligado se a digital estiver cadastrada ou se a digital não estiver cadastrada, respectivamente. Se o LED

verde for ligado, simultaneamente um circuito aciona a tranca eletromecânica para fazer a abertura da porta do laboratório. Se o LED vermelho for acionado, a pessoa não estará autorizada a entrar, logo o circuito de acionamento da tranca não será ativado.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Após consolidadas as exigências básicas do sistema e escolhidas as tecnologias e recursos que seriam utilizados, a equipe escolhida para desenvolvê-lo, composta pelos integrantes do GDESTE, iniciou os trabalhos.

#### 3.1. A plataforma *Arduíno*

O projeto *Arduíno* surgiu em 2005 na Itália, com o intuito de se criar um dispositivo capaz de controlar projetos de uma maneira menos dispendiosa, o que o diferencia de outras plataformas similares disponíveis no mercado, e hoje está aberto para uso e contribuição da sociedade como parte do conceito de hardware e software livre.

O *Arduíno* é uma plataforma composta por um hardware, uma placa de entrada e saída, microcontrolada, e desenvolvida sobre uma biblioteca que simplifica bastante a escrita da programação em C/C++, e um ambiente de desenvolvimento *open-source*, multiplataforma, que pode ser configurada em Windows, GNU/Linux e MAC OS.

Ele foi projetado com o intuito de ser de fácil entendimento, programação e aplicação. Dessa forma, pode ser perfeitamente utilizado como ferramenta educacional, sem se preocupar que o usuário tenha um conhecimento específico de eletrônica, mas pelo fato de ter o seu esquema e código de programação *open-source*, chama a atenção de desenvolvedores, que o aperfeiçoam e criam aplicações mais complexas (FONSECA, 2010).

Para os testes iniciais do sistema foi usado o *Arduíno* UNO, ilustrado na Figura 1, que tem como microcontrolador o ATMEGA 328. Esse microcontrolador tem como principais características: 8 bits, suporte a 6 canais PWM (Modulação por largura de pulso), 6 conversores analógicos digitais (ADC), 14 pinos digitais de entrada/saída, 4 *timers*, 2 pinos para comunicação UART (*Universal Asynchronous Receive and Transmitter*).

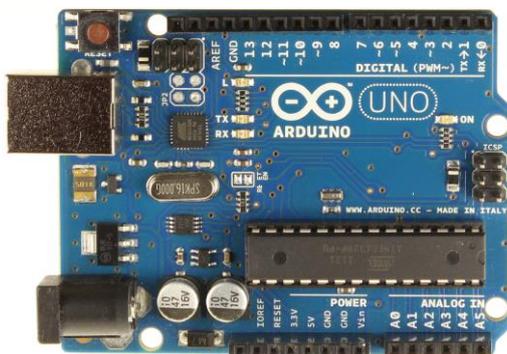


Figura 1 – *Arduíno* UNO.

#### 3.2. O Sensor biométrico

O dado biométrico usado para controlar acesso ao ambiente foi a impressão digital. Para fazer esse controle foi usado um sensor biométrico óptico da *Adafruit*, mostrado na Figura 2. Esse sensor foi escolhido por ser de baixo custo, utilização simples e ser compatível

com a plataforma *Arduíno*, devido à comunicação UART implementada em software ou junto aos pinos da placa e disponibilização de uma biblioteca própria para a plataforma pelo fabricante.



Figura 2 – Sensor Biométrico.

### 3.2.1. Características Gerais

Esse sensor, se conectado a qualquer microcontrolador ou sistema com TTL Serial, é capaz de armazenar as impressões digitais (tirando uma foto), detectar essas impressões e pesquisá-las.

O sensor possui 3 buffers, 1 de imagem, onde cabe uma digital de 256x288, e 2 de *char*, ambos com 512 Bytes de capacidade. Para se cadastrar uma digital, a imagem é coletada e armazenada no buffer de imagem. As informações são extraídas desse buffer e colocadas em um dos buffers de *char*, então é gerado o “modelo” da digital. O sensor não armazena as imagens das digitais na memória *flash*, apenas os modelos. Na Tabela 1 são mostradas as principais características do sensor.

Tabela 1 – Características físicas e funcionais do sensor biométrico.

| <b>Característica</b>       | <b>Parâmetro</b>   |
|-----------------------------|--|
| Tensão de Alimentação       | 3.6 - 6.0 VDC  |
| Corrente de funcionamento   | 120mA max  |
| Interface                   | TTL Serial   |
| <i>Baud Rate</i>            | <i>Baud rate: 9600, 19200, 28800, 38400, 57600 (padrão de 57600)</i> |
| Arquivo de modelo (tamanho) | 512 bytes  |
| Capacidade de armazenamento | 162 modelos  |
| Dimensões totais            | 56 x 20 x 21,5 milímetros  |
| Peso                        | 20 gramas  |

### 3.1.1. Comunicação Serial

O modo de comunicação serial é assíncrono, utilizando a interface UART. Quando há comunicação, são encapsulados em um pacote de dados, a transferência e o recebimento de comandos, os dados e os resultados. O formato do pacote de dados é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Formato do pacote de dados.

| Nome               | Símbolo | Tamanho | Descrição  |
|--------------------|---------|---------|--|
| Header             | START   | 2 bytes | Byte inicial, com valor fixo de EF01H. O primeiro byte é sempre transferido primeiro.  |
| Adder              | ADDER   | 4 bytes | O valor padrão é 0xFFFFFFFF, que pode ser modificado por comando. O primeiro byte é sempre transferido primeiro.   |
| Package Identifier | PID     | 1 byte  | 01H: Pacote de comandos.<br>02H: Pacote de dados.<br>07H: Pacote de reconhecimento.<br>08H: Fim do pacote de dados   |
| Package Length     | LENGTH  | 2 bytes | Refere-se ao comprimento do <i>Package Content</i> mais o <i>Checksum</i> (2 bytes). O comprimento máximo é de 256 bytes. O primeiro byte é sempre transferido primeiro. |
| Package Content    | DATA    | -       | Conteúdo do pacote: pode ser comandos, dados, parâmetros de comandos, reconhecimento de comandos, etc.   |
| Checksum           | SUM     | 2 bytes | A soma aritmética do <i>Package Identifier</i> , o <i>Package length</i> e todos os <i>Package Contents</i> . O primeiro byte é sempre transferido primeiro.             |

### 3.1.2. Instruções

O módulo sensor fornece 23 instruções, identificadas por um código de 1 byte, que combinadas formam a parte funcional do sistema, dependendo da aplicação. Dentre essas funções estão as que são responsáveis pelo cadastro, armazenamento, reconhecimento e pesquisa das impressões digitais. Abaixo, são mostradas as características da instrução *Store*.

- Descrição: Serve para armazenar o modelo especificado do *buffer* (1 ou 2) no local designado da memória *flash*.
- Parâmetro de Entrada: *BufferID* (número do buffer), *PageID* (localização na memória flash).
- Código da Instrução: 06H.
- Parâmetro de Retorno: Código de confirmação (1 byte).

### 3.2. O Firmware

Depois da etapa de escolha do sensor e da plataforma a ser utilizada para a programação do projeto, iniciou-se a construção do *firmware*, o conjunto de instruções programadas no hardware do sistema embarcado para atender as necessidades do sistema. O firmware foi desenvolvido em algumas etapas, descritas abaixo.

#### 3.2.1. A biblioteca Adafruit

A etapa inicial do desenvolvimento do *firmware* partiu da necessidade de realizar a comunicação do sensor biométrico com o microcontrolador. Para essa interação, foi usada uma biblioteca desenvolvida para *Arduíno*, disponibilizada pela fabricante do sensor. A biblioteca é responsável por fazer a parte de comunicação Serial do sensor com o microcontrolador e realizar algumas funções simples, que foram aproveitadas na construção da aplicação do sistema. A Figura 3 mostra o diagrama de classes, feito pela equipe desenvolvedora, da biblioteca *Adafruit\_Fingerprint*.

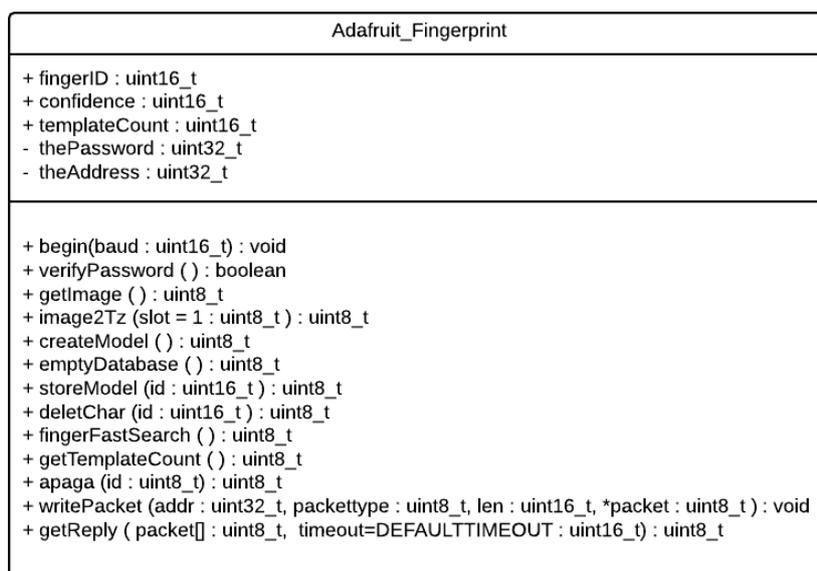


Figura 3 – Diagrama de classes da biblioteca *Adafruit\_Fingerprint*.

Os métodos implementados na biblioteca realizavam algumas funções que foram de total importância na construção da aplicação, porém ainda não atendiam todas as necessidades da aplicação. Dessa forma, foi preciso modificar a biblioteca, criando novos métodos, como o método *apaga*, que tem como finalidade deletar um modelo de cada vez, já que na biblioteca original só continha o método *emptyDatabase*, que esvazia a memória do sensor, apagando todos os modelos cadastrados.

#### 3.2.2. Principais funções

Para atender as necessidades exigidas pelo sistema, foi necessário implementar quatro funções principais: cadastro das impressões digitais (associadas a um número), reconhecimento das impressões digitais, exclusão das impressões e ativação do dispositivo que acionará a tranca elétrica.

A função de cadastro tem o objetivo de armazenar as impressões digitais. Ela foi implementada de modo que as impressões digitais são armazenadas em ordem, iniciando na posição 1, sendo incrementada essa posição cada vez que a função for solicitada.

Já a função de reconhecimento, é a responsável por reconhecer a impressão digital. Quando um dedo já cadastrado é inserido no sensor, é feita uma verificação caso o arquivo correspondente à impressão digital se encontra na memória, se sim, a função retorna o endereço que a digital foi cadastrada, se não, um parâmetro de erro (hexadecimal FF) é retornado.

Para excluir um dedo cadastrado, foi implementado a função de exclusão, que recebe o endereço, *ID*, onde a digital está cadastrada e apaga da memória do sensor o arquivo correspondente a digital. Para excluir todas as digitais, um método da biblioteca original é chamado, esvaziando a memória do sensor.

Para realizar o controle de acesso, por meio do acionamento da tranca elétrica, o microcontrolador manda um sinal, ativando um circuito que acionará a tranca.

### 3.3. O hardware

Durante o desenvolvimento do firmware, todos os testes foram feitos utilizando uma placa de *Arduíno UNO*, ligados a ela os periféricos necessários. Após todos esses testes, obteve-se a versão final do firmware e iniciou-se a etapa de construção da placa de circuito impresso, compondo o sistema embarcado em questão.

A placa de circuito impresso deveria conter o circuito básico para o microcontrolador Atmega 328, o mesmo contido no *Arduíno UNO*, os três LEDs de sinalização, um botão para habilitar o reconhecimento da impressão digital, um circuito com um relé, um circuito de RS232 e o circuito de alimentação da própria placa. Tendo em vista todas essas necessidades, utilizou-se o software *Altium Designer* para a construção do esquemático e do *PCB Designer*. O *PCB* (*printed circuit board*) refere-se à parte do projeto que contém as trilhas e locais dos componentes da placa. Na Figura 5 é mostrado como ficou a parte de *PCB* desenvolvida para o projeto.

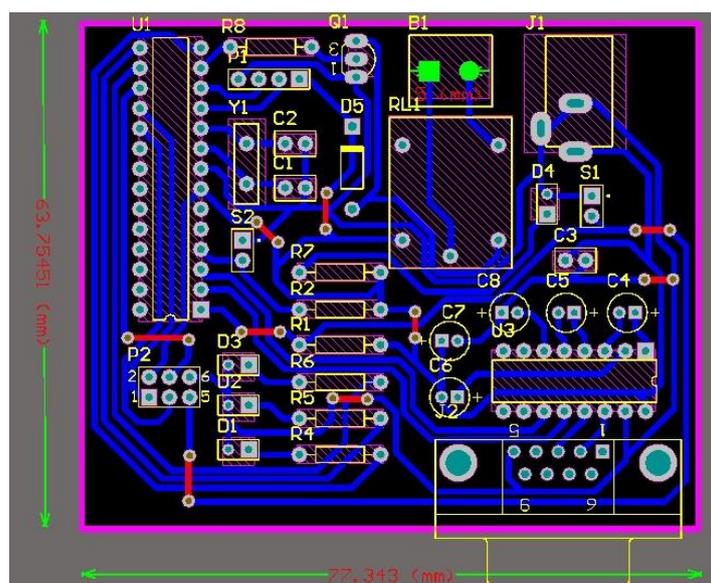


Figura 5 – PCB da placa fina.

Depois de prontos os esquemáticos e o PCB, a placa foi prototipada no próprio laboratório, pelos membros da área de sistemas embarcados, utilizando o processo artesanal nas seguintes etapas:

1. Impressão das trilhas e *pads*, lugar onde serão soldados os componentes da placa, no papel fotográfico.
2. Transferência da parte impressa no papel para o cobre, com o auxílio de uma prensa térmica.
3. Corrosão da parte de cobre que não será útil, deixando apenas as trilhas e os *pads*. Esse processo foi feito utilizando um ácido obtido da dissolução do perclorato de ferro em água. A placa é mergulhada no ácido e deixada por alguns minutos até que esteja completamente corroída a parte do cobre desprotegida. Depois de corroída, é passado um verniz para isolar a parte das trilhas.
4. Depois da etapa acima, foram feitos os furos necessários e os componentes foram finalmente soldados. A versão da placa pronta está mostrada na Figura 6.

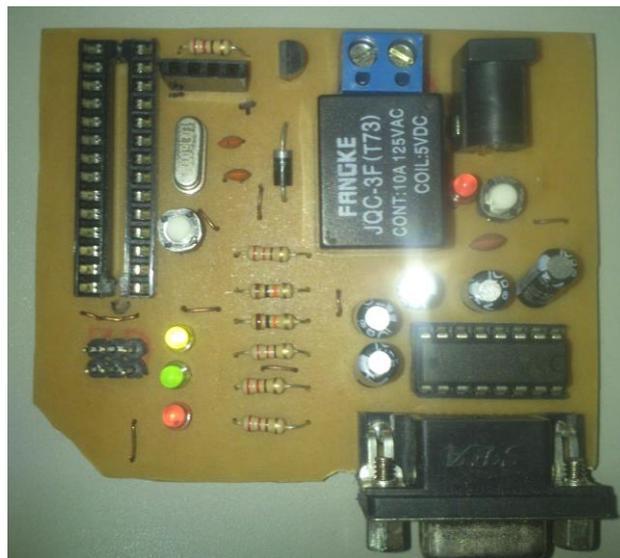


Figura 6 – Placa de circuito impresso finalizada.

### 3.5. A parte final do Sistema embarcado

Depois de ser concluída toda a etapa de firmware e hardware, foi feita a montagem final do sistema. Foi comprada uma caixa plástica e feitos nela todos os furos e adaptações necessárias para acomodar a placa de circuito impresso, o sensor e os fios necessários para a ligação dos mesmos. A versão final do sistema está ilustrada na Figura 7.



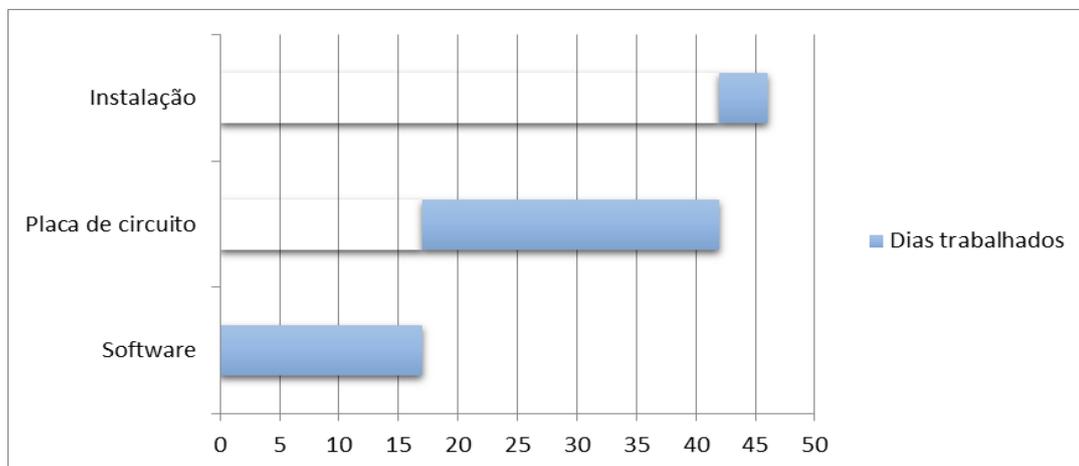
Figura 7 – Versão final do sistema de controle de acesso, na parede de fora do laboratório.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos com a construção do sistema foram de enorme valia para o grupo GDESTE, apesar de ter sido construído apenas pelos integrantes da área de Sistemas Embarcados, e para a instituição de ensino (IFCE), sobretudo o Departamento de Telemática (DTEL).

A parte do grupo que desenvolveu o sistema tirou bastante proveito com todas as etapas da construção, pois para este trabalho foram abordados temas como: gerenciamento de projeto de maneira ágil, circuitos elétricos de comunicação e acionamento de cargas, sensoriamento, controle e automação. Sendo possível aprender, com cada etapa de construção, novas tecnologias ainda não conhecidas pelo grupo e a trabalhar com prazos curtos, como é exigido no mercado de trabalho atual (*time to market*), contribuindo bastante para a formação como futuros técnicos, tecnólogos e engenheiros. O Gráfico 1, um Gráfico de Gantt, indica a quantidade de tempo, em dias úteis trabalhados, (aproximadamente 4 horas), utilizada pela equipe em cada etapa. Todas as etapas foram executadas na sequência mostrada no gráfico. Analisando o gráfico, pode-se perceber que a etapa de software demorou menos tempo que a de hardware, isso se deveu ao fato dos desenvolvedores já conhecerem e apresentarem experiência com a plataforma *Arduíno*. A etapa de construção da placa de circuito impresso constitui-se desde o projeto da placa, análise dos componentes utilizados, construção de esquemático e PCB até a fabricação e testes, por isso levou a maior parte do tempo. Já a instalação do sistema foi bastante rápida, pois outros todos os integrantes do grupo ajudaram nessa etapa.

Gráfico 1 – Gráfico de Gantt do Projeto.



Depois que o sistema de controle de acesso foi instalado, alunos e professores vinculados ao grupo foram cadastrados, e o acesso ficou restrito somente a esses, proporcionando maior segurança e qualidade ao espaço de pesquisa e desenvolvimento. Os projetos em fase de testes podem ser deixados nas bancadas sem receio de que alguém não autorizado furte, mexa ou danifique o funcionamento do projeto, prejudicando o trabalho já feito.

Com a validação do Sistema de Controle de Acesso por Biometria, seus desenvolvedores tiveram novas ideias para integrar ao sistema. A ideia é acrescentar ao sistema a parte de monitoramento, permitida por meio de uma comunicação Web, onde as informações, como data, hora e nome dos integrantes possam ser enviadas para uma página, possibilitando o monitoramento *on-line* das pessoas que entrariam no ambiente. Os desenvolvedores deram outra aplicação ao sistema proposto, com o título de “Monitoramento de ambientes restritos por biometria”, expondo a ideia na I Feira de Hardware e Software, promovida pelo Departamento de Telemática do IFCE, divulgando os trabalhos realizados no laboratório e estimulando outros alunos a participarem do grupo. A Figura 9 mostra os alunos participando da I Feira de Hardware e Software.



Figura 9 – Participação do GDESTe na I Feira de Hardware e Software.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término do projeto, pode-se perceber a contribuição, não só de conhecimento, mas de integração e gerenciamento de projetos, que o sistema proporcionou ao grupo. O fato de ter um protótipo desenvolvido pelos próprios integrantes do grupo, que encontra-se em funcionamento e trouxe bons resultados, leva-os a querer enfrentar novos desafios como pesquisadores, desenvolvedores e futuros profissionais, sobretudo da área de engenharia. Nesse caso, conclui-se que as atividades extracurriculares realmente auxiliam na formação do estudante universitário.

Com o sucesso do sistema instalado no laboratório, a coordenação do Departamento de Telemática está viabilizando a possibilidade de implantação do sistema nos outros laboratórios utilizados para as aulas práticas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beirão, P.S.L. **A importância da iniciação científica para o aluno da graduação.** Boletim UFMG. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/boletim/bol1208/pag2.html>> Acesso em: 27 mai. 2014.

FONSECA, E.G.P.; BEPPU, M.M. **Apostila Arduino.** Disponível em: <[http://www.poli.br/~marcilio/Arduino/Tut\\_Arduino.pdf](http://www.poli.br/~marcilio/Arduino/Tut_Arduino.pdf)> Acesso em: 30 mai. 2014.

Hangzhou Zhian Technologies. **ZFM-20 Series Fingerprint Identification Module – User Manual.** Disponível em: <<http://www.adafruit.com/datasheets/ZFM%20user%20manualV15.pdf>> Acesso em: 30 mai.2014



MOCELLIN, Gionatta *et al.* UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, departamento acadêmico de informática, departamento acadêmico de eletrônica, engenharia de computação. TABiR – Trava com abertura biométrica ou remota, 2013. 103p, il. Monografia (Graduação).

PILEGGI, G.C.F. *et al.* Formação do engenheiro de produção: Participação discente em atividades complementares. Anais: XXXIII – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Campina Grande: UFCG-UFPE, 2005.

### **EXTENSION PROJECTS IN ENGINEERS FORMATION. STUDY CASE: “ACCESS CONTROL SYSTEM USING BIOMETRICS” FOR LEARNING EMBEDDED SYSTEMS, INTEGRATION AND PROFESSIONAL EDUCATION.**

**Abstract:** *With the accelerated growth of knowledge and new technologies, it becomes increasingly difficult teaching and learning only by oral transmission inside the classrooms. A big part of the knowledge that the student who attends the university will need to know in his professional life can be discovered through activities that promote learning in a practical way, and that make him to face a problem that needs to be solved. In this context, it is presented in this paper the set of execution steps of a project developed by members of the Embedded Systems group of GDESTE, Group of Telecommunications Systems and Embedded Systems Development, created at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Ceara (IFCE). The methodology, resources and new knowledge applied to each step, as well as the contribution that the project provided for those were involved are highlighted.*

**Key-words:** *Access Control, Biometrics, Arduino.*