

# **Estudo preliminar da plataforma de desenvolvimento para a disciplina de Introdução à Engenharia Elétrica**

MEMO JK 2013m09d15h1800

Autor – J. Kogler

## **1. Introdução**

Iniciamos pela apresentação de informações supostamente consolidadas em encontros anteriores, as quais foram documentadas na forma de uma ementa e de uma proposta de programa detalhado. Esses dados são aqui fornecidos apenas para servir de referência rápida às discussões sobre a plataforma de desenvolvimento dos projetos didáticos a serem feitos adiante.

A disciplina de Introdução à Engenharia Elétrica, a ser oferecida na versão da EC3 no segundo semestre de 2014 para o curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP, tem os seguintes objetivos, conforme a ementa aprovada (ea):

- ea1. Fornecer ao aluno compreensão das atividades em engenharia no que se refere a identificar necessidades e demandas, enunciar problemas, propor e avaliar alternativas de soluções.
- ea2. Auxiliar no desenvolvimento de habilidades e atitudes necessárias aos projetos de engenharia, tais como: trabalho em equipe, planejamento, coordenação e execução de atividades, desenvolvimento de comunicação oral e escrita, criação de alternativas e critérios para decisões, considerando aspectos técnicos, econômicos, sociais, ambientais e relativos à segurança, realização de escolhas e julgamentos e adoção de postura ética.
- ea3. Introduzir conceitos e desenvolver atividades práticas para dar apoio à execução de projetos de engenharia elétrica.
- ea4. Realizar projetos de engenharia elétrica.

A proposta detalhada (pd) da disciplina, baseada na ementa aprovada e avaliada na reunião de 28 de agosto de 2013, recomendou os seguintes itens (adaptado da pd):

- pd1. Um projeto temático, com um tema global definido para cada ano, para todas as turmas, com os seguintes detalhes:
  - a. O tema deve estar diretamente associado à grande área de Engenharia Elétrica, de forma multidisciplinar, englobando as atribuições de todos os cursos da elétrica.
  - b. O tema deve ser acessível, de domínio e conhecimento público.
  - c. O tema deve estar associado ao desenvolvimento de um protótipo ou prova de conceito ao final do semestre letivo, utilizando um kit didático que será oferecido para cada grupo, em cada semestre.
  - d. A variação do tema entre semestres letivos é recomendada e deve ser estimulada pela coordenação da disciplina.
  - e. A disciplina deve ter um caráter evolutivo e adaptativo ao longo de suas diversas edições, de modo a acompanhar a rápida oferta de novos recursos para o ensino da engenharia, buscando-se a cada semestre avaliar os resultados anteriores e detectar as novidades disponíveis, adequando seu uso às especificações didáticas propostas neste documento.

Os demais itens dos documentos anteriores serão expostos na medida em que se fizerem necessários.

Pretende-se alcançar os objetivos da disciplina através de diversas atividades didáticas, catalisadas pela elaboração do projeto desenvolvido e construído ao longo do semestre. Baseando-se nos itens anteriores, podemos começar nossa análise buscando explicitar os requisitos (rq) que estabeleceriam o tipo e características do projeto a ser feito. Uma sugestão desses requisitos seria:

- rq1. Tema único de aplicação, porém com possibilidades de personalização das soluções adotáveis pelos alunos, de modo que diferentes equipes possam propor soluções distintas em um ou mais detalhes.
- rq2. Possibilitar eventualmente modificações de alguns requisitos do projeto pelos alunos, visando estimular a criatividade dentro do escopo do tema.
- rq3. Cobertura de todas as grandes áreas da Engenharia Elétrica pelo tema, de modo a ilustrar as questões abordadas pelas diversas modalidades de atuação profissional.
- rq4. Oferecer um desafio de natureza prática, realista e plausível, preferencialmente situável no ambiente familiar ao aluno, porém em escala didaticamente acessível à sua condição de principiante.
- rq5. Proporcionar o tratamento de conceitos fundamentais da engenharia elétrica previstos na ementa, consolidados em itens considerados no projeto a ser desenvolvido.
- rq6. Possibilitar o cultivo de alguns hábitos, a saber:
  - a. Procurar conhecer mais sobre a tecnologia envolvida em componentes e partes do projeto;
  - b. Aprender a abstrair os detalhes não essenciais a cada requisito ou tarefa propostos;
  - c. Desenvolver o hábito de efetuar testes e correções à medida que o projeto vai avançando;
  - d. Cultivar o hábito de registrar eventos, ocorrências e modificações concernentes ao projeto;
- rq7. Proporcionar o exercício de algumas práticas, a saber:
  - a. Lidar com alguns tipos de componentes elétricos e eletrônicos interessantes do ponto de vista dos conceitos estudados e necessários para a elaboração do projeto;
  - b. Montar protótipos de circuitos em protoboards e eventualmente usando outros recursos para montagem de circuitos (placas auxiliares, conectores de expansão e similares);
  - c. Aprender a soldar componentes em placas de prototipagem padronizadas ou eventualmente em placas de circuito impresso confeccionadas especificamente para o projeto;
  - d. Familiarizar-se com os rudimentos de uso de aparelhos de medida e visualização de sinais, de acordo com as necessidades requeridas pelo projeto.

Diversos desses requisitos listados acima já foram mencionados em discussões anteriores. Esse conjunto de requisitos produz impactos sobre três aspectos os quais sugerimos considerar separadamente:

- (i) sobre o tema de aplicação para o qual será desenvolvido o projeto,
- (ii) sobre a plataforma de desenvolvimento a ser utilizada no kit de trabalho e,
- (iii) sobre o ambiente de sala de aula ou laboratório onde a disciplina deverá desenvolver-se.

Trataremos a seguir do segundo item, embora algumas pequenas considerações sobre os demais venham a ser feitas quando afetarem esse item. A ordem em que esses temas seriam considerados não é restrita, embora eles não sejam completamente independentes. Mas como se trata de um estudo preliminar, que ainda será reiterado algumas vezes provavelmente, pode-se seguir em qualquer ordem.

## **2. Considerações sobre o tema da aplicação**

Como decorrência do requisito rq3, de cobrir interesses das diversas subáreas da Engenharia Elétrica, a aplicação objeto do projeto a ser desenvolvido pelos alunos, deve envolver os seguintes ingredientes:

- Medição de alguma grandeza física e sua transdução para forma elétrica;
- Controle eletrônico e/ou via software, de algum tipo de variável e sua transdução para forma não elétrica;
- Interação com usuário humano;
- Interação com algum sistema de informações (local e/ou remoto e/ou distribuído);
- Automatização de algum tipo de tarefa ou procedimento;
- Comunicação entre partes mutuamente remotas;
- Provedimento de alimentação adequada a partir da rede de energia elétrica, incluindo-se aspectos proteção e eventualmente acionamento;
- Emprego de componentes modulares e intercambiáveis tanto de hardware quanto de software;

Esse conjunto de itens deve possibilitar que os alunos tenham uma boa apreciação das diversas áreas da engenharia elétrica e deve-se buscar complementar os aspectos considerados no projeto com materiais e leituras adicionais, discussões em classe, ilustrações, visitas, etc. Poderá servir para verificar as futuras propostas de temas de aplicação para projetos, quanto à satisfação do requisito de considerar as diversas subáreas da Engenharia Elétrica.

O impacto desse requisito sobre a escolha da plataforma de desenvolvimento, leva aos seguintes requisitos para a plataforma (rp):

rp1. A plataforma de desenvolvimento deve:

- a. Ser embarcável em um sistema com alimentação e acionamento próprios;
- b. Ser conectada, programada e controlada a partir de um computador digital;
- c. Permitir o interfaceamento com sensores e atuadores analógicos;

O item rp1.a possibilita o estudo e dimensionamento relacionados a consumo de energia e autonomia. O item rp1.b permite que se tenha grande flexibilidade com o tema de aplicação, graças ao uso do computador. Além disso, se escolhida convenientemente, poderá suportar o uso da mesma linguagem de programação com a qual os alunos já tiveram contato no semestre anterior. O item rp1.b atende aos itens de controle, comunicação e acionamento automático.

### **3. Considerações quanto a aspectos didáticos**

Os requisitos rq1, rq2, rq5, rq6.b e rq7 referem-se essencialmente às questões didáticas:

- Estimular a criatividade, sem perder o foco do projeto;
- Manter um nível de abstração adequado ao ponto do curso em que os alunos se encontram (2º semestre);
- Expor detalhes em um grau compatível com os conceitos novos que se deseja introduzir (ou seja, aqueles conceitos específicos de engenharia Elétrica indicados na ementa);
- Proporcionar as diversas atividades práticas preconizadas (uso de componentes, soldagem, prototipagem, medições).

Isso produz impacto sobre a plataforma a ser escolhida, conduzindo aos seguintes novos requisitos de plataforma:

rp2. A plataforma de desenvolvimento deve:

- a. Oferecer a possibilidade de se trabalhar com um nível de abstração suficientemente adequado sempre que se desejar omitir detalhes por razões didáticas;
- b. Por outro lado deve permitir que se exponha os detalhes desejados e apenas aqueles, sem comprometer o entendimento e suscitando a introdução de novos conceitos.

rp3. Também deve oferecer extensões compatíveis com os diversos itens que se quer abordar, sejam no aspecto de montagem e prototipação, quanto à facilidade de se adicionar componentes e módulos que acrescentem mais funcionalidade.

Quanto à soldagem e eventualmente elaboração de placas personalizadas para expansão, sugerimos o seguinte:

- Que não se coloque como obrigatório nesta disciplina o aprendizado e elaboração de placas de circuito impresso enquanto não se dispuser de um laboratório aberto permanente para a disciplina;
- Que se use, nessas circunstâncias, placas de prototipagem com possibilidade de soldagem das conexões com fios (placas com olhais, orifícios metalizados);
- O uso intensivo de protoboards.

### **4. Sumário dos requisitos e comparação de produtos disponíveis**

Em resumo, os seguintes aspectos serão considerados na comparação de produtos candidatos a servirem de plataforma de desenvolvimento a partir do primeiro oferecimento desta nova disciplina:

- Disponibilidade, custo e data de lançamento (para estimar o potencial de obsolescência);
- Compatibilidade com ambiente computacional conhecido pelos alunos (Python);
- Flexibilidade (quantidade de portas específicas e genéricas e de expansões);

As plataformas sugeridas e que são comercializadas no mercado nacional presentemente foram as seguintes: Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone Black e Cubieboard. A tabela a seguir sumariza as características dessas plataformas:

Plataforma	Arduino	Raspberry Pi	BeagleBone	Cubieboard
Preço (US\$)	\$25-30	\$35	\$45	\$50
Versão	Uno R3	B	Black	2
Lançamento (versão)	2010	Setembro 2012	Abril 2013	Junho 2013
Programação	C (IDE) Python (library)	Python, C (local ou remoto via ssh)	Python, C (local ou remoto via ssh)	Python, C (local ou remoto via ssh)
Sist. Operacional	-	Debian (Raspbian – Nativo) Arch Linux ARM, Fedora, FreeBSD, Plan 9, RISC OS, Slackware Linux	Angstrom Linux kernel 3.8 (nativo) Fedora, Ubuntu, OpenSuSE, Android, Debian, FreeBSD, Windows Embedded	Debian (Cubian)  Android 4 ICS, Ubuntu 12.04, Fedora 19 ARM, XBMC, Arch Linux
CPU/Control.	ATMega328 16 MHz	ARM1176JZF-S 700 MHz	Sitara AM3359 ARM Cortex-A8 1 GHz / 2000 MIPS	SoC AllWinnerA20 2x ARM Cortex-A7 1 GHz
I/O Dig. (GPIO)	14	8 (26 pinos exp.)	2x 46 pinos (92)	54
Analog In (ADC)	6	-	7 (12 bit)	-
PWM	6	2	8	-
USB	1	2 Host	1 Client / 1 Host	2 Host
Ethernet	Via shield	10/100	10/100	10/100/1000
RAM	32 KB (flash) 2 KB (SRAM)	512MB DDR3L 400 MHz	512 MB DDR3 2 GB flash	1 GB 4GB flash
Vídeo	Via shield	HDMI + Composto Resoluções: 640x350, 1024x768 (4:3), 1280x720 (16:9), 1280x768 (5:3), 1280x800 (16:10), 1280x1024 (5:4), 1366x768 (16:9), 1400x1050 (4:3), 1600x1200 (4:3), 1680x1050 (16:10), 1920x1080 (16:9), 1920x1200 (16:10)	Micro HDMI + shields  c/ DRM Graphics Resoluções: 1280x1024 (5:4), 1024x768 (4:3), 1280x720 (16:9), 1440x900 (16:10)	HDMI  Resoluções: 1280x720(19:9), 1920x1080(10:9)
Áudio	Via shield	HDMI + Composto	Micro HDMI	HDMI
GPU	-	Broadcom VideoCore IV 250 MHz OpenGL ES 2.0 (24 GFLOPS) MPEG-2 & VC-1 1080p30 h.264/MPEG-4 AVC high-profile decoder and encoder	PowerVR SGX530, 3D 20M Poligonos/s	2x Mali-400MP2
UART	1	1	4	1
EEPROM	1 KB	-	-	-
Tensão (inputs)	5, 7-12 V	3.3 , 5 V	3.3, 5V	5 V
Tensão (sistema)	5 V	3.3, 5 V	5 V	5 V
Expansões	299 (shields)	37 (break-outs)	39 (capes)	-
Outros	-	2x SPI, I2C, JTAG Pi Camera (Ext), No RT clock	LCD, GPMC, JTAG, MMC1, 2x SPI, 2x I2C, 2xCAN Bus, RT Clock, 4 Timers, Camera Ext, FDDI USB to Serial	1x SATA port, I2C, SPI, LVDS
Origem	Itália	Reino Unido	Estados Unidos	China

#### 4.1. Comentários

- Os preços são razoáveis, considerando-se os valores acima, que são os praticados no mercado norte-americano; Os preços encontrados no Brasil são os seguintes:

Preços (R\$)	Arduino Uno R3	Raspberry Pi B	BeagleBone Black	Cubieboard 1
Farnell Newark	105,02	176,00	198,00	-
Multilogica	89,00	250,00	-	-
LojaMundi	-	185,00	239,00	249,00

Embora a comparação tenha sido feita com dados do Cubieboard versão 2, esta ainda não se encontra disponível no mercado nacional. Dada a quantidade, talvez seja mais interessante buscar um fornecedor externo, valendo-se das isenções fiscais.

- Todas as plataformas apresentadas suportam programação via Python, que será (e já foi no presente semestre) a linguagem de programação ensinada no primeiro semestre do curso, antecedendo esta disciplina. A programação do Arduino via Python requer a instalação de uma biblioteca no computador host. As demais plataformas oferecem distribuições do Sistema Operacional Linux com o núcleo básico do Python incluído, porém existem bibliotecas adicionais para uso com as portas de I/O.
- Exceto o Arduino, as demais plataformas apresentadas possuem saída de vídeo e suportam operação via monitor e teclado/mouse USB. Entretanto, também suportam, através da porta Ethernet, operação via shell remota no Linux (ssh). O Arduino é programado através de ambiente de desenvolvimento em C ou Python, executando em computador host.

#### 4.2. Avaliação

As referências indicadas no final deste documento apontam para a seguinte forma de utilização das diversas plataformas: (A – Arduino, R – Raspberry Pi, B – BeagleBone Black, C – Cubieboard)

Tipo de Aplicação	A	R	B	C
Aplicações envolvendo comunicação com a rede local / Internet		X	X	X
Aplicações interfaceando sensores externos	X		X	X
Aplicações alimentadas através de bateria portátil	X			
Aplicações com interfaces gráficas sofisticadas e uso intensivo de multimídia		X		
Aplicações com foco em aprender a desenvolver projetos com hardware	X	X		
Aplicações envolvendo interfaceamento com LEGO Mindstorms	X		X	

Essas avaliações são um sumário das referências indicadas, apenas. Não dispomos ainda de avaliação própria, exceto alguma experiência com a orientação de projetos da disciplina PSI-2222, utilizando Arduino, portanto sem possibilidades de comparação ainda. Mas, avaliando-se com base na tabela de comparação das características das diversas arquiteturas apresentadas, concordamos com o sumário apresentado na tabela acima. Todavia, vale a pena acrescentar os seguintes comentários:

- A disponibilidade de informações acerca do Cubieboard é muito menor que a das demais arquiteturas e, além disso, a qualidade das documentações sobre o Cubieboard não é muito boa;

- As comunidades de desenvolvedores para o Cubieboard e o BeagleBone Black são menores que as de Arduino e Raspberry Pi, possivelmente por esses produtos serem mais recentes. Mas, a comunidade que desenvolve projetos para o BeagleBone Black é mais expressiva que a que desenvolve para Cubieboard. Essas impressões resultam de intensa busca pela Internet, acerca de todas essas plataformas.
- O Arduino é uma plataforma interessante, simples, de baixo custo e flexível, porém ela não se presta claramente aos mesmos objetivos que as demais, e serviria apenas como uma plataforma auxiliar. Portanto, vamos deixá-la fora de cogitação para servir de plataforma base para a disciplina de Introdução à Engenharia Elétrica.
- A plataforma Cubieboard parece ainda necessitar de muitas melhoras na qualidade da documentação e disponibilidade de informações e a versão anterior (v1) é a única disponível no Brasil no momento e ainda assim é a mais cara. Sugerimos que não seja considerada, deixando-se a escolha entre Raspberry Pi e BeagleBone Black.
- Em termos de documentação e tutoriais versus a funcionalidade e potencialidade das plataformas, o Raspberry Pi parece levar maior vantagem sobre o BeagleBone Black na presente situação. Mas o potencial de crescimento do BeagleBone Black parece ser maior e nesse aspecto a MIT Technology Review concorda (ver referências).
- O Raspberry Pi também tem histórico maior, já se encontra em sua segunda revisão e para o escopo da disciplina de Introdução à Engenharia Elétrica, parece ser bastante razoável para os primeiros dois anos pelo menos.
- Em uma escolha rápida, visando apenas o primeiro oferecimento da disciplina de Introdução à Engenharia Elétrica, o Raspberry Pi parece ser a escolha mais recomendável, pois disporia de muito mais material de apoio já existente, livros publicados a respeito e uma grande comunidade de usuários.

## 5. Conclusão

Concluimos pela indicação do Raspberry Pi certamente para o primeiro oferecimento da disciplina em 2014, e sugerimos uma reavaliação desse cenário daqui a um ano. Também julgamos que pelo menos para o segundo oferecimento, em 2015, o Raspberry Pi ainda será bastante satisfatório e possivelmente até mais interessante que no momento, em virtude do possível surgimento de novas expansões.

## 6. Referências

### 6.1. Comparações

<http://www.technologyreview.com/view/514036/beaglebone-black-a-makers-dream/#comments>

<http://lifehacker.com/how-to-pick-the-right-electronics-board-for-your-diy-pr-742869540>

<http://makezine.com/2013/04/15/arduino-uno-vs-beaglebone-vs-raspberry-pi/>

<http://developmentboards.blogspot.com.br/2013/04/raspberry-pi-vs-arduino-vs-beagleboard.html>

<http://www.adafruit.com/blog/2012/06/18/ask-an-educator-whats-the-difference-between-arduino-raspberry-pi-beagleboard-etc/>

<http://siecje.blogspot.com.br/2013/05/beaglebone-black-vs-raspberry-pi-vs.html>

<http://section9.choamco.com/2012/07/beagleboard-vs-beagleboard-xm-beaglebone-vs-raspberry-pi/>

## **6.2. Arduino**

[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Arduino\\_boards\\_and\\_compatible\\_systems](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Arduino_boards_and_compatible_systems)

<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

<http://learn.adafruit.com/arduino-tips-tricks-and-techniques/arduino-uno-faq>

<http://shieldlist.org/>

<https://github.com/HashNuke/Python-Arduino-Prototyping-API>

Margolis, M. – Arduino Cookbook – O’Reilly, 2011

## **6.3. Raspberry Pi**

[http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry\\_Pi](http://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi)

<http://techcrunch.com/2012/10/21/getting-started-with-the-raspberry-pi-is-not-as-easy-as-pie/>

<http://n00blab.com/how-to-set-up-raspberry-pi-without-monitor/>

<http://www.raspberrypi.org/technical-help-and-resource-documents>

<http://www.raspberrypi.org/archives/1417>

<http://code.google.com/p/raspberry-gpio-python/wiki/Main>

<https://www.modmypi.com/raspberry-pi-expansion-boards>

Upton,E., Halfacree,G. – Raspberry Pi User’s Guide – Wiley, 2012

Monk, S. – Programming the raspberry Pi – Getting started with Python – McGraw Hill, 2013

## **6.4. BeagleBone**

<http://en.wikipedia.org/wiki/BeagleBoard>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Direct\\_Rendering\\_Manager](http://en.wikipedia.org/wiki/Direct_Rendering_Manager)

<http://beagleboard.org/Products/BeagleBone%20Black>

[http://circuitco.com/support/index.php?title=BeagleBone\\_Capes](http://circuitco.com/support/index.php?title=BeagleBone_Capes)

<https://github.com/adafruit/adafruit-beaglebone-io-python>

[https://pypi.python.org/pypi/Adafruit\\_BBIO/0.0.17](https://pypi.python.org/pypi/Adafruit_BBIO/0.0.17)

## **6.5. Cubieboard**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Cubieboard>

<http://cubieboard.org/docs/>