

UNIVERSIDADE DE BRASILIA
Faculdade de Tecnologia

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**Proposta de Curso Prático em Algoritmos e Programação
Computadores Utilizando Placa Intel ® Galileo**

Luiz Fernando de Andrade Gadêlha

*Relatório submetido ao Departamento de Engenharia
Elétrica como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro Mecatrônico*

Banca Examinadora

Prof. Alexandre Zaghetto, CIC/UnB
Orientador

Dedicatória

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus, por todas bençãos que me fizeram continuar e todas dificuldades que me fizeram crescer. Dedico este trabalho também à minha família, que esteve comigo em todos momentos da minha formação.

Luiz Fernando de Andrade Gadêlha

Agradecimentos

Agradeço a meus colegas de curso, projetos e ao meu professor orientador por este trabalho

Luiz Fernando de Andrade Gadêlha

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo propor um curso prático em Algoritmos e Programação de Computadores Utilizando a placa Intel® Galileo voltada para alunos de graduação dos curso de engenharia mecatrônica, elétrica e de computação. Tal proposta se fundamenta na noção de que a inclusão de práticas laboratoriais . A disciplina tem como base de desenvolvimento o microcontrolador Galileo e conceitos de eletrônica de todos níveis.

ABSTRACT

This work aims to propose a discipline aimed at undergraduate students for learning development of embedded circuits. This proposal is based on the growing need and popularization of embedded circuits geared to various purposes, such as home automation, building and industrial. The course has the development of basic microcontroller Galileo and electronics concepts of all levels.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO	2
1.2 APRESENTAÇÃO DO MANUSCRITO	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 TEORIAS PEDAGÓGICAS	4
2.1.1 APRENDIZAGEM ATIVA.....	4
2.1.2 TEORIA PEDAGÓGICA DE APRENDIZAGEM ATIVA FOCANDO NA TEORIA DE APRENDIZAGEM POR MASTERIZAÇÃO	6
2.2 METODOLOGIA <i>Scrum</i> PARA DESENVOLVIMENTO AGÍL DE PROJETOS	15
2.2.1 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS CASCATA	15
2.2.2 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS SCRUM.....	16
2.3 CURRÍCULOS RELACIONADOS A ALGORITMOS E PROGRAMAÇÃO DE COMPUTADORES.....	21
2.4 PROPOSTA DE CURSO	24
2.4.1 APRENDIZAGEM POR MASTRIZAÇÃO E SCRUM ADPATADOS AO CURSO DE ALGORITMOS E PROGRAMAÇÃO DE COMPUTADORES	24
2.4.2 PROPOSTA DE USO DE PLACAS DE PROTOTIPAGEM ELETRÔNICA	37
2.5 PLACA INTEL ® GALILEO.....	37
2.5.1 PINAGEM DA PLACA INTEL ® GALILEO.....	38
2.5.2 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E ELETRÔNICAS DA PLACA INTEL ® GALILEO	38
3 LABORATÓRIOS PROPOSTOS	58
3.1 INTRODUÇÃO	58
3.2 PRÁTICA 1: COMEÇANDO A USAR o <i>Galileo</i>	58
3.2.1 PROCEDIMENTOS.....	59
3.2.2 ESQUEMA DE MONTAGEM.....	66
3.2.3 CÓDIGO FONTE.....	66
3.2.4 COMENTÁRIOS.....	67
3.3 PRÁTICA 2: INTRODUÇÃO A LEITURA DE SENsoRES E TIPOS DE VARIÁVEIS	67
3.3.1 PROCEDIMENTOS.....	69
3.3.2 ESQUEMA DE MONTAGEM.....	69
3.3.3 CÓDIGO FONTE.....	70

3.3.4	COMENTÁRIOS	71
4	EMBASSAMENTO TEÓRICO	72
4.1	INTRODUÇÃO	72
4.2	EMBASSAMENTO TEÓRICO - CIRCUITOS ELETRÔNICOS, HARDWARE	72
4.2.1	RESISTOR	72
4.2.2	CIRCUITO - FÓRMULAS E TOPOLOGIAS BÁSICAS	74
4.2.3	DIODO-LED	79
4.2.4	PROTOBOARD.....	82
4.2.5	DIVISOR DE TENSÃO.....	83
4.2.6	POTENCIÔMETRO	85
4.2.7	LDR	87
4.3	EMBASSAMENTO TEÓRICO - SOFTWARE	90
4.3.1	PROGRAMAÇÃO ESTRUTURADA	90
4.3.2	PROGRAMAÇÃO PARA ARDUINO.....	91
4.3.3	USO DE PORTAS DIGITAIS.....	92
4.3.4	PROCESSO DE COMPILAÇÃO	93
4.3.5	DIRETIVAS DE COMPILAÇÃO	96
4.3.6	TIPOS BÁSICOS DE VARIÁVEIS.....	97
4.3.7	CONVERSÃO ENTRE TIPOS DE VARIÁVEIS	99
4.3.8	LEITURA ANALÓGICA - CONVERSÃO ANALÓGICO/DIGITAL	100
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
	ANEXOS	104

LISTA DE FIGURAS

2.1	Níveis de aprendizagem no domínio cognitivo.....	9
2.2	Verbos de descrição de objetivos educacionais a serem usados em cada nível cognitivo.	10
2.3	Tela inicial do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivos educacionais.	10
2.4	Tela inicial do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivos educacionais, retângulo vermelho marcando a região onde o objetivo educacional definido é mostrado.	11
2.5	Definindo uma unidade de ensino.....	11
2.6	Definindo um objetivo de estudo para a unidade de estudo.	12
2.7	Retângulo amarelo destacando os níveis cognitivos.	12
2.8	Selecionando um verbo de um nível cognitivo.	13
2.9	Selecionando a amplitude do estudo a ser realizado.	13
2.10	Selecionando o recursos a ser utilizado para alcançar o obejtivo educacional especificado.....	14
2.11	Selecionando um produto a ser desenvolvido como atividade de masterização.....	14
2.12	Selecionando a quantidade de pessoas por grupo.....	15
2.13	Fluxo da metodologia de desenvolvimento de projeto <i>Cascata</i>	16
2.14	Papel <i>Product Owner</i> , metodologia <i>Scrum</i>	18
2.15	Metodologia Scrum, intersecção entre os papéis	18
2.16	Fluxo da metodologia Scrum	19
2.17	Fluxo de um Sprint dentro da metodologia Scrum.....	20
2.18	Percentagem dos conteúdos tratados na UnB e <i>California Institute of Tecnology</i> que podem ser ensinados utilizando a placa Galileo.....	23
2.19	Plataforma scrumdo: Formato dos quadros Scrum planejados para a disciplina <i>Algoritmos e Programação de Computadores</i>	30
2.20	Plataforma scrumdo: Quadros Scrum criados e objetivos educacionais, segundo a Taxonomia de Bloom escritos <i>Algoritmos e Programação de Computadores</i>	30
2.21	Plataforma scrumdo: Definição de sub-objetivos de um objetivo listado no <i>Product Backlog Algoritmos e Programação de Computadores</i>	31
2.22	Uso do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivo educacional para o nível <i>Conhecimento</i>	31
2.24	Descrição dos pinos da placa Galileo - parte traseira[23]	38
2.23	Descrição dos pinos da placa Galileo - parte frontal[23]	38
2.25	Sinal PWM.....	41
2.26	Figura esquemática do processo de conversão analógico para digital.....	43

2.27	Figura esquemática do barramento serial I2C	44
2.28	I2C - Clock Stretching	44
2.29	Barramento SPI - Um <i>dispositivo mestre</i> para <i>dispositivos escravos</i>	46
2.30	Modelo simplificado de um dispositivo UART	47
2.31	Frame UART para transmissão de 1 byte	48
2.32	Modelo completo de um dispositivo UART	48
2.33	Organização da memória num sistema computacional	50
2.34	Estrutura da célula de memória SRAM.....	50
2.35	Estrutura da célula SRAM com dois inversores.....	51
2.36	Estrutura da célula de memória DRAM	52
2.37	Estrutura da célula de memória DRAM	53
2.38	Exemplo: Topologia Estrela USB	54
2.39	Pinos USB	55
2.40	JTAG monitorando a conexão de um CPU com uma FPGA	56
2.41	Máquina de estados - JTAG	56
2.42	Fluxo de dados num debug JTAG.....	57
3.1	Site para baixar a IDE do Arduino para programação em Galileo.....	60
3.2	Adicionando o Firmware para programar a placa Galileo.....	60
3.3	Realizando o download do Firmware para programação da placa Galileo.....	61
3.4	Selecionando a placa Galileo.....	61
3.5	Serial Galileo: Gadget Serial v2.4	62
3.6	Site para download do Serial da placa <i>Galileo</i>	62
3.7	Atualizando o Driver para a placa Galileo	63
3.8	Selecionando o Driver baixado para atualização.....	63
3.9	Selecionando a pasta onde se encontra o driver baixado.....	64
3.10	Driver atualizado.....	64
3.11	Selecionando a porta COM apropriada	65
3.12	Circuito da prática 1.....	66
3.13	Esquemático do circuito da prática 2.....	69
3.14	Circuito da prática 2 construído numa protoboard.	70
4.1	Exemplo de resistor utilizado em circuitos eletrônicos.	73
4.2	Simbolos de resistor utilizado em circuitos eletrônicos.	73
4.3	Como ler o código de cores de um resistor.	74
4.4	Circuito Simples.....	75
4.5	Primeira Lei de Kirchoff.	76
4.6	Segunda Lei Kirchhoff.	77
4.7	Ligaçao em série de n resistores.	77
4.8	Mesma corrente percorrendo resistores em série.	78
4.9	Componentes conectados em paralelo.	79
4.10	Junção N-P em um diodo.....	80
4.11	Símbolo Diodo	80

4.12	Relação tensão, corrente num diodo e suas regiões de operação	81
4.13	Modelo simplificado de um diodo em polarização direta.....	82
4.14	Protoboard.	83
4.15	Esquemático de um circuito e sua construção numa protoboard.	83
4.16	Modelo de um circuito divisor de tensão	84
4.17	Símbolo de um potenciômetro.	85
4.18	Estrutura de um potenciômetro angular.....	86
4.19	Potenciômetro linear.	86
4.20	Formas de variação da resistência em um potênciometro.....	87
4.21	Formas de uso de um potênciometro angular.	87
4.22	LDR.....	88
4.23	Símbolo do LDR	88
4.24	Gráfico LDR : Resistência X Luminância	89
4.25	Possível circuito a ser utilizado num sensor de luz	89
4.26	Fluxograma de um programa escrito para Arduino.	91
4.27	Fluxograma de um programa escrito para Arduino.	93
4.28	Etapas de interesse para a disciplina <i>Algoritmos e Programação de computadores</i>	94
4.29	Exemplo do processo de pré-processamento	94
4.30	Exemplo de substituição de macro no pré-processamento.	95

LISTA DE TABELAS

2.1	Pontos positivos e negativos da metodologia de desenvolvimento de projetos <i>Cascata</i>	17
2.2	Pontos positivos e negativos da metodologia de desenvolvimento de projetos <i>Scrum</i> ..	21
2.3	Tabela com scores de avaliação das 5 melhores universidades do mundo e das 5 melhores universidades brasileiras.....	22
2.4	Tabela listando as disciplinas na UnB e na <i>California Insitute of Tecnology</i> que possuem currículo similar a disciplina <i>Algoritmos e Programação de Computadores</i> ...	22
2.5	Tabela listando parte dos conteúdos tratados pelas disciplinas na <i>California Insitute of Tecnology</i> e na UnB e levantanto a questão da metodologia de ensino ser uma <i>metodologia ativa</i> e se tal conteúdo pode ser ensinado usando a placa Galileo.	23
2.6	Scrum aplicado à <i>Algoritmos e Programação de Computadores</i>	25
2.7	Pinos Galileo[23]	39
3.1	Prática 1: Começando a usar o <i>Galileo</i>	59
3.2	My caption	68
4.1	Tabela de leitura de valor e tolerância de um resistor.....	74
4.2	Resumo - Ligação em série X Ligação em paralelo.....	79
4.3	Tamanho e faixa de uso para os tipos básicos váriaveis.....	98
4.4	Todos os Tipos de dados definidos pelo Padrão ANSI C, seus tamanhos em bytes e suas faixa de valores.....	99

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos Latinos

A	Área	$[m^2]$
C_p	Calor específico a pressão constante	$[kJ/kg.K]$
h	Entalpia específica	$[kJ/kg]$
\dot{m}	Vazão mássica	$[kg/s]$
T	Temperatura	$[^\circ C]$
U	Coeficiente global de transferência de calor	$[W/m^2.K]$

Símbolos Gregos

α	Difusividade térmica	$[m^2/s]$
Δ	Variação entre duas grandezas similares	
ρ	Densidade	$[m^3/kg]$

Grupos Adimensionais

Nu	Número de Nusselt
Re	Número de Reynolds

Subscritos

amb	ambiente
ext	externo
in	entrada
ex	saída

Sobrescritos

.	Variação temporal
$-$	Valor médio

Siglas

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

Capítulo 1

Introdução

A economia mundial está passando por uma grande revolução neste século. As bases econômicas de muitos países, outrora baseadas em *extração de matérias-primas* e *indústrias de transformação* de tais matérias primas, são agora baseadas em *conhecimento e transmissão de informação* [1]. O desenvolvimento tecnológico da Ciência da Computação é a principal responsável por tal revolução e todas Engenharias e Ciências Exatas são, direta ou indiretamente, influenciados por ela. Neste contexto, são fundamentais os conhecimentos e habilidades relacionadas a Ciência da Computação para o desenvolvimento de todas as Engenharias. Em especial, é importante a revisão da sua forma de ensino e aprendizagem para a realidade na qual vivemos atualmente.[2].

A educação como a conhecemos atualmente foi idealizada na Prússia, no final do século XVII. Tal modelo educacional é chamada de *aprendizagem centrada no professor* ou *aprendizagem passiva*. No modelo de *aprendizagem passiva*, os estudantes são meros receptores do conhecimento oriundo do professor. Tal modelo se adequou bem às necessidades econômicas da época. Nessa época, era exigido do trabalhador habilidades ligadas à pura repetição e obediência[3].

Hoje em dia, principalmente por causa da revolução engredada pela computação, boa parte das universidades no mundo já começaram a modificar seus paradigmas educacionais realizando uma transição da *aprendizagem passiva*) para o modelo de *aprendizagem ativa*) ou *aprendizagem centrada no aluno*). Nesse modelo, o estudante é o principal responsável por sua aprendizagem e o professor é o orientador das experiências de ensino. Com esse modelo, tem-se conseguido obter altos índices de paradigmas ligados à criatividade, liderança, trabalho em equipe, gerenciamento e auto-gerenciamento além de um aumento substancial na motivação dos estudantes, visto que eles podem se apropriar verdadeiramente de seu processo de aprendizagem além terem se mostrado próprios para a aprendizagem e ensino de conceitos ligados à computação[4].

A realidade da educação brasileira, no entanto, não tem acompanhado as tendências supracitadas. Técnicas eficientes de ensino de conhecimentos relacionados ao ensino de Ciências Exatas e Engenharia são parte estratégica para o desenvolvimento de qualquer país. Entretanto, as mudanças nos cursos de engenharia, no Brasil, em geral têm sido relacionadas a simples adição ou supressão de conteúdos, mas não uma revisão profunda das bases de ensino, levando em consideração as transformações atuais[5].

Segundo o jornal *A Gazeta do Povo*, a taxa de evasão no curso de engenharia no Brasil é de aproximadamente 57% [6] e em geral a evasão ocorre nas partes iniciais dos cursos, onde os alunos têm seu primeiro contato com computação . Pode-se afirmar, tendo em vista essa estatística, que o paradigma educacional atual é o maior responsável pelo grande déficit de engenheiros qualificados no Brasil.

Com relação ao ensino de habilidades e conceitos de computação básica, no mundo se observa - não apenas no Brasil - que os estudantes usualmente têm grandes dificuldades de aprendizagem, que o conhecimento e aprendizagem dos alunos tende a se estagnar nos níveis mais rasos de entendimento, de forma que os conhecimentos não são interconectados, mas são apenas específicos ao contexto estudado[7] além de, muitas vezes, se sentirem desmotivados devido a fragmentação do conhecimento nas disciplinas[5, 4]. Tais problemas de aprendizagem também se mostram presentes nos profissionais que saem das faculdades. Boa parte dos profissionais, no Brasil, possuem formação deficiente. Não tem capacidade plenamente desenvolvida para serem *aprendizes-estudantes autônomos*. Tal habilidade é essencial para terem sucesso na economia mundial atual, que é centrada em conhecimento e informação[2].

Para realizar a transição entre o modelo *aprendizagem-passiva* para o modelo *aprendizagem-ativa* , muitas universidades já se utilizam de placas eletrônicas com microcontroladores como Arduino e similares[8]. Nas referências citadas, o ensino de computação básica aliada a projetos práticos tem alcançados grande aumento nos índices acadêmicos dos alunos e diminuição nas taxas de evasão.

Este trabalho tem como objetivo primário a proposta de um curso prático para a disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores* utilizando a placa de desenvolvimento *Intel® Galileo* com dinâmicas pedagógicas próprias do paradigma de *aprendizagem-ativa* de formar a atacar os problemas elencados anteriormente de forma a propor uma disciplina factível a realidade da Universidade de Brasília (UnB).

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é propor para a disciplina de *Algoritmos e Programação de Computadores* um modelo de curso prático de programação.

Busca-se, por meio desta proposta de curso, oferecer um modelo pedagógico mais eficiente para o ensino de programação na linguagem C e o básico de circuitos embarcados. Tal proposta tem como motivação buscar tratar do problema da usual baixa profundidade na aprendizagem de programação e o problema da desmotivação dos alunos, causada por diversos fatores, dentre eles a separação artificial entre as disciplinas.

Neste trabalho são expostos XXXXXXXXXXXX planos de aula prática que contêm uma explicação aprofundada de todos conceitos tratados no laboratório - tanto os conceitos diretamente ligados a programação na linguagem C, quanto os conceitos ligados a circuitos eletrônicos. Em todas descrições do plano de laboratório são também sugeridas formas de organização pedagógicas

para ampliar e aprofundar a aprendizagem dos alunos.

1.2 Apresentação do manuscrito

No capítulo 2 a placa Intel® Galileo é apresentada e todos conceitos relacionados a seus componentes são explicados. São apresentados também as teorias educacionais que dão suporte ao método de *educação ativa*. Por fim, ainda no capítulo 2, é feita a proposta de reformulação da disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores* apresentando um possível plano de ensino para tal disciplina.

Em seguida, o capítulo 3 apresenta as práticas laboratórias planejadas. Nessas práticas, é exposta a lista de conceitos de programação e eletrônica básica tratados, os materiais necessários, os esquemáticos dos circuitos e os códigos a serem utilizados com a placa Intel® Galileo.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

O objetivo deste capítulo é explicitar todos conceitos relevantes deste trabalho relativos a ensino e aprendizagem de Ciências Exatas e Engenharia e a estrutura detalhada da placa Intel® Galileu. Esses estudos servirão de base para a proposição um modelo de aula de programação básica para estudantes de graduação levando em conta os paradigmas de educação mais eficientes dentre os elencados.

2.1 Teorias Pedagógicas

Este trabalho tem como proposta a atualização dos curso de *Algoritmos e Programação de Computadores* seguindo as transformações atuais que apontam para métodos de ensino focados em *educação ativa*, Nesta seção, são apresentados:

- Estudo da teoria pedagógica de aprendizagem ativa focando na teoria de *aprendizagem por masterização*
- Estudo da metodologia SCRUM para desenvolvimento agil de projetos
- Estudo de currículos relacionadas a *Algoritmos e Programação de Computadores*

2.1.1 Aprendizagem Ativa

A aprendizagem ativa é geralmente definida como qualquer método de instrução que envolve os alunos diretamente no processo de aprendizagem. Sob o método de aprendizagem ativa, é demandado dos alunos que eles façam atividades de aprendizagem significativas e constantemente refletem sobre o que estão aprendendo, como estão aprendendo, dificuldades no processo e aplicações de tais conhecimentos[9].

Apesar dessa definição poder incluir atividades tradicionais como a lição de casa, na prática, aprendizagem ativa se refere a a atividades que são introduzidos na sala de aula. O principal

elemento da aprendizagem ativa são a atividade dos alunos e seu envolvimento no processo de aprendizagem.

A literatura indica que esse de modo de instrução possui efetividade similar à tradicional com relação a retenção de muitas informações fatuais a serem relembradas em curto espaço de tempo. Por outro lado, se o objetivo é facilitar a retenção de longo prazo, ajudar os estudantes a desenvolverem habilidades de raciocínio e resolução de problemas ou estimulá-los a aprender um conteúdo em específico a aprendizagem ativa é mais efetiva[10].

A aprendizagem ativa pode ser engredada de diversas formas, mas a mais tradicional é na forma de prática de laboratório. Segundo [11], a implementação de práticas laboratoriais é importante pelos seguintes quesitos:

- Com práticas laboratoriais, o estudante aprende a ser um investigador/experimentador.
- Por meio do laboratório, o estudante pode solidificar, ampliar e até aprender conceitos além dos propostos.
- O laboratório ajuda o estudante a ter discernimento da aplicação dos conceitos aprendidos no mundo real.

Os paradigmas mais utilizados na promoção da aprendizagem ativa são os seguintes:

- **Aprendizagem Baseada em Problema**

A Aprendizagem Baseada em Problemas é um método de aprendizagem no qual, inicialmente, o professor apresenta aos alunos, sem aula expositiva anterior, um problema o qual é sucedido por uma investigação em um processo de aprendizagem centrada no estudante. Junto com um ou mais professores facilitadores (tutores) para identificar e definir problemas correntes, desenvolver hipóteses para explicar o(s) problema(s), e explorar os conhecimentos preexistentes relevantes aos assuntos. Os estudantes estabelecem e exploram o que já conhecem e o que necessitam aprender de forma a progredir no entendimento do(s) problema(s). Os elementos chave do Aprendizagem Baseada em Problema são a formulação de questões que podem ser exploradas e respondidas através da investigação sistemática e auto-dirigida e o teste e a revisão das hipóteses, pela aplicação dos conhecimentos recentemente adquiridos. Essenciais ao processo são a discussão ativa, a análise dos problemas, das hipóteses, dos mecanismos e dos tópicos de aprendizagem, os quais capacitam os estudantes a adquirir e aplicar conhecimentos e a colocar em prática as habilidades de comunicação individual e do grupo, críticas para o ensino/aprendizagem.

- **Aprendizagem Baseada em Projetos**

Aprendizagem Baseada em Projeto ou Aprendizagem por Projeto é uma abordagem pedagógica de caráter ativo que enfatiza as atividades de projeto e tem foco no desenvolvimento de competências e habilidades. Assenta-se sobre a aprendizagem colaborativa e a interdisciplinariedade.

Pode-se dizer, pela natureza do que é um projeto, que a Aprendizagem Baseada em Projeto é um conjunto de aprendizagens interligadas realizadas por meio da Aprendizagem Baseada em Problema, citada anteriormente. Além de todas características da Aprendizagem Baseada em Problemas, a Aprendizagem Baseada em Projetos também oferece ao aluno aprendizagem mais profunda nos seguintes quesitos:

Desenvolvimento de habilidades para o século 21:

Desenvolvimento expírito de exploração:

Organizar-se em torno de questões abertas:

Incluir processos de revisão e reflexão:

Apresentar para o público:

Os resultados de se utilizar as metodologias de aprendizagem ativa são excelentes [12]. Entretanto, a aplicação de tais metodologias é complexa. Alguns dos principais desafios ao se utilizar o paradigma de instrução ativa é conseguir envolver todos os estudantes em atividades produtivas sem sacrificar tempo e recursos importantes no ensino dos conteúdos da disciplina em questão.

2.1.2 Teoria pedagógica de aprendizagem ativa focando na teoria de aprendizagem por masterização

Esta seção trata do paradigma de aprendizagem por masterização e da Taxonomia de definição de objetivos educacionais propostas por Benjamin S. Bloom. Além disso, é descrito um aplicativo, desenvolvido do ambiente de programação QT, cujo objetivo é auxiliar a definição de objetivos educacionais de forma mais clara e precisa.

2.1.2.1 Aprendizagem por masterização

Aprendizagem por Masterização é uma metodologia de ensino proposta por Benjamin S. Bloom em 1968 juntamente com uma Taxonomia própria. Essa metodologia se baseia nas pesquisas de Bloom relacionadas aos *níveis cognitivos de aprendizagem*.

Como mostrado na seção 2.1.2.2, Os níveis cognitivos de aprendizagem são crescentes do mais simples ao mais complexo. Isso significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao próximo nível, o aluno deve ter dominado e adquirido a habilidade do nível anterior. Ao ensinar uma turma sob o paradigma da masterização, a maioria dos alunos (80 a 90%) deve ter masterizado a habilidade proposta para que outro conteúdo possa ser tratado.

Só após conhecer um determinado assunto, alguém poderá compreendê-lo e aplicá-lo. Nesse sentido, a taxonomia proposta não é apenas um esquema para classificação, mas uma possibilidade de organização hierárquica dos processos cognitivos de acordo com níveis de complexidade e objetivos do desenvolvimento cognitivo desejado e planejado.

Os processos categorizados pela Taxonomia dos Objetivos Cognitivos de Bloom, além de representarem resultados de aprendizagem esperados, são cumulativos, o que caracteriza uma relação de

dependência entre os níveis e são organizados em termos de complexidades dos processos mentais.

Encerrando um modo de utilização bastante prático, uma vez que permite, a partir da utilização de uma tabela Domínio Cognitivo perceber qual o verbo a utilizar / aplicar, em função do comportamento esperado, organizando os objectivos de aprendizagem em seis níveis, os quais são, por ordem crescente de complexidade os seguintes.

A metodologia de aprendizagem sob masterização se baseia sob 2 crenças fundamentais:

1. Virtualmente todos estudantes podem aprender todos conteúdos acadêmicos importantes ao nível de excelência
2. A função primária das escolas é definir objetivos de aprendizagem e ajudar todos estudante a alcançá-los.

Para que um curso baseado em masterização tenha sucesso, são seguintes características são mandatórias:

- Indicar claramente objetivos e metas instrucionais.
- Garantir clara ligação entre objetivos, ensino e testes.
- Comunicar grandes expectativas de sucesso aos alunos.
- Unidades de ensino pequenas e sequenciadas.
- Manter o ciclo básico de ensino-teste-correção-teste.
- Predefinir os padrões de maestria de conhecimento.
- Manter registros claros e atualizados de progresso dos alunos de forma comprehensível para os estudantes para fornecer feedback imediato.
- Comprometimento ao desenvolvimento da equipe nas práticas de *masterização*.

A chave para a eficácia do método de aprendizagem por masterização reside na disponibilização sistemática e uso de testes e instruções corretivas. corretiva.

Instrução corretiva, por sua própria natureza, deve ser direcionada a alunos pessoalmente e em portanto a problemas e dificuldades pessoais. Este processo será flexível em termos de:

- a) Tempo: O tempo necessário, nas unidades iniciais, para utilização de instruções corretivas irá reduzir tal necessidade em unidades futuras e mais complexas, permitindo que a turma, possa, em sua maioria, atingir o nível de masterização.
- b) Estratégias de Grupo:

As estratégias de agrupamento devem incluir a instrução grupo inteiro, aulas em grupo pequeno, tutoria entre pares, e tutoria individual. As decisões serão tomadas à luz dos testes

de formação e recursos disponíveis. O agrupamento de alunos para corretivos será depende unicamente no feedback de teste de formação com permissão de movimento de maestria para subgrupos de não-mestria, caso seja identificada a necessidade. A associação a grupos não deve permanecer constante.

- c) Variedade: Os professores e instrutores devem possuir uma gama diversificada de teste e instruções corretivas. Estudantes que masterizaram o conteúdo no primeiro teste formativo, devem ser envolvidos em atividades de ampliação de conhecimento no mesmo conteúdo masterizado, preferencialmente, e em atividades de tutoria em par para estudantes que ainda não masterizarão o conteúdo.

O fluxo da metodologia de masterização é o seguinte:

1. **Definição de objetivos educacionais:** Neste ponto, os objetivos educacionais são determinados pelo professor usando um currículo especificado ou não. Tanto professor quanto alunos devem compreender e focar nos objetivos especificados.

2. **Ensino:** Inicialmente, uma turma seguindo a metodologia de masterização se assemelhará com a metodologia tradicional. O material poderá ser apresentado via aulas, apresentações, demonstrações, discussões ou qualquer forma que o professor considerar mais conveniente. As duas características mais importantes de diferenciação em sala da aula da teoria de masterização em relação a teoria tradicional rapidamente devem ser evidenciados. A primeira característica é a seguinte: **O objetivo de cada aula deve ser claramente exposto.** A segunda característica é a seguinte: O professor deve explicitar aos estudantes que **ele acredita que todos estudantes podem aprender bem o material e espera que eles assim o façam.**

3. **Primeiro teste formativo:**

Depois que todo material foi passado (o que pode levar um dia ou várias semanas), o professor realiza o teste formativo para verificar a aprendizagem dos alunos. Esse teste não conta como nota para graduação final. Ele serve para que tanto professor quanto alunos saibam onde mais trabalho é necessário. Esse passo é necessário para a existência de feedback contínuo e identificação de erros na dinâmica de grupo.

4. **Alternativas de aprendizagem:**

Após o primeiro teste formativo, é fornecido aos estudantes alternativas de aprendizagem. Aqueles que tiveram problemas no teste formativo serão reensinados de formas diferentes para corrigir os erros. Aqueles que já masterizaram o material participarão de atividades de enriquecimento e/ou ajudarão os estudantes que não masterizaram o conteúdo.

5. **Segundo teste formativo (ou reteste):**

Depois que as alternativas de aprendizagem foram concluídas, o professor deve realizar um segundo teste relacionando ao mesmo material. Assumindo que após isso, a maioria dos

estudantes pode masterizar o material, então, a turma está pronta para o processo conteúdo e o fluxo volta para o primeiro ponto de enumeração.

6. Teste geral:

Esse teste deve ser realizado após a masterização de um número predeterminado de unidades. Esse teste informará ao professor e estudantes o que foi aprendido até então

2.1.2.2 Taxonomia dos objetivos educacionais - Taxonomia de Bloom

A taxonomia dos objetivos educacionais (Taxonomia de Bloom) é um modelo de estruturação de objetivos educacionais segundo níveis hierárquicos e crescentes de níveis de aprendizagem. A taxonomia de Bloom foi planejada para três domínios distintos de aplicação [13]. São eles:

- Domínio cognitivo, cuja abrangência é a aprendizagem intelectual.
- Domínio afetivo, cuja abrangência está ligada aos aspectos de sensibilização, socialização e graduação de valores
- Domínio psicomotor, cuja abrangência está ligada a habilidades de execução de tarefas que envolvem o aparelho motor.

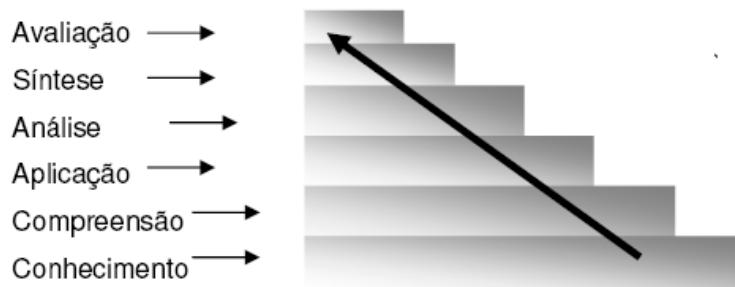


Figura 2.1: Níveis de aprendizagem no domínio cognitivo

Cada um destes domínios tem diversos níveis de profundidade de aprendizado. Por isso a classificação de Bloom é denominada hierarquia: cada nível é mais complexo e mais específico que o anterior como mostrado na Figura 2.1.

Os níveis cognitivos de Bloom são usados para definir *objetivos educacionais* de forma precisa. A Figura 2.2 mostra os verbos a serem usados para se definir objetivos educacionais para cada dos níveis citados de acordo com a Taxonomia de Bloom.

Um objetivo educacional definido segundo a taxonomia de Bloom segue o seguinte padrão:

"O(s) aluno(s) será(ão) capaz(es) de (**Verbo próprio do nível cognitivo considerado**) (**Conteúdo estudado**)."

Um exemplo de aplicação para o caso de primeiro nível cognitivo, no estudo de equações diferenciais:

"O aluno será capaz de **definir** o que são **equações diferenciais**."

	COMPREENSÃO	APLICAÇÃO	ANÁLISE	SÍNTSE	AVALIAÇÃO	
CONHECIMENTO	Apontar Arrolar Definir Enunciar Inscriver Marcar Recordar Registrar Relatar Repetir Sublinhar Nomear	Descrever Discutir Esclarecer Examinar Explicar Expressar Identificar Localizar Narrar Reafirmar Traduzir Transcrever	Aplicar Demonstrar Dramatizar Empregar Ilustrar Interpretar Inventariar Manipular Praticar Tracar Usar	Analisar Calcular Classificar Comparar Contrastar Criticar Debater Diferenciar Distinguir Examinar Provar Investigar Experimentar	Armar Articular Compor Constituir Coordenar Criar Dirigir Reunir Formular Organizar Planejar Prestar Propor Esquematizar	Ajuizar Apreciar Avaliar Eliminar Escolher Estimar Julgar Ordenar Preferir Selecionar Taxar Validar Valorizar

Figura 2.2: Verbos de descrição de objetivos educacionais a serem usados em cada nível cognitivo.

2.1.2.3 Programa desenvolvido em QT para auxílio na definição de objetivos educacionais

Para este trabalho, foi criado um aplicativo na plataforma de programação QT® para facilitar a definição de objetivos educacionais de acordo com a Taxonomia de Bloom.

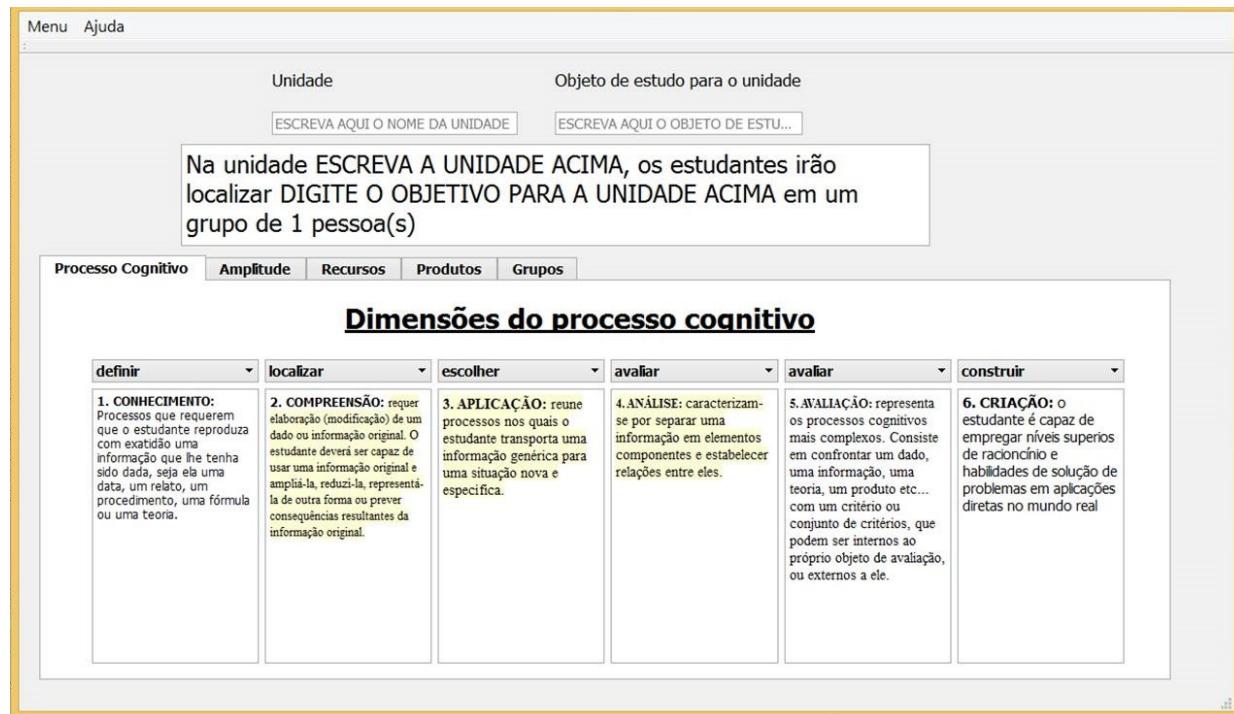


Figura 2.3: Tela inicial do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivos educacionais.

A Figura 2.3 mostra a tela inicial do aplicativo desenvolvido. Na região de inserção de texto Descrita por **Unidade**, deve-se escrever de qual unidade de ensino se está tratando. Na região textual central, marcada na Figura 2.4, é mostrado resultado do objetivo educacional definido.

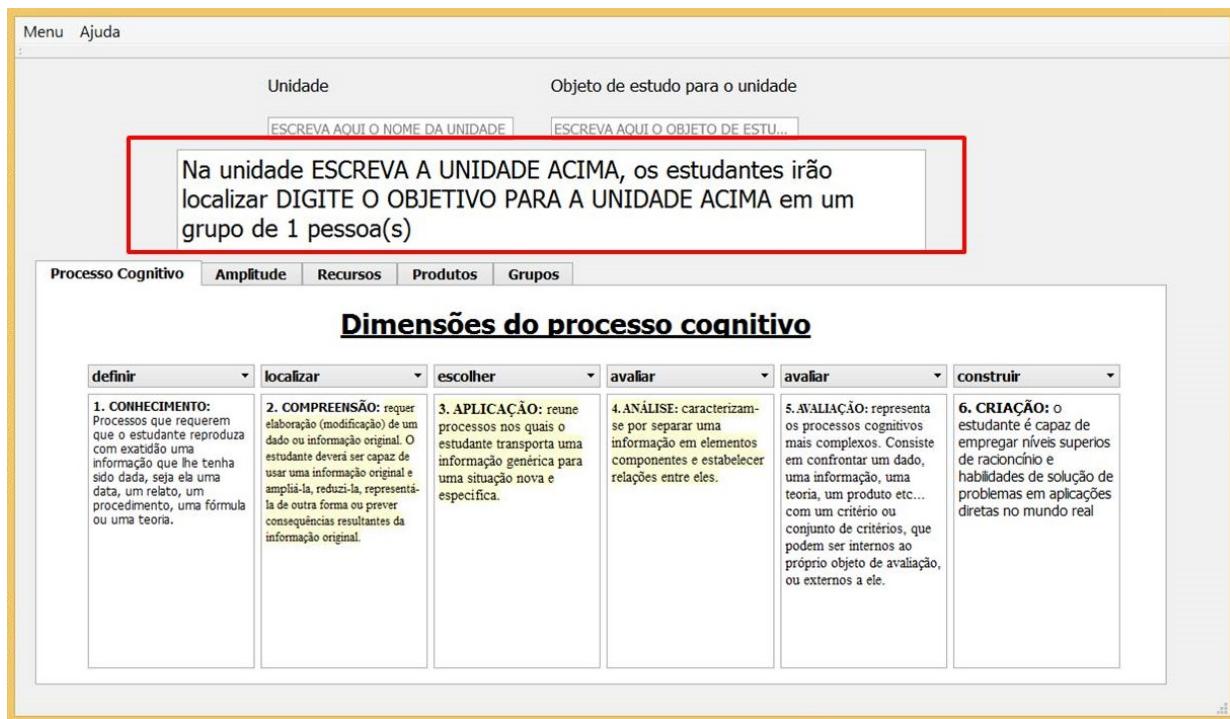


Figura 2.4: Tela inicial do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivos educacionais, retângulo vermelho marcando a região onde o objetivo educacional definido é mostrado.

A Figura 2.5 mostra o resultado, na região textual central , da definição do **Unidade**.

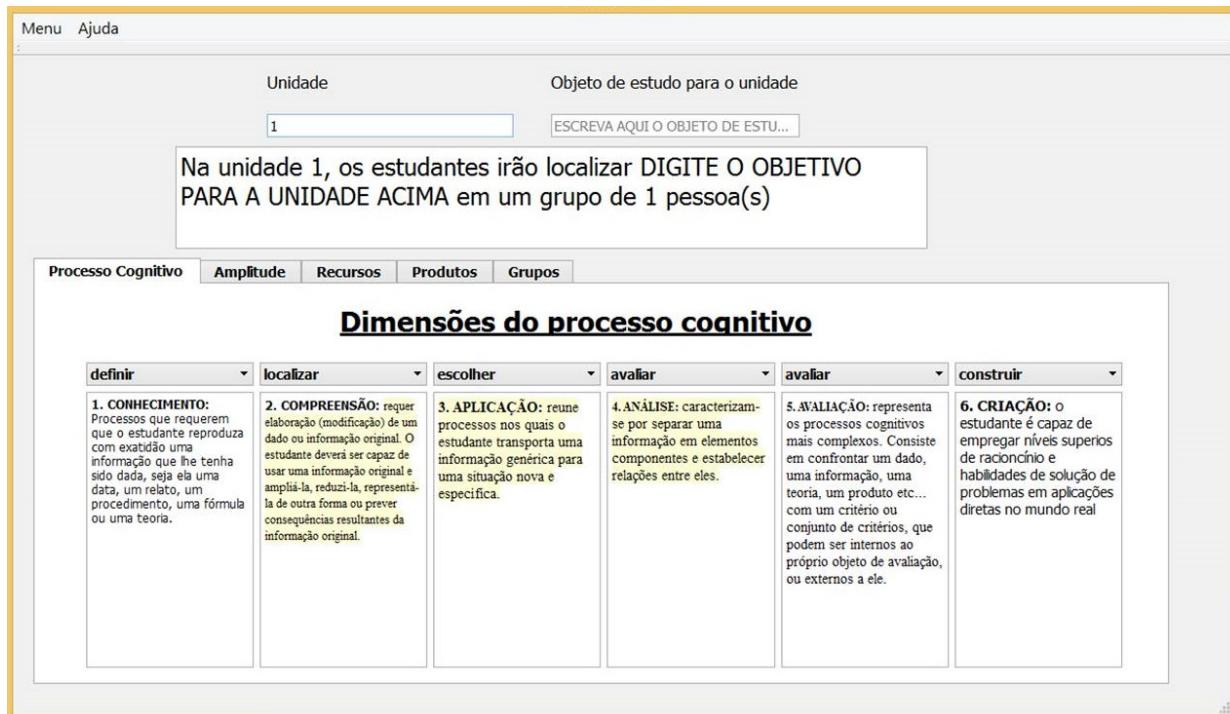


Figura 2.5: Definindo uma unidade de ensino.

A Figura 2.6 mostra o resultado, na região textual central , da definição do **Objeto de estudo** específico para a **Unidade** definida.

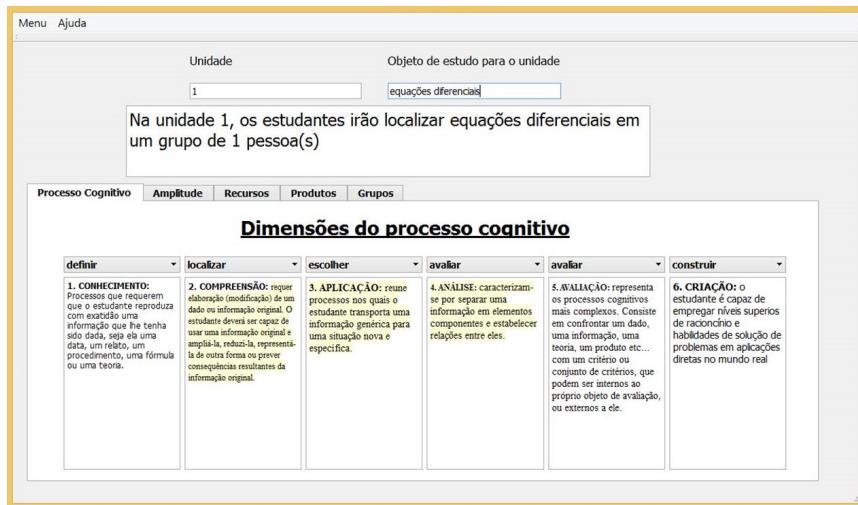


Figura 2.6: Definindo um objetivo de estudo para a unidade de estudo.

A Figura 2.7 mostra os níveis do processos cognitivos da Taxonomia de Bloom.

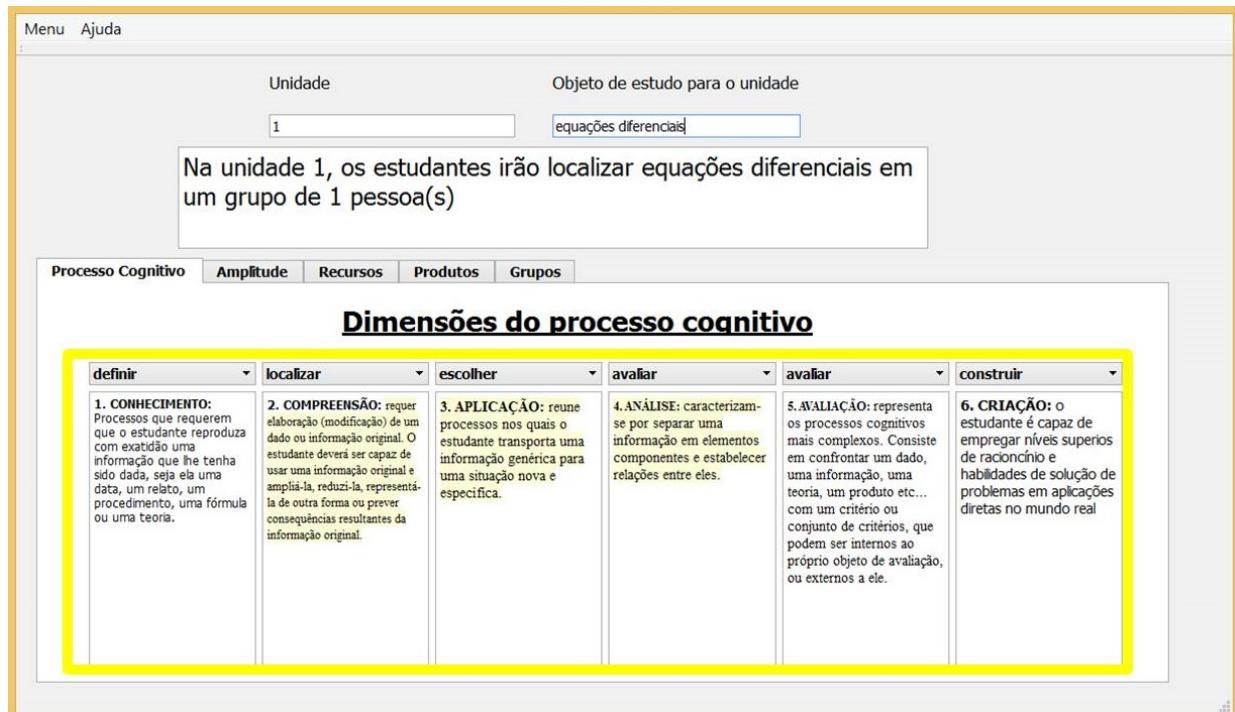


Figura 2.7: Retângulo amarelo destacando os níveis cognitivos.

Cada *Combo-box* mostrado possui os verbos associados a cada nível cognitivo. Quando um verbo é selecionado, o objetivo educacional exposto na região retangular é alterado, como exposto na Figura 2.8.

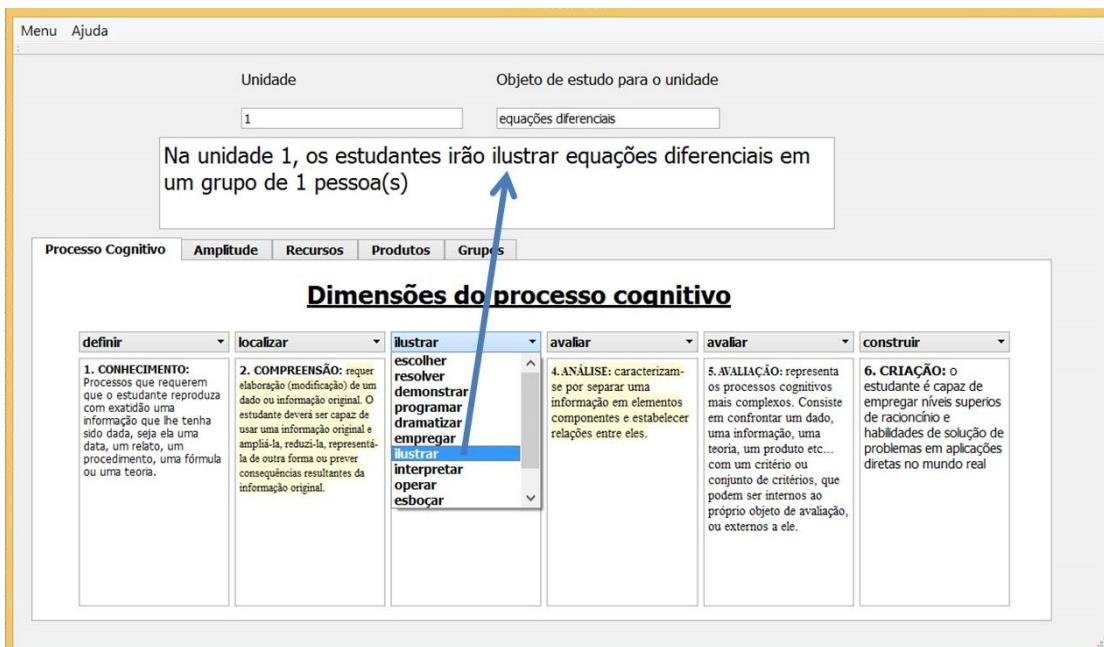


Figura 2.8: Selezionando um verbo de um nível cognitivo.

Na aba *Amplitude*, são selecionados modificadores para especificação do objetivo educacional. A Figura 2.9 mostra o uso do modificador para alterar o objetivo educacional adicionando o modificador "o objetivo geral".

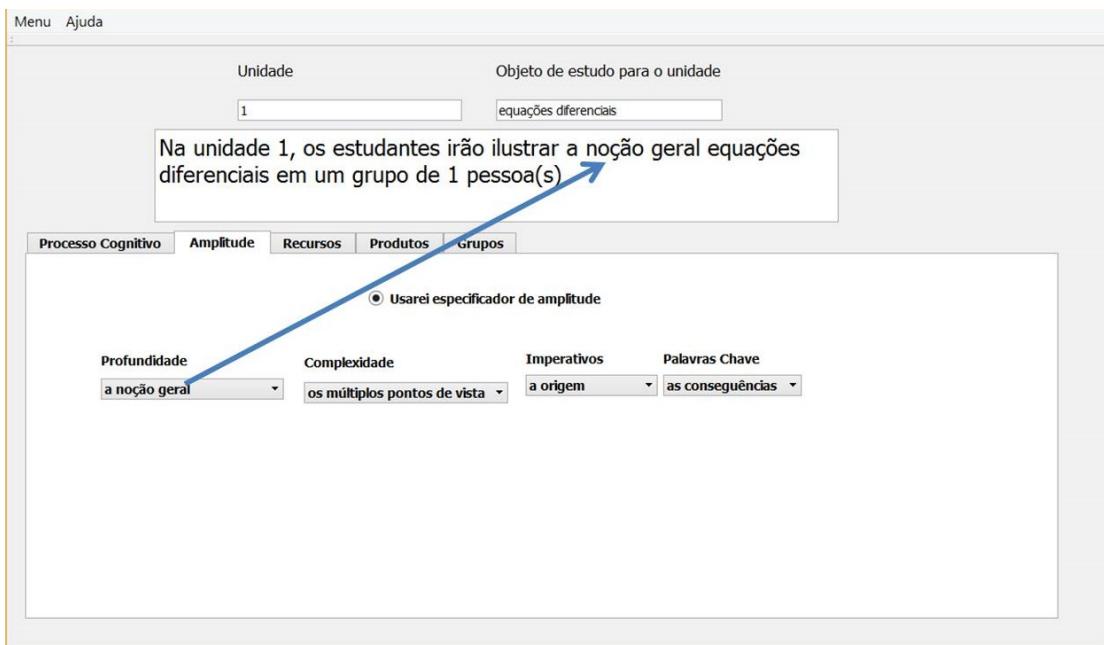


Figura 2.9: Selezionando a amplitude do estudo a ser realizado.

Na aba *Recursos*, são especificados recursos com os quais os estudantes realizarão atividades em direção à masterização do conteúdo. A Figura ?? mostra o uso do especificador para alterar o objetivo educacional adicionando o recurso "livro".

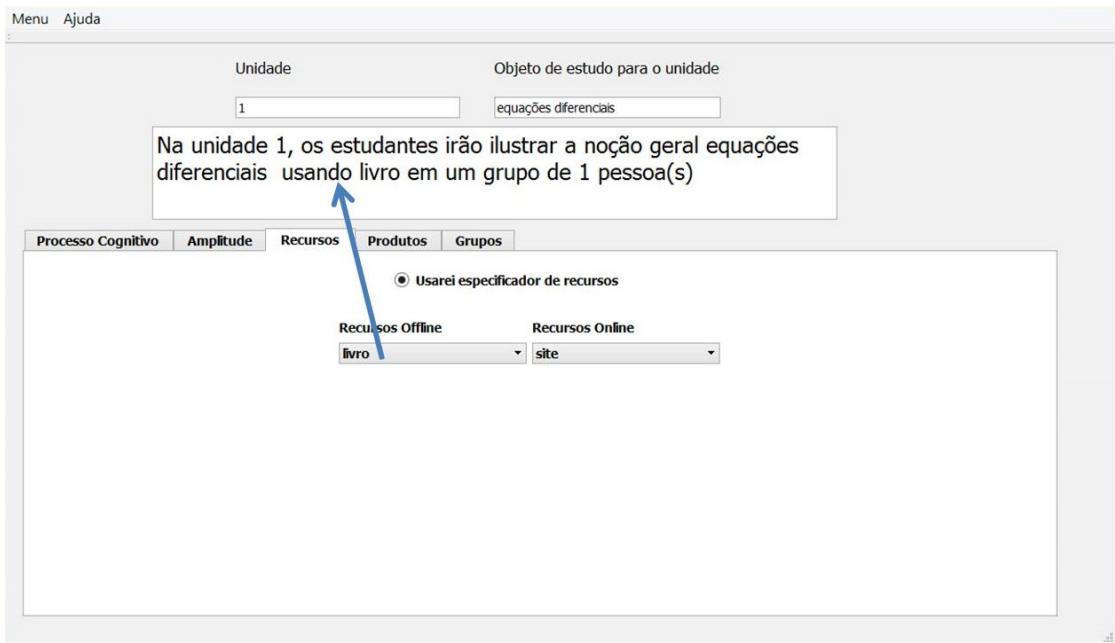


Figura 2.10: Selecionando o recursos a ser utilizado para alcançar o obejtivo educacional especificado.

Na aba *Produtos*, é especificado o que os alunos desenvolverão para atingir o objetivo educacional especificado. A Figura 2.11 mostra o uso do especificador de produto a ser desenvolvido para alterar o objetivo educacional adicionando o objetivo de produzir um "artigo".

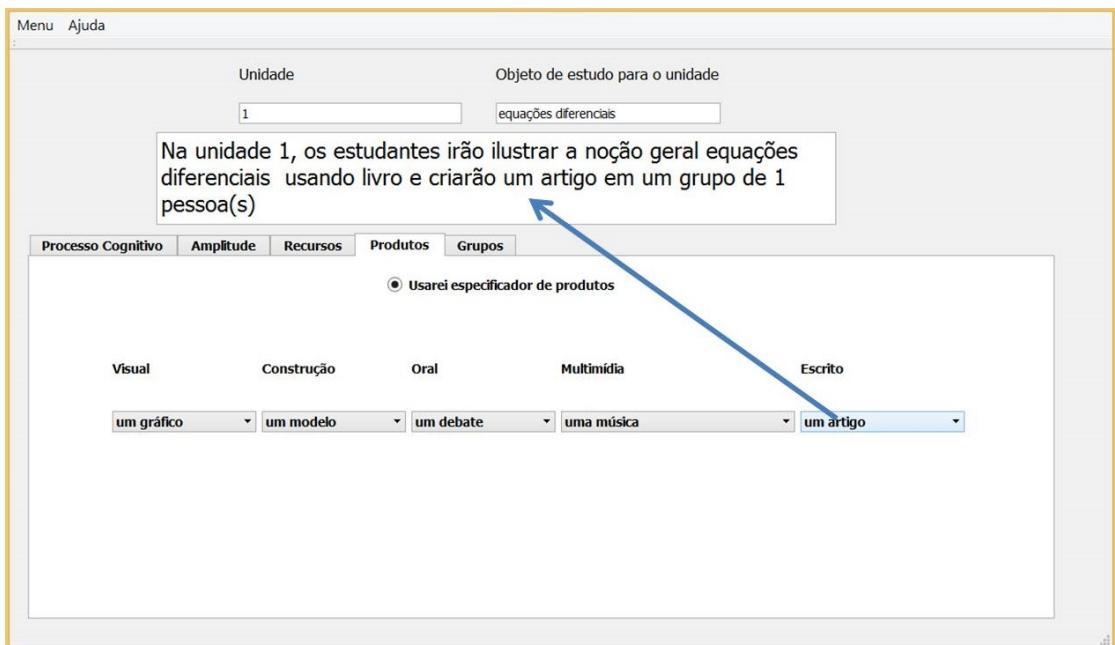


Figura 2.11: Selecionando um produto a ser desenvolvido como atividade de masterização.

Finalmente, na aba *Grupos*, é especificado a quantidade de alunos por grupo que realizarão, conjuntamente as atividades de masterização. A Figura 2.12 mostra a alteração da quantidade de

pessoas por grupo para, por exemplo, 4 pessoas.

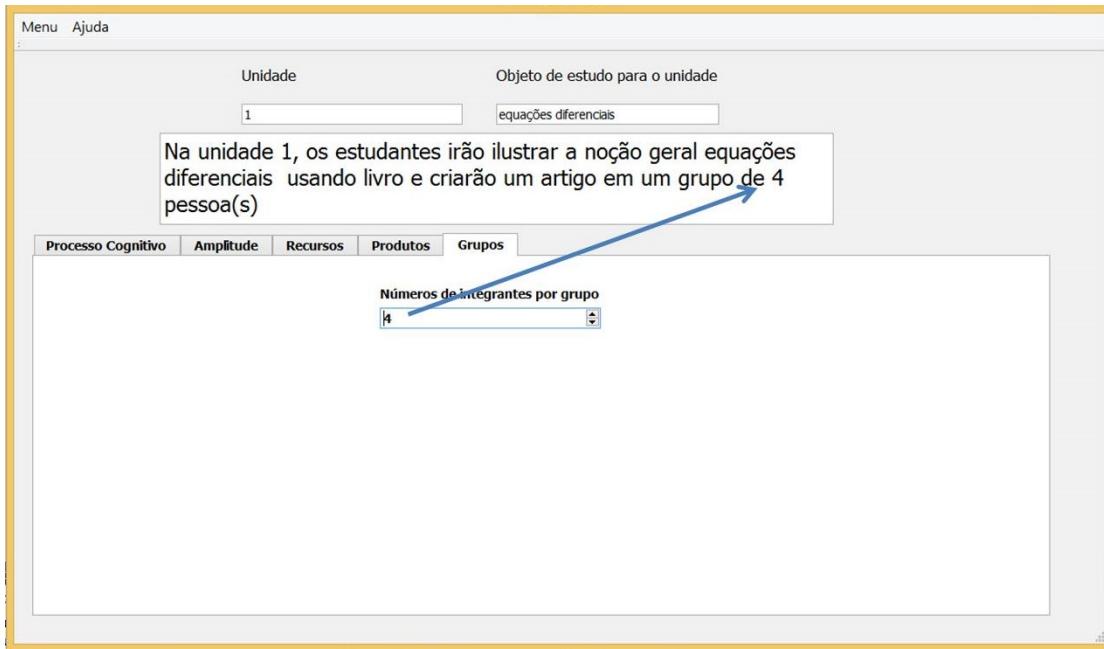


Figura 2.12: Selecionando a quantidade de pessoas por grupo.

2.2 Metodologia *Scrum* para desenvolvimento ágil de projetos

Scrum é um metodologia ágil de desenvolvimento de projeto que surgiu no contexto de engenharia de software. O termo ágil se aplica nesse contexto para ser um contraste a metodologia em *Cascata* (metodologia clássica) de desenvolvimento de projetos de software. Enquanto na metodologia *Cascata*, foca-se principalmente em *processos* e na obediência a eles, na metodologia Scrum, foca-se na *melhora contínua* e *entrega constante de valor*.

Apesar de suas origens, tanto a metodologia em *Cascata* com o *Scrum* são amplamente utilizados no mais diversos campos.

Nesta seção, descreve-se rapidamente a metodologia de desenvolvimento de projetos *Cascata*, para depois apresentar uma descrição detalhada da metodologia de desenvolvimento de projetos *Scrum*, a qual é a metodologia a ser aplicada no curso *Algoritmos e Programação de Computadores* proposto.

2.2.1 Metodologia de desenvolvimento de projetos *Cascata*

A Figura 2.13 mostra um breve resumo das fases que devem ser obedecidas na metodologia de desenvolvimento de projetos *Cascata*. São elas:

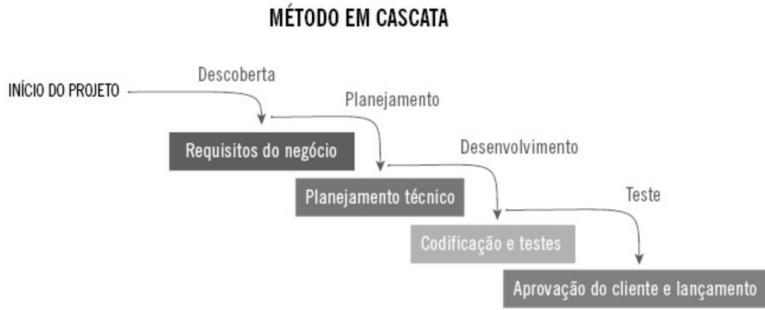


Figura 2.13: Fluxo da metodologia de desenvolvimento de projeto *Cascata*

1. Análise e descoberta de requisitos de negócio
2. Planejamento de produto (Design)
3. Implementação (codificação)
4. Testes
5. Entrega do produto ao cliente (instalação)
6. Manutenção

Todas etapas mostradas nessa figura são sequenciais planejadas extensivamente pela equipe de projeto, produzindo, nesse intervalo entre etapas, um conjunto amplo de documentos.

Muitos argumentam que a metodologia em *Cascata* torna o desenvolvimento do projeto muito engessado [14]. Os pontos positivos e negativos da metodologia de desenvolvimento de projeto *Cascata* são mostrados na tabela 2.1.

O principal problema, pontuado por pesquisadores [15], quanto à metodologia *Cascata*, é, como mostrado na tabela 2.1 a falta de dinamicidade, especialmente quanto a definição de pre-requisitos de projeto. Uma vez que a primeira fase do projeto, colhimento de requisitos, é concluída, não mais os requisitos são revistos. Isso causa, muitos problemas de retrabalho, em especial, nas fases finais e atrasos grandes.

2.2.2 Metodologia de desenvolvimento de projetos Scrum

A metodologia *Scrum* de gerenciamento de projeto surgiu como contraste à metodologia *Cascata* tratada na seção 2.2.1 sendo uma metodologia ágil de desenvolvimento de projetos.

A metodologia Scrum é uma metodologia a ser desenvolvida em pequenas equipes, chamadas *Time ou Equipe Scrum* e suas principais características são a revisão frequente dos **requisitos de projeto**, a melhora contínua e o **acréscimo de valor direto** acima da obediência a cronogramas e processos (Próprios de metodologias similares a metodologia Cascata).

Os papéis, na metodologia Scrum, são os seguintes:

Tabela 2.1: Pontos positivos e negativos da metodologia de desenvolvimento de projetos *Cascata*

Pontos positivos	Pontos negativos
Documentação detalhada	Começo de projeto lento
Requerimentos de projeto totalmente colhidos e acordados no início do projeto	Requerimentos fixos e dificilmente modificáveis
O projeto pode ser desenvolvido por pessoas ainda inexperientes.	Sem acompanhamento do projeto pelo cliente e outros stakeholders até o projeto estar concluído
Número de defeitos reduzido por meio de planejamento e desenvolvimento mais rigoroso	Pouca flexibilidade para mudar a direção e modus-operandi do projeto.
Início e fim de cada estágio plenamente definidos, permitindo acompanhamento mais eficiente do progresso.	Clientes e Stakeholders possivelmente podem alterar os requisitos de projeto após a fase de início de projeto

- **Scrum Master:** O *Scrum Master* é o responsável por manter a *Equipe Scrum* nas diretrizes do processo Scrum. Ele deve treinar e orientar os demais participantes. Além disso, ele é responsável por proteger a equipe Scrum de pertubações externas alheias ao projeto incentivando tal equipe na tomada de decisões para torná-la progressivamente mais autogerenciável. Com relação a todos envolvidos no projeto, além da equipe Scrum, o *Scrum Master* deve zelar pela visibilidade do progresso do projeto para que a verificação e gerência sejam processos compartilhados.
 - **Product Owner:** O *Product Owner* é representado a "voz do cliente". Como a Figura 2.14 mostra, o *Product Owner* atua como "ponte" entre a equipe desenvolvimento e os *Stakeholders* (*Pessoa com interesse direto no produto*). Ele deve entender as necessidades e prioridades dos *Stakeholders* e passar claramente os ***critérios de aceitação*** para a equipe de desenvolvimento
 - **Equipe Scrum:** As equipes Scrum são auto-organizadas e multidisciplinares. Como tal, ela deve escolher a melhor forma de desenvolver seus trabalhos ao invés de serem comandadas por outros de fora da equipe. Equipes multidisciplinares possuem todas as competências necessárias para desenvolverem seus trabalhos sem dependerem de outros que não fazem parte da Equipe Scrum. O modelo da Equipe Scrum é desenvolvido para otimizar a flexibilidade, criatividade e produtividade.
- Equipes Scrum entregam produtos iterativamente e incrementalmente maximizando a oportunidade de feedback. Entregas incrementais de produto "pronto" garantem que uma versão do produto potencialmente utilizável está sempre disponível para uso.

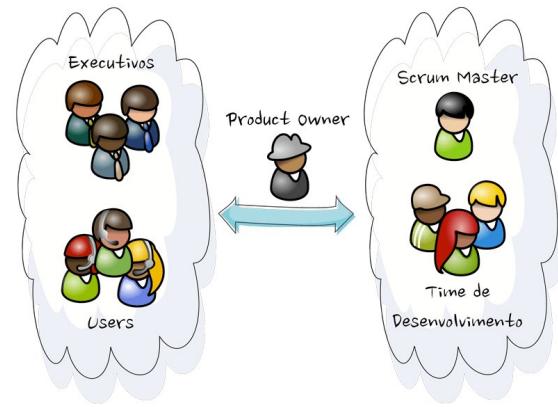


Figura 2.14: Papel *Product Owner*, metodologia *Scrum*

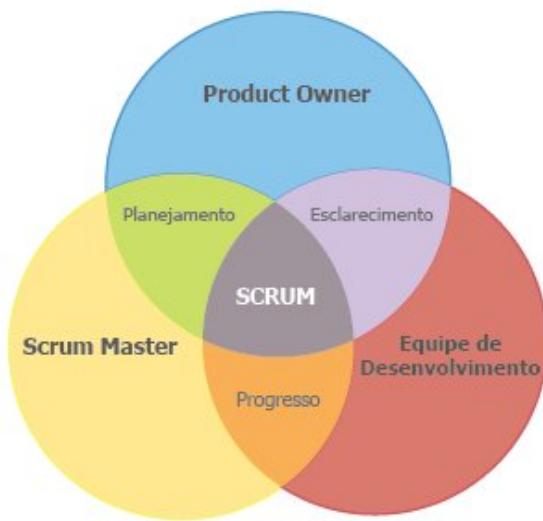


Figura 2.15: Metodologia Scrum, intersecção entre os papéis

A Figura 2.15 mostra a intersecção entre os papéis da metodologia Scrum de acordo com suas respectivas tarefas.

A Figura 2.16 mostra em resumo o fluxo a ser estabelecido na metodologia Scrum. Tal fluxo segue a seguinte enumeração:

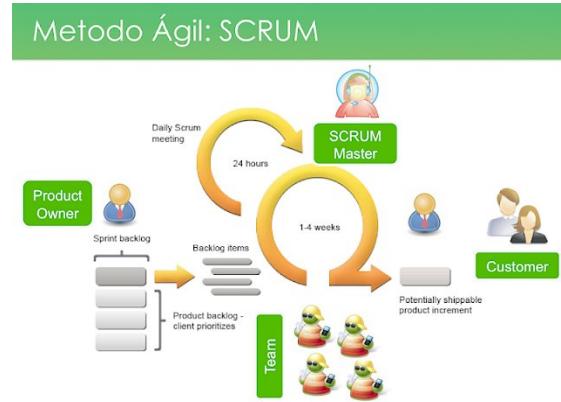


Figura 2.16: Fluxo da metodologia Scrum

- **Fase 1 - Início:** Para a fase inicial de um projeto Scrum, devem se desenvolvidas as seguintes passos:

1.1) Criar Visão de Projeto: Descrição da necessidade ou desejo dos clientes e as características do produto que resolvem as necessidades. Sendo elas necessidades relacionadas a:

Características funcionais: Características que descrevem uma funcionalidade direta do produto.

Características não funcionais: Características ligadas a eficiência e eficácia do produto ao realizar uma de suas características funcionais.

1.2) Para descrever as necessidades ou desejo dos clientes, devem ser criadas *User Stories* no formato: "Como um (*Tipo de Usuário*), eu quero, poder fazer (*Característica Funcional*)".

- **Fase 2 - Plano de Projeto e Estimações:**

2.1) Critérios de aceitação são criados (a ser feito pelo Product Owner juntamente com o Scrum Team).

2.2) Scrum Master e time estimam o esforço necessário para desenvolver as User Stories.

2.3) Scrum master e time se comprometem a desenvolver o produto de acordo com as Epics (Conjunto de User Stories) e critérios de aceitação.

2.4) User Stories são divididas em subtarefas para criar uma Task List.

2.5) Time Scrum se reune para decidir quais tarefas serão realizadas na Sprint (Sprint Backlog).

- **Fase 3 - Implementação:**

Na fase de implementação, o trabalho é dividido em ciclos curtos de trabalho, de 1 a 4 semanas de duração, como mostrado na Figura 2.17. Esse ciclos são chamados de *Sprints*. Cada Sprint tem sua lista de tarefas (*Task List*) própria.

As responsabilidades da Equipe Scrum na Fase 3, são as seguintes:

- 3.1) Criar os "entregáveis" do SPRINT.
- 3.2) Realizar reuniões diárias rápidas de no máximo 15 minutos para discutir problemas e progresso.
- 3.3) Atualizar o quadro Scrum de (A FAZER , FAZENDO, FEITO) a cada dia de trabalho.

- **Fase 4 - Revisão e Retrospecto :**

A fase de *Revisão e Retrospecto* é realizada ao final de cada Sprint. As responsabilidades da equipe Scrum na Fase 4 são"

- 4.1) Os entregáveis do Sprint são mostrados para os Stakeholders.
- 4.2) Essas reuniões são feitas para garantir a aprovação do produto desenvolvido e fazer os ajustes necessários o mais rápido possível.
- 4.3) O Scrum Master e o time Scrum se reunem para discutir o que foi aprendido no Sprint.
- 4.4) Informação é documentada para futuros Sprints.

Após a conclusão dessas 4 fases, o projeto Scrum chega a sua finalização. As informações colhidas a cada Sprint são guardadas para projetos Scrum futuros.

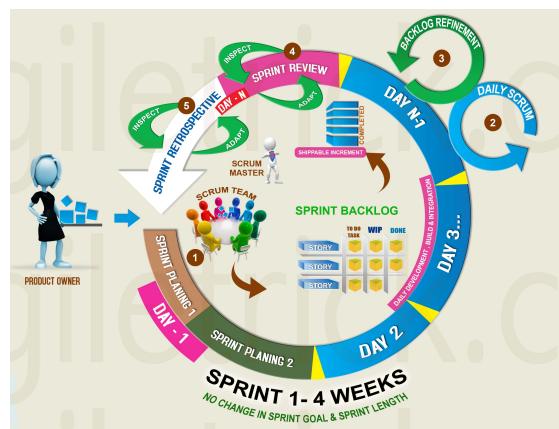


Figura 2.17: Fluxo de um Sprint dentro da metodologia Scrum

A tabela 2.2 faz um resumo dos pontos positivos e negativos próprios de metodologias ágeis de desenvolvimento de projeto, como a metodologia Scrum.

Tabela 2.2: Pontos positivos e negativos da metodologia de desenvolvimento de projetos *Scrum*

Pontos positivos	Pontos negativos
Início rápido, entrega de produto realizada incrementalmente com revisão de clientes e feedback frequentes	Muitas vezes, o planejamento Scrum pode ser interpretado como mau-planejado e indisciplinado
Verificação frequente da evolução dos requerimentos do cliente	Necessita de um time altamente qualificado e pronto a interagir com clientes diretamente
Resposta rápida a mudanças	É necessário um alto nível de envolvimento dos clientes no projeto.
Menos retrabalho a ser feito, por causa do envolvimento do cliente, testes contínuos e feedback frequente.	Falta de planejamento de longo prazo detalhado
Comunicação de tempo real entre time de desenvolvimento e clientes	Pouca documentação produzida

2.3 Currículos relacionados a Algoritmos e Programação de Computadores

Fez-se, para os estudos de currículo, uma breve pesquisa das 5 melhores universidade mundiais e as cinco melhores universidades no Brasil. Os resultados de tal estudo são mostrados na tabela 2.3. A universidade de Brasília (UnB) está, atualmente, entre as 800 melhores universidades e é a quinta melhor universidade brasileira.

Os índices utilizados pela instituição de pesquisa *timeshighereducation* são os seguintes:

1. Score Ensino
2. Score Panorama Internacional
3. Score Impacto na Indústria
4. Score Pesquisa
5. Score Citação

Como dito em [16], pode-se concluir, sem perda de exatidão, que tais índices são totalmente dependentes e proporcionais à qualidade de ensino nas universidade em questão.

UNIVERSIDADE	PAÍS	POSIÇÃO	SCORE MÉDIO	SCORE ENSINO	SCORE PANORAMA INTERNACIONAL	SCORE IMPACTO NA INDÚSTRIA	SCORE PESQUISA	SCORE CITAÇÃO
Universidade de Brasília	Brasil	800	20	21.9	24.1	20	7.4	10.4
Universidade Pontifícia Católica do Rio de Janeiro	Brasil	600	20	24.5	31.3	100	24.1	23.1
Universidade Federal do Rio de Janeiro	Brasil	600	20	32.4	25.1	42.9	19.7	18.3
Universidade de Campinas	Brasil	400	20	44.6	21.1	49.4	42.3	22.6
Universidade de São Paulo	Brasil	300	20	59.1	25.3	30.5	57.1	20.4
University of Chicago	EUA	10	87.9	85.7	65	36.6	88.9	99.2
ETH Zurich – Swiss Federal Institute of Technology Zurich	Suiça	9	88.3	77	97.9	80	95	91.1
Imperial College London	Reino Unido	8	89.1	83.3	96	53.7	88.5	96.7
Princeton University	EUA	7	90.1	85.1	78.5	52.1	91.9	99.3
Harvard University	EUA	6	91.6	83.6	77.2	45.2	99	99.8
Massachusetts Institute of Technology	EUA	5	92	89.4	84	95.4	88.6	99.7
University of Cambridge	Reino Unido	4	92.8	88.2	91.5	55	96.7	97
Stanford University	EUA	3	93.9	92.5	76.3	63.3	96.2	99.9
University of Oxford	Reino Unido	2	94.2	86.5	94.4	73.1	98.9	98.8
California Institute of Technology	EUA	1	95.2	95.6	64	97.8	97.6	99.8

Tabela 2.3: Tabela com scores de avaliação das 5 melhores universidades do mundo e das 5 melhores universidades brasileiras.

Pesquisou-se o currículo da UnB e o currículo da universidade *California Institute of Technology* para disciplinas com ementa similar ao de *Algoritmos e Programação de Computadores*. O resultado de tal pesquisa é mostrado na tabela 2.4.

Fez, também, uma pesquisa mais aprofundada do conteúdo programático de tais disciplinas. O resultado de tal pesquisa é mostrado na tabela 2.5.

Universidade - Curso	Disciplina
CalTech - Applied + Computacional Mathematics	Introduction to Matlab and Mathematica
CalTech - Computer Science	Introduction to Computer Programming
UnB - Engenharia Mecatrônica	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia de Computação	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia de Produção	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Ciência Da Computação	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia Eletrônica	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia de Software	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia AeroEspacial	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia Automotiva	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia de Energia	Algoritmos e Programação de Computadores
UnB - Engenharia Engenharia de Redes	Computação para Engenharia

Tabela 2.4: Tabela listando as disciplinas na UnB e na *California Insitute of Tecnology* que possuem currículo similar a disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*.

CONTEÚDOS CALTECH	JÁ ENSINADO COM APRENDIZAGEM ATIVA	PODE SER ENSINADO COM GALILEU?	CONTEÚDOS UNB	JÁ ENSINADO COM APRENDIZAGEM ATIVA	PODE SER ENSINADO COM GALILEU?
Desenvolvimento de programas em Python	No	Yes	Linguagem C	No	Yes
Resolução de equações diferenciais não-lineares, Transformada rápida de Fourier, EDO	No	No	Introdução Hardware. Software.	No	Yes
vetorização, scripts e funções, arquivos de entrada e saída, arrays, estruturas, strings	No	Yes	Iteração e recursão	No	Yes
Desenvolvimento de programas em Matlab	No	Yes	Entrada e saída de dados	No	Yes
Estruturas de controle: condicional e repetição	No	Yes	Estruturas de controle: condicional e repetição	No	Yes
Noções de programação estruturada e orientada a objeto	No	Yes	Noções de programação estruturada	No	Yes
Testes e depuração	No	Yes	Testes e depuração	No	Yes

Tabela 2.5: Tabela listando parte dos conteúdos tratados pelas disciplinas na *California Institute of Technology* e na UnB e levantanto a questão da metodologia de ensino ser uma *metodologia ativa* e se tal conteúdo pode ser ensinado usando a placa Galileo.

Para cada conteúdo identificado, procurou-se saber também se ele era tratado de seguindo algum paradigma moderno de *Educação Ativa* e, se pela natureza do conteúdo, seria possível utilizar a placa Galileo no processo de *ensino-aprendizagem*.

A proporção de conteúdos que poderiam ser ensinados com a placa Galileo é mostrada na Figura 2.18.

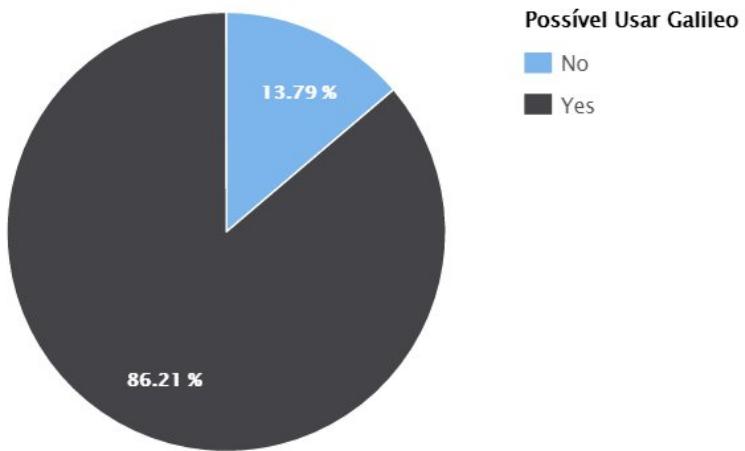


Figura 2.18: Percentagem dos conteúdos tratados na UnB e *California Institute of Technology* que podem ser ensinados utilizando a placa Galileo.

Pode-se concluir, pelas informações colhidas nesta seção, que a mudança currricular da disciplina

Algoritmos e Programação de Computadores e disciplinas similares em outras faculdades é possível. Tal mudança curricular em direção à aprendizagem ativa, além de trazer grandes benefícios à qualidade do ensino [17][18], também pode ajudar a formação de novos profissionais alinhados com as competências mais exigidas no século XXI, como proatividade e independência [19].

2.4 Proposta de curso

Para se construir um projeto Scrum, como exposto na seção 2.2, para o contexto educacional da teoria de masterização de habilidades proposta por Bloom, os seguintes passos são necessários:

1. Realizar adaptação dos princípios e fluxo da metodologia Scrum, em conjunto com os princípios da metodologia de *masterização de habilidades* para o contexto educacional desejado.
2. Definir os objetivos educacionais na forma de *características de produto* utilizando a taxonomia de Bloom para criar as *User Stories* e *Epics* e definir os critérios de aprovação para cada objetivo de masterização.
3. Criar atividades com a placa Galileo de acordo com o conteúdo programático estabelecido

Cada uma das atividades listadas acima será tratada, neste trabalho, em uma seção em separado.

2.4.1 Aprendizagem por mastriação e Scrum adaptados ao curso de Algoritmos e Programação de Computadores

Nesta seção é apresentada uma proposta de adaptação da metodologia Scrum para aplicação na disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*.

A tabela 2.6 mostra um resumo de todo fluxo mostrado na figura 2.17 e, ao lado, a proposta de adaptação:

Tabela 2.6: Scrum aplicado à *Algoritmos e Programação de Computadores*

	Scrum	Scrum + Masterização de habilidades
Por que utilizar Scrum?	<ul style="list-style-type: none"> -Uso de ciclo curtos de desenvolvimento e revisão(Sprints) -Revisão frequente dos requisitos de projeto a cada Sprint - Melhoria contínua -Valor agregado acima de obediência a cronograma e processos - Entrega contínua de Valor 	<ol style="list-style-type: none"> 1)Verificação, de níveis de aprendizagem frequentes 2)Aumento, a cada Sprint, da responsabilização pessoal dos alunos com relação a seus estudos

	Scrum	Scrum + Masterização de habilidades
Papéis	<ul style="list-style-type: none"> - Product Owner Representante da voz do cliente -Scrum Master Gerente do time Scrum responsável por certificar-se que os princípios Scrum estão sendo seguidos pela equipe e também responsável por coletar os requisitos de projeto junto ao Product Owner -Time Scrum ->Equipe responsável por desenvolver os requisitos de projeto descritos, inclusive, por meio de User Stories 	<p>Product Owner - Professor</p> <p>Scrum Master - Professor (enquanto os alunos não estiverem familiarizados com a metodologia Scrum e prontos para auto-gerência de seus estudos)</p> <p>Time Equipe Scrum - Equipe de até 4 estudantes responsáveis (sem contar o professor) por concluir, conjuntamente, os objetivos de aprendizagem descritos por meio da taxonomia de Bloom.</p> <p>A equipe Scrum deve eleger um representante novo a cada Sprint para se comunicar diretamente com o professor (Scrum Master) e planejar as atividades e meios de verificação conjuntamente</p>

	Scrum	Scrum + Masterização de habilidades
Fase 1 - Início Definição de projeto	<p>1) Criar visão de projeto 2) Identificar Scrum Master e Stakeholders 3) Formar Time Scrum 4) Desenvolver Epics (Conjunto de user stories) 5) Criar conjunto prioritário de características do produto 6) Criar um plano de desenvolvimento do produto em Sprints sequenciais</p>	<p>1),Criar objetivos educacionais com a taxonomia de Bloom 2)Scrum Master = Professor Stakeholders =,alunos, familias, governo,etc 3) Formar grupos de 3 ou 4 alunos , preferencialmente não amigos e com características complementares 4) Dividir os objetivos educacionais em módulos 5) Criar plano de ascenção dos alunos nos níveis cognitivos de bloom para os conteúdos especificados 6) Criar especificação de Sprint com os objetivos educacionais</p>
Fase 2 - Plano de Projeto e Estimação	<p>1)Critérios de aceitação são criados (a ser feito pelo Product Owner juntamente com o Scrum Team) 2) Scrum Master e time estimam o esforço necessário para desenvolver as User Stories 3)Scrum master e time se comprometem a desenvolver o produto de acordo com as Epics (Conjunto de User Stories) e critérios de aceitação 4)User Stories são divididas em subtarefas para criar uma Task List 5) Time Scrum se reune para decidir quais tarefas serão realizadas na Sprint (Sprint Backlog)</p>	<p>1) O professor, a cada Sprint, deve deixar claro quais serão os critérios de masterização de habilidades preferencialmente utilizandoa taxonomia de Bloom 2)Professor é responsável, a cada Sprint, por estimar o esforço necessário por parte da turma para as masterizações desejadas.</p> <p>A participação dos representantes de equipes com relação à definição de planos Sprint é crescente ao longo dos Sprints.</p>

	Scrum	Scrum + Masterização de habilidades
Fase 3 - Implementação	<p>1) Criar os "entregáveis" do Sprint</p> <p>2) Realizar reuniões diárias rápidas de no máximo 15 minutos para discutir problemas e progresso</p> <p>3) Atualizar o quadro Scrum antes de iniciar o dia de trabalho</p>	<p>1) Estudar o conteúdo especificado em grupo com a ajuda do Scrum Master (Professor)</p> <p>2) Realizar reuniões diárias rápidas de no máximo 15 minutos para discutir problemas e progresso</p> <p>3) A equipe Scrum decide os meios de aprendizagem que usarão com auxílio do professor. A cada Sprint, a equipe Scrum deve ficar mais livre para decidir os meios mais eficientes de aprendizagem</p> <p>4) Atualizar o quadro Scrum de (A FAZER, FAZENDO, FEITO)</p>
Fase 4 - Fim de Sprint; Revisão e Retrospecto	<p>1) Os entregáveis são mostrados aos Stakeholders</p> <p>2) Essas reuniões são feitas para garantir a aprovação do produto desenvolvido e fazer os ajustes necessários o mais rápido possível</p> <p>3) O Scrum Master e o time Scrum se reunem para discutir o que foi aprendido no Sprint</p> <p>4) Informação é documentada para futuros Sprints</p>	<p>1) A equipe Scrum desenvolve testes rápidos (para serem resolvidos em no máximo 20 minutos) para que as outras equipes resolvam do conteúdo estudado no Sprint. O gabarito deve ser entregue ao professor antes da aplicação dos testes para que este verifique-os e decida quais testes serão aplicados</p> <p>2) A equipe resolve, no tempo estipulado, os testes compartilhados</p> <p>3) Após os testes de unidade, o professor e os alunos tem uma aula para revisar o que foi aprendido de acordo com os objetivos educacionais traçados</p>

2.4.1.1 Definição de objetivos educacionais na forma da metologgia Scrum

Para realizar a definição dos objetivos educacionais, foi utilizada a plataforma web scrumdo® sendo cadastrados os seguintes objetivos educacionais próprios da disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*:

1. O histórico da computação
2. Organização básica de um computador
3. Introdução ao conceito de algoritmo
4. Pseudocódigo e Fluxograma
5. Tipos de variáveis de memória
6. Operadores e expressões
7. Algoritmos sequenciais
8. Algoritmos com alternativas (simples, compostas, aninhadas e de múltipla escolha)
9. Algoritmos com repetição (com teste no início, com teste no fim e com variável de controle)
10. Algoritmos com vetores e matrizes
11. Subalgoritmos, passagem de parâmetros,
12. Ponteiros
13. Recursividade
14. Registros
15. Arquivos
16. Ordenação e busca

Aos objetivos listados, devem ser incluídos os seguintes objetivos educacionais relativos a placa Intel® Galileo e eletrônica básica:

1. Leis básicas de eletrônica(Leis de Kirschoff)
2. Sistema da placa Galileo
3. Ferramentas básicas de prototipação eletrônica
4. Fundamentos de programação em Galileo
5. Introdução a sensores
6. Interação com sensores
7. Uso de displays
8. Motores

9. Tópico mais avançado em eletrônica a ser escolhido com a Turma (Comunicação Ethernet ou Internet, Comunicação sem fio, Uso de placa SD de armazenamento de dados, uso de interrupções, Circuitos integrados periféricos, controle de altas cargas, etc)

A Figura 2.19 mostra o plataforma web scrumdo[®] para cadastramento de quadros scrum pertinentes.

Figura 2.19: Plataforma scrumdo: Formato dos quadros Scrum planejados para a disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*

A Figura 2.20 mostra os quadros *Dificuldades Algoritmos e Programação de Computadores, Aplicação com Galileo*. A disposição dos 3 quadros deve refletir a prioridade da turma. As reuniões de Sprint devem servir para resolver questões pendentes posta no quadro *Dificuldades*.

Figura 2.20: Plataforma scrumdo: Quadros Scrum criados e objetivos educacionais, segundo a Taxonomia de Bloom escritos *Algoritmos e Programação de Computadores*

Pode-se, por meio da plataforma, selecionar sub-objetivos. No caso deste trabalho, para cada tópico listado para as práticas com a placa Galileo, foram criados objetivos educacionais para os três primeiros níveis cognitivos identificados por Bloom(Nível de Conhecimento, Compreensão a Aplicação).



Figura 2.21: Plataforma scrumdo: Definicação de sub-objetivos de um objetivo listado no *Product Backlog Algoritmos e Programação de Computadores*

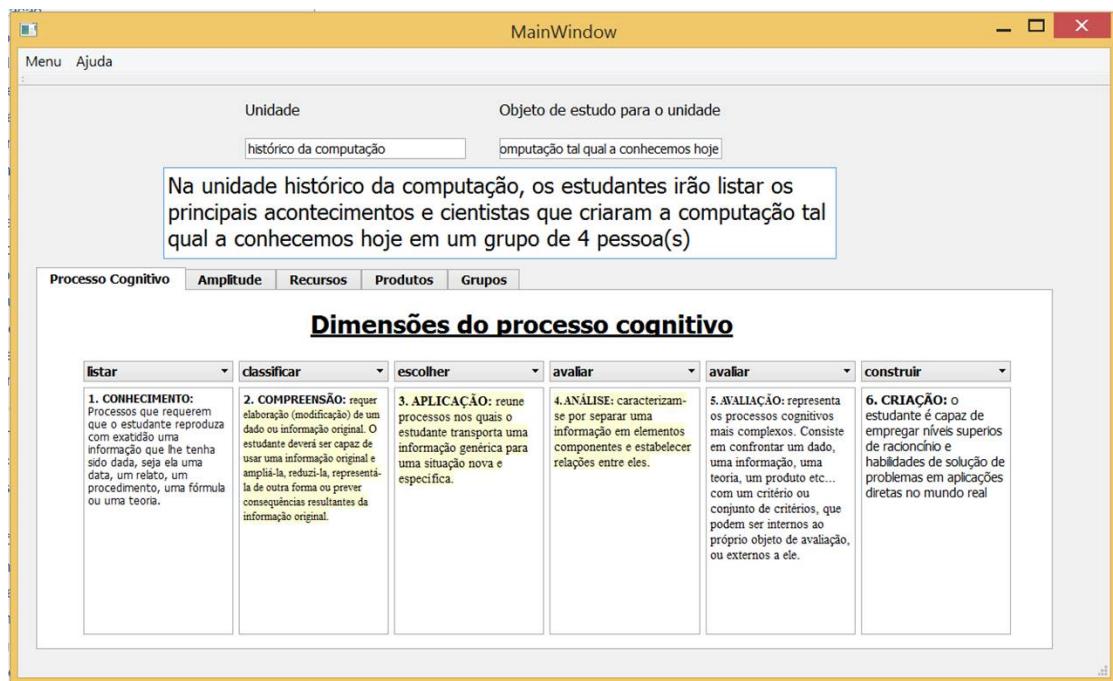


Figura 2.22: Uso do aplicativo desenvolvido em QT para definir os objetivo educacional para o nível *Conhecimento*

2.4.1.2 Definição de objetivos educacionais para a Disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*

Para especificar cada objetivo educacional, foi utilizado o aplicativo desenvolvido em QT, como descrito anteriormente e como mostrado na Figura 2.22.

A seguinte enumeração mostra uma possível especificação de cada um dos módulos de aprendizagem definidos anteriormente seguindo a *Taxonomia de Bloom*:

1. O histórico da computação

Nível 1 Conhecimento: Na unidade **histórico da computação**, os estudantes irão listar os principais acontecimentos e cientistas que criaram a computação tal qual a conhecemos hoje em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade histórico da computação, os estudantes irão explicar a relevância da computação no mundo moderno em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade histórico da computação, os estudantes irão escolher, dentre certos sistemas computacionais exposto, qual seria aquele(s) que mais se adequariam ao contexto exposto em um grupo de 4 pessoa(s).

2. Organização básica de um computador

Nível 1 Conhecimento: Na unidade organização básica de um computador, os estudantes irão enumerar e explicar o funcionamento de todos os sistemas que compõem um computador em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade organização básica de um computador, os estudantes irão classificar computadores quanto a parâmetros de desempenho entre outros em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade organização básica de um computador, os estudantes irão ilustrar a dinâmica de funcionamento de um computador e criarião um diagrama em um grupo de 4 pessoa(s).

3. Introdução ao conceito de algoritmo

Nível 1 Conhecimento: Na unidade introdução ao conceito de algoritmo, os estudantes irão definir conceitualmente o que são algoritmos em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade introdução ao conceito de algoritmo, os estudantes irão identificar vários tipos diferentes algoritmos em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade introdução ao conceito de algoritmo, os estudantes irão empregar um determinado tipo de algoritmo para cada situação dada em um grupo de 4 pessoa(s).

4. Pseudocódigo e Fluxograma

Nível 1 Conhecimento: Na unidade pseudocódigo e fluxograma, os estudantes irão duplicar por meio das ferramentas citadas, situações do cotidiano em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade pseudocódigo e fluxograma, os estudantes irão selecionar por meio dos pseudocódigos e fluxogramas já construídos quais são os mais eficientes para cada situação dada em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade pseudocódigo e fluxograma, os estudantes irão programar os primeiros algoritmos em um grupo de 4 pessoa(s).

5. Tipos de variáveis de memória

Nível 1 Conhecimento: Na unidade tipos de variáveis de memória, os estudantes irão listar todos os tipos de variáveis em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade tipos de variáveis de memória, os estudantes irão explicar as diferenças de usabilidade entre todos os tipo de variáveis em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade tipos de variáveis de memória, os estudantes irão escolher dentre todos os tipos de variável de memória, aquelas que melhor se aplicam às situações propostas e explicar o motivo em um grupo de 4 pessoa(s).

6. Operadores e expressões

Nível 1 Conhecimento: Na unidade operadores e expressões, os estudantes irão enumerar os vários tipos de operadores e expressões na linguagem C e demonstrar seu uso em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade operadores e expressões, os estudantes irão descrever o resultado de várias expressões escritas, explicitando os passos desenvolvidos em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade operadores e expressões, os estudantes irão desenvolver programas para solução de diversas situações propostas em um grupo de 4 pessoa(s).

7. Algoritmos sequenciais

Nível 1 Conhecimento: Na unidade algoritmos sequenciais, os estudantes irão definir o conceito, todas expressões e operadores utilizados em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade algoritmos sequenciais, os estudantes irão definir o resultado esperado na utilização de um algoritmo sequencial em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade algoritmos sequenciais, os estudantes irão empregar algoritmos sequencias na solução de situações diversas em um grupo de 4 pessoa(s).

8. Algoritmos com alternativas (simples, compostas, aninhadas e de múltipla escolha)

Nível 1 Conhecimento: Na unidade algoritmos com alternativas, os estudantes irão definir os vários de operadores condicionais utlizados em C quanto a sua dinâmica e utilização em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade algoritmos com alternativas, os estudantes irão identificar o resultado de uma série de condicionais aplicados num algoritmo sequencial em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade algoritmos com alternativas, os estudantes irão construir programas complexos com alternativa condicional em um grupo de 4 pessoa(s).

9. Algoritmos com repetição (com teste no início, com teste no fim e com variável de controle)

Nível 1 Conhecimento: Na unidade algoritmos com repetição, os estudantes irão lembrar a sintaxe correta de todas formas de laços de repetição em C em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade algoritmos com repetição, os estudantes irão explicar a diferença de usabilidade das formas de laços de repetição em C em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade algoritmos com repetição, os estudantes irão construir programas complexos com laços de repetição em um grupo de 4 pessoa(s).

10. Algoritmos com vetores e matrizes

Nível 1 Conhecimento:

Nível 2 Compreensão:

Nível 3 Aplicação: Na unidade algoritmos com vetores e matrizes, os estudantes irão construir programas complexos com utilizando tais conceitos em um grupo de 4 pessoa(s).

11. Subalgoritmos e passagem de parâmetros

Nível 1 Conhecimento: Na unidade subalgoritmos e passagem de parâmetros, os estudantes irão expor por meio de exemplo e aplicações, a forma sintaticamente correta de escrita de subalgoritmos e passagem de parâmetros em um grupo de 4 pessoa(s)

Nível 2 Compreensão: Na unidade subalgoritmos e passagem de parâmetros, os estudantes irão identificar todos parâmetros e requisitos de para correta escrita de tais rotinas computacionais em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade subalgoritmos e passagem de parâmetros, os estudantes irão construir programas complexos, construídos sob diversos subalgoritmos, em um grupo de 4 pessoa(s)

12. Ponteiros

Nível 1 Conhecimento: Na unidade ponteiros, os estudantes irão listar todas características que definem por completo um ponteiro em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade ponteiros, os estudantes irão identificar os resultados de diversas operações utilizando ponteiros em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade ponteiros, os estudantes irão construir programas complexos utilizando ponteiros em um grupo de 4 pessoa(s).

13. Recursividade

Nível 1 Conhecimento: Na unidade recursividade, os estudantes irão denominar o conceito associado, a usabilidade e aplicações de recursividade em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade recursividade, os estudantes irão reconhecer o resultado final da aplicação da recursividade em diversas situações propostas em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade recursividade, os estudantes irão construir programas complexos utilizando tal conceito em um grupo de 4 pessoa(s).

14. Registros

Nível 1 Conhecimento: Na unidade registros, os estudantes irão definir todos conceitos e aplicações relacionadas a registros em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade registros, os estudantes irão selecionar formas de registros mais adequadas para cada situação dada em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade registros, os estudantes irão construir programas complexos com laços de repetição em um grupo de 4 pessoa(s).

15. Arquivos

Nível 1 Conhecimento: Na unidade registros, os estudantes irão definir todos conceitos e aplicações relacionadas a registros em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade registros, os estudantes irão selecionar formas de registros mais adequadas para cada situação dada em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade registros, os estudantes irão construir programas complexos com laços de repetição em um grupo de 4 pessoa(s).

16. Ordenação e busca

Nível 1 Conhecimento: Na unidade ordenação e busca, os estudantes irão enumerar e definir diversas algoritmos de enumeração e busca em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade ordenação e busca, os estudantes irão descrever todos passos dos algoritmos de ordenação e busca estudados anteriormente em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade algoritmos com repetição, os estudantes irão construir programas complexos com laços de repetição em um grupo de 4 pessoa(s)

2.4.1.3 Definição de objetivos educacionais para a Disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores* com relação às atividades práticas

Nesta seção, define-se um possível planejamento de módulos de aprendizagem relacionadas a eletrônica básica utilizando a placa Galileo em paralelo à aprendizagem de programação estruturada na linguagem C.

1. Leis básicas de eletrônica (Leis de Kirschoff)

Nível 1 Conhecimento: Na unidade leis básicas de eletrônica(Leis de Kirschoff), os estudantes irão enumerá-las todas e com dados exemplos e situações, escreve-lás propriamente em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 2 Compreensão: Na unidade leis básicas de eletrônica(Leis de Kirschoff), os estudantes irão reconhecer todos parâmetros das leis de Kirschoff, nos circuitos elétricos exemplificados, em um grupo de 4 pessoa(s).

Nível 3 Aplicação: Na unidade leis básicas de eletrônica(Leis de Kirschoff), os estudantes irão empregar diferentes dispositivos eletrônicos em circuitos desenvolvidos em simulações e observar as relações das leis de Kirschoff estudadas anteriormente em um grupo de 4 pessoa(s).

2. Sistema da placa Galileo

Nível 1 Conhecimento:

Nível 2 Compreensão:

Nível 3 Aplicação:

3. Ferramentas básicas de prototipação eletrônica

Nível 1 Conhecimento:

Nível 2 Compreensão:

Nível 3 Aplicação:

4. Fundamentos de programação em Galileo

Nível 1 Conhecimento:

Nível 2 Compreensão:

Nível 3 Aplicação:

5. Introdução a sensores

Nível 1 Conhecimento:

Nível 2 Compreensão:

Nível 3 Aplicação:

6. Interação com sensores

Nível 1 Conhecimento:

Nível 2 Compreensão:

Nível 3 Aplicação:

7. Uso de displays

Nível 1 Conhecimento:

Nível 2 Compreensão:

Nível 3 Aplicação:

8. Motores

Nível 1 Conhecimento:

Nível 2 Compreensão:

Nível 3 Aplicação:

9. Tópico mais avançado em eletrônica a ser escolhido com a Turma (Comunicação Ethernet ou Internet, Comunicação sem fio, Uso de placa SD de armazenamento de dados, uso de interrupções, Circuitos integrados periféricos, controle de altas cargas, etc)

Nível 1 Conhecimento:

Nível 2 Compreensão:

Nível 3 Aplicação:

2.4.2 Proposta de uso de placas de prototipagem eletrônica

O uso da metodologia de aprendizagem por masterização, seja ela pelo vies do uso da metodologia classica de ensino, pelo uso da metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas ou pelo vies da Aprendizagem Baseada em Projetos citadas na seção 2.1.1, tem sido feito, progressivamente mais, usando placas de prototipagem eletrônica.

No caso citado em [20], os alunos estavam em início de curso e passaram por uma revisão de modelo de curso. Nessa revisão, foi incluído o uso da placa Arduino para aprendizagem de programação básica. Os alunos que estudaram sob o novo formato, comparados a turmas anteriores, tiveram níveis mais altos de aprendizagem e retenção do conhecimento.

Já em [21], foi proposto, para alunos de ensino médio, um projeto de ensinode robótica baseado em aprendizagem ativa pelo vies da Aprendizagem Baseada em Projetos. Nesse caso citado, foram utilizadas placas Arduino, por causa da sua facilidade de programação e prototipação, o que a tem feito progressivamente mais popular.

Assim como em [20], em [21] as práticas proposta melhoraram consideravelmente os índices acadêmicos dos estudantes, assim como sua motivação a aprender e retenção do conhecimento exposto.

No caso desta proposta para a disciplina *Algoritmos e Programação de Computadores*, escolheu-se o uso da Placa Intel® Galileo.

A placa Intel® Galileo, além de possuir todas funcionalidades da placa Arduino supracitada, tem funcionalidades mais diversas as quais permitem a ampliação dos conteúdos tratados não só para cursos de programação básica, mas para as mais diversas disciplinas de computação.

2.5 Placa Intel ® Galileo

A placa Intel® Galileo é uma *placa de desenvolvimento* com microcontrolador baseado processador Intel® Quark SoC X1000[22]. A placa Galileo possui software e hardware compatível com



Figura 2.24: Descrição dos pinos da placa Galileo - parte traseira[23]

a placa *Arduino* com relação aos pinos digitais e analógicos. Um programa escrito para Arduino pode ser usado no Galileu por causa dessa compatibilidade. As Figura 2.23 e 2.24 mostram a placa Intel® em suas visão frontal e traseira.

Nesta seção são apresentadas, enumeradas e explicadas todas características da placa Intel® Galileo.

Primeiramente são apresentados os pinos da placa Galileo juntamente com uma breve descrição de seu uso. Após isso são descritas as enumeradas e explicadas todas características eletro-eletrônicas da placa. Para cada tecnologia na placa é reservada uma pequena sub-seção neste capítulo para sua devida elucidação.

2.5.1 Pinagem da placa Intel® Galileo

Os pinos da placa Galileo nas partes frontal e traseira são mostrados nas figuras 2.23 e 2.24

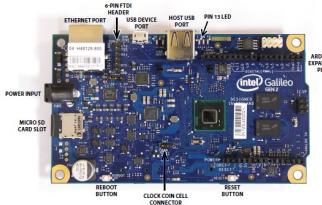


Figura 2.23: Descrição dos pinos da placa Galileo - parte frontal[23]

A descrição de cada um desses pinos é a descrita na tabela 2.7:

2.5.2 Características Elétricas e Eletrônicas da placa Intel® Galileo

As características elétricas e eletrônicas da placa são enumeradas a seguir. As características que têm uma sub-seção para explicação mais aprofundada estão marcadas com *italico* e **negrito**:

- Clock de 400 MHz
- Arquitetura Intel® 32 bits
- 14 pinos digitais para entrada e saída, 6 das quais podem ser usadas para saída **PWM**

Tabela 2.7: Pinos Galileo[23]

Pino	Descrição
Micro SD Card Slot	Pino no qual se pode um SD Card para permitir ao Galileo a execução de uma versão de Linux com mais recursos
Arduino Expansions Pins	Pinos de entrada e saída da placa Galileo. Esses pinos são compatíveis com os pinos do Arduino e Shields relacionadas.
USB Device Port	Pino para conectar um cabo USB do Galileo ao computador para carregar o Galileo com um programa Arduino
Host USB Port (como webcam, caixa de som, etc)	Pino para conectar um dispositivo periférico
6-Pin FTDI Header - Linux instalado no Galileo	Adaptador para comunicação serial computador
Power Input	Conexão para bateria de 12V. ATENÇÃO, a bateria sempre deve ser conectada ao Galileo antes de conectar um cabo USB do Galileo ao computador para evitar danos a placa.
Ethernet Port	Pino para conectar o Galileo à Internet pelo cabo Ethernet
Mini PCI Express Slot	Pino para conectar um cartão WiFi
Clock Baterry Power	Conexão para uma bateria de relógio de 3V de forma a fazer com Galileo guarde informações de data e hora
Reboot Button	Botão para realizar a placa, inclusive o sistema operacional
Reset Button	Botão para resetar o código que foi carregado no Galileo

- 6 pinos para entrada analógica utilizando o *conversor analógico-digital AD7298*
- Barramento Serial *I₂C*
- Comunicação serial com periféricos *SPI*
- Porta Serial *UART*
- 16KBytes de memória *L1 Cache*
- 512KBytes de memória *SRAM*
- Clock de tempo real integrado (*RTC*)
- Barramento *PCI Express*
- Conexão para *USB Host e USB Client*
- 10 pinos padrões *JTAG* para debug
- 256 MBytes de memória *DRAM*
- 11 KBytes de memória *EEPROM*

2.5.2.1 Sinal PWM

Pulse Width Modulation (PWM) ou Modulação por Largura de Pulso é uma técnica que modulação de impulso utilizada principalmente para codificar uma mensagem num sinal pulsante[24]

Para o caso do Intel Galileo, as aplicações do sinal PWM são principalmente relacionadas ao controle da tensão DC fornecida a um circuito.

O sinal PWM é gerado com ondas quadradas, de período T de ciclo. Durante parte do período, o sinal terá amplitude V_{max} . O intervalo de tempo no qual o sinal tem amplitude V_{max} é chamado *Duty-Cicle* como mostra a Figura 2.25. O valor DC de um sinal periódico é calculado como a média aritmética da amplitude do sinal no período. O valor da tensão DC fornecida ao circuito pelo Sinal PWM é calculado com a equação 2.1:

$$V_{dc} = 1/T \left(\int_0^{DutyCicle} V_{max} dt + \int_{DutyCicle}^T V_{min} dt \right) \quad (2.1)$$

$$V_{dc} = 1/T (DutyCicle * V_{max} + T * V_{min} - DutyCicle * V_{min}) \quad (2.2)$$

Se a tensão mínima (V_{min}) for igual a zero, o valor DC do sinal PWM é dado por:

$$V_{dc} = \frac{DutyCicle * V_{max}}{T} \quad (2.3)$$

A equação 2.3 mostra que quanto maior for o tempo que o sinal permanecer no seu valor máximo (V_{max}), mais próximo de V_{max} será o valor DC fornecido ao circuito.

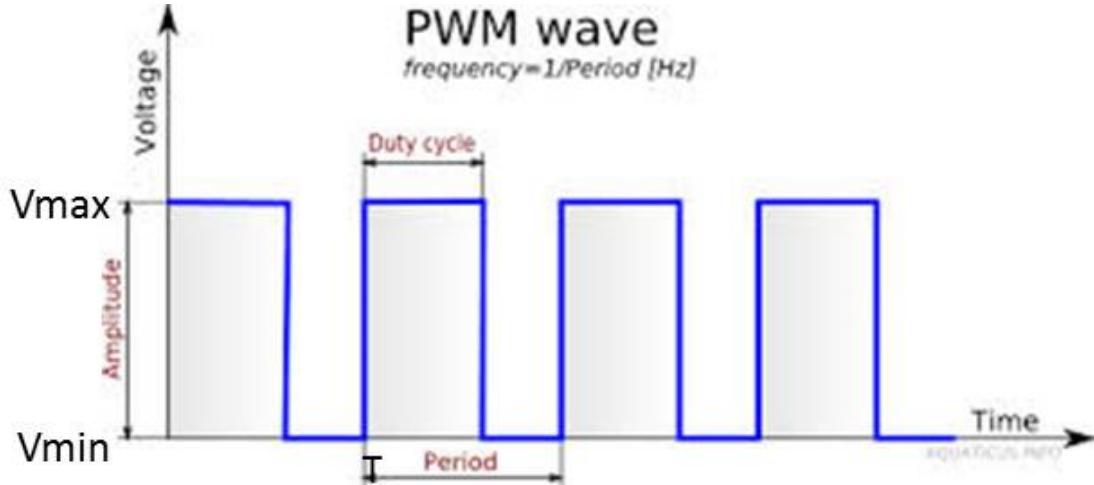


Figura 2.25: Sinal PWM

Fonte: Figura adaptada de <http://www.zembedded.com/avr-introduction-to-pwm-part-i/>

O sinal PWM é gerado na placa Galileo utilizando o clock interno máximo de 400 MHz e registradores de Timer específicos para contagem de pulsos do clock.

Como exemplo para a geração do sinal PWM, digamos que o clock da placa foi setado para a frequência 1kHz. Isso significa que a cada 1ms, o clock gerará um pulso, como indicado na equação 2.4.

$$f = 1Khz \rightarrow T = 1ms \rightarrow 1000 \text{ pulsos de clock por segundo} \quad (2.4)$$

Como a tensão de operação da placa Galileo é 5 V, então:

$$V_{max} = 5V \quad (2.5)$$

Caso se quisesse gerar um sinal PWM cujo componente DC seja 2.5, é necessário então que durante metade do ciclo do sinal PWM, a amplitude do sinal seja 5 V e durante a outra metade do ciclo, a amplitude seja 0V. Para criar tal sinal, o microcontrolador realiza contagem de pulsos de clock.

Para gerar 2.5 V, o microcontrolador (para a frequência exemplo de 1kHz) realiza a contagem de 500 pulsos de clock no intervalo de *DutyCycle* e realiza, após isso, a contagem de 500 pulsos no período no qual a amplitude será de 0 V. Dessa forma, é gerado digitalmente o sinal PWM na placa Galileo.

Como dito no ínicio desta seção, placa Galileo é compatível com a placa Arduino, tanto a nível de hardware quanto a nível de software. Daí, para executar a criação de um sinal PWM na placa Galileu deve-se chamar a função *analogWrite(int porta, int valor)*.

A função `analogWrite(int porta, int valor)` recebe como parâmetros dois inteiros. O inteiro `porta` indica quais dos pinos digitais, habilitados para saída PWM, foi selecionado. O inteiro `valor` deve ser um inteiro entre 0 e 255.

```
1 //Comando para setar na porta digital 5 o valor 5*(127/255) = 2.5 Volts
2 analogWrite(5, 127);
```

A tensão DC que estará presente no pino digital segue a formula: 2.6

$$V_{dc} = \frac{5 * valor}{255} \quad (2.6)$$

2.5.2.2 Conversão analógico-digital

A placa Galileo utiliza para a conversão analógico-digital o circuito integrado *AD7298* [25]. O conversor analógico-digital AD7298 é um conversor de 12 bits e usa para a conversão a técnica de *aproximações sucessivas*.

A figura 2.26 mostra uma figura esquemática para o processo de conversão analógico-digital utilizando a técnica de *aproximações sucessivas* e os termos chave para essa técnica são os seguintes:

- Registrador de aproximação sucessiva (SAR)
- Circuito de amostragem e retenção (Track and Hold)
- Tensão de entrada V_{IN}
- Tensão de referência V_{REF}
- Registrador de N bits (N-BIT REGISTER)
- Conversor digital para analógico de N bits(N-BIT DAC)
- Circuito Comparador

Num primeiro instante, o bit mais significante do conversor D/A é setado para 1, enquanto os outros N-1 bits são setados para 0. Essa configuração inicial dos N bits do conversor D/A força com que na saída exista 1/2 da tensão de referência V_{REF} , ou seja $V_{DAC} = 1/2 V_{REF}$.

Caso a tensão V_{DAC} seja maior que a tensão de entrada V_{IN} , o bit mais significativo será mantido, caso o contrário, esse bit será setado no valor 0. Depois disso, registrador SAR grava o resultado obtido no comparador no bit avaliado. O processo se repete para os N bits, sempre comparando a tensão de entrada V_{IN} com a tensão de conversão V_{DAC} , fazendo com que a saída da conversão se aproxime progressivamente a cada iteração[26].

A eficiência do processo de conversão analógico-digital está intimamente ligada ao processo interno de conversão digital-analógico. Há diversos processos de conversão digital-analógico, entretanto, para todos, a quantidade de bits a serem convertidos influencia diretamente na linearidade do processo. Por isso se escolhe, em geral, um conversor digital-analógico de 12 bits.

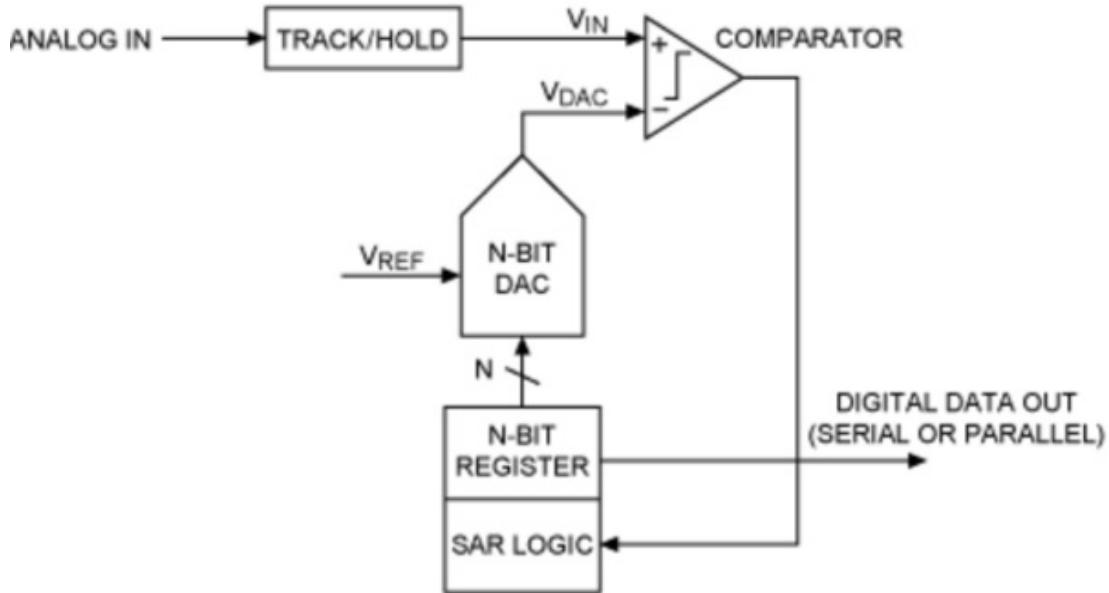


Figura 2.26: Figura esquemática do processo de conversão analógico para digital

Fonte: <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/1080>

O conversor A/D utilizado na placa Galileo, segundo seu respectivo datasheet [25], possui características implementadas que, entre outras incluem:

- Sensor de temperatura integrado para devidos ajustes às variações de parâmetros causados pela variação de temperatura
- Taxa de saída de conversões completadas superior a 1 MSPS (Million Samples Per Second)

2.5.2.3 Barramento Serial I2C

I2C(Inter-Integrated-Circuit) é um protocolo de comunicação serial desenvolvida originalmente pela *NXP Semiconductor*. Ela permite a comunicação direta entre diversos componentes utilizando apenas três barramentos: um barramento para transmissão de bits dados - *Serial Data Line(SDA)* - um barramento para o sinal de clock - *Serial Clock Line(SCL)* e um barramento para o uso de um resistor de *pull-up* ligado diretamente uma tensão V_{dd} de 5V ou 3.3V. O endereçamento no protocolo I2C pode ser de 7 ou 10 bits. A velocidade de transmissão de dados variam de 10kbits/s - para o modo *low speed*- 400 kbits/s - para o modo *Fast mode* - e 3.4Mbit/s para o modo *Fast mode plus* [27].

O resistor *pull-up* serve para ter como valor alto de tensão(lógico 1) tanto o barramento de clock como o barramento de dados, Fig.2.27. Para trocar o valor lógico enviado nos barramentos, os dispositivos devem chavear suas respectivas conexões com os barramentos.

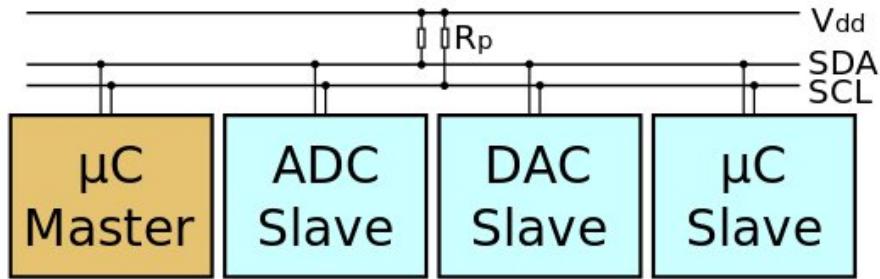


Figura 2.27: Figura esquemática do barramento serial I2C

Fonte: <http://docplayer.com.br/7275040-Monografia-de-graduacao.html>

No protocolo I2C, sempre existem os dispositivos que agem como *dispositivos mestres*(Masters) e os dispositivos que agem como *dispositivos escravos*(Slaves).

Um *dispositivo mestre* pode escolher com qual dos *dispositivos escravos* ele deseja se comunicar realizando a "mensagem de início". Após isso mandando os bits de endereço do *dispositivo escravo* são enviados no barramento de dados. É enviada, juntamente com uma mensagem do endereço, uma indicação, por parte do *dispositivo mestre* mostrando se ele deseja escrever ou ler do *dispositivo escravo*. Após isso, o *dispositivo escravo* deve enviar uma mensagem ACK para completar o estabelecimento da comunicação. Para enviar uma mensagem ACK, o *dispositivo escravo* seta o barramento de dados para o valor 0.

Tendo sido estabelecida a comunicação entre *dispositivo mestre* e *dispositivo escravo*, é incumbência do *dispositivo escravo* enviar, a cada 8 bits recebidos, uma mensagem ACK.

Os *dispositivos mestres* sempre retêm o controle do barramento de clock. Quando um *dispositivo mestre* faz com que o barramento de clock tenha o valor lógico 0, é indicado para os *dispositivos escravos* que eles devem setar o barramento de dados com um bit 0 ou 1.

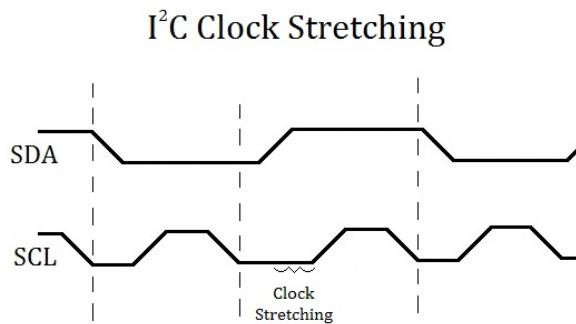


Figura 2.28: I2C - Clock Stretching

Fonte: <https://blog.digilentinc.com/index.php/i2c-how-does-it-work/>

Para assegurar o recebimento dos dados, os *dispositivo escravos* podem, possivelmente, realizar o chamado *Clock Stretching*, Fig 2.28, o qual consiste em manter o barramento de clock no nível 0, mesmo que o mestre o tenha setado para o nível. Isso é feito para, ampliar o tempo do processo de recebimento dos dados, por parte dos *dispositivo escravos*, para assegurar o sucesso de tal processo.

I2C oferece um bom suporte para a comunicação entre dispositivos eletrônicos que são acessados de forma ocasional. A vantagem competitiva da I2C sobre outros protocolos de comunicação de curta distância de baixa velocidade é que seu custo e complexidade não aumenta com o número de dispositivos no barramento.

Por outro lado, a complexidade dos componentes de software I2C de suporte pode ser significativamente mais elevada do que a de vários protocolos concorrentes (SPI e MicroWire, por exemplo) com uma configuração muito simples. Entretanto, seu modelo de endereçamento próprio, aliado com a forma de transferência simples de bytes para necessidades de comunicação simples.

O protocolo I2C é muito utilizado em projetos no placas Galileo utilizando a biblioteca: *Wire.h*

2.5.2.4 Comunicação serial SPI

Assim como o protocolo I2C, o protocolo de Interface Serial com Periféricos - Serial Peripheral Interface (SPI) - tem como utilidade a comunicação de curta distância entre dispositivos eletrônicos[28].

No protocolo SPI, há apenas um *dispositivo mestre* para vários *dispositivo escravos*. A comunicação entre os *dispositivo mestre* e os *dispositivos escravos* é *full-duplex*, ou seja, os dispositivos citados podem se comunicar entre si em ambas direções. Os pinos *dispositivo mestre* e nos *dispositivos escravos*, como mostrados na Figura 2.29, são os seguintes:

- SCLK: Barramento Serial para o sinal de Clock originado no *dispositivo mestre*
- MOSI: *Master Output Slave Input*; sinal originado no *dispositivo mestre*
- MISO: *Master Input Slave Output*; sinal originado em um dos *dispositivos escravos*
- SS: *Slave Select*; sinal originado no *dispositivo mestre*

O pino SS é utilizado pelo *dispositivo mestre* para selecionar com qual dos *dispositivos escravos* ele se comunicará (seja para receber mensagens ou enviar). Usualmente, quando um dos *dispositivos escravos* é selecionado, todos outros, pela lógica *tri-state* das entradas SS, assumem altas impedâncias de entrada - o que significa que virtualmente tais escravos estão desconectados do circuito com o *dispositivo mestre*.

Primeiramente, no começo da comunicação com o dispositivo selecionado, é configurado no *dispositivo mestre* a frequência do clock que sai da pino SCLK.

Após isso, começa a ocorrer a troca de bits entre os dispositivos. Para cada bit que o pino MOSI recebe, é também recebido um bit no pino MISO.

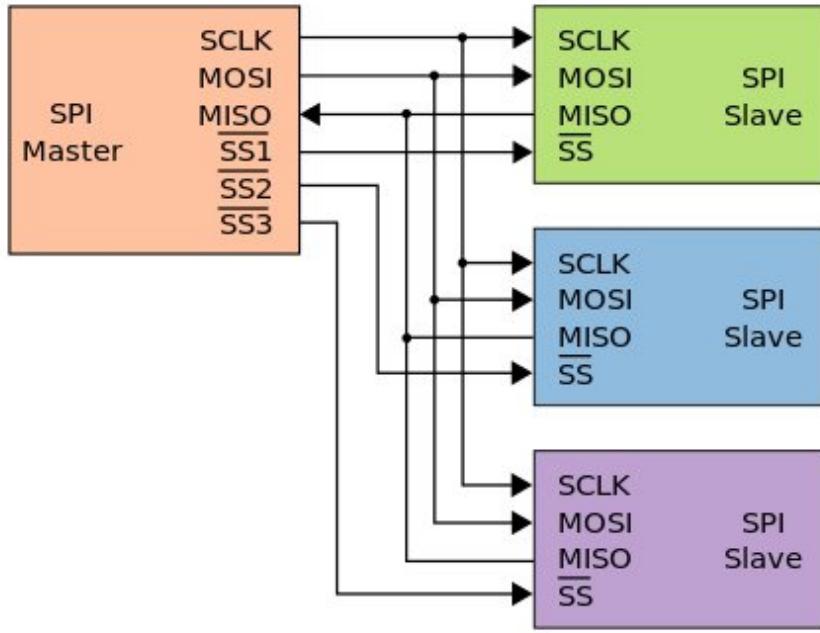


Figura 2.29: Barramento SPI - Um *dispositivo mestre* para *dispositivos escravos*

Fonte: <http://docplayer.com.br/3514866-Pratica-8-comunicacao-spi-8-1-introducao-e-objetivos-8-2-principios-basicos-do-protocolo-spi.html>

Comparado a outros protocolos de inter-comunicação, o protocolo SPI oferece uma das maiores taxas de saída de bits. Isso se deve, dentre outros fatores, a não limitação do tamanho da palavra binária transmitida. As taxas de transmissão são, em geral, da ordem de MHz, entretanto tal taxa é intimamente ligada a velocidade do clock no *dispositivo mestre*, podendo portanto ser livremente aumentada. Além disso, os *dispositivos escravos* não necessitam de um endereço único como no protocolo I2C, daí, todas fase de reconhecimento e estabelecimento de comunicação é facilitada. Entretanto, tais facilidades tornam o protocolo com difícil debugação de erros e não há controle de fluxo nem nos *dispositivos escravos*.

SPI é utilizado em muitas aplicações. Dentre elas, por exemplo:

- Aplicações com sensores:
 - Comunicação com sensores de temperatura
 - Comunicação com sensores de pressão
 - Comunicação com sensores de toque
- aplicações com tipos específicos de memória
 - Flash

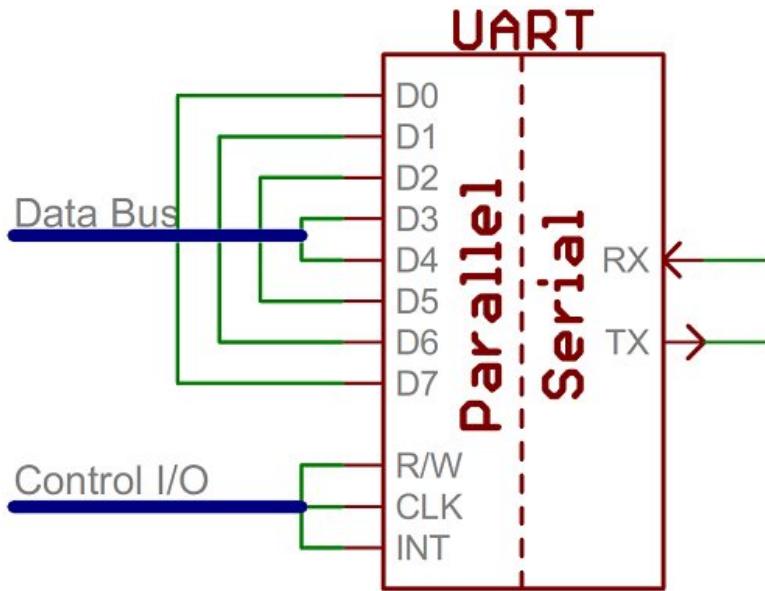


Figura 2.30: Modelo simplificado de um dispositivo UART

Fonte: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-communication/uarts>

- EEPROM

Para fazer projetos com SPI na placa Galileo deve ser utilizada a biblioteca *SPI.h*

2.5.2.5 Porta Serial UART

UART significa *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (Receptor/Transmissor Universal Assíncrono). Um dispositivo UART é um microchip que tem como responsabilidade controlar a comunicação de um computador ou microcontrolador conectados serialmente. Essencialmente, um dispositivo UART é o dispositivo intermediário entre interfaces seriais e paralelas[29].

A Figura 2.30 mostra um modelo simplificado do que consiste um dispositivo UART. Na parte esquerda da figura, são mostrados os pinos de comunicação paralela pelo barramento de dados (Data Bus). O pino R/W é utilizado para setar entre modos de leitura e escrita (Read/Write). O pino CLK é o pino do sinal de clock. O pino INT é o pino usado para interrupção de software para avisar o sistema que há dados para serem lidos/escritos no dispositivo UART.

A Figura 2.31 mostra o chamado *frame* de dados da placa UART. O *frame* é composto de 10 bits. O primeiro bit é o bit de *start* utilizado para indicar o início do envio ou recebimento de um byte (8 bits) de dados. O bit *stop* indica o fim do frame.

Já a Figura 2.32 mostra em detalhes o processo que ocorre num dispositivo UART. Na figura, *UART_DR_D* é o *registrar de dados (Data Register)*, o qual é preenchido pela dispositivo que deseja realizar a comunicação utilizando o dispositivo UART. FIFO é a fila de recebimento(RX) ou transmissão de dados(TX). Ambas as filas tem 16 bits de tamanho. No caso da fila de recebimento

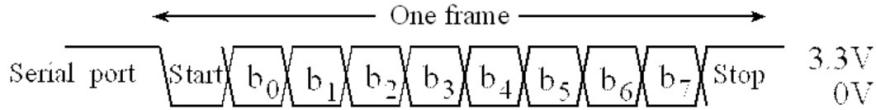


Figura 2.31: Frame UART para transmissão de 1 byte

Fonte: <http://www.mathworks.com/help/hdlverifier/examples/generate-fifo-interface-dpi-component-for-uart-receiver.html?requestedDomain=www.mathworks.com>

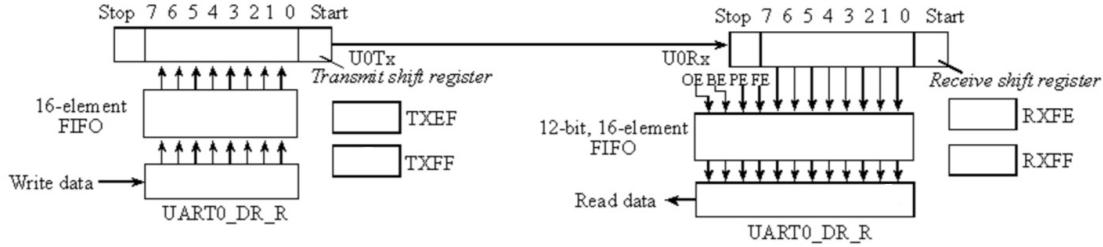


Figura 2.32: Modelo completo de um dispositivo UART

Fonte: http://users.ece.utexas.edu/valvano/Volume1/E-Book/C11_SerialInterface

de dados, 4 dos 16 bits são bits de flags para indicar erros na transmissão.

RXFE é uma flag que indica se a fila de recebimento está vazia e RXFF é outra flag que indica que a fila de recebimento está vazia. Quanto às filas de transmissão, TXEF indica que a fila está vazia e TXFF indica que a fila está cheia. UOTX e UORX são *shift register* responsáveis pela transformação da comunicação em série para paralela e vice-versa.

O processo de transmissão de dados é o seguinte:

- 1) Dados armazenados no registrador de dados são enviados para a fila
- Caso a fila esteja vazia(flag TX), a fila recebe os bits do registrador de dados
- 2) Os bits são enviados para o shift register UOTX, começando no b0 e sendo "shiftados" até o bit b7.
- 3) Os bits armazenados no UOTX são enviados de forma serial para o shift register receptor UORX.
- 4) Caso a fila de recepção esteja vazia (flag RX), os dados são colocados na pilha e lá permanecem até serem lidos.

UART é muito utilizado para projetos que requerem comunicação serial com Galileo ou projeto de Multiplas Entradas e Saída Única (MISO) ou projeto com Entrada Única e Saída Múltipla (SIMO). Para trabalhar com UART, deve usar a biblioteca *SoftwareSerial.h*

2.5.2.6 Memória Cache

Dentre as operações num sistema computacional, a operação mais demorada é o acesso à memória. Para evitar tais operações, é usada a chamada memória cache[30].

A memória cache faz parte da organização da memória de um sistema computacional. A memória num sistema computacional é organizada da seguinte forma, Fig.2.33:

- Memória de armazenamento(Storage Device - Memória ROM): Este nível de memória é o que possível mais espaço, entretanto é a memória que demanda mais tempo para ser modificada, por isso, em geral, nesse nível ficam armazenados sistemas operacionais, arquivos de BOOT do sistema, firmwares, etc. A memória nesse nível não-volátil, o que significa que ela não é perdida ao se desligar o sistema.
- RAM(Random Access Memory): Este nível de memória é utilizado como memória principal. A memória RAM é de leitura e escrita. Essa memória é utilizada pelo CPU para armazenar e ler dados, arquivos e programas que estão sendo utilizados no momento. A memória RAM é uma memória volátil, o que significa que o conteúdo armazenado nela é perdido após o desligamento do sistema.
- A memória cache é a parte da memória utilizada pela unidade de processamento central (CPU) de um computador para reduzir o tempo médio necessário para ler ou escrever aos dados a partir da memória principal. A memória cache é uma memória menor, mais rápida que armazena cópias dos dados de localizações de memória principais utilizados com frequência para evitar a repetição de acessos lentos. A maioria dos processadores têm diferentes caches independentes, incluindo instruções e dados caches, onde o cache de dados é normalmente organizadas como uma hierarquia de níveis mais cache (L1, L2, etc).
- CPU: Na CPU está armazenada toda arquitetura de instruções do sistema computacional. A CPU é responsável pela gerência de todos processos que ocorrem no computador e ela utiliza a memória cache para realizar a maior parte de suas operações

Para toda operação que a CPU executa a qual necessita de certo dado da memória, é sempre verificadp, primeiramente, se o dado já se encontra na memória cache. Caso o dado não se encontre na cache, é solicitado dos níveis mais baixos da memória o dado em questão. Caso o dado já se encontre na cache, ele é lido e processado rapidamente pela CPU.

Microcontroladores simples, em geral, não possuem a memória cache, visto que toda sua estrutura é simplificada. No caso da placa Galileo e placas similares, a memória cache é necessária, visto que tais sistemas podem, inclusive, executar sistemas operacionais e tem grande quantidade de memória de armazenamento.

Atualmente, vem-se dividindo a mémoria cache em níveis: cache L1, cache L2, cache L3, etc. Tal divisão é feita para ampliar o efeito de manter na cache os dados de memória usualmente acessados. A cache L1 contém os dados acessados mais frequentemente, a cache L2 contêm os dados acessados frequentemente, mas não tanto quanto os dados na cache L1, etc.

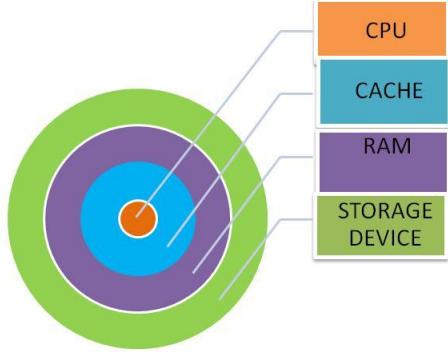


Figura 2.33: Organização da memória num sistema computacional

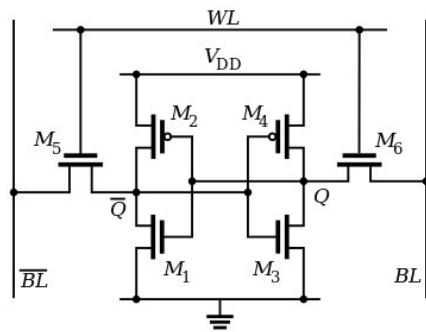


Figura 2.34: Estrutura da célula de memória SRAM

Fonte: <http://web.sfc.keio.ac.jp/~rdv/keio/sfc/teaching/architecture/architecture-2009/lec08-cache.html>

No caso da placa Galileo, há apenas um nível de cache: a cache L1 com 16 KBytes, como mostrado na seção 2.5.2.

2.5.2.7 Memória SRAM

Memória SRAM (Static Random Access Memory) é o tipo de memória de acesso aleatório geralmente utilizado no nível de memória cache. Ser de acesso aleatório significa que qualquer porção da memória é acessada num tempo igual. SRAM é uma memória estática, o que significa que os dados se manterão armazenados durante um largo intervalo de tempo depois do desligamento do sistema.

A memória SRAM é construída utilizando flip-flops com transistores MOSFETs. A Figura 2.34 mostra a estrutura básica de armazenamento de uma célula de um bit da memória SRAM.

Resumidamente, os transistores M1, M2, M3 e M4 são responsáveis por guardar o bit[31]. A estrutura do circuito formada por M1, M2, M3 e M4 realiza a realimentação do bit, sendo responsável pela qualidade de memória estática que a SRAM possui. A Figura 2.35 mostra como

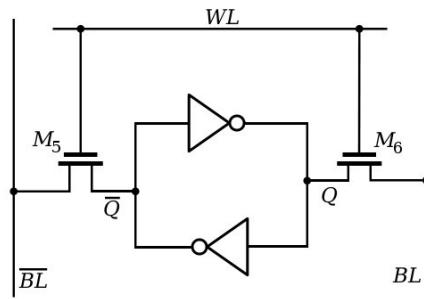


Figura 2.35: Estrutura da célula SRAM com dois inversores

Fonte: <http://web.sfc.keio.ac.jp/~rdv/keio/sfc/teaching/architecture/architecture-2009/lec08-cache.html>

os transistores M1, M2, M3 e M4 podem ser vistos como um par de emissores. Quando um Q , na Figura 2.35, é igual a 1, seu oposto, $\bar{Q} = 0$, é criado na saída do inversor e o sinal $Q = 1$ é realimentado pelo segundo inversor.

Dessa maneira, a estrutura da célula de um bit de memória SRAM torna desnecessário *recarregamento* do dado armazenado. Os transistores M5 e M6 são usados para ler ou escrever da célula de memória por meio das linhas de bit BL e \overline{BL} . Tal processo de leitura ou escrita pode ser realizado, em média, em 2ns, velocidade a qual é bastante alta para sistemas computacionais.

A memória SRAM é utilizada em diversos ambientes como: computadores pessoais, microcontroladores, FPGAs, etc. Na placa Galileo, existem 512 Kbytes de SRAM integrados, tornando a placa Galileo altamente eficiente no tocante ao acesso e atualização da memória.

2.5.2.8 Memória DRAM

Dynamic Random Access Memory (DRAM) é uma memória de acesso aleatório como a SRAM. Ao contrário da memória SRAM, a memória DRAM é uma memória *dinâmica*, o que significa que os dados armazenados precisam ser periodicamente recarregados.

Os bits, na memória DRAM, são armazenados numa estrutura de um capacitor juntamente com um transistor. O capacitor estar carregado significa o bit 1, e o capacitor está descarregado significa o bit 0. Na Figura 2.37 é mostrada a estrutura de uma célula de memória DRAM. O capacitor marcado pelo número 4 é onde o bit é armazenado.

O processo de escrita no bit é da seguinte forma:

- 1) Na linha marcada pelo número 1(Bit Line) é escrito um bit lógico 0 ou 1(0 ou +Vcc Volts)
- 2) A linha marcada pelo número 2 ativa o transistor conectando a Bit line com o capacitor C (marcado pelo número 4)

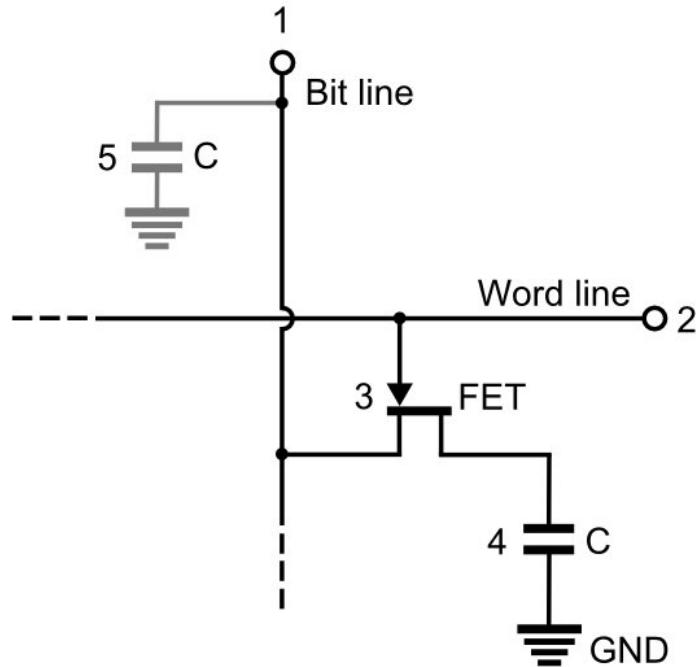


Figura 2.36: Estrutura da célula de memória DRAM

Fonte: <http://users.ece.gatech.edu/sudha/academic/class/ece2030/Lectures/memory/>

O processo de leitura é feita da mesma forma que o processo de escrita, entretanto, a Bit line possui capacitância parasita apreciável. Na figura, essa capacitância é marcada pelo número 5. Tal capacitância parasita diminui a velocidade do processo de leitura por tomar parte da carga armazenada no capacitor marcado pelo número 4 para si.

O descarregamento natural dos capacitores, ainda que em circuito aberto, e a existência de capacitores parasitas na célula de memória trazem a necessidade de circuitos responsáveis por recarregar, a cada leitura, as células DRAM.

O tempo médio de leitura na memória DRAM é de 64 ns. Pelo tempo de leitura e pela necessidade de recarregamento, em geral, a memória DRAM é usada para memórias menos acessadas.

A placa Galileo possui 256 MByte de memória DRAM gerenciados pelo sistema operacional.

2.5.2.9 Memória EEPROM

EEPROM, Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory é uma memória não volátil, o que significa que os dados não são apagados após o desligamento do sistema. A memória EEPROM é similar à memória FLASH. Assim como ela, a memória EEPROM escrita aproximadamente 100.000 vezes. A principal vantagem que a memória EEPROM apresenta em relação a memória FLASH é que ela deve escrever em bytes individualmente, enquanto na memória FLASH

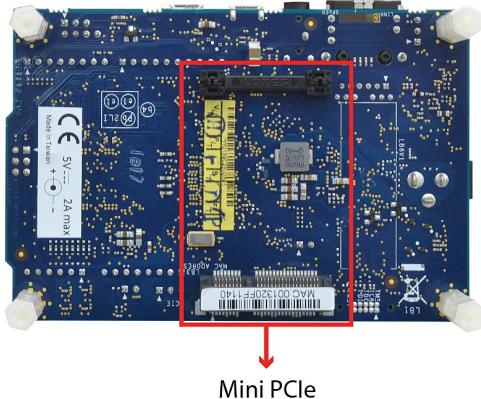


Figura 2.37: Estrutura da célula de memória DRAM

é necessário escrever um setor inteiro para alterar bytes individuais. Tal característica torna a memória FLASH mais rápida e com vida-útil menor que a memória EEPROM.

Na placa Galileo há 11 Kbytes memória EEPROM. A EEPROM pode ser programada na placa Galileo com a biblioteca *EEPROM.h*.

2.5.2.10 Clock de tempo real - RTC

Um clock de tempo (RTC) é um clock comum de um sistema computacional com a funcionalidade de ter armazenado nele tempo atual, mesmo que o sistema esteja desligado. Quase todos equipamentos eletrônicos atuais, como computadores, celulares, etc, possuem um clock de tempo real integrado. O tempo atual pode ser adquirido com outros equipamentos além do RTC, entretanto, o RTC têm as seguintes vantagens:

- Baixo consumo de energia
- O fato de ser um sistema independente do sistema central, faz com este tenha seu processamento livre para outras tarefas

2.5.2.11 Barramento Mini PCI-Express

Mini PCI-Express é um barramento de alta velocidade de transmissão de dados com 52 pinos. Por meio desses 52 pinos, existem as seguintes conexões:

- Conexões para o barramento PCI Express x1
- Conexões para USB 2.0
- Conexões para SMBus
- Conexões para LEDs de diagnóstico de conexões wireless

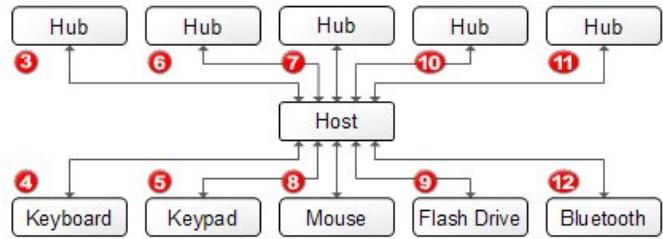


Figura 2.38: Exemplo: Topologia Estrela USB

Fonte: <http://www.usblyzer.com/usb-topology.htm>

- Conexões para SIM Card
- Conexões para outras extensões PCI
- Saída de 1.5V e 3.3 V

2.5.2.12 USB

USB ou *Universal Serial Bus* é um padrão de cabos, conectores e protocolos. O propósito do USB é padronizar a comunicação com equipamentos periféricos como teclados, cameras, impressoras, telefones, etc. USB já passou por três padronizações:

- USB 1.0 com velocidade máxima de transmissão de dados de 12 Mbits/s
- USB 2.0 com velocidade máxima de transmissão de dados 480 Mbits/s
- USB 3.1 com velocidade máxima de transmissão de 10 Gbytes/s

Para comunicação com periféricos, USB já tem conseguido substituir com sucesso a comunicação serial e paralela.

A topologia USB é assimétrica em formato de estrela com um dispositivo central (Host), como mostrado no exemplo da Figura 2.38.

Quando um novo equipamento é conectado, o sistema operacional do dispositivo central, a placa-mãe por exemplo, detecta a nova conexão e solicita o driver do equipamento para possibilitar a comunicação. Como mostrado na Figura 2.39, os cabos e conexões USB obedecem os padrões de duas classes: a classe A e a classe B.

Quando o dispositivo central é ligado, é definido para cada dispositivo conectado um endereço. Tal processo inicial é chamado de *enumeração*. Durante a *enumeração*, é também solicitado a cada dispositivo o tipo de transferência de dados a ser realizado com ele:

- Transferência de dados por meio de interrupção: Transferência de dados pouco frequente e de baixa quantidade, como transferência com teclado e mouse. Nesse caso, vale a pena interromper o sistema operacional.

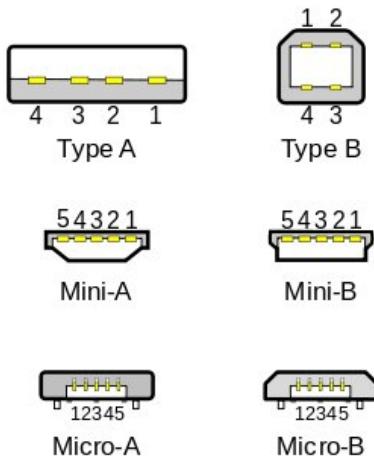


Figura 2.39: Pinos USB

Fonte: http://www.robotizando.com.br/pinagem_usb.php

- Transferência de dados por meio de pacotes: Transferência de dados pouco frequentes e de grande quantidade de dados, como, por exemplo, a transferência realizada para impressoras. Nesse caso, um bloco de dados é transferido de uma vez só pela porta USB.
- Transferência de dados isócrono(tempo real): Transferência de dados frequente e contínua, como as necessárias num alto falante.

Para cada uma das formas de transferência de dados supracitadas, é reservado pelo USB a largura de banda necessária em frames de largura de banda.

2.5.2.13 JTAG

JTAG(Joint Test Action Group) é a padronização IEEE-1149.1 usada para testes de circuitos impressos. JTAG foi criada para ajudar no problema da crescente dificuldade de testar circuitos associada com a crescente diminuição dos tamanhos do circuitos. Como mostrado na Figura 2.40, a implementação mais simples de JTAG requer 4 fios para sinalização:

- TDI: Pino para sinal de entrada para a query de teste.
- TDO: Pino para sinal de saída para a query de teste.
- TCK: Sinal do relógio de sincronização do JTAG. Todos outros sinais(TDI, TDO, TMS) são síncronos a esse sinal.
- TMS: Sinal para controlar o estado da máquina de estados interna ao JTAG, a qual tem 16 estados distintos, como mostrado na figura 2.41.

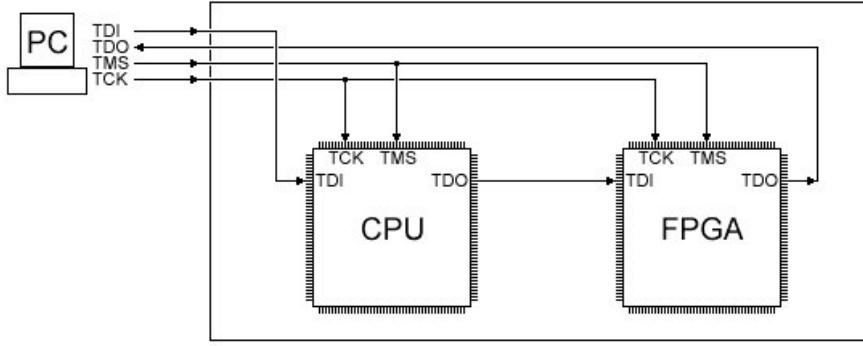


Figura 2.40: JTAG monitorando a conexão de um CPU com uma FPGA

Fonte: https://courses.cit.cornell.edu/ee476/FinalProjects/s2009/jgs33_rrw32/Final20Paper/

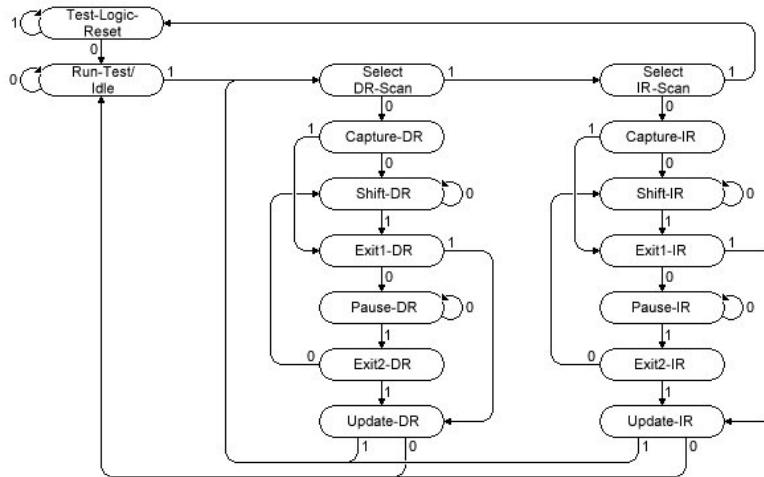


Figura 2.41: Máquina de estados - JTAG

Fonte: https://courses.cit.cornell.edu/ee476/FinalProjects/s2009/jgs33_rrw32/Final20Paper/

Na máquina de estados mostrada em 2.41, geralmente a JTAG é levada para os estados *Shift-DR*, em primeira instância, e, após isso, levada para o estado *Shift-IR*, onde o dado é coletado. *Shift-DR* e *Shift-IR* tem o mesmo tamanho N de bits. Por exemplo, se *Shift-DR* e *Shift-IR* tiverem 6 bits de tamanho, após 6 clock realizados no TCK, o dado que chegou no *Shift-IR* chega no *Shift-DR*.

A figura 2.42 mostra fluxo de dados de ida e volta num debug JTAG: JTAG -> CPU -> FPGA. O dado saí pelo pino TDI, percorre a CPU e a FPGA e volta no pino TDO sendo tudo isso controlado pelo pino TMS tendo todos esses pinos sincronizados pelo pino TCK.

A verificação de entrada e saída, incluindo o tempo de tais eventos, com testes JTAG tornou possível testes complexos em circuitos integrados.

A placa Galileo, como grande partes dos circuitos integrados atuais, possui 9 pinos próprio

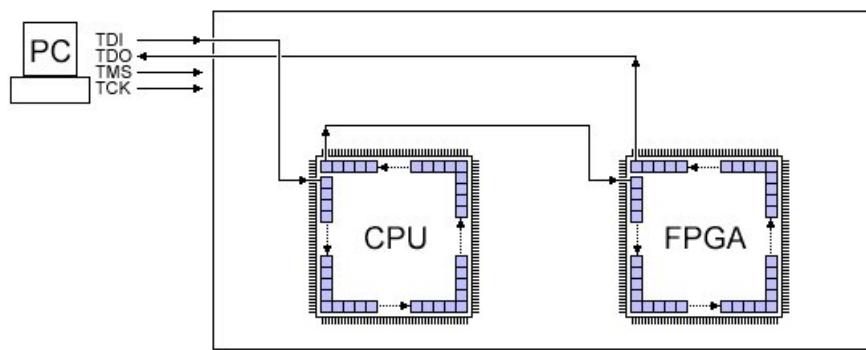


Figura 2.42: Fluxo de dados num debug JTAG

Fonte: <http://www.fpga4fun.com/JTAG.html>

para debug com JTAG.

Capítulo 3

Laboratórios Propostos

3.1 Introdução

Neste capítulo, são apresentadas as propostas de prática com a placa de desenvolvimento Intel® Galileo. As práticas serão proposta seguindo o modelo apresentado na seção 2.1.2.

3.2 Prática 1: Começando a usar o *Galileo*

Esta é a primeira prática com a placa Intel® Galileo. Nela são descritas os passos iniciais para o desenvolvimento e implementação de soluções.

Os objetivos desta prática são

- Realizar com sucesso a instalação do driver e da interface de programação para Arduíno
- Criar um programa para a placa Galileo capaz de fazer um LED piscar

Tabela 3.1: Prática 1: Começando a usar o *Galileo*

Nome da prática	Prática 1: Começando a usar a placa Intel Galileo
Objetivos	1)Instalar do driver para uso da placa placa Galileo 2)Instalar IDE do Arduino 3)Realizar a primeira prática utilizando a placa Galileo
Pré-requisitos/ Habilidades masterizadas necessárias	Nenhum
Revisão Téorica - Hardware	Circuito - seção 4.2.2 Resistor - seção 4.2.1 LED - seção 4.2.3
Revisão Téorica - Software	Programação Arduino - seção 4.3.2.1
Material necessário	- 1 Placa Galileo - 1 Transformador 220/120 V ->12 V - 1 cabo USB-Micro-USB - 1 LED
Bibliografia	-Manual de instalação Galileo -Livro ou Website com guia para programação em Arduino(sugestão Getting Started With Galileo)
Habilidades a serem masterizadas com essa prática	1) O aluno é capaz de instalar a placa Galileo no sistema operacional Windows 8 2) O aluno é capaz de escrever um programa simples para Galileo

3.2.1 Procedimentos

Para realizar a primeira prática com Intel® Galileo, é necessário realizar sequencialmente os seguintes procedimentos descritos nas sub-seções seguintes 3.2.1.2 3.2.1.1 e 3.2.1.3.

3.2.1.1 Instalação da IDE Arduino

O primeiro passo para o uso da placa Galileo é realizar o download da IDE de programação Arduino no website <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> como mostrado na Figura 3.1.

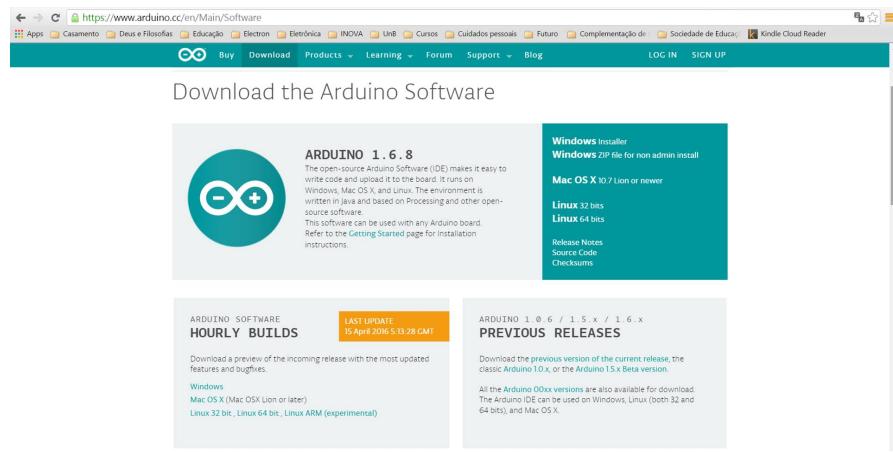


Figura 3.1: Site para baixar a IDE do Arduino para programação em Galileo.

Após realizar o download da IDE do Arduino, é necessário realizar o download do *Firmware* do Galileo para realizar a programação para a placa.

Primeiramente é necessário clicar em *Boards Manager* no gerenciador de placas da IDE do Arduino como mostrado na Figura 3.2

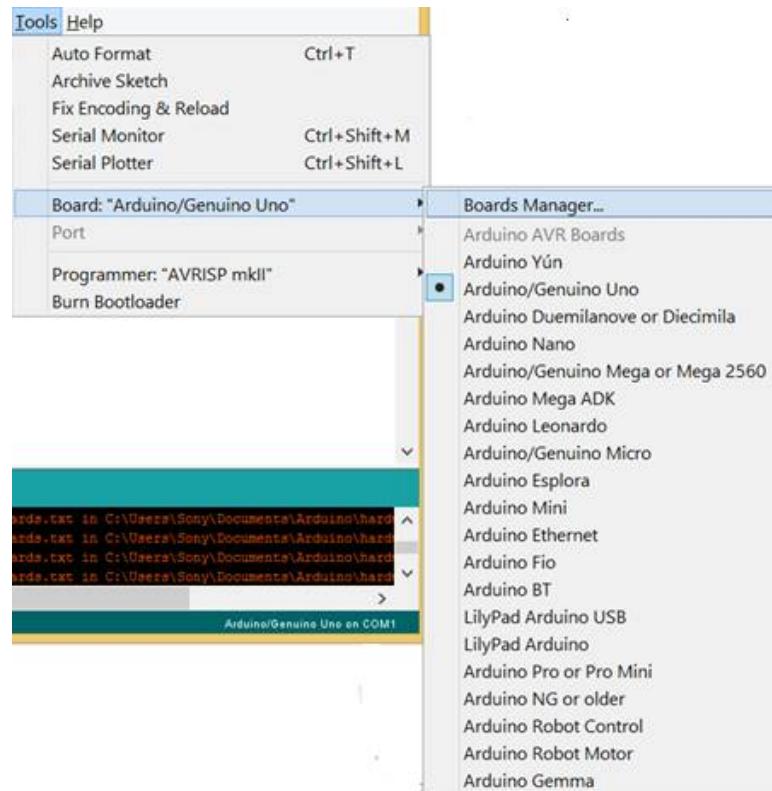


Figura 3.2: Adicionando o Firmware para programar a placa Galileo.

Na janela *Boards Manager*, digite galileo e realize o download do pacote *Intel® i586 Boards* como mostrado na Figura 3.3

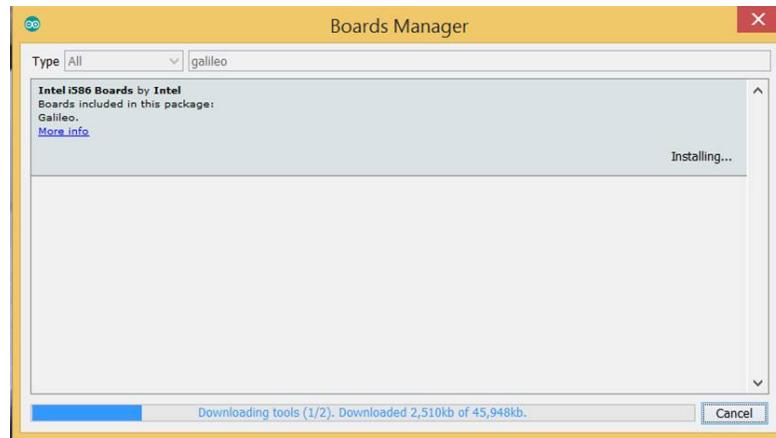


Figura 3.3: Realizando o download do Firmware para programação da placa Galileo.

Após o download ter sido realizado, a opção de programação para a placa Galileo é mostrada na janela *Tools/Board*. Selecione a opção Intel® Galileo Gen 2 como mostrado na Figura 3.4.

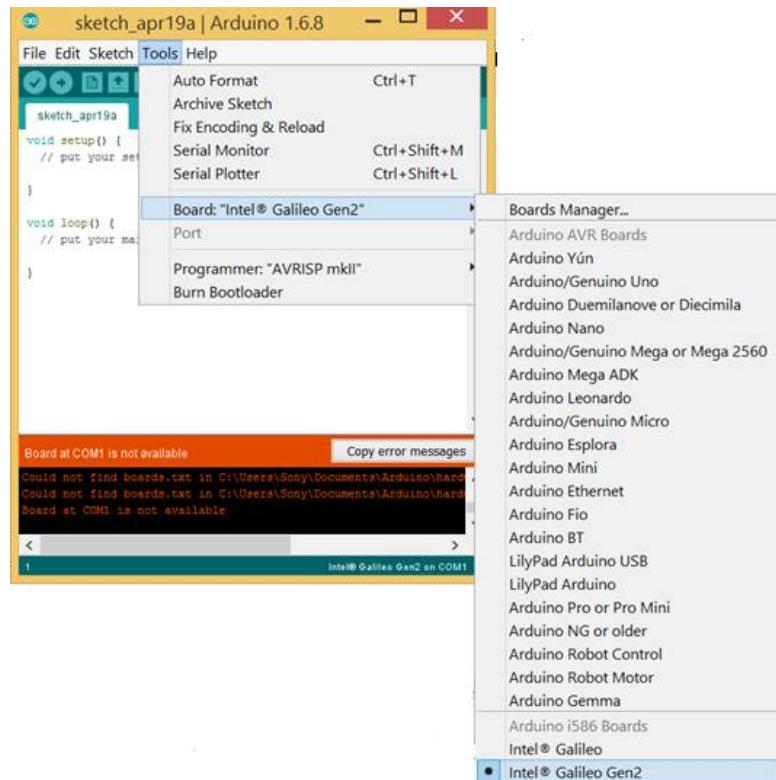


Figura 3.4: Selecionando a placa Galileo.

3.2.1.2 Instalação do Driver para a placa Intel® Galileo

Após realizar os passos descritos na sub-seção 3.2.1.1, é necessário realizar o download é instalação do *Driver* para a placa Intel® Galileo.

Ao se entrar no *Device Manager* com a placa Galileo ligada e conectada a uma porta USB do computador, é mostrada uma janela similar à Figura 3.5. É mostrado que o driver *Gadget Serial v2.4* não se encontra instalado.

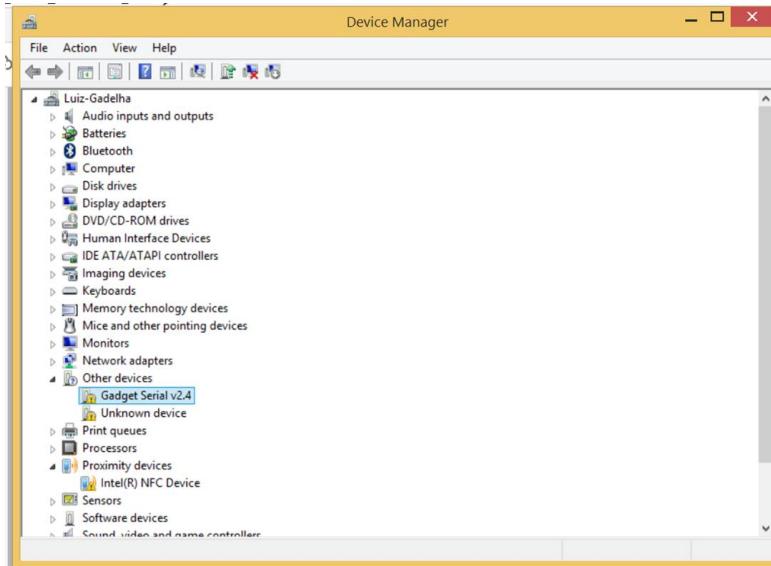


Figura 3.5: Serial Galileo: Gadget Serial v2.4

É necessário fazer o download do drive no website da Intel®: <https://downloadcenter.intel.com/downloads/eula/Galileo-Firmware-and-Drivers-1-0-4> como mostrado na Figura 3.6.

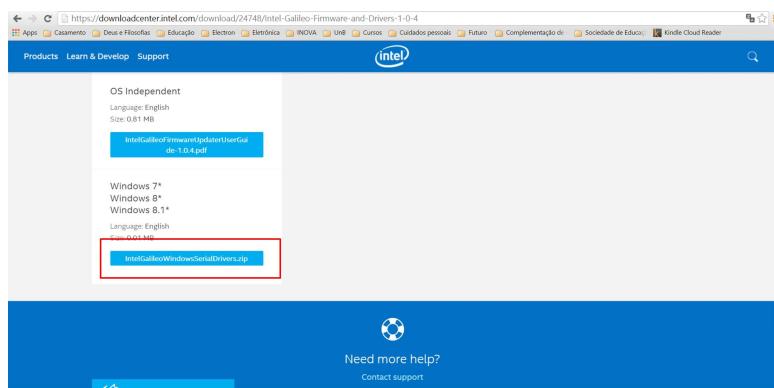


Figura 3.6: Site para download do Serial da placa Galileo

Após realizar o download do Serial, clique como o botão esquerdo do mouse no *Gadget Serial v2.4* mostrado em *Device Manager* mostrado na Figura 3.7.

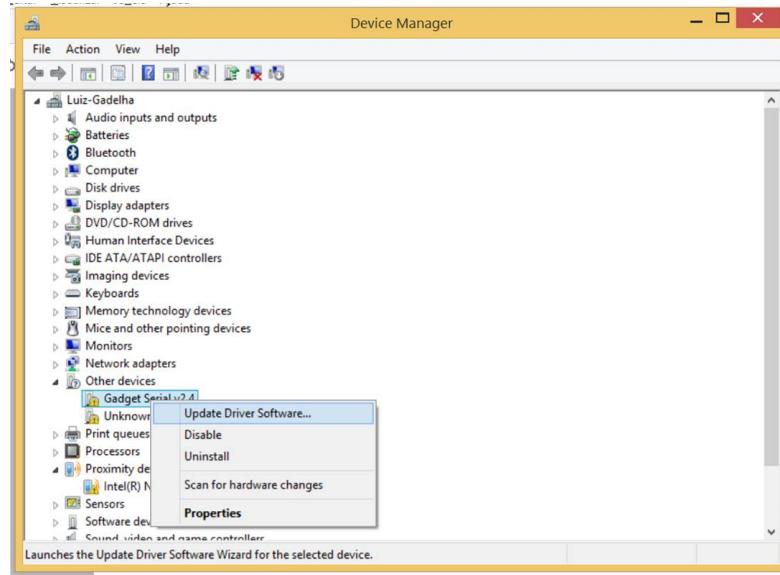


Figura 3.7: Atualizando o Driver para a placa Galileo

Clique na opção marcada com o retângulo vermelho da Figura 3.8.

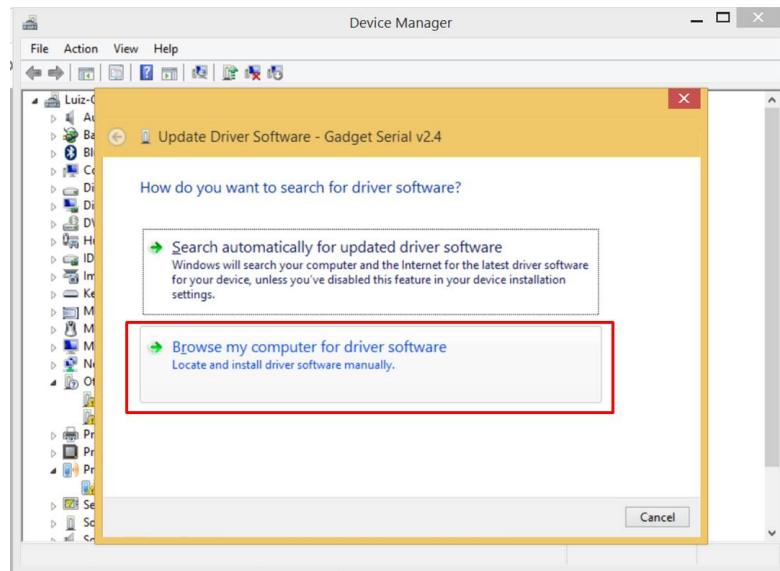


Figura 3.8: Selecionando o Driver baixado para atualização.

Selecione o local do computador onde o driver foi baixado. 3.9.

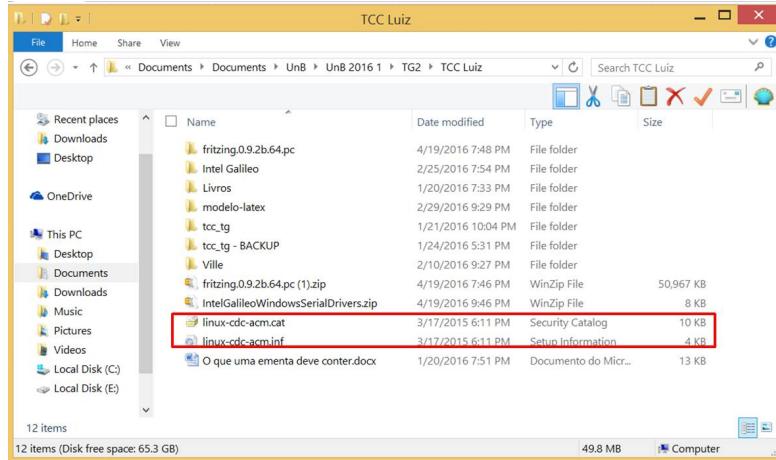


Figura 3.9: Selecionando a pasta onde se encontra o driver baixado.

Após o driver ter sido instalado, a janela do *Device Manager* será similar à Figura 3.10.

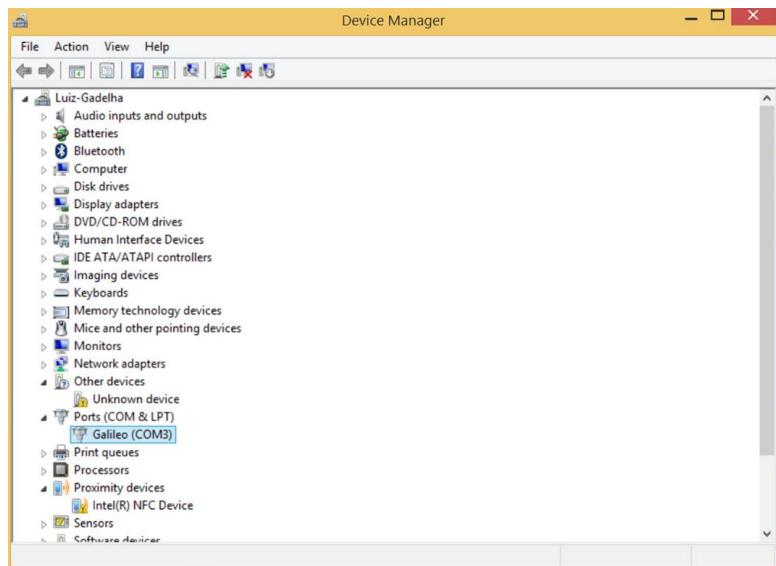


Figura 3.10: Driver atualizado.

Volte ao IDE do Arduino e selecione a porta COM disponilizada para a placa Galileo, como mostrado na Figura 3.11.

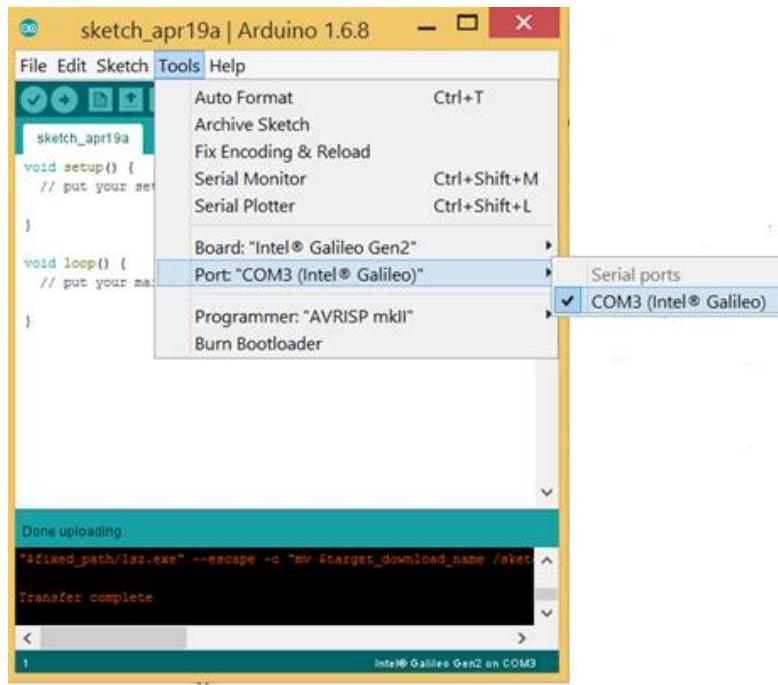


Figura 3.11: Selecionando a porta COM apropriada

3.2.1.3 Prática 1 - Procedimentos

Para a primeira prática, é feito um programa em Arduino para fazer um LED piscar. Como citado na seção ??, para se acender um LED, é necessário submeter o seu ánodo ao nível alto de tensão e seu cátodo à um nível baixo de tensão.

Nessa primeira prática, o circuito mostrado na Figura 4.11 é construído como mostrado na Figura 3.12.

Os passos a serem seguidos são os seguintes:

1. Conecte o ánodo do LED (perna grande do LED) na porta 13 do galileo.
2. Conecte o cátodo do LED (perna pequena do LED) na porta GND.
3. Escreva o código na IDE do Arduino para piscar LED segundo mostrado em 3.2.3.

3.2.2 Esquema de montagem

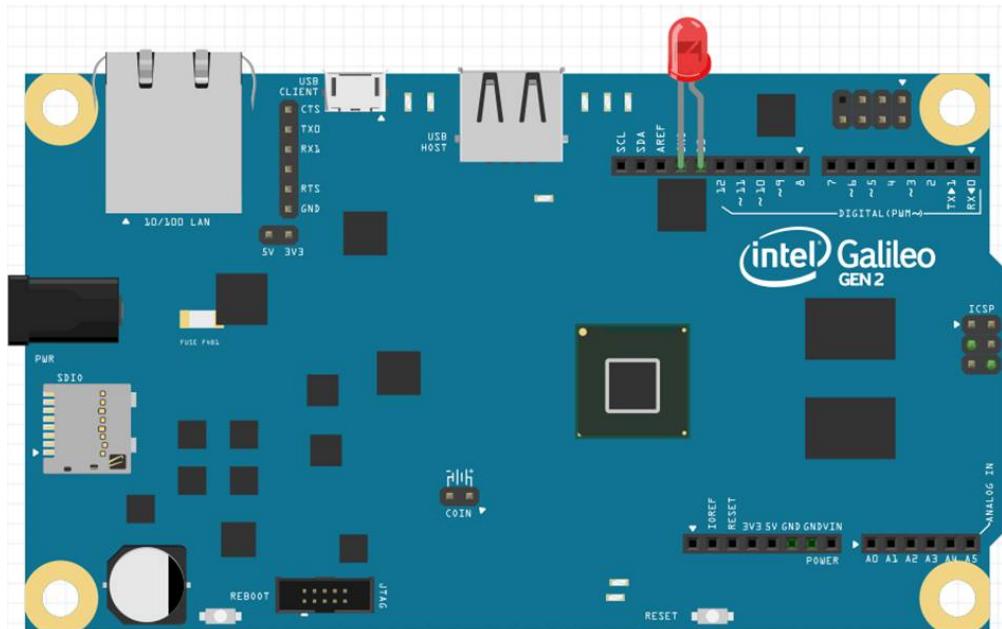


Figura 3.12: Circuito da prática 1.

3.2.3 Código fonte

```
1 /*
2  * Funcao Setup:
3  *
4  * Primeira funcao executada pelo sistema.
5  * Essa funcao eh utilizada para fazer as configuracoes iniciais
6  */
7
8 int ler = 2;
9 void setup() {
10 // Seleciona a porta digital 13 como saida de tensao
11 pinMode(13, OUTPUT);
12 }
13
14 /*
15 * Funcao Looop:
16 *
17 * Funcao a ser executada continuamente pelo sistema
18 * apos a execucacao da funcao setup()
19 *
20 */
21
22 void loop() {
23
24     digitalWrite(13, HIGH); // Coloca nivel alto de tensao (5 V) na porta digital 13
```

```

25     delay(1000); //Faz nada por 1000 ms ( 1 segundo)
26     digitalWrite(13, LOW); // Coloca nível baixo de tensão (0 V) na porta digital 13
27     delay(1000); //Faz nada por 1000 ms ( 1 segundo)
28 }
```

Code 3.1: Código Prática 1

3.2.4 Comentários

Com relação a esta prática, os procedimentos de instalação do driver da placa Intel® Galileo podem ser feitos anteriormente à execução da prática laboratorial, de forma a economizar tempo para outros tópicos.

3.3 Prática 2: Introdução a leitura de sensores e tipos de variáveis

Esta prática é destinada, com relação aos tópicos de programação a introduzir os conceitos de diretivas de compilação e tipos de dados.

Os objetivos desta prática são

- Aprender a utilizar uma protoboard.
- Aprender a utilizar um potênciometro.
- Aprender a utilizar um sensor de luz LDR.
- Criar um circuito de um sensor de luz utilizando LDR, potênciometro, protoboard e a placa Galileo.
- Aprender os tipos básicos de variáveis de forma a implementar um sensor de luz.

Tabela 3.2: My caption

Nome da prática	Prática 2: Introdução a leitura de sensores e tipos de variáveis
Objetivos	<p>1)Aprender o básico sobre diretivas de programação</p> <p>2)Aprender os diferentes tipos de variáveis e suas respectivas utilidades</p> <p>3)Aprender a ler o valor numa porta analógica na placa Galileo</p> <p>4)Aprender a utilizar um divisor de tensão para regular um sensor</p>
Pré-requisitos/ Habilidades masterizadas necessárias	Pratica 1 - seção 3.2
Revisão Teórica - Hardware	<p>Protopboard - seção 4.2.4</p> <p>Divisor de tensão - seção 4.2.5</p> <p>Potêniometro - seção 4.2.6</p> <p>LDR - seção 4.2.7</p>
Revisão Teórica - Software	<p>Processo de compilação - seção 4.3.4</p> <p>Diretivas de compilação - seção 4.3.5</p> <p>Tipos básico de variáveis - seção 4.3.6</p> <p>Conversão entre tipos de variáveis - seção 4.3.7</p> <p>Leitura Analógica - Conversão Analógico Digital -seção 4.3.8</p>
Material necessário	<ul style="list-style-type: none"> - 1 Placa Galileo - 1 Transformador 220/120 V ->12 V - 1 cabo USB-Micro-USB - 1 LED - 1 Potêniometro de 10k ohm - 1 LDR - 1 Protopboard - 5 fios jumper
Bibliografia	<ul style="list-style-type: none"> - Eletrônica básica [32] - A linguagem de programação C [33]
Habilidades a serem masterizadas com essa prática	<p>1) O aluno é capaz de construir um circuito simples na protoboard</p> <p>2) O aluno sabe como utilizar um potêniometro</p> <p>3) O aluno entende o funcionamento de sensores resistivos</p> <p>4) O aluno sabe identificar e utilizar aos tipo variáveis básicas em programação para a linguagem C</p>

3.3.1 Procedimentos

Os passos a serem seguidos nessa prática são os seguintes:

- Construção do circuito de um sensor de luz.
- Codificação para leitura de valores de tensão em tal circuito.

3.3.2 Esquema de montagem

Para esta prática, um circuito de acordo com o esquemático mostrado na Figura 3.13.

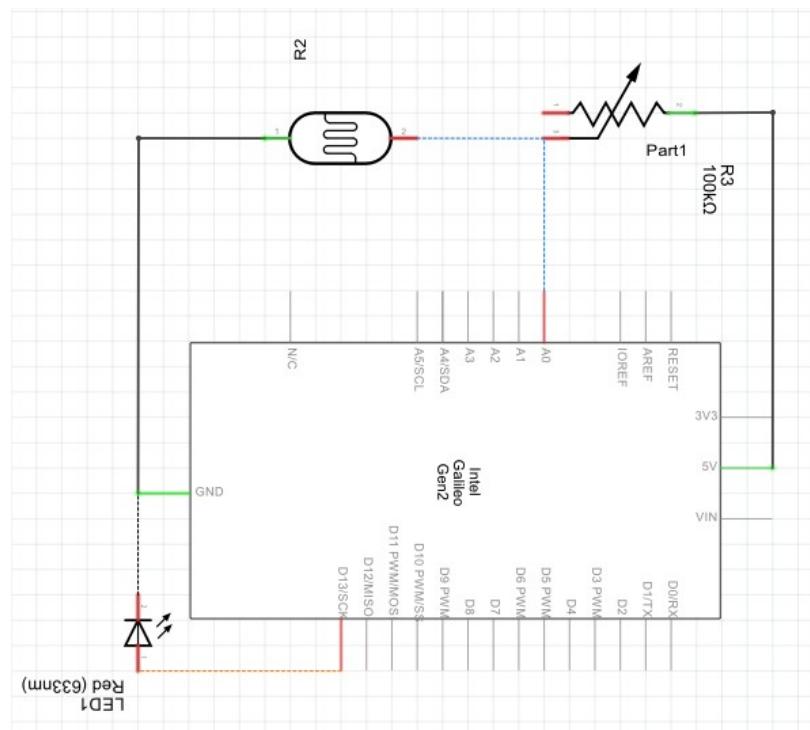


Figura 3.13: Esquemático do circuito da prática 2.

A construção do circuito na protoboard é mostrada na Figura 3.14.

Os passos para a construção do circuito na protoboard são os seguintes

1. Coloque o pino de 5V na trilha + da protoboard.
2. Coloque o pino de GND na trilha - da protoboard.
3. Coloque as pernas do LDR em trilhas separadas na região central da protoboard.
4. Conecte em uma das pernas do LDR a trilha + da protoboard utilizando um dos jumpers
5. Conecte na trilha onde se encontra a outra perna do LDR o pino central do potênciometro.

6. Conecte o pino mais afastado do LDR à trilha - utilizando um jumper.
7. Conecte a trilha onde se encontra o pino central do potênciometro à entrada analógico A0 da placa galileo
8. Conecte o LED nos pinos digital 13 e GND, como mostrado na figura 3.14.

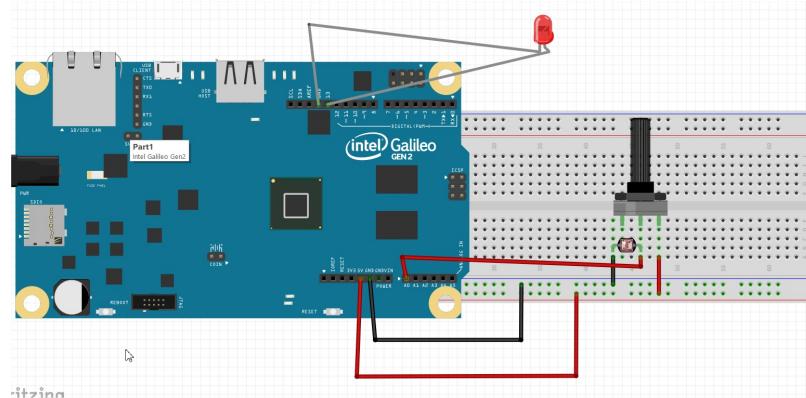


Figura 3.14: Circuito da prática 2 construído numa protoboard.

3.3.3 Código fonte

```

1 #define pinoLed 13 // Pino no qual o LED estah conectado
2 int leituraAD = 0;// leitura do sensor LDR a ser feita com o conversor AD por meio
   // da funcao analogRead().
3           // conversao  5 V -> 1023  (10 bits) 11111 11111
4           //           0 V - > 0          00000 00000
5 float sensorLuz;// Valor analogico aproximado da leitura do sensor
6
7 void setup()
8 {
9
10 Serial.begin(9600);//inicia a comunicacao serial Galileo -> Computador
11           //           <-
12 pinMode(pinoLed , OUTPUT); // seleciona a porta digital pinoLed para saida
13
14 }
15
16
17 char letra = 'a';
18 char * texto = "isso eh um texto";
19 void loop()
20 {
21 leituraAD = analogRead(A0); // ler o sinal anal?gico na porta digital A0
22
23 sensorLuz = (float) ( leituraAD * 5)/1023; //regra de 3 escala de 0 a 1023 digital ,
   // para 0 a 5 anal?gico
24
25 Serial.print("Leitura AD = ");

```

```
26 Serial.print(leituraAD);
27
28 Serial.print(" Conversao para float = ");
29 Serial.println(sensorLuz);
30
31
32 delay(500); // faz nada por 500 ms
33
34 }
```

Code 3.2: Código Prática 2

3.3.4 Comentários

No código fonte desta prática, são utilizados diretivas de programação, e todos tipos básicos de variável. É utilizado também uma variável de tipo char *. Tal tipo será estudado numa prática de vetores e alocação dinâmica de memória a ser mostrada posteriormente.

Capítulo 4

Embassamento teórico

4.1 Introdução

Este capítulo é destinado a explicação detalhada dos conceitos teóricos que embassam as práticas propostas no capítulo 3 deste trabalho.

4.2 Embassamento teórico - Circuitos eletrônicos, Hardware

Nesta seção são tratados todos conceitos relativos a circuitos eletrônicos e hardwares que embassam as práticas propostas na seção 4.

4.2.1 Resistor

Num circuito elétrico, chama-se por resistor o elemento que oferece *resistência* a passagem de corrente elétrica entre seus terminais.

Resistores são elementos *passivos* num circuito eletrônico. Isso significa que eles são apenas consumidores de energia.

Com o uso de resistores e suas ligações (subseções 4.2.2.4 e 4.2.2.5) , é possível controlar as correntes e tensões num circuito de forma a : limitar seus valores, ajustar nível de sinais, polarizar elementos ativos, entre outras diversas aplicações.

Tais funcionalidades do resistor estão sempre associadas à *Lei de Ohm*, descrita com mais detalhes na seção 4.2.2.3.

A Figura 4.1 mostra um exemplo de resistor utilizado em circuitos eletrônicos.

Há vários tipos de resistores fabricados de diversas maneiras e, como dito, para as mais diversas aplicações. O resistor mostrado na Figura 4.1 é chamado de resistor de valor fixo e geralmente é utilizado para prototipagem de circuitos eletrônicos.

Resistores de valor fixo são geralmente fabricados utilizando carbono, metal, ou películas de

óxidos metálicos.



Figura 4.1: Exemplo de resistor utilizado em circuitos eletrônicos.

A simbologia para resitores num circuito elétrico é também extensa. A Figura 4.2 mostra todos os tipos de simbologia utilizado para várias aplicações.

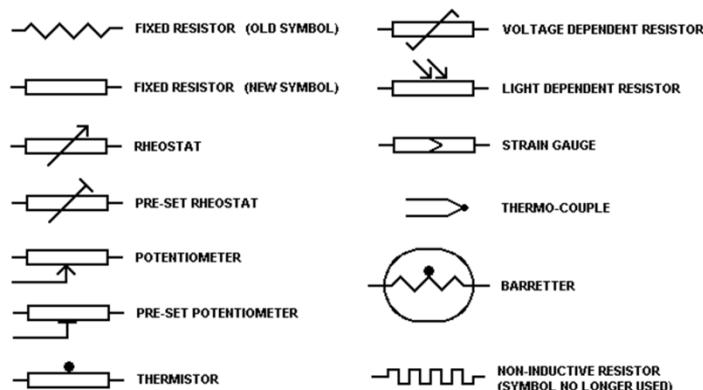


Figura 4.2: Simbolos de resistor utilizado em circuitos eletrônicos.

Fonte: www.vegyelgep.bme.hu

Resistores de valor fixo, como o mostrado na Figura 4.3, tem como resistência a seguinte expressão:

$$R = (Digito_1 + 10 * Digito_2) * Multiplicador \pm Tolerancia\% \quad (4.1)$$

Os valores *Dígito₁*, *Dígito₂*, *Multiplicador* e *Tolerância* são mostrados na Tabela 4.1 para cada cor utilizada no código.

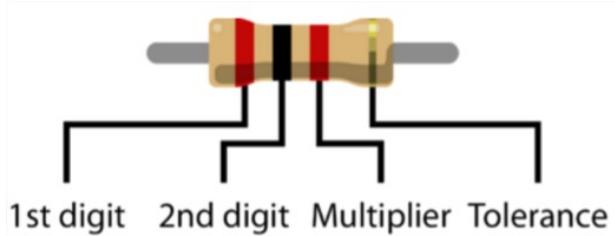


Figura 4.3: Como ler o código de cores de um resistor.

Fonte: <http://education.rec.ri.cmu.edu/content/electronics/common/resistors/1.html>

Tabela 4.1: Tabela de leitura de valor e tolerância de um resistor

Cor	Multiplicador	Dígito 1	Dígito 2	Tolerância
Preto	10^0	0	0	
Marrom	10^1	1	1	$\pm 1\%$
Vermelho	10^2	2	2	$\pm 2\%$
Laranja	10^3	3	3	
Amarelo	10^4	4	4	
Verde	10^5	5	5	
Azul	10^6	6	6	
Violeta	10^7	7	7	
Cinza	10^8	8	8	
Branco	10^9	9	9	
Ouro				$\pm 5\%$
Prata				$\pm 10\%$

Cada resistor tem um limite que corrente que pode circular entre seus terminais. Geralmente esse limite é dado em relação à potência dissipada. Para saber qual potência será dissipada num resistor com resistência de valor R Ohms deve-se aplicar a seguinte fórmula:

$$P = IU \quad (\text{Potência dissipada num resistor de valor } R) \quad (4.2)$$

Onde P é a potência dissipada em Watts, I é a corrente elétrica que passa no resistor em Ampéres e U é a tensão elétrica entre os terminais do resistor em Volts.

4.2.2 Circuito - fórmulas e topologias básicas

Nomeia-se por circuito elétrico, um caminho fechado entre dois ou mais pontos formado por componentes eletrônicos no qual corrente elétrica pode circular. A Figura 4.4 mostra um circuito elétrico simples formado por uma bateria que fornece uma diferença de potencial (Tensão) entre seus terminais de valor V Volts e um resistor com valor de resistência R Ohms.

Os pontos A e B da figura mostram, respectivamente, o ponto de maior potencial elétrico (+ da bateria) e o ponto de menor potencial elétrico (- da bateria).

Para descrever o comportamento a dinâmica de tensões, correntes existem as seguintes leis:

- Primeira lei de Kirchoff - Leis das Malhas
- Segunda lei de Kirchoff - Leis dos Nós
- Lei de Ohm

E para descrever a topologia dos circuitos, existem duas ligações básicas entre componentes a serem tradadas neste documento:

- Ligação Série
- Ligação Paralelo

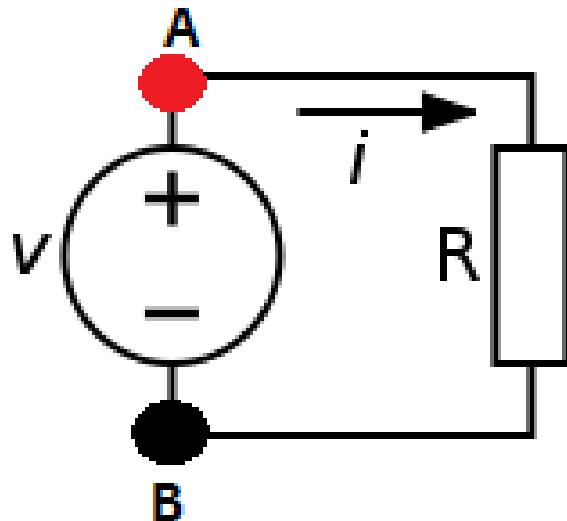


Figura 4.4: Circuito Simples.

4.2.2.1 Primeira lei de Kirchoff - Leis das Nós

A primeira lei de Kirchoff diz que a soma da correntes elétricas que entram num nó I_{entram} é igual a soma das correntes que saem, I_{saem} , ou seja:

$$\sum I_{entram} = \sum I_{saem} \quad (4.3)$$

Usando a Figura 4.5 como exemplo, a primeira, nesse caso, é escrita da seguinte forma:

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5 \quad (4.4)$$

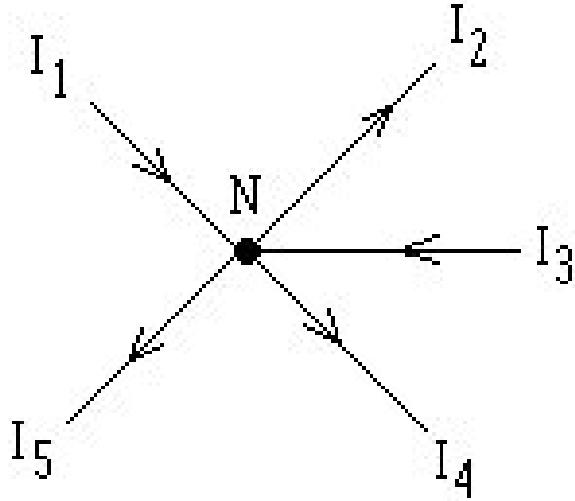


Figura 4.5: Primeira Lei de Kirchoff.

4.2.2.2 Segunda lei de Kirchoff - Leis das Malhas

A segunda lei de Kirchoff diz que a soma das tensões u_i num caminho fechado, num circuito elétrico é igual a zero, ou seja:

$$\sum u_i = 0 \quad (4.5)$$

Usando a Figura 4.6 como exemplo, onde as tensão em cada componentes são descritas pela letra u , a primeira lei Kirchoff é escrita na seguinte forma

$$\begin{aligned} u - u_1 - u_2 &= 0 \\ u &= u_1 + u_2 \end{aligned} \quad (4.6)$$

4.2.2.3 Lei de Ohm

A lei de Ohm[24] diz que num circuito fechado, sob um componente eletrônico que com valor resistência R que esteja submetido a uma diferença de potencial entre seus terminais de valor V , circulará uma corrente elétrica de I segundo a seguinte fórmula:

$$I = \frac{V}{R} \quad (4.7)$$

Essa expressão não depende da natureza de tal condutor: ela é válida para todos os condutores. Para um dispositivo condutor que obedeça à lei de Ohm, a diferença de potencial aplicada é proporcional à corrente elétrica, isto é, a resistência é independente da diferença de potencial e da corrente. Um dispositivo muito utilizado em aparelhos eletrônicos, como rádios, televisores e amplificadores, que obedece à essa lei é o resistor (componente descrito mais detalhadamente na seção ??) cuja função é controlar a intensidade de corrente elétrica que passa pelo aparelho.

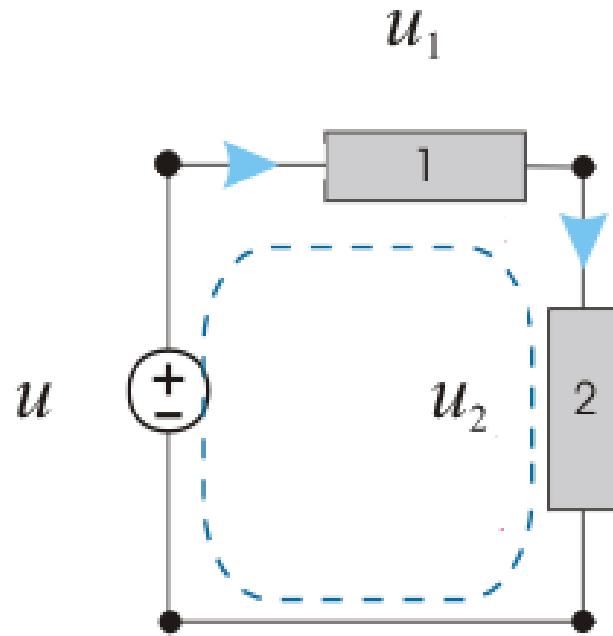


Figura 4.6: Segunda Lei Kirchhoff.

Entretanto, para alguns materiais, por exemplo os semicondutores, a resistência elétrica não é constante, mesmo que a temperatura seja, ela depende da diferença de potencial V . Estes são denominados condutores não ôhmicos. Um exemplo de componente eletrônico que não obedece à lei de Ohm é o diodo(componente descrito mais detalhadamente na seção ??).

4.2.2.4 Ligação em Série

Quando dois ou mais componentes estão conectados num circuito, um após ao outro, diz que tais componentes estão conectados em série, como mostrado em 4.7.

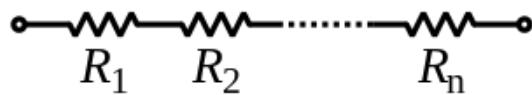


Figura 4.7: Ligação em série de n resistores.

Para elementos que se encontram em série, a mesma corrente I os percorre, como mostrado na Figura 4.8.

Aplicando a segunda lei de Kirchoff, apresentada na seção 4.2.2.2, e a lei de Ohm, apresentada na seção 4.2.2.3, tem-se a seguinte sequência de expressões para a demonstração da resistência equivalente de resistores em série:

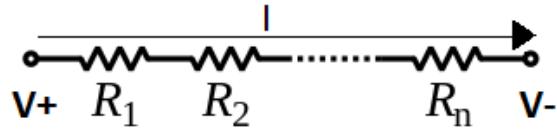


Figura 4.8: Mesma corrente percorrendo resistores em série.

$$V_+ - V_- = V_{R1} + V_{R2} + \dots + V_{Rn} \quad (\text{Aplicando a lei de Kirchoff das malhas}) \quad (4.8)$$

$$I * R_{eq} = I * (R1 + R2 + \dots + Rn) \quad (\text{Aplicando a Lei de Ohm}) \quad (4.9)$$

$$R_{eq} = (R1 + R2 + \dots + Rn) \quad (\text{Fórmula de resistor equivalente - ligação série}) \quad (4.10)$$

A resistência equivalente de uma ligação em série de resistores pode ser vista como a "resistência exagerada" pela fonte de diferença de potencial entre os pontos V+ e V- mostrados na Figura 4.8.

4.2.2.5 Ligação em Paralelo

Numa conexão em paralelo, os componentes se encontram conectados com seus terminais conectados em comum e possuem sobre eles a mesma tensão elétrica, como mostrado na Figura 4.9.

A primeira lei de Kirchoff, como mostrado na seção 4.2.2.1, mostra que a soma das correntes que entram num nó é igual a soma das correntes que por ele saem.

Na Figura 4.9, os resistores R_1, R_2, \dots, R_n encontram-se em paralelo. A soma das correntes que entram no nó A é igual a soma das correntes que dele saem, ou seja:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (\text{Primeira Lei de Kirchoff}) \quad (4.11)$$

Utilizando a Lei de Ohm e sabendo que, numa ligação em paralelo, todos elementos encontram-se sob a mesma Tensão elétrica, tem-se que:

$$\frac{V_{in}}{R_{eq}} = \frac{V_{in}}{R_1} + \frac{V_{in}}{R_2} + \dots + \frac{V_{in}}{R_n} \quad (\text{Lei de Ohm aplicada à ligação em paralelo}) \quad (4.12)$$

Disso, tem -se que:

Tabela 4.2: Resumo - Ligação em série X Ligação em paralelo

	Tensão elétrica nos elementos	Corrente elétrica pelos elementos	Resistência Equivalente entre N elementos conectados
Ligação em Série	Diferente	Igual	$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$
Ligação em Paralelo	Igual	Diferente	$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (\text{Fórmula de resistor equivalente - ligação paralelo}) \quad (4.13)$$

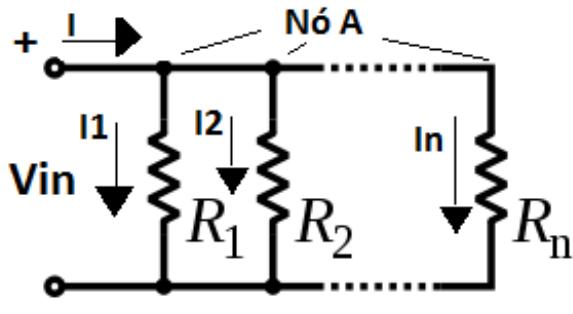


Figura 4.9: Componentes conectados em paralelo.

4.2.2.6 Resumo - Ligação em série X paralelo

A tabela mostrada em 4.2 o resumo das características da ligação em série e da ligação em paralelo entre resistores:

4.2.3 Diodo-LED

Um **Diodo Emissor de Luz** (LED) é um dispositivo semicondutor o qual, ao passar de corrente elétrica do seu *Ánodo* para seu *Cátodo* emite luz. A Figura 4.11 mostra o símbolo de um LED.

Como todo diodo, o LED bloqueia a passagem de corrente elétrica na direção do seu cátodo ao seu ánodo e permite a passagem de corrente na direção contrária.

Como mostrado na Figura 4.10, diodos são construídos com duas junções de semicondutores dopados: uma junção N e uma junção P. A junção P possui falta de portadores negativos, ou seja, está positivamente dopado. A junção N possui excesso de portadores negativos, ou seja, está negativamente dopada.

A dinâmica dos portadores entre as junções N - P criam o comportamento de bloqueio e liberação da passagem de corrente no diodo.

Para um diodo com tensão positiva entre ánodo e cátodo, existe uma região chamada região de depleção a qual deve ser superada para que exista fluxo de corrente, ainda que o diodo esteja positivamente polarizado, como mostrado também no gráfico da Figura 4.12.



Figura 4.10: Junção N-P em um diodo.

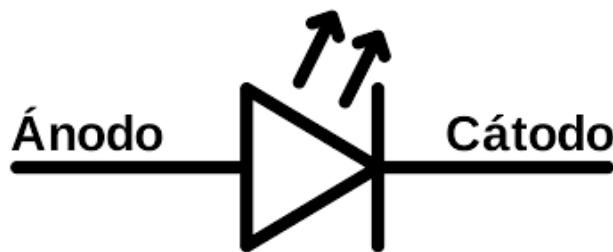


Figura 4.11: Símbolo Díodo

A Figura 4.12 mostra a relação entre tensão aplicada entre o ánodo e o cátodo e a corrente que atravessa um diodo. Quando a diferença de tensão entre ánodo e cátodo é positiva, o diodo se encontra sob polarização direta. Nessa polarização, o diodo permite passagem de corrente entre seus terminais. A fórmula que expressa essa relação é a seguinte:

$$i_D = I_s(e^{v_d/nkT} - 1) \quad (4.14)$$

Onde i_D é a corrente se passar pelo diodo, v_D é a tensão entre ánodo e cátodo, T é a temperatura, k é a constante de Boltzmann, N é o coeficiente de não linearidade e I_s é a corrente de saturação.

Como mostrado na Figura 4.12, quando em polarização reversa, o diodo não permite passagem de corrente com intensidade apreciável.

Caso a diferença de tensão entre cátodo e ánodo seja maior que a tensão de quebra V_{br} , o diodo entrará na região de quebra e não mais bloqueará a passagem de corrente.

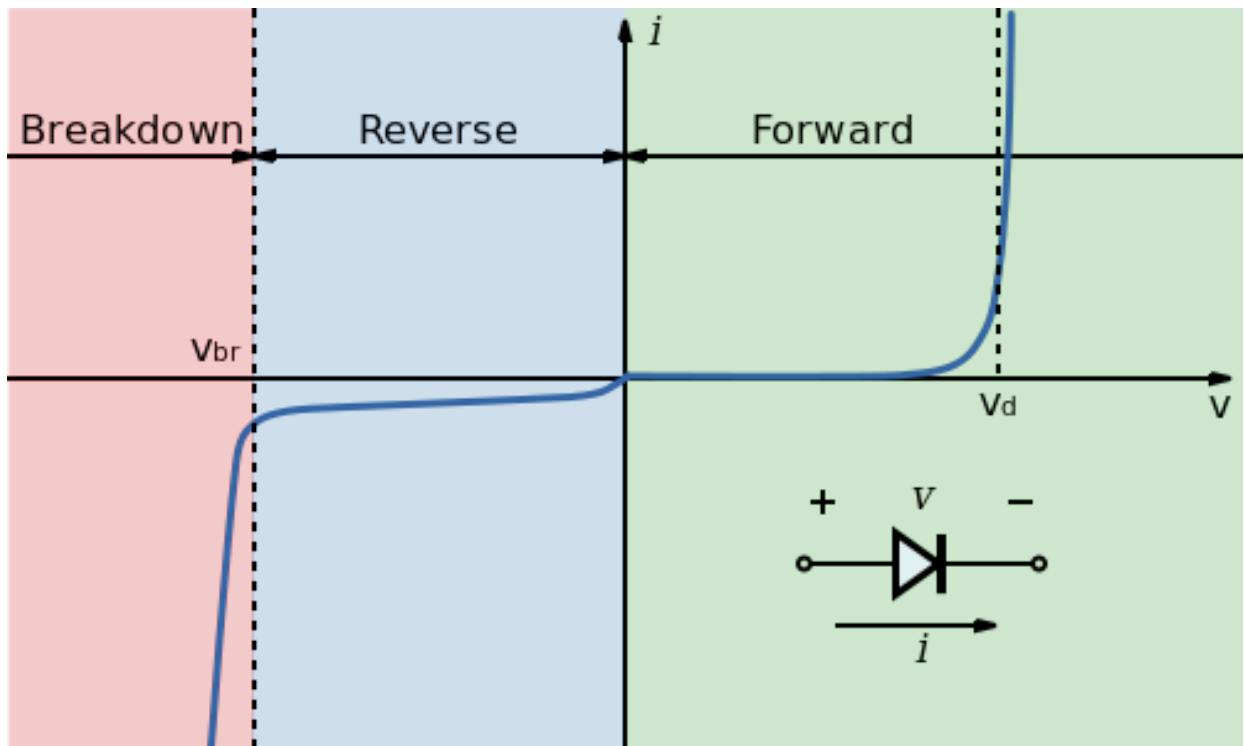


Figura 4.12: Relação tensão, corrente num diodo e suas regiões de operação

Fonte: <http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---diodo-semicondutor.pdf>

Para aplicações simples em eletrônica, usualmente se adota um modelo simplificado para a operação do diodo mostrado na Figura 4.13.

Nesse modelo, para uma polarização direta, o diodo é substituído por um diodo ideal (sem queda de tensão) com uma bateria em série com valor de tensão de 0.7 a 0.6 de tensão significando a queda de tensão entre os terminais do diodo.

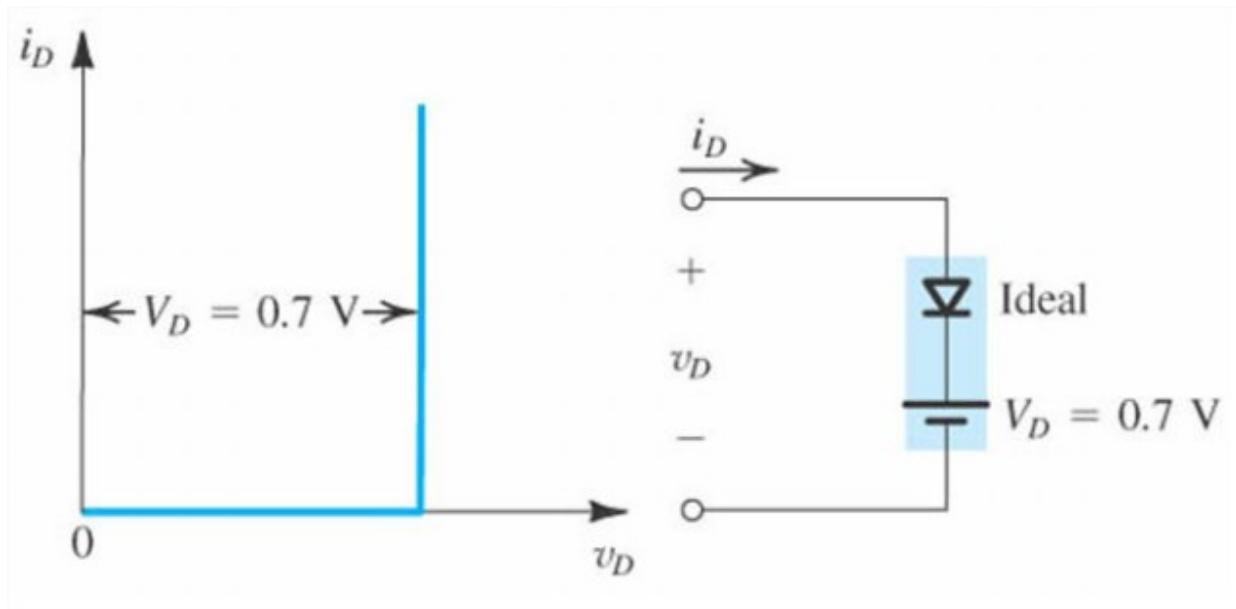


Figura 4.13: Modelo simplificado de um diodo em polarização direta.

Fonte: <https://digitalsignal.files.wordpress.com/2008/09/aula05.pdf>

Diodo são utilizados em várias aplicações em eletrônica. Alguns exemplo de aplicações seriam:

- Retificação de tensão (Transformação de um sinal AC (Corrente Alternada) para DC (Corrente Contínua))
- Isolamento de sinais de fonte de potência
- Referência de voltagem
- Controle e limitação da amplitude de sinais
- Detecção de sinais

4.2.4 Protoboard

Protoboard ou *BreadBoard* é um componente essencial na prototipação de circuitos eletrônicos. Com uma protoboard, é possível criar circuitos temporários, sem necessidade de realizar soldagem.

As protoboards foram criadas para simplificar a prototipação e testes de circuitos eletrônicos anteriormente a sua efetiva produção por meio em máquinas de circuitos impressos. Em geral, as protoboards apresentam a estrutura mostrada na Figura 4.14. As trilhas verticais + e - marcadas na Figura são trilhas contínuas de alumínio. Usualmente, mas não obrigatoriamente, as trilhas + e - são usadas como polos positivo e negativo da bateria. A região central, com as trilhas na horizontal, geralmente é utilizada para a construção do circuito desejado.

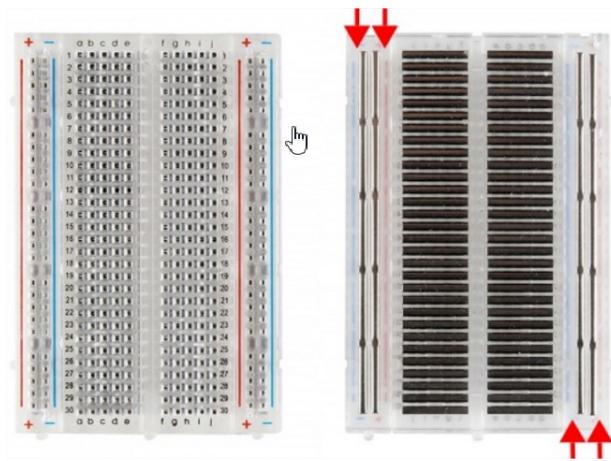


Figura 4.14: Protoboard.

Fonte: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-use-a-breadboard>

A Figura 4.15 mostra o esquemático de circuito simples formado por uma fonte de 9V, uma resistor de 1k ohm e um LED e sua construção numa protoboard.

Na parte direita da Figura 4.15, é mostrado os polos positivo e negativos da bateria de 9V conectado à trilha contínua e a região central foi usada para conectar tais polos ao LED e resistor em série. Além disso, a parte direita da Figura mostra o sentido convencional da corrente elétrica.

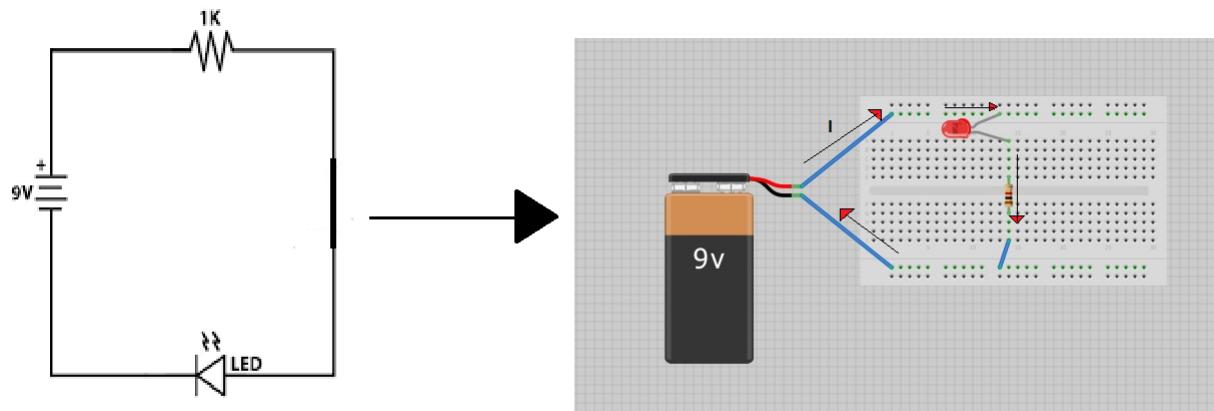


Figura 4.15: Esquemático de um circuito e sua construção numa protoboard.

4.2.5 Divisor de tensão

Em eletrônica, chama-se divisor de tensão um circuito com estrutura similar ao mostrada na Figura 4.16.

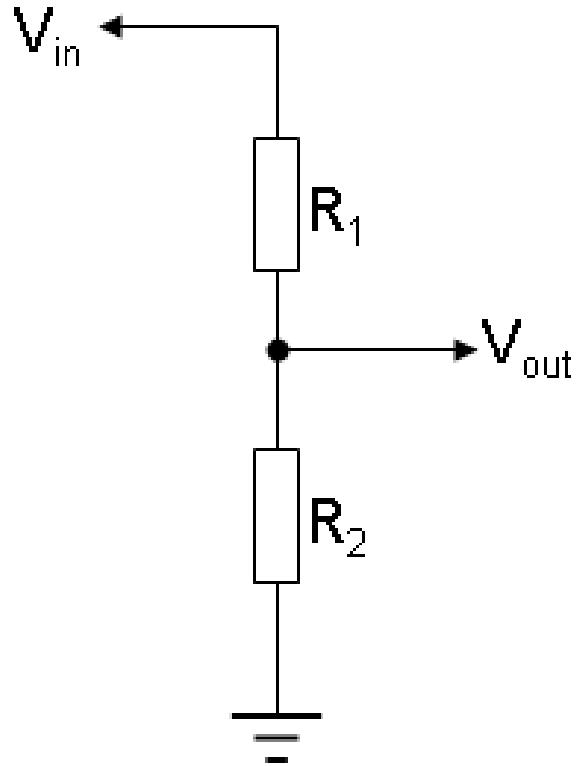


Figura 4.16: Modelo de um circuito divisor de tensão

Pela segunda lei de Kirchoff (seção 4.2.2.2) tem-se a seguinte expressão:

$$V_{in} - V_{R1} - V_{R2} = 0 \quad (4.15)$$

A corrente que circulará nesse circuito é igual a:

$$I = \frac{V_{in}}{(R1 + R2)} \quad (4.16)$$

Calculando o valor da tensão de saída, tem-se:

$$V_{out} = V_{in} - I * R1 \quad (4.17)$$

Portanto, a tensão de saída será igual a:

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} * V_{in} \quad (4.18)$$

O fator $\frac{R2}{R1+R2}$ é o fator da divisão de tensão, no circuito exemplificado pela Figura 4.16.

Divisores de tensão tem várias aplicações em eletrônica, dentre elas, destacam-se as seguintes:

- **Medição de sensores:** Um divisor de tensão pode ser usado como forma de medição para sensores resistivos (Sensores que alteram sua resistência de acordo com o fator de sensitividade).
- **Medição de altas tensões:** Um divisor de tensão pode ser usado para utilizar voltímetros para tensões além de sua respectivas escala de medição.
- **Mudança de escala de sinais:** Um divisor de tensão pode ser usado para adeguar a escala de um sinal para sinais que podem ser lidos e processados por um microprocessador em suas faixa operação própria.

4.2.6 Potenciômetro

Um potenciômetro é um componente de circuitos elétricos que possui resistência elétrica ajustável mecanicamente. Num esquemático de um circuito, o símbolo usado para potenciômetro é mostrado na Figura 4.17.



Figura 4.17: Símbolo de um potenciômetro.

Potenciômetros são muito usados para controlar / alterar as características de entrada / saída de aparelhos eletrônicos, como volume, balanço, graves, brilho, contraste, cor, tempo de funcionamento (em tv's, dvd's, monitores, relógios, ...). São também conhecidos como resistores variáveis, ou ainda, reostatos.

Para criar tal característica de variação de resistência, os potenciômetros possuem internamente uma trilha resistiva (de níquel-cromo ou de carbono), sobre a qual desliza um cursor , que altera a resistência elétrica entre seu conector central e um dos dois laterais(normalmente são três conectores).

Os potenciômetros podem ser classificados em duas categorias: quanto a forma de deslocamento do curso e quanto a forma de variação da resistências entre seus terminais.

Em relação a forma de deslizamento do curso, os potenciômetros podem ser angulares, Figura 4.18, e lineares, Figura 4.19.

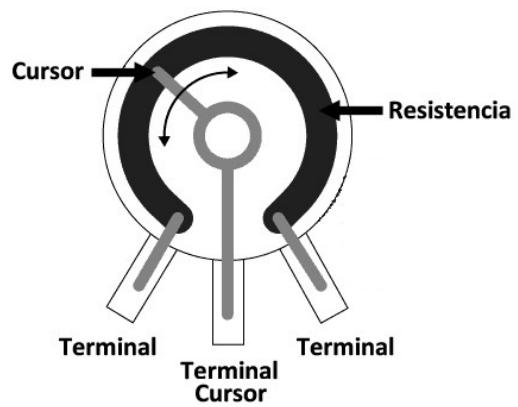


Figura 4.18: Estrutura de um potenciômetro angular.



Figura 4.19: Potenciômetro linear.

Em relação a a forma de variação da resistência entre seus terminais, os potênciometros podem ter variação linear ou variação logarítmica. A Figura 4.20 mostra tais formas de variação.

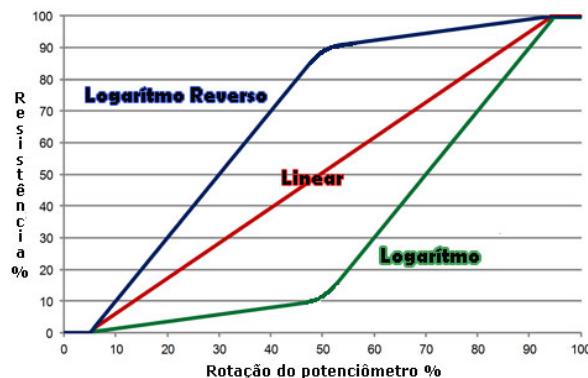


Figura 4.20: Formas de variação da resistência em um potênciometro.

Assumindo que a resistência entre os terminais externos do potêncioemtro da Figura 4.21 é fixa e igual a 10 k ohms tem-se as seguintes formas de uso dos terminais:

- **Ponteciômetro 1:** está com os terminais 1 e 2 ligados, neste caso ele varia sua resistência entre 0 ohm e 10 k ohms, nessa ligação quando o eixo é girado para a esquerda ele diminui a sua resistência e quando ele é girado para a direita aumenta a sua resistência.
- **Ponteciômetro 2:** Nesse caso, os terminais 2 e 3 encontram-se ligados, ele varia sua resistência entre 0 ohm e 10 k ohms, nessa ligação quando o eixo é girado para a esquerda ele aumenta a sua resistência e quando é girado para a direita diminui a sua resistência.
- **Ponteciômetro 3:** a resistência é fixa, no caso 10 k ohms. Girar o curso não alterará a resistência observada.



Figura 4.21: Formas de uso de um potênciometro angular.

4.2.7 LDR

Um foto-resistor ou LDR (Light Dependent Resistor) é um resistor cuja resistência é dependente da luz que incide sobre ele. A Figura 4.22 mostra um LDR simples, muito utilizado em circuitos eletrônicos e a Figura 4.23 mostra a símbolo para o LDR usado em esquemáticos.

Resistores dependentes de luz podem ser de diferentes tipos. Eles variam em material sensível à luz usada. Um resistor dependente da luz no espectro visível é feita através de sulfureto de cádmio

(CdS) ou seleneto de cádmio (CdSe). Este material é sensível ao comprimento de onda de 400 nm - 850 nm. Por perto faixa do infravermelho ($1\text{ }\mu\text{m}$ - $3\text{ }\mu\text{m}$), existem PBS ou materiais PBSE usado.



Figura 4.22: LDR



Figura 4.23: Símbolo do LDR

Fonte: www.electrical4u.com

Um LDR pode de dezenas de Megaohms (Escuro) para algumas centenas de ohms (claro) dependendo da intensidade da luz incidente, como mostrado no gráfico da Figura 4.24.

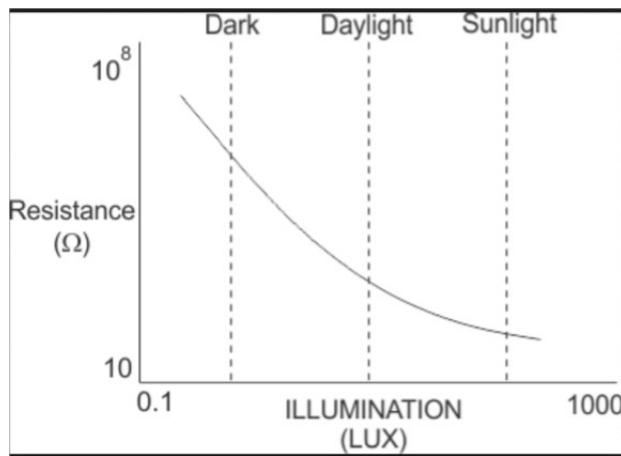


Figura 4.24: Gráfico LDR : Resistência X Luminância

Fonte: www.electrical4u.com

Como dito na seção 4.2.5, um divisor de tensão pode ser usado em conjunto com sensores resistivos como o LDR. A Figura 4.25 mostra um sensor de luz implementado com um circuito formado por uma fonte DC, um resistor fixo de 10k ohms e um LDR.

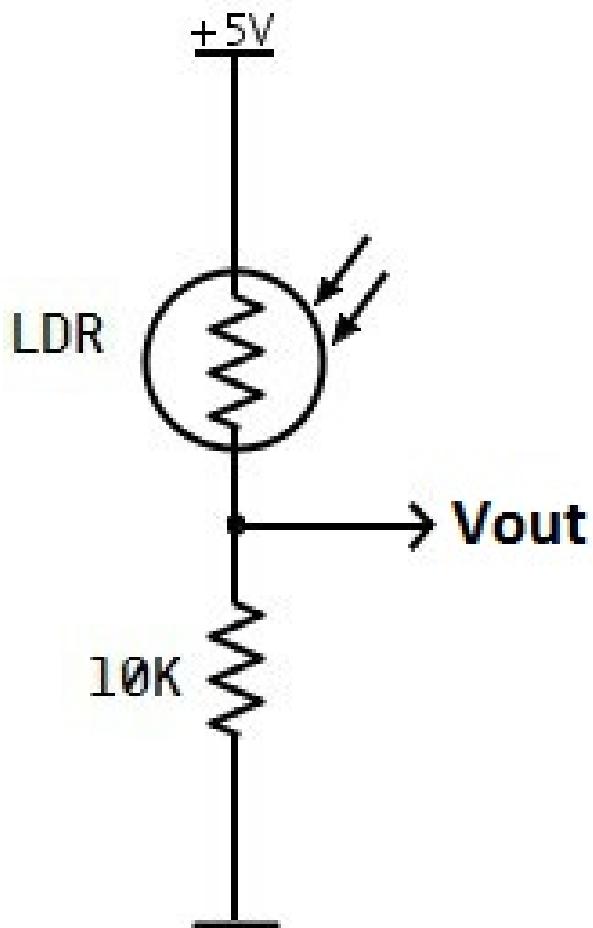


Figura 4.25: Possível circuito a ser utilizado num sensor de luz

A tensão de saída V_{out} é dada segundo a seguinte expressão:

$$V_{out} = \frac{10k}{10k + R_{LDR}} * 5 \quad (4.19)$$

Onde R_{LDR} obedece ao gráfico mostrado na Figura 4.24.

4.3 Embaixamento teórico - Software

Nesta seção são tratados todos conceitos relativos a programação que embasam as práticas propostas na seção 4.

4.3.1 Programação estruturada

Programação estruturada é um paradigma de programação cujo objetivo é claridade do código, qualidade e tempo de desenvolvimento de software e tempo de execução de algoritmo.

Para alcançar tais objetivos, linguagens de programação que se baseiam no paradigma de programação estruturada possuem as seguintes características:

- **Sequência** bem definida de passos a serem seguidos utilizando:

Condicionais
Loops
Chamadas a funções iterativas e recursivas

- **Modularização** do código, em:

Funções.
Estruturas de dados.
Uso de bibliotecas.

Para se resolver um determinado problema sob o paradigma de programação estruturada, deve-se subdividir tal problema em problemas menores.

A solução final é a junção sequencial e lógica dos problemas menores.

A subdivisão proposta pelo paradigma estruturado oferece as seguintes vantagens:

- Cada parte menor tem um código mais simples
- Facilidade de entendimento do código, uma vez que os subprogramas podem ser analisados como partes independentes (legibilidade)

- Códigos menores são mais facilmente modificáveis para satisfazer novos requisitos do usuário e para correção de erros (manutenibilidade)
- Simplificação da documentação de sistemas
- Desenvolvimento de software por equipes de programadores
- Reutilização de subprogramas através de bibliotecas de subprogramas, na linguagem C, sob a forma dos arquivos de cabeçalhos (.h)

4.3.2 Programação para Arduino

Nesta sub-seção são explicados os conceitos relevantes para as práticas propostas na seção 3.

4.3.2.1 Padrão de programação em Arduíno

Todo programa escrito para Arduíno deve ter, obrigatoriamente, duas funções: função **setup** e a função **loop**.

A função **setup** é a primeira a ser executada pela plataforma programada em Arduino. Em geral, essa função serve para realizar configurações e definições iniciais.

A função **loop** é executada após a **setup** ser executada. A função **loop** será repetida indefinidamente, até a placa Galileo ser desligada ou o botão *reset* ser apertado. Caso o botão *reset* seja apertado, a execução do programa volta a seu início.

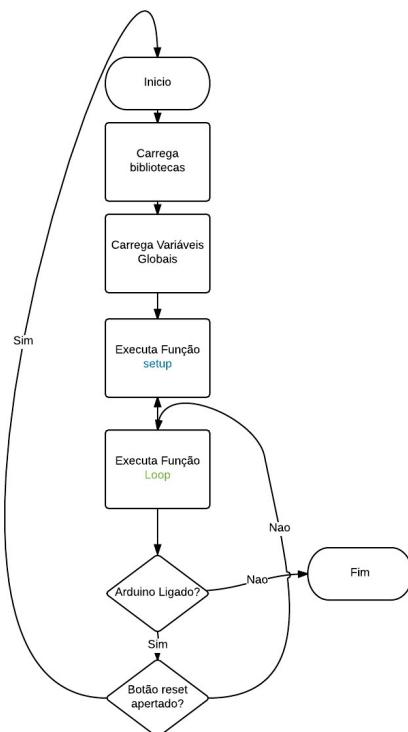


Figura 4.26: Fluxograma de um programa escrito para Arduino.

O fluxo comum de um programa escrito para Arduino é mostra na Figura 4.26. Quanto ao botão reset, a Figura 4.26 é simplificada. O botão reset pode ser apertado a qualquer momento. Ao ser apertado, o botão, é ativado uma *interrupção de hardware* a qual faz com que a execução do programa volte ao ínicio.

4.3.3 Uso de portas digitais

Diz-se por porta digital, um pino, de entrada ou saída de tensão, que por ele podem ser lidos ou escritos apenas 0 ou 1 lógicos.

Para uma placa Galileo, 0 lógico é identificado como 0 Volts(GND) e 1 lógico é identificado como 3.3 ou 5 Volts entrando ou saindo da porta digital selecionada.

Seleciona-se 3.3 ou 5 Volts como valor de referência de tensão com o pino **IREF**.

Deve-se tomar cuidado ao utilizar uma porta digital como entrada(*input*). Caso a tensão aplicada à porta for maior que a tensão selecionada em IOREF, pode-se inutilizar a porta.

Para se utilizar uma porta digital, deve-se seleciona-lá na função setup. No código mostrado em 4.1, mostra-se a seleção da porta digital 13 como saída (OUTPUT) de tensão.

```
1
2 void setup() {
3 // Seleciona a porta digital 13 como saída de tensão
4 pinMode(13, OUTPUT);
5
6 }
```

Code 4.1: Selecionando a porta digital 13 para saída de tensão

Para selecionar uma porta digital como porta de entrada de tensão, deve-se usar o comando *pinMode(NúmeroPorta, INPUT)*:

O exemplo a seguir, código 4.2 mostra a porta digital 13 sendo selecionada para entrada de tensão:

```
1
2 void setup() {
3 // Seleciona a porta digital 13 como entrada de tensão
4 pinMode(13, INPUT);
5
6 }
```

Code 4.2: Selecionando a porta digital 13 para entrada de tensão

Com relação a porta digital 13, deve-ser apontado que nela já está conectado, automaticamente, um resistor de 13kOhms. Dessa forma, por nela pode ser diretamente ligado um LED, sem correr o risco de queimá-lo.

4.3.4 Processo de Compilação

Todo programa de computador, escrito em passa de uma tradução de uma linguagem compreensível por um ser humano para uma linguagem comprehensível para um sistema computacional, ou seja, uma série de bits.

A Figura 4.27 mostra os passos realizados nesse processo. Para fins deste trabalho e desta seção será focado apenas nos passos pré-compilação e nos passos de análise léxica, sintática e semântica de um código.

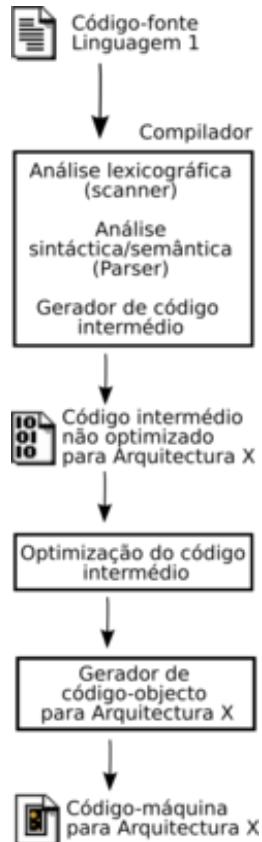


Figura 4.27: Fluxograma de um programa escrito para Arduino.

As etapas a serem tratadas nesta seção são, portanto, os seguintes, como mostrado na Figura 4.28 :

1. Pré-processamento
2. Análise Léxica
3. Análise Sintática
4. Análise Semântica

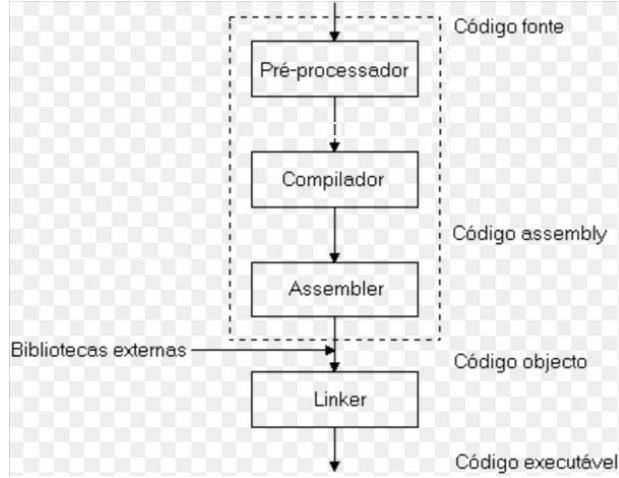


Figura 4.28: Etapas de interesse para a disciplina *Algoritmos e Programação de computadores*

4.3.4.1 Pré-processamento

Na etapa de pré-processamento, as diretivas de compilação são resolvidas como mostrado no exemplo da Figura 4.29. Tudo aquilo que foi definido usando a diretiva `#define` é substituído, no texto do código fonte, por aquilo que foi definido no `#define`.

```

#include <stdlib.h>      // Incluindo no código fonte a |
                        // /biblioteca de sistema stdlib.h
#include "minhaBiblioteca1.h" //Incluindo no código
                            // /fonte a biblioteca
                            // /desenvolvida por mim mesmo

#define numero1 1
#define nome "Luiz"
#define portaUsada 13

void setup()
{
pinMode(portaUsada, INPUT);
Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
Serial.print("Meu nome eh");
Serial.print(nome);

Serial.print("Número = ");
Serial.print(numero1);
}

```

Pré - Processamento

```

#include <stdlib.h>
#include "minhaBiblioteca1.h"

void setup()
{
pinMode(13, INPUT);
Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
Serial.print("Meu nome eh");
Serial.print("Luiz");

Serial.print("Número = ");
Serial.print(1);
}

```

Figura 4.29: Exemplo do processo de pré-processamento

Além disso, no pré-processamento são removidos comentários e também substituídos no código fonte as macros definidas, como mostrado na Figura 4.30.

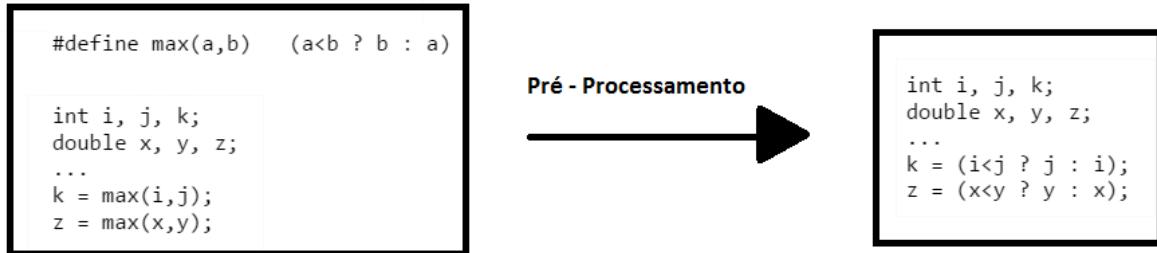


Figura 4.30: Exemplo de substituição de macro no pré-processamento.

4.3.4.2 Análise Léxica

Após a fase de pré-processamento, o compilador realiza a análise léxica do código fonte.

A análise léxica é feita por módulo chamado *analisador léxico* ou scanner. Nessa fase, o programa é lido da esquerda para a direita agrupando os caracteres de maneira a forma *tokens*. Os tokens são sequências de caracteres que em conjunto possuem um significado, como palavras numa linguagem humana.

Na análise léxica, cada *token* identificado é analisado de acordo com as regras da linguagem de programação. Na linguagem de programação C, não é permitido a nenhum token ser iniciado com um número e tão pouco podem os tokens possuir caracteres especiais como \$, %, #, etc.

4.3.4.3 Análise Sintática

Após a análise léxica, onde os tokens identificados são validados, é realizada a análise sintática do código fonte.

A análise sintática resume-se na análise das expressões construídas com os tokens. Um exemplo de erro sintático é mostrado no código 4.3. Nesse exemplo é mostrado o uso do operador + feito incorretamente.

```

1 int numero;
2
3 numero = 1 + ; //erro sintatico, o operador + espera dois termos, mas o segundo
4                   // nao explicitado

```

Code 4.3: Erro sintático no uso do operador +

4.3.4.4 Análise Semântica

Após a análise léxica, é feita a análise semântica. A análise semântica pode ser resumida como a "análise do relacionamento entre todas as partes do código". O exemplo mostra erros semânticos de referência indefinidas no código.

```

1 void setup()
2 {
3 int a = funcao1(); // erro semantico , referencia indefinida a funcao1()
4
5 }
6
7 void loop()
8 {
9 int num;
10
11 num = num + k; //erro semantico , referencia indefinida a k
12 }

```

Code 4.4: Erro referência indefinida

4.3.5 Diretivas de Compilação

Como mencionado na seção 4.3.4, o processo de compilação é iniciado pelo pré-processamento. No pré-processamento, as diretivas de compilação são resolvidas.

As diretivas de compilação mais comuns são `# include`, `# define`, `# ifdef`, `# else` e `# endif`.

- **#include:** A diretiva `#include` é utilizada para adicionar códigos fontes externos ao código fonte no qual se está trabalhando. As formas de uso da diretiva são as seguintes:

`#include <bibliotecaDoSistema.h>` : Nessa forma se adiciona uma biblioteca já nativa do sistema, como por exemplo a `stdlib.h`. A inclusão de tal biblioteca se daria pelo seguinte comando `#include <stdlib.h>`

`#include "bibliotecaDoDesenvolvedor.h"`: Nessa forma se adiciona uma biblioteca já desenvolvida pelo programador ou equipe relacionada. Caso o arquivo não se encontre na mesma pasta que o programa que o está adicionando, deve ser fornecido o caminho para ele no `include`. Por exemplo: `#include "/pasta1/pasta2/bibliotecaDoDesenvolvedor.h"`

- **# define:** A diretiva `# define` é usada para informar ao compilador quais token serão substituídos por determinadas expressões no processo de pré-processamento, como mostrado na seção 4.3.4.1 ou para criar tokens com o status de **defined** que influenciaram a definição de diretivas posteriores.
- **# ifdef, # else e #endif:** As diretivas `# ifdef`, `# else` e `#endif` são usadas em conjunto para realizar definições de diretivas e macros condicionalmente. Um exemplo disso é mostrado no código 4.5, onde o valor da diretiva *constante* é definida de acordo com a definição da diretiva *teste*.

Um uso muito comum do padrão de diretivas mostrados no código 4.5, é mostrado no código 4.6. Na primeira vez que o compilador ver o arquivo de cabeçalho **bibliotecaExemplo.h**, a diretiva **BIBLIOTCAEXEMPLO** será definida e as funções definidas nesse arquivo passaram a ser

reconhecidas pelo compilador. Após essa definição e reconhecimento de funções, não haverá mais erros de redefinição de funções (erro semântico), pois as diretivas `# ifdef BIBLIOTECAXEMPLO` `# define BIBLIOTECAXEMPLO` impedirão isso.

```
1 #define teste // define a token teste
2
3 #ifdef teste // executa a acao dfinida dentro deste #ifdef, pois teste estah //
4     definido
5 #define constante 3 // define diretiva constante com o valor 3
6 #else // nao entra nessa secao pois teste estah definido
7 #define constante 4 // // define diretiva constante com o valor 4
8#endif
```

Code 4.5: Uso de diretivas condicionais

```
1
2 #ifdef BIBLIOTECAXEMPLO
3 #define BIBLIOTECAXEMPLO // define a token teste
4
5 void funcao1()
6 {
7 }
8
9 void funcao2()
10 {
11 }
12
13 .
14 .
15 .
16 void funcaoN()
17 {
18 }
19
20#endif
```

Code 4.6: Uso de diretivas para evitar erro de compilação de repetição de inclusão de arquivos

4.3.6 Tipos básicos de variáveis

Variáveis são os elementos básicos que um programa manipula. Uma variável é um espaço reservado na memória do computador para armazenar um tipo de dado determinado. Variáveis devem receber nomes para poderem ser referenciadas e modificadas quando necessário. Muitas linguagens de programação exigem que os programas contenham declarações que especifiquem de que tipo são as variáveis que ele utilizará e as vezes um valor inicial. Tipos podem ser por exemplo: inteiros, reais, caracteres, etc. As expressões combinam variáveis e constantes para calcular novos valores.

Os tipos básicos de variáveis são os seguintes:

- **char:** Caracter: O valor armazenado é um caractere. Caracteres geralmente são armazenados em códigos (usualmente o código ASCII).
- **int:** Número inteiro é o tipo padrão e o tamanho do conjunto que pode ser representado normalmente depende da máquina em que o programa está rodando.
- **float:** Número em ponto flutuante de precisão simples. São conhecidos normalmente como números reais.
- **double:** Número em ponto flutuante de precisão dupla
- **void:** Este tipo serve para indicar que um resultado não tem um tipo definido. Uma das aplicações deste tipo em C é criar um tipo vazio que pode posteriormente ser modificado para um dos tipos anteriores.

Cada um desses tipos é codificado diferentemente para cada arquitetura computacional para a qual o programa será compilado. A tabela 4.3 mostra o uso de espaço de memória normalmente empregado nas arquiteturas computacionais.

Tabela 4.3: Tamanho e faixa de uso para os tipos básicos variáveis

Tipo	Tamanho em Bytes	Faixa Mínima
char	1	-127 a 127
int	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
float	4	Seis dígitos de precisão
double	8	Dez dígitos de precisão

Muitas vezes, as faixas para os tipos de variáveis mostradas na tabela 4.3 não são suficientes ou adequadas para o algoritmo em desenvolvimento. Para resolver tais problemas, podem ser utilizados *modificadores* para ampliar, reduzir ou adequar a faixa de valores que a variável pode guardar no endereço de memória reservado.

Os modificadores de variáveis e seus respectivos efeitos sobre a faixa de valores de cada tipo são mostrados na tabela

Tabela 4.4: Todos os Tipos de dados definidos pelo Padrão ANSI C, seus tamanhos em bytes e suas faixa de valores.

Tipo	Tamanho em Bytes	Faixa Mínima
char	1	-127 a 127
unsigned char	1	0 a 255
signed char	1	-127 a 127
int	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
unsigned int	4	0 a 4.294.967.295
signed int	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
short int	2	-32.768 a 32.767
unsigned short int	2	0 a 65.535
signed short int	2	-32.768 a 32.767
long int	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
signed long int	4	-2.147.483.648 a 2.147.483.647
unsigned long int	4	0 a 4.294.967.295
float	4	Seis dígitos de precisão
double	8	Dez dígitos de precisão
long double	10	Dez dígitos de precisão

4.3.7 Conversão entre tipos de variáveis

Conforme explicado na seções anteriores, variáveis vêm em diferentes tipos. O tipo determina o tipo de dados que uma variável pode conter. Uma variável Integer pode conter somente dados numéricos sem pontos decimais. Uma variável char pode conter somente uma letra ou símbolo contido na tabela ASCII.

Muitas vezes, faz-se necessário ou mais conveniente realizar a conversão de um tipo de variável para outro mais conveniente. Para realizar a conversão, deve-se utilizar o comando escrever, ao lado da variável que será convertida a seguinte expressão (NOVOTIPO) variável. O código 4.7 mostra duas situações onde uma variável inteira é convertida para um char.

Na primeira, não se perde informação, pois o conteúdo da variável *num* pode ser expresso em

1 byte. Na segunda situação, no entanto, se perde informação, pois 10000 (conteúdo da variável num2) não pode ser expresso em 1 byte.

```
1 int num = 1; // variavel ocupando 32 bits(4 bytes)
2
3 char a = (char)num; // conversao para variavel contendo 8 bits (1 byte)
4 // conversao sem perda de informacao
5
6 int num2 = 100000;
7
8 char b = (char) num2; // conversao com perda de informacao
9 // uma variavel char so pode guardar ate 127
```

Code 4.7: Convertendo int para char

4.3.8 Leitura Analógica - Conversão Analógico/Digital

Para ler o sinal de tensão analógico num dos 6 pinos destinados a conversão Analógico/Digital deve ser utilizada a função *analogRead()*. O código 4.8 mostra um exemplo da utilização da função *analogRead()*, conversão de int para float, e ajuste de escala.

A função *analogRead* tem como argumento de entrada o número do pino que será lido. O tempo de leitura é aproximadamente 100 µs. O retorno dessa função estará entre 0 e 1023, devido ao tamanho do registrador de conversão A/D mencionado na sub-seção 2.5.2.2.

Para calcular o valor da tensão no pino de entrada na faixa de 0 a 5V é necessário realizar a conversão de variável citada na seção 4.3.7.

```
1 void setup()
2 {
3 }
4
5 int sensor;
6 float valorReal
7 void loop()
8 {
9 sensor = analogRead(A0); // 0<= sensor <=1023
10
11 ValorReal = (float)(5*sensor)/1023 // conversao de tipo de variavel e conversao //
12 //de escala usando uma regra de 3
13 }
```

Code 4.8: Uso da função *analogRead*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SOVIC, A.; JAGUST, T.; SERSIC, D. How to teach basic university-level programming concepts to first graders? In: *Integrated STEM Education Conference (ISEC), 2014 IEEE*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1–6.
- [2] COTO, M.; MORA, S.; ALFARO, G. Giving more autonomy to computer engineering students: Are we ready? In: *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON 2013, Berlin, Germany, March 13-15, 2013*. [s.n.], 2013. p. 618–626. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/EduCon.2013.6530170>>.
- [3] CELETI, F. R. Origem da educação obrigatória: Um olhar sobre a prússia. *Revista Saber Acadêmico*, v. 1, n. 1, p. 29–33, June 2012.
- [4] OLIVER, J.; TOLEDO, R. On the use of robots in a pbl in the first year of computer science / computer engineering studies. In: *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–6. ISSN 2165-9559.
- [5] F. de O. V. Crescimento, evolução e o futuro dos cursos de engenharia. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 24, n. 2, p. 3–12, December 2005.
- [6] R., W. *Alta taxa de desistência na universidade causa déficit de engenheiros*. Setembro 2013. [Online; posted 4-Setembro-2013].
- [7] LAHTINEN, E.; ALA-MUTKA, K.; JÄRVINEN, H.-M. A study of the difficulties of novice programmers. *SIGCSE Bull.*, ACM, New York, NY, USA, v. 37, n. 3, p. 14–18, jun. 2005. ISSN 0097-8418. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1151954.1067453>>.
- [8] ESCUDERO, M. R.; HIERRO, C. M.; PABLO, A. Pérez de Madrid y. Using arduino to enhance computer programming courses in science and engineering. In: *EDULEARN13 Proceedings*. [S.l.]: IATED, 2013. (5th International Conference on Education and New Learning Technologies), p. 5127–5133. ISBN 978-84-616-3822-2. ISSN 2340-1117.
- [9] PRINCE, M. Does active learning work? a review of the research. *Journal of Engineering Education*, Blackwell Publishing Ltd, v. 93, n. 3, p. 223–231, 2004. ISSN 2168-9830. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>>.
- [10] M.FELDER DONALD R.WOODS, J. E. A. R. R. The future of engineering education ii.teaching methods that work. *Chem. Engr Education*, v. 1, n. 34, p. 26–39, September 2000.

- [11] FEISEL, L. D.; ROSA, A. J. The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, v. 94, p. 121–130, 2005.
- [12] LYÉ, S. Y.; KOH, J. H. L. Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for k-12? *Computers in Human Behavior*, v. 41, p. 51 – 61, 2014. ISSN 0747-5632. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563214004634>>.
- [13] HUITT, W. Bloom et al.'s taxonomy of the cognitive domain. *Educational psychology interactive*, v. 22, 2004.
- [14] KALISH, S.; MAHAJAN, V.; MULLER, E. Waterfall and sprinkler new-product strategies in competitive global markets. *international Journal of research in Marketing*, Elsevier, v. 12, n. 2, p. 105–119, 1995.
- [15] MELNIK, G. *Agile 2008 August 4-8, 2008, Toronto, Ontario, Canada*. Los Alamitos, Calif: IEEE.Computer Society, 2008. ISBN 978-0-7695-3321-6.
- [16] TUCKER, P. *Linking teacher evaluation and student learning*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 2005. ISBN 1-4166-0032-9.
- [17] C., D. Defining a 21st century education. *The Center for Public Education*, v. 1, n. 1, p. 1–79, July 2009.
- [18] GOEL, S. et al. Collaborative teaching in large classes of computer science courses. In: *Eighth International Conference on Contemporary Computing, IC3 2015, Noida, India, August 20-22, 2015*. [s.n.], 2015. p. 397–403. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/IC3.2015.7346714>>.
- [19] K.R, S. Competências do século 21. *Revista Pesquisa e Debate em Educação*, v. 4, n. 2, p. 15–30, August 2014.
- [20] RECKTENWALD, G. W.; HALL, D. E. Using arduino as a platform for programming, design and measurement in a freshman engineering course. In: *2011 Annual Conference & Exposition*. Vancouver, BC: ASEE Conferences, 2011. [Https://peer.asee.org/18720](https://peer.asee.org/18720).
- [21] SOUZA, M. A. M.; DUARTE, J. R. R. Low-cost educational robotics applied to physics teaching in brazil. *Physics Education*, v. 50, n. 4, p. 482, 2015. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/0031-9120/50/i=4/a=482>>.
- [22] INTEL. *DataSheet Intel Galileo Gen 2 Development Board*. [S.l.], 2014.
- [23] S. BURFOOT J., G. D. e. H. C. B. *A Teacher's Guide to Intel Galileo*. Buildind C5B, Macquarie University, North Ryde, NSW, 2109, 2015.
- [24] SEDRA., A. S.; SMITH, K. C. *Microeletronics Circuits*. [S.l.]: Oxford University Press, 2004.
- [25] DEVICES, A. *DATASHEET AD7298*. One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A., 2011.

- [26] BAKER, R. J. *CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, 3rd Edition (IEEE Press Series on Microelectronic Systems)*. [S.l.]: Wiley-IEEE Press, 2010.
- [27] HIMPE, V. *Mastering the I_SC bus*. Susteren: Elektor International Media, 2011. ISBN 978-0-905705-98-9.
- [28] RUSSELL, R. C. J. *Serial peripheral interface bus*. Place of publication not identified: Book On Demand Ltd, 2012. ISBN 5513504936.
- [29] OSBORNE, A. *An introduction to microcomputers*. Berkeley, Calif: Osborne/McGraw-Hill, 1980. ISBN 0-931988-34-9.
- [30] HENNESSY, J. *Computer architecture : a quantitative approach*. Waltham, MA: Morgan Kaufmann, 2012. ISBN 978-0-12-383872-8.
- [31] ISHIBASHI, K. *Low power and reliable SRAM memory cell and array design*. Berlin New York: Springer, 2011. ISBN 978-3-642-19567-9.
- [32] BASIC electronics. New York: Dover Publications, 1973. ISBN 978-0486210766.
- [33] KERNIGHAN, B. *The C programming language*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1988. ISBN 978-0131103627.

ANEXOS