



INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA COM O  
ARDUINO APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA

José Altenis dos Santos

Recife

Novembro de 2015



INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA COM O  
ARDUINO APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA

José Altenis dos Santos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Dr. Wictor Carlos Magno

Recife

Novembro de 2015

### Ficha catalográfica

S237i

Santos, José Altenis dos.

Instrumentação eletrônica com o arduino aplicada ao ensino de física / José Altenis dos Santos. – Garanhuns: O Autor, 2016. 69 f.: il.

Orientador: Wictor Carlos Magno.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Garanhuns, Garanhuns, 2016.

Inclui Referências e apêndice.

1 Instrumentação Eletrônica. 2. Arduino. 3. - Ensino de Física. I. Magno, Wictor Carlos, orientador. II. Título.

CDD 530

INSTRUMENTAÇÃO ELETRÔNICA COM O  
ARDUINO APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA

José Altenis dos Santos

Orientador:

Dr. Wictor Carlos Magno

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Banca Examinadora:

---

Dr. Hector Raul Montagne Dugrós (DF - UFRPE)

---

Dr. Antônio Carlos da Silva Miranda (EAD - UFRPE)

---

Dr. Michael Lee Sundheimer (DF - UFRPE)

Recife

Novembro de 2015

Dedico esta dissertação ao meu pai e amigo, Amaro Nunes da Silva (*in memoriam*), que sempre me apoiou nas buscas por novos horizontes.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Wictor Magno que pacientemente me orientou na construção deste trabalho e sempre teve palavras de apoio nos momentos de dificuldades. Agradeço também ao Professor Michael Lee pelo espaço cedido no minicurso de Arduino ocorrido na UFRPE em abril de 2015 e ao estudante Harrison Leão Ferreira do curso de licenciatura em física da UFRPE por colaborar na calibração do sensor de temperatura (LM35).

Ao professor e coordenador do curso Alberto Araújo pela dedicação e luta constante pelo Mestrado no Pólo Garanhuns e aos coordenadores nacionais Marco Moreira e Nelson Studart.

Aos professores Alberto Araújo, Caio Veloso, Carlindo Vitoriano, Conceição Mendonça, Alexandro Tenório, Antônio Carlos Miranda e Wictor Magno pelo empenho e dedicação nas aulas do Mestrado.

Aos meus colegas de caminhada do Mestrado, pela convivência fraterna e pelo aprendizado. Aos amigos de trabalho Gilvan, Ivson e Nívio, pelo apoio nas horas difíceis.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

Ao Colégio Invest Centro Educacional na pessoa do seu diretor Carlos César.

Finalmente, à minha família, que soube suportar as minhas longas viagens e horas de estudos com muita paciência. Em especial a minha esposa Flávia e meus filhos Victor e Juliana e mães Rosa e Inalda.

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre a aplicação de microcontroladores do tipo Arduino na instrumentação eletrônica aplicada ao Ensino da Física. São propostos alguns experimentos didáticos na área de Termodinâmica com aplicações de sensores térmicos (apêndices A e B) e um sensor Hall linear para medir campos magnéticos (no apêndice C) com o Arduino, objetivando a coleta de dados e o controle dos experimentos físicos realizados em laboratório. Foram desenvolvidos alguns roteiros de experimentação eletrônica com o aparato proposto, servindo como material útil de apoio para professores de ciências dos ensinos fundamental e médio, bem como podendo ser utilizado por alunos de graduação dos cursos de licenciatura e bacharelado em física. O uso do aparato experimental proposto neste trabalho pretende intermediar o processo de obtenção de conhecimentos físicos abstratos como temperatura, calor e campo magnético, aliando a teoria básica sobre aquisição de dados com a prática experimental e o processamento computacional de aquisição das grandezas físicas medidas; tornando tais conceitos mais relevantes e contextualizados para os alunos. A possibilidade de inserção do computador e da instrumentação eletrônica no ensino de física pode ser um forte aliado do professor, contribuindo para aumentar o interesse dos estudantes e professores no uso das novas tecnologias em sala de aula, com a finalidade de melhorar e tornar mais significativa a aprendizagem da física para todos os envolvidos.

Palavras-chave: Instrumentação Eletrônica, Arduino, Ensino de Física.

## ABSTRACT

In this work we study the application of microcontrollers like Arduino in electronic instrumentation, focusing special attention in Physics Teaching. We have proposed some didactical experiments involving thermal sensors, thermodynamics (appendices A and B), and a linear Hall effect sensor to measure magnetic fields (appendices C), aiming to measure and collect physical parameters and to control physics experiments in didactic laboratories. We have produced some electronic experimentation scripts and useful support material, destined for teachers of science of elementary and high school, as well as useful for undergraduate students of degree courses and bachelor's degree in physics. The experimental apparatus proposed in this work plays a key role to obtain abstract physical knowledge as: temperature, heat, and thermodynamic in general, in which the combination of basic theory of data acquisition with the experimental practice makes such concepts most relevant and contextualized for students and teachers. The possibility of inclusion of the computer and electronic instrumentation in classroom can be a strong ally of the teacher, contributing to increase the interest of students and teachers in the use of new technologies in the classroom, in order to improve and make more meaningful the learning of physics for all involved.

Keywords: Electronic Instrumentation, Arduino, Physics Teaching.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: Introdução.....	12
CAPÍTULO 2: Revisão da Literatura.....	14
CAPÍTULO 3: Referencial Teórico.....	16
3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa .....	16
3.2 Lei Zero, 1ª Lei da Termodinâmica e Entropia.....	20
3.2.1 Lei Zero da Termodinâmica .....	20
3.2.2 Escala de Temperatura .....	20
3.2.3 1ª Lei da Termodinâmica.....	23
3.2.4 2ª Lei da Termodinâmica e Entropia .....	23
3.2.5 Temperatura.....	24
3.2.6 Calor Sensível x Calor Latente.....	24
3.2.7 Capacidade Térmica .....	24
3.2.8. Transição de Fase.....	25
3.2.9 Aquecimento da Água .....	25
CAPÍTULO 4: Materiais e Métodos .....	27
4.1 Metodologia.....	27
4.2 Arduino.....	28
4.2.1 O que é o Arduino? .....	28
4.2.2 História do Arduino.....	28
4.2.3 Características da placa Arduino Uno .....	29
4.2.4 IDE Arduino.....	30
4.3 O Sensor de Temperatura DS18B20.....	31
4.3.1 Características do Sensor .....	32
4.4 Protoboard.....	32
4.5 O Programa Geogebra .....	33
CAPÍTULO 5: Análises e Discussão.....	34

5.1. Perspectivas de continuação do trabalho .....	41
CAPÍTULO 6: Considerações Finais .....	42
Apêndice A – Questionários 01 a 04 .....	43
Apêndice B – Manual de Construção e Uso de Aparato para Medição e Processamento da Temperatura com Arduino e Sensor DS18B20 .....	50
Apêndice C – Manual de Construção e Uso de Aparato para Medição e Processamento de Campo Magnético com Arduino e Sensor SS49E .....	60
Referências.....	68

## Lista de Figuras <sup>(\*)</sup>

Figura 3.1 – Variação da aprendizagem por memorização até a significativa versus aprendizagem receptiva até por descoberta autônoma. (NOVAK, 1984) .....	18
Figura 3.2 – Célula contendo água nos estados sólido, líquido e gasoso. (HALLIDAY e RESNICK, 2011) .....	21
Figura 3.3 – Esquema de um termômetro a gás com bulbo mergulhado em fluido a temperatura T. (SEARS, ZEMANSKY e YOUNG, 1984) .....	22
Figura 3.4 – Aquecimento da água. (SEARS, ZEMANSKY e YOUNG, 1984)	26
Figura 4.1– Placa Arduino Uno .....	28
Figura 4.2 - IDE Arduino com exemplo de programação. ....	30
Figura 4.3 – DS18B20 com encapsulamento à prova d'água. ....	31
Figura 4.4 – Esquema do <i>protoboard</i> . ....	32
Figura 4.5 – Geogebra com planilha e gráfico de um experimento em que é feita a medida da temperatura do aquecimento da água. ....	33
Figura 5.1 – Porcentagem das respostas ao questionário 01 .....	33
Figura 5.2 – Kit para construção do aparato de medida de temperatura .....	33
Figura 5.3 – Gráfico da medida da temperatura do corpo humano .....	37
Figura 5.4 – Aparato experimental para aquecimento da água .....	337
Figura 5.5 – Gráfico do aquecimento da água .....	38
Figura 5.6 – IDE da placa Texas Instruments MSP432 .....	41

<sup>(\*)</sup> As figuras sem indicação de autoria são do próprio autor desta dissertação.

## Lista de Tabelas

Tabela 4.1 – Características do Arduino Uno (extraídas e traduzidas do site: <a href="https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno">https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno</a> em 17/09/15).....	29
Tabela 4.2 - Características do sensor DS18B20 (Maxim Integrated Products, 2008) .....	32

## Lista de Equações

3.1 – Equação produto da interação.....	18
3.2 – Equação da temperatura em função de $p$ e $p_0$ .....	22
3.3 – Equação com quantidade de gás tendendo a zero.....	22
3.4 – 1ª Lei da Termodinâmica .....	23
3.5 – Equação da definição da entropia.....	24
3.6 – Equação da definição da temperatura absoluta.....	24
3.7 – Equação da capacidade térmica a pressão constante.....	25
3.8 – Equação do calor latente .....	25

## CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de atividades didáticas de Instrumentação eletrônica voltadas para a área de ensino de física, embora seja um campo muito vasto e com inúmeras possibilidades de aplicação, em geral é considerado um ponto problemático em muitas escolas e em algumas universidades. Dois tópicos principais podem ser elencados para explicar por que este tema muitas vezes é considerado problemático em muitas instituições de ensino. Primeiro, o custo relativamente elevado dos equipamentos eletrônicos necessários em um laboratório didático (osciloscópios, geradores de função, multímetros, fontes de tensão, entre outros). Segundo, a falta de capacitação específica no uso e desenvolvimento de experimentação didática pelos professores de física, o que reflete quase sempre a falta de preparo e até de infra-estrutura dos cursos de licenciatura em física, na formação específica do professor de física, com habilidades e competências em construir experimentos e protótipos eletrônicos que possam ser usados em sala de aula. Quase sempre o primeiro problema está relacionado com o segundo; quando não é a fonte principal do problema. Ou seja, uma instituição de ensino sem um laboratório de física adequado ou sem pessoal qualificado (professores e técnicos) dificilmente irá formar bons professores de física, com sólida formação laboratorial ou com habilidades específicas na área de instrumentação eletrônica voltada ao ensino. O problema torna-se então aparentemente insolúvel, dada a dificuldade em nosso país para a obtenção de recursos financeiros específicos para a preparação ou mesmo manutenção de um laboratório didático de física nas universidades e/ou nas escolas públicas do Brasil.

Uma possível saída para esta problemática é a possibilidade de desenvolver experimentação a baixo custo com sensores e microcontroladores de fácil acesso como conversores A/D (analógico/digital) e D/A (digital/analógico), os quais são de extrema importância na coleta de dados (*data logger*) e no controle e automação na realização de um determinado experimento. Durante o curso de graduação em licenciatura em física da UFRPE, o autor deste trabalho desenvolveu atividades experimentais em laboratórios de ensino e sempre esteve envolvido com instrumentação eletrônica voltada para o desenvolvimento de atividades práticas em sala de aula ou fora dela; tendo sido o responsável pela construção do laboratório de

ciências da primeira escola em que lecionou, a escola Santa Maria da cidade de Abreu e Lima-PE. No ano de 2012 o Invest Centro Educacional do Recife (colégio particular que já tinha uma tradição em aulas práticas experimentais de ciências nas áreas de química, física e biologia) decidiu incluir nas aulas práticas de física do Ensino Médio a plataforma Arduino. Em janeiro de 2013 o colégio financiou a viagem dos seus professores de física para o XX Simpósio Nacional de Ensino de Física, que se realizou em São Paulo-SP na Universidade de São Paulo (USP). Neste evento o autor desta dissertação participou de um curso de instrumentação para o ensino da física utilizando o Arduino. O curso foi ministrado pelo professor Francisco Antônio Lopes Laudares da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Posteriormente ao Simpósio, a plataforma Arduino foi utilizada com frequência pelo autor, permitindo o uso de sensores e atuadores, tornando possível exportar os dados coletados para programas como Geogebra, Scilab e Excel e assim transformar os dados em gráficos. Os trabalhos realizados com o Arduino resultaram em grande motivação por parte dos alunos do colégio, os quais passaram a se interessar mais na interpretação dos dados coletados e nas equações relacionadas com os conceitos físicos estudados.

Este trabalho tem como objetivo específico desenvolver produtos educacionais utilizando o Arduino, os quais possam tornar-se potencialmente significativos para alunos e professores de física. Utilizamos sensores de temperatura para medir as temperaturas nas transições de fase da água; bem como um sensor de campos magnéticos gerados por bobinas solenóides e ímãs permanentes (no apêndice C desta dissertação). Os circuitos propostos são de fácil construção pelo professor e também pelos estudantes de um curso de licenciatura em física. A programação dos projetos propostos está incluída nos manuais de construção (nos apêndices desta dissertação), sendo necessárias algumas noções do usuário sobre programação computacional. O manual de construção (apêndice B) foi aplicado a um grupo de estudantes de graduação em física da UFRPE, o qual conseguiu construir e fazer funcionar o *software* e o protótipo eletrônico propostos. Os dados coletados pelos alunos foram usados para traçar o gráfico da transição de fase da água com o *software* livre educacional Geogebra.

## CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

A plataforma Arduino foi desenvolvida no ano de 2005 na Itália com o intuito de ser aplicada em projetos escolares. A principal vantagem da plataforma é de ser livre e de fonte aberta (*open source*), tanto no *hardware* como no *software*; permitindo assim que o *hardware* se torne barato; existindo atualmente vários fabricantes de placas similares à placa italiana original como: Garagino, *Blackboard*, Raspberry pi, placas de desenvolvimento da *Texas Instruments* (kits de prototipagem *launchpad*), dentre outros. O *software* de controle pode ser baixado da internet gratuitamente. Existem muitas comunidades na internet que trazem inúmeros exemplos de aplicação, com explicações de funcionamento, dicas, vídeos, fóruns e tutoriais. Nos últimos dez anos desenvolveu-se uma extensa comunidade de usuários web, de modo que uma pesquisa rápida irá mostrar um grande número de projetos. Estes projetos têm as mais variadas aplicações, inclusive em física. Porém, existe pouca produção acadêmica voltada especificamente para a aplicação do Arduino no ensino médio, contendo análise pedagógica e física detalhadas.

A seguir citamos alguns artigos, livros e materiais didáticos sobre o Arduino com possíveis aplicações na física:

1. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC (SOUZA, PAIXÃO, *et al.*, 2011). Este trabalho sugere duas aplicações do Arduino no ensino de física. Na primeira aplicação é feito o estudo de um oscilador amortecido e na segunda o transferência radiativa de calor para duas superfícies pintadas: uma superfície preta e outra branca. Em ambos os casos são apresentados gráficos com os resultados experimentais coletados.

2. Física com Arduino para iniciantes (CAVALCANTE, TAVOLARO e MOLISANI, 2011). A carga e a descarga de um circuito RC serial monitoradas por um sistema Arduino é o tema deste trabalho. O artigo discute o uso da linguagem *Processing* para capturar os dados na porta serial e fazer o gráfico simultaneamente ao fenômeno físico observado. No final os autores destacam a simplicidade de uso e os custos relativamente baixos do sistema de aquisição de dados com o Arduino.

3. Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino (CARVALHO e AMORIM, 2014). Este trabalho sugere a aplicação do Arduino com o sensor de pressão barométrica BMP085 para medir a variação diurna da pressão atmosférica e da temperatura e assim poder relacionar a variação da pressão atmosférica com a variação de temperatura. Para isto os autores colocam os resultados através dos gráficos da pressão x tempo e temperatura x tempo. Finalmente o trabalho destaca a facilidade que o sistema permite na coleta de dados, o que permite concentrar energias na discussão do fenômeno e dos dados obtidos.

4. Existem muitos livros didáticos sobre o Arduino, dentre os quais destacam-se os seguintes: Arduino Básico (MCROBERTS, 2011) e Arduino em Ação (EVANS, NOBLE e HOCHENBAUM, 2013). Ambos são livros com grande quantidade de exemplos. Esses livros utilizam os mais variados tipos de sensores e atuadores, com aplicações gerais que explicam em detalhe o funcionamento do *software* e do *hardware* na medida em que vão explicando as montagens dos projetos. Neste caso não são voltados para o ensino de física, sendo tratados como possibilidades de uso dos sensores e atuadores com o Arduino para instrumentação eletrônica em geral.

5. Lojas virtuais de vendas de componentes e placas Arduino ou similares. Em todo mundo existem muitos fóruns especializados na discussão de projetos com Arduino, compartilhamento de programas e tutoriais detalhados com inúmeras sugestões de projetos, montagens e exemplos de *softwares*. Aqui no Brasil destacamos as principais lojas virtuais: Robocore ([www.robocore.net](http://www.robocore.net)) e Laboratório de Garagem ([labdegaragem.com](http://labdegaragem.com)). Nestes ambientes há espaço para inúmeras discussões e compartilhamento de projetos de instrumentação eletrônica com Arduino, sendo principalmente na área de robótica. Entretanto, não há uma sistematização dos conhecimentos físicos e de eletrônica veiculados nestes ambientes; ficando muito a cargo de cada indivíduo que posta o projeto ou o tutorial, discutir ou não os conceitos físicos presentes em cada sensor e em cada projeto proposto.

### CAPÍTULO 3: REFERENCIAL TEÓRICO

Como essa dissertação de Mestrado está inserida na área de ensino de física, é importante fazermos um estudo sobre uma teoria de aprendizagem para fundamentar e servir como base para a elaboração da metodologia do trabalho, a ser discutida adiante. Ser um bom professor de física não é saber e dominar apenas todos os conteúdos a serem trabalhados e apresentados aos seus alunos. O bom professor de física deve ter habilidades adicionais, além dos conhecimentos específicos da área, para se fazer entender, criar empatia, motivação e tornar a aprendizagem dos seus alunos mais efetiva e significativa. É algo bastante relevante também que o professor leve em conta os conhecimentos prévios e a experiência pregressa da sua turma de estudantes. Isso torna o aluno um elemento mais proativo no processo ensino-aprendizagem, deixando de ser um elemento simplesmente passivo e tendo agora algum tipo de protagonismo na relação de ensino, da qual ele é um elemento muito importante.

Este capítulo discute a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, teoria esta de fundamental importância para o desenvolvimento deste trabalho. O autor desta dissertação lecionou por mais de uma década como professor de física, tomando a experimentação como parte integrante das suas aulas, por acreditar que isso torna o processo ensino-aprendizagem mais eficiente. Discutiremos então como a experimentação pode tornar a aprendizagem mais significativa e relevante para todos.

#### 3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa é uma teoria cognitiva que foi criada por David Paul Ausubel (1918-2008), professor emérito da Universidade de Columbia (EUA), e posteriormente desenvolvida por Joseph Novak, professor da Universidade de Cornell em Itaca (EUA). (MOREIRA, 2011).

Esta teoria tem por base a aprendizagem significativa que é quando o aprendiz entra em contato com um novo conhecimento que deve ser ancorado por um conhecimento e/ou estrutura cognitiva prévia. Esse conhecimento/estrutura cognitiva anterior é denominado de subsunçor. O professor tem o papel de identificar

quais são os subsunçores necessários ao novo conhecimento e verificar se o aluno os possui. Feito isto deverá conduzir uma aprendizagem focada na estrutura cognitiva pré-existente do aluno.

Em oposição à aprendizagem significativa, Ausubel descreve o conceito de Aprendizagem Mecânica, sendo que este tipo de aprendizagem não teria apoio na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, não se ligaria a nenhum subsunçor. Seria desejável que a aprendizagem fosse o mais significativa possível, porém quando é iniciado um conteúdo totalmente novo, alguma aprendizagem mecânica torna-se necessária.

No intuito de facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel sugere a aplicação de materiais introdutórios que se tornem âncoras para a aprendizagem. Esses materiais por ele chamados de organizadores prévios serviriam de elo entre o que se quer aprender e a estrutura cognitiva prévia do aluno.

Existem duas condições básicas para a aprendizagem significativa. A primeira é que o aprendiz esteja disposto a aprender de forma significativa e a segunda que o material seja potencialmente significativo; ou seja, o material deve ter conexões com o conhecimento prévio do aluno. Não haverá aprendizagem significativa se apenas o material for potencialmente significativo e o indivíduo não tem desejo de aprender ou ao contrário, se existe o interesse em aprender, mas o material não é potencialmente significativo. Vê-se, portanto, que a produção de materiais potencialmente significativos é uma etapa muito importante. (MOREIRA, 2011)

Como podemos verificar então se a aprendizagem foi ou não significativa? Não devemos fazer perguntas que levem a respostas mecânicas ou simplesmente decoradas. Deve-se sim criar novos contextos no qual os conceitos possam ser aplicados para se chegar a uma resposta, ou seja, a verificação de aprendizagem deve colocar contextos diferentes do material utilizado na aprendizagem significativa.

Quanto à assimilação, Ausubel explica que quando um novo conceito potencial significativo (a) se relaciona com um subsunçor (A) da estrutura cognitiva

surgirá um produto (a'A') da interação entre (a) e (A). Este produto (a'A') contém o subsunçor (A) e o novo conceito (a) modificados pela interação. Na equação abaixo temos um esquema desta interação. (MOREIRA, 2011)

$$(a) + (A) \rightarrow (a'A')$$

3.1 - Equação produto da interação.

Da aprendizagem por recepção até a aprendizagem por descoberta forma-se um contínuo que começa com a oferta de conteúdo até a autonomia do aprendiz para escolher a forma e o conteúdo. Ausubel afirma que a aprendizagem por recepção é a principal forma de aprendizagem em sala de aula, que o aluno não precisa descobrir para aprender de forma significativa. (MOREIRA, 2011)

Na Figura 3.1 vemos um diagrama de transição entre a aprendizagem por memorização e a aprendizagem significativa, segundo Novak a transição entre “... aprendizagem receptiva, onde a informação é oferecida diretamente ao aluno, até à aprendizagem por descoberta autônoma, onde o aluno identifica e seleciona a informação a aprender.” (NOVAK, 1984)

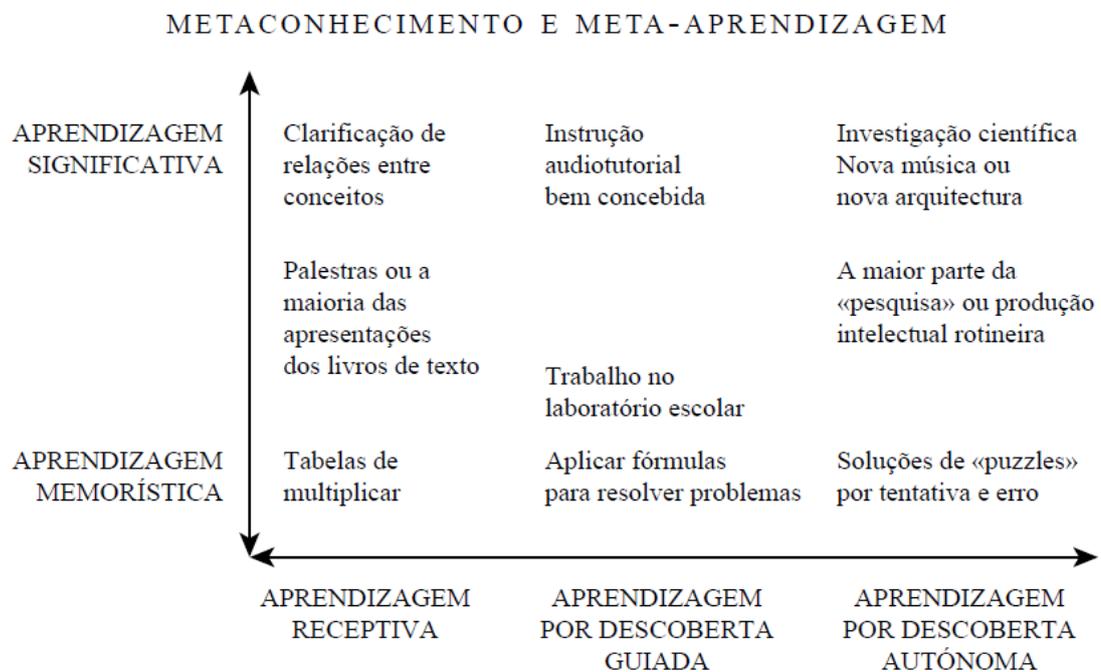


Figura 3.1 – Variação da aprendizagem por memorização até a significativa versus aprendizagem receptiva até por descoberta autônoma. (NOVAK, 1984)

Ainda de acordo com pesquisa realizada com professores do ensino médio, existem basicamente cinco motivos para envolver os alunos em trabalhos experimentais (HODSON, 1994):

1. Motivar, estimulando o interesse e o prazer de investigar;
2. Treinar destrezas laboratoriais;
3. Enfatizar a aprendizagem do conhecimento científico;
4. Explorar o método científico e adquirir perícia na sua utilização;
5. Desenvolver certas “atitudes científicas” como abertura de espírito e objetividade.

O trabalho experimental tem sido reconhecido como um método de ensino e como tal, investigações comprovam sua eficácia. (SARAIVA-NEVES, CABALLERO e MOREIRA, 2006)

A interação com o laboratório e com o trabalho experimental coloca o aluno em contato direto com o instrumental da física, fazendo o aluno deparar-se com processos científicos, podendo testar, fazer hipóteses acerca da teoria estudada tornando-se crítico da aprendizagem.

Finalmente as atividades experimentais não devem ser apenas demonstrações, como que uma apresentação ou show de mágica. O aprendiz deve participar da forma o mais investigativa possível, sempre relacionando o experimento com a teoria.

Na seção seguinte serão discutidos os referenciais teóricos da área de física que foram úteis na aplicação da metodologia deste trabalho. Especificamente serão discutidas as leis da Termodinâmica, as relações entre temperatura e calor; bem como as definições de calor específico, capacidade térmica e calor latente de transição de fase da água.

## 3.2 Lei Zero, 1ª Lei da Termodinâmica, 2ª Lei da Termodinâmica e Entropia

### 3.2.1 Lei Zero da Termodinâmica

Quando dois corpos A e B são postos em contato chegará um instante em que ambos os corpos estarão na mesma temperatura, este estado é denominado equilíbrio térmico.

Em relação ao equilíbrio térmico, o físico e matemático britânico James Clerk Maxwell (1831-1879) observa que, se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, eles estão em equilíbrio térmico entre si. (ROCHA, PONCZEK, et al., 2002)

A lei acima observada por Maxwell é a Lei Zero da Termodinâmica e está relacionado com o cotidiano do laboratório de física. Quando se tem dois corpos e quer saber-se se estão em equilíbrio térmico entre si, basta usar um terceiro corpo, o termômetro. Se este medir a mesma temperatura no primeiro e no segundo, pode-se afirmar que os corpos têm a mesma temperatura e estão em equilíbrio térmico.

### 3.2.2 Escala de Temperatura

Quando tocamos objetos usamos os conceitos de quente e frio, mesmo que inconscientemente, para caracterizar a temperatura do objeto e isto relaciona-se de forma que quanto mais quente o objeto, maior será sua temperatura (SEARS, ZEMANSKY e YOUNG, 1984). Um erro comum é confundir os conceitos de temperatura e calor. Um objeto metálico e um objeto plástico deixados em equilíbrio térmico em um ambiente estarão na mesma temperatura da sala, embora o objeto metálico pareça mais "frio" que o de plástico, devido à diferença na condutividade térmica de cada material. A relação entre os conceitos de calor e temperatura será dada adiante.

A temperatura é uma das sete grandezas fundamentais da física (comprimento, massa, tempo, temperatura, corrente elétrica, quantidade de

substância, intensidade luminosa) e não tem valor limite superior, mas tem o limite inferior de  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0\text{K}$  – zero kelvin). (HALLIDAY e RESNICK, 2011)

Não é possível usar apenas os sentidos para definir uma escala de temperatura. Para isto comumente é necessário uma medida indireta através de outra grandeza física termicamente dependente. Deve-se escolher um fenômeno térmico e atribuir-lhe um valor de temperatura. Usualmente e por razões técnicas usa-se o ponto triplo da água, que ocorre a uma pressão de  $4,88\text{ mm}$  de mercúrio e a  $0,01^{\circ}\text{C}$ , no qual a água coexiste nos estados sólido, líquido e gasoso e um acordo internacional definiu esta temperatura como sendo igual a  $273,16\text{K}$  (kelvins). A Figura 3.2 mostra o diagrama experimental para obter-se o ponto triplo da água.

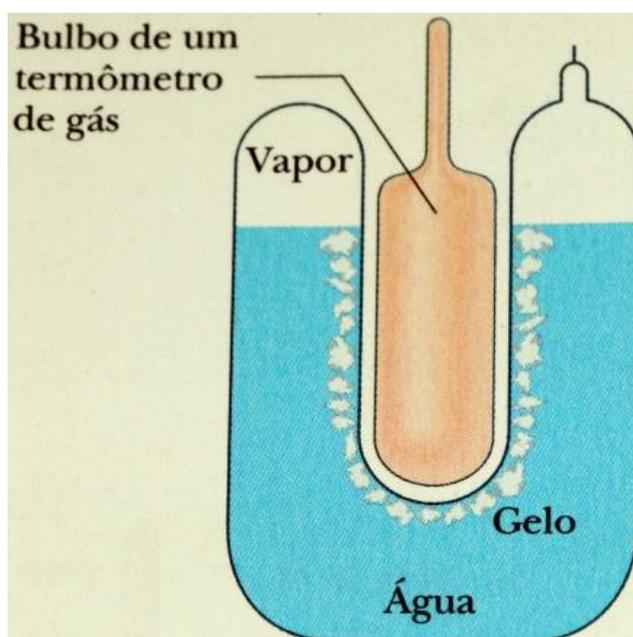


Figura 3.2 - Célula contendo água nos estados sólido, líquido e gasoso. (HALLIDAY e RESNICK, 2011)

A Figura 3.3 mostra a imagem de um termômetro a gás a volume constante, o qual pode ser utilizado para calibrar outros termômetros e definir então uma escala termométrica. O gás deve estar na referência E. O bulbo C contém um gás cuja pressão pode ser medida pelo manômetro de mercúrio com tubo aberto. Quando a temperatura aumenta o gás se expande e o mercúrio no tubo B desce e no tubo A sobe. Agora o tubo de borracha D deve ser elevado até que o mercúrio no tubo B suba até a marca de referência E mantendo o gás a volume constante.

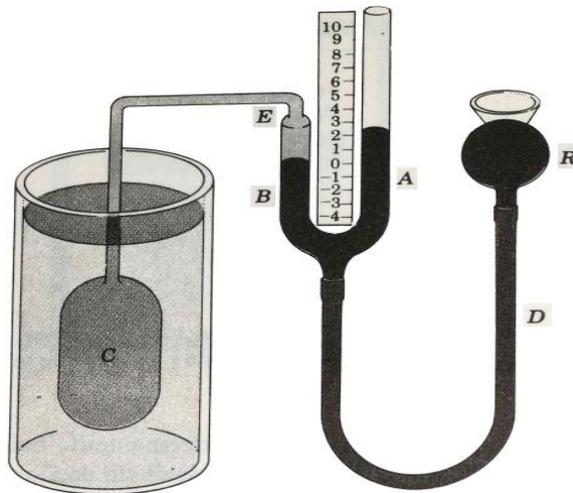


Figura 3.3 - Esquema de um termômetro a gás com bulbo mergulhado em fluido a temperatura T. (SEARS, ZEMANSKY e YOUNG, 1984)

No termômetro a gás com volume constante a grandeza termométrica a ser relacionada com a temperatura é a pressão  $p(T)$ . Assim quando o termômetro é colocado em equilíbrio térmico com a célula tríplice de água (Figura 3.3) mede-se uma pressão  $p_0$  e atribui-se uma temperatura  $T_0$  (273,16K). Se na sequência é colocado outro sistema em contato com o termômetro, mede-se uma pressão  $p$  e correlaciona-se uma temperatura  $T$ , de forma que:

$$\frac{T}{T_0} = \frac{p}{p_0} \rightarrow T = 273,16K \frac{p}{p_0}$$

### 3.2- Equação da temperatura em função de $p$ e $p_0$ .

Quando se usam gases diferentes no termômetro a gás com volume constante se obtém temperaturas ligeiramente diferentes para um mesmo fenômeno; no entanto os valores medidos das temperaturas convergem para quantidades de gás pequenas no bulbo do termômetro. A equação 3.2 resulta da equação de Clapeyron, válida então para gases ideais (baixas densidades de gás e baixa pressão). Assim, pode-se dizer que a equação anterior fica melhor escrita da seguinte forma (HALLIDAY e RESNICK, 2011):

$$T = (273,16K) \left( \lim_{gás \rightarrow 0} \frac{p}{p_0} \right)$$

### 3.3 - Definição da escala termométrica com quantidade de gás tendendo a zero.

### 3.2.3 1ª Lei da Termodinâmica

Quando dois corpos A e B são colocados em contato entre si, com a temperatura de A maior que a de B ( $T_A > T_B$ ), com o passar do tempo a temperatura de A vai caindo e a de B vai aumentando, até que esses corpos atingem o equilíbrio térmico ( $T_A = T_B$ ). Uma transferência de energia do corpo A para o corpo B está ocorrendo, fazendo com que os corpos variem suas temperaturas e atinjam o equilíbrio térmico. Inicialmente pensou-se que deveria ocorrer uma transferência de algum tipo de fluido sem peso entre os corpos, ao qual se deu o nome de calórico. Entretanto, os trabalhos de Conde Rumford (1753-1814) e de Sir James Prescott Joule (1818-1889) mostraram que ocorria uma transmissão de energia na forma de calor. Assim, o fluxo de energia de um corpo de maior temperatura para o de menor temperatura é chamado de calor. (ROCHA, PONCZEK, *et al.*, 2002)

A energia interna de um gás é uma variável de estado associada à soma total das energias cinética e potencial das partículas que constituem o gás. A primeira lei da termodinâmica está relacionada com o princípio da conservação da energia aplicado a um sistema termodinâmico, levando-se em conta as variações de calor  $dQ$  e trabalho  $dW$  sofridas pelo gás com a variação da sua energia interna  $dU$ :

$$dU = dQ - dW$$

### 3.4 – Equação da 1ª Lei da Termodinâmica.

### 3.2.4 2ª Lei da Termodinâmica e Entropia

A entropia  $S$  de um gás, assim como sua energia interna  $U$ , é outra variável de estado, relacionada com o calor e a temperatura; estando ainda definida na 2ª Lei da Termodinâmica, que pode ser enunciada de diferentes formas. Uma das maneiras mais usuais de enunciar a segunda lei estabelece que em um processo físico espontâneo (como por exemplo, na expansão livre de um gás), a entropia do sistema sempre aumenta ou fica constante e nunca diminui. Uma variação de entropia  $dS$  relaciona-se com uma variação de calor  $dQ$  (absorvido ou liberado pelo sistema) e sua temperatura absoluta  $T$  pela seguinte relação (CALLEN, 1985):

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

3.5 - Equação da definição da entropia.

### 3.2.5 Temperatura

Então, a partir da equação 3.5 da entropia e da primeira lei da Termodinâmica, podemos definir o conceito de temperatura absoluta, independente da definição da escala termométrica adotada como padrão, pela relação (CALLEN, 1985):

$$T = \left( \frac{\partial U}{\partial S} \right)_V$$

3.6 – Equação da definição da temperatura absoluta.

### 3.2.6 Calor Sensível x Calor Latente

Quando um corpo varia sua temperatura como efeito da troca de calor com outro corpo, diz-se que este calor é sensível, mas quando o efeito da troca de calor é a mudança de estado, denominamos esse calor de latente. Por exemplo, no aquecimento de água à temperatura ambiente, inicialmente a água aumenta sua temperatura e por isto o calor é sensível. Mas quando a água atinge 100°C (em uma pressão de 1 atm) a temperatura estabiliza e começa a ocorrer mudança do estado líquido para o gasoso. Nesse estágio o calor é denominado de latente. Não é apenas uma mudança na denominação. A forma de calcular é diferente, pois no calor sensível há uma variação de temperatura, enquanto que no calor latente uma quantidade de massa muda de estado físico, ocorrendo uma transição de fase.

### 3.2.7 Capacidade Térmica

Um fluido incompressível como a água e com pressão constante, varia sua temperatura inicial  $T_i$  até uma temperatura final  $T_f$  ao receber calor. A capacidade

térmica à pressão constante é dada pela relação entre o calor recebido e a variação de temperatura. (CALLEN, 1985)

$$C_p = \left( \frac{dQ}{dT} \right)_p$$

3.7 – Equação da capacidade térmica a pressão constante.

### 3.2.8 Transição de Fase

A vaporização é uma transição de fase no qual a pressão e temperatura permanecem constantes até que toda massa  $m$  mude de estado, absorvendo o calor  $\Delta Q$ . Sendo o calor latente  $L$  a quantidade de calor por unidade de massa  $m$  necessária para ocorrer a transição de fase, tem-se que (NUSSENZVEIG, 1981):

$$\Delta Q = mL$$

$$L = \frac{T \cdot \Delta S}{m}$$

3.8 - Equação do calor latente.

### 3.2.9 Aquecimento da Água

De forma geral a água pode ser encontrada em três fases principais: sólido, líquido e gasoso. Cada fase ocorre para certas faixas de temperatura e pressão. Pode-se mudar a fase cedendo ou absorvendo calor. Para exemplificar imagine uma amostra de água no estado sólido a  $-25^\circ\text{C}$  e que seja cedida a este gelo calor de forma uniforme e constante. Inicialmente a temperatura do gelo irá subir linearmente até atingir  $0^\circ\text{C}$ , que é o ponto de fusão ao nível do mar e na pressão de 1 atm. Inicia-se então a mudança de fase para o estado líquido e observa-se que a temperatura mantém-se constante até que o gelo transforme-se totalmente em água líquida. Neste ponto a temperatura da água líquida volta a subir linearmente até atingir  $100^\circ\text{C}$ , quando se inicia uma nova mudança de fase, com temperatura constante,

agora para o estado gasoso. Esta descrição está representada na Figura 3.4, em que uma fonte de calor constante com o tempo aquece uma porção de água.

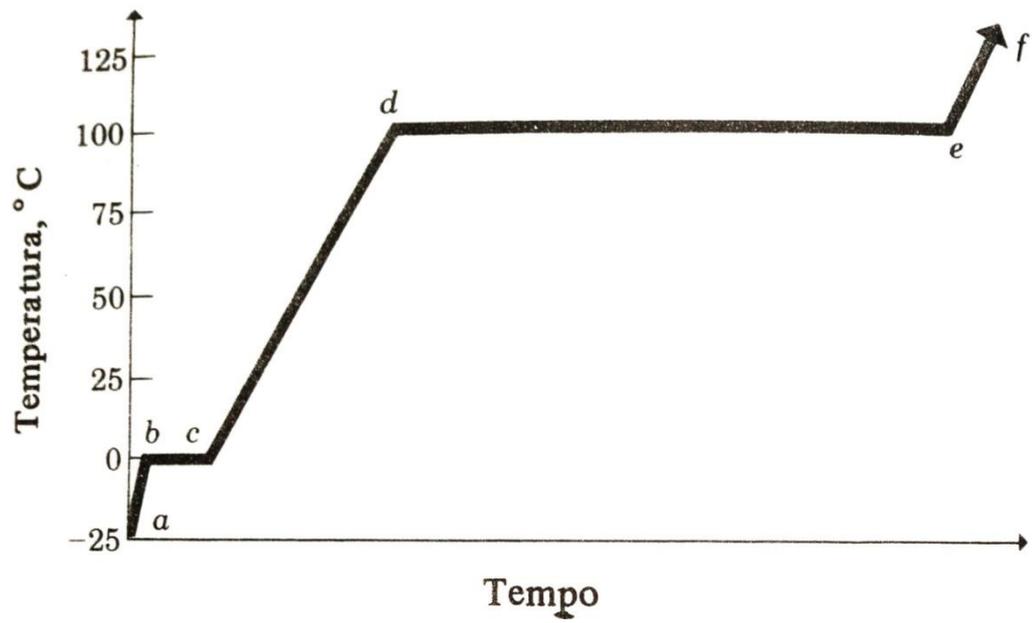


Figura 3.4 – Aquecimento da água. (SEARS, ZEMANSKY e YOUNG, 1984)

## CAPÍTULO 4: MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Metodologia

Neste capítulo será discutida a metodologia empregada na execução da parte prática desta dissertação. Foram ofertadas oficinas didáticas com o Arduino para 16 alunos do curso de licenciatura em física da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em três dias consecutivos; sendo a carga horária de cada dia de quatro horas. No primeiro dia o licenciando foi inicialmente sondado através de um questionário sobre sua experiência anterior com o Arduino e sobre sua motivação em realizar experimentação em sala de aula. Para tanto foi utilizado o questionário 01 (apêndice A). Em seguida os alunos receberam uma introdução ao uso do Arduino, sendo construídos alguns projetos com diodos emissores de luz (LED), sensores de temperatura (LM35), sensores de luminosidade (LDR), dentre outros. No terceiro dia da oficina os estudantes foram sondados sobre os conceitos de temperatura e calor; sendo em seguida dada uma introdução teórica sobre termodinâmica. A partir desse momento formaram-se quatro grupos de alunos, para os quais foi fornecido o Manual de Construção e Uso de Aparato para Medição e Processamento da Temperatura com Arduino e Sensor DS18B20 (apêndice B). Foi explicado que o aparato com Arduino deveria ser construído pelos próprios alunos, com o mínimo de intervenção/ajuda do professor, para que a viabilidade de aplicação do manual fosse testada.

O componente básico de um sistema de instrumentação de controle e automação é o microcontrolador (MCU), o qual pode ser entendido como um circuito eletrônico microprocessado que pode ser programado para realizar funções específicas. No caso deste trabalho, para coletar o sinal analógico de sensores físicos e transformar esses sinais analógicos em sinais digitais, armazenando os dados para análise e manipulação das medidas em uma planilha ou em um programa matemático. Além do microprocessador, o MCU tem uma unidade de memória e portas de entrada e saída de dados. Geralmente trabalham com frequências de *clock* de alguns MHz, muito abaixo dos microprocessadores dos computadores pessoais (PC) e apresentam baixo consumo de potência (tipicamente mW), o que os tornam baratos e muito eficientes para propósitos gerais.

## 4.2 Arduino

### 4.2.1 O que é o Arduino?

O Arduino é um tipo de microcontrolador que pode ser facilmente programado, agregando-se a ele diferentes tipos de sensores (temperatura, pressão, aceleração, ultra-som, campo magnético, entre outros) e atuadores (motores DC, servo motores, motores de passo, relés, válvulas); os quais serão controlados por portas de entrada e saída de dados específicas do MCU (MCROBERTS, 2011). A Figura 4.1 mostra uma placa do Arduino UNO R3 original.

### 4.2.2 História do Arduino

O nome da placa Arduino deve-se a um bar na cidade de Ivrea na Itália no qual os professores e alunos do *Interaction Design Institute* se reuniam, tendo sido lá que em 2005 Massimo Banzi e seu aluno David Mellis juntaram-se aos professores David Cuarielles e Gianluca Martino da Universidade de Malmo na Suíça, para desenvolver o projeto da placa e do software Arduino. (EVANS, NOBLE e HOCHENBAUM, 2013)



Figura 4.1 – Placa Arduino Uno.

A ideia inicial do grupo de pesquisadores era desenvolver uma plataforma de baixo custo que pudesse ser de fácil uso e que pudessem interagir com a robótica. Assim surgiu a plataforma Arduino que é livre (*open source*), podendo ser copiada e usada sem pagamento de licenças aos seus fabricantes e idealizadores.

#### 4.2.3 Características da Placa Arduino Uno

A placa Arduino Uno R3 é a mais usada entre os vários modelos existentes no mercado. Podemos citar outras placas equivalentes ou com mais recursos que o UNO: Arduino Leonardo R3, Arduino Mega 2560 R3, Arduino Due, Arduino Pro Micro, Arduino Pro Mini 328, dentre outras. A alimentação da placa ocorre através do conector USB (*Universal Serial Bus*) vinda de um computador ou de uma fonte de tensão externa ( $9V_{cc}$ ). Pela mesma porta USB é realizada também a comunicação com o computador, possibilitando o *download* dos arquivos de programação da placa e recepção ( $R_x$ ) ou transmissão ( $T_x$ ) de dados entre a placa e o PC. A tabela 4.1 apresenta algumas características da placa original Arduino UNO.

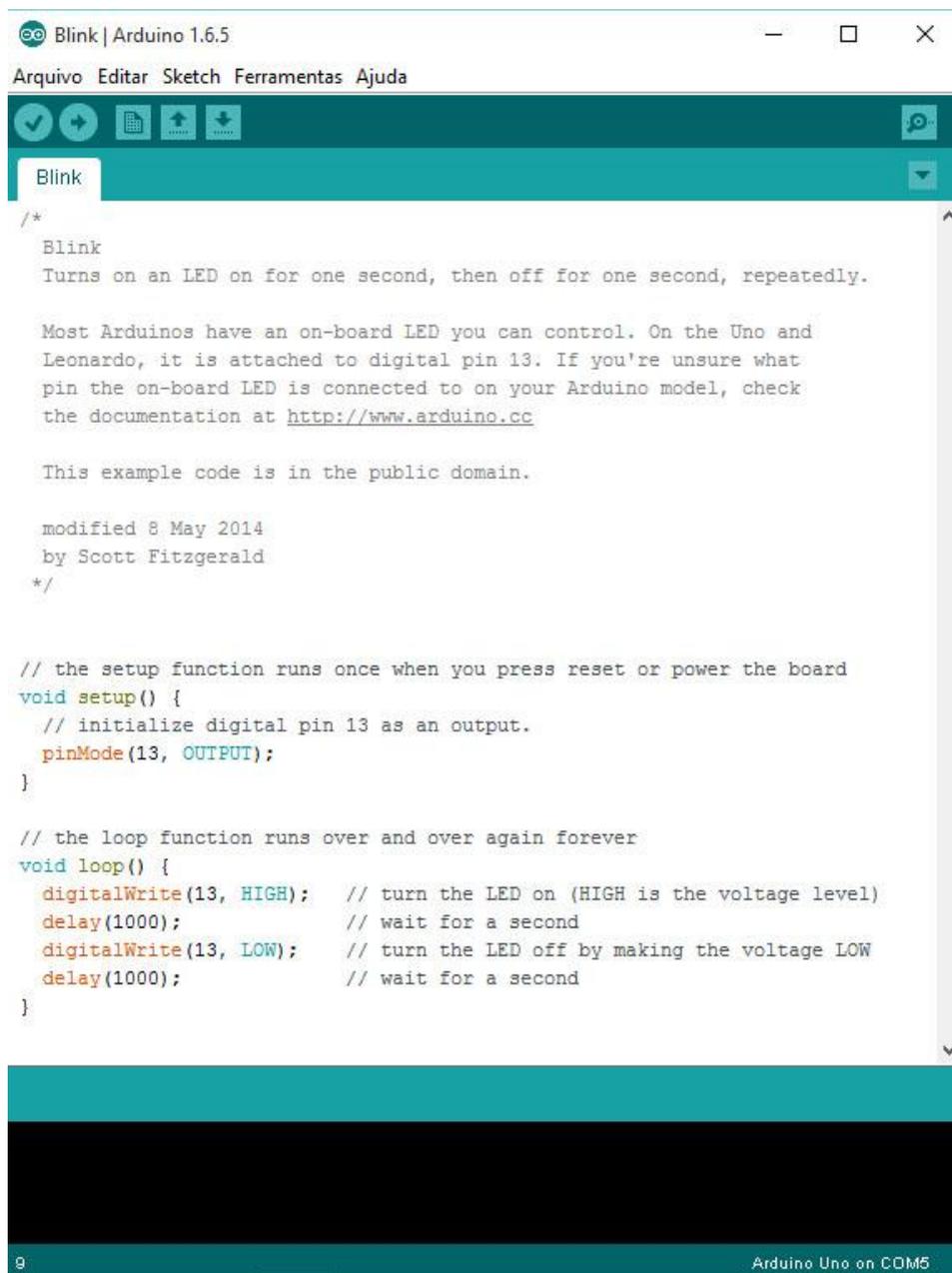
Microcontrolador	<u>ATmega328P</u>
Tensão de operação	5V
Tensão recomendada de entrada	7-12V (tipicamente $9V_{cc}$ )
Tensão limite de entrada	6-20V
Portas PWM Digital E/S	6 portas
Portas Analógicas E	6 portas
Corrente DC por porta E/S	20 mA
Memória Flash	32KB (ATmega 328P)
SRAM	2kB (ATmega 328P)
EEPROM	1KB (ATmega 328P)
Velocidade de Clock	16MHz
Resolução	10 bits ( $2^{10} = 1024$ subdivisões)
Comprimento	68,6 mm
Largura	53,4 mm
Massa	25g

Tabela 4.1 – Características do Arduino Uno (Extraída e traduzida do site:

<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno> em 17/09/15)

#### 4.2.4 IDE Arduino

O ambiente de programação do Arduino é chamado de IDE (*Integrated Development Environment*) sendo baseado na linguagem de programação C. É neste ambiente que se constroem os programas, chamados de *sketches*, os quais irão controlar a placa, os sensores e os atuadores. O IDE contém vários exemplos para serem aplicados. A Figura 4.2 mostra como exemplo o *sketch* do programa *Blink*, o qual é muito simples e usado para fazer um LED piscar em intervalos de 1000 ms (*delay*) entre o pino de saída 13 e o terminal comum ou terra (GND) da placa.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The title bar reads "Blink | Arduino 1.6.5". The menu bar includes "Arquivo", "Editar", "Sketch", "Ferramentas", and "Ajuda". The toolbar contains icons for saving, running, and other functions. The main editor area displays the following code:

```
/*
  Blink
  Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.

  Most Arduinos have an on-board LED you can control. On the Uno and
  Leonardo, it is attached to digital pin 13. If you're unsure what
  pin the on-board LED is connected to on your Arduino model, check
  the documentation at http://www.arduino.cc

  This example code is in the public domain.

  modified 8 May 2014
  by Scott Fitzgerald
  */

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin 13 as an output.
  pinMode(13, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
}
```

The status bar at the bottom indicates "9" and "Arduino Uno on COM5".

Figura 4.2 - IDE Arduino com exemplo de programação.

### 4.3 O Sensor de Temperatura DS18B20

O dispositivo DS18B20 é um sensor de temperatura digital e mede a temperatura em graus Celsius com resolução de 9 bits ( $0,5^{\circ}\text{C}$ ) até 12 bits ( $0,0625^{\circ}\text{C}$ ) e tem uma função alarme para os pontos limites.

O DS18B20 tem comunicação serial que, por definição, necessita de apenas uma linha de comunicação com o microprocessador. Ele opera entre as temperaturas limites:  $-55^{\circ}\text{C} \leq T \leq 125^{\circ}\text{C}$ .

Cada DS18B20 tem um código serial de 64 bits que permite vários deles utilizarem a mesma linha serial para se comunicar com o microprocessador. (MAXIM INTEGRATED, 2008). A tabela 4.2 apresenta algumas características deste sensor térmico.



Figura 4.3 – DS18B20 com encapsulamento a prova d'água.

### 4.3.1 Características do sensor

- Requer única porta de comunicação série para vários sensores
- Tensão de alimentação entre 3V e 5,5V
- Medida de temperatura entre de -55°C e 125°C (de -67°F e 257°F)
- $\pm 0,5^\circ\text{C}$ de precisão entre -10°C e 85°C
- Resolução de temperatura de 9 a 12 bits

Tabela 4.2 - Características do sensor DS18B20. (MAXIM INTEGRATED, 2008)

### 4.4 Protoboard

A Figura 4.4 mostra uma placa de prototipagem usada para montar circuitos. Internamente ela tem conexões que o usuário deve conhecer para poder construir o circuito. Nas laterais ficam o local de conectar o potencial positivo e negativo (+ e -) da fonte de tensão e no centro (A, B, C, D, E, F, G, H, I e J) onde o circuito deve ser montado.

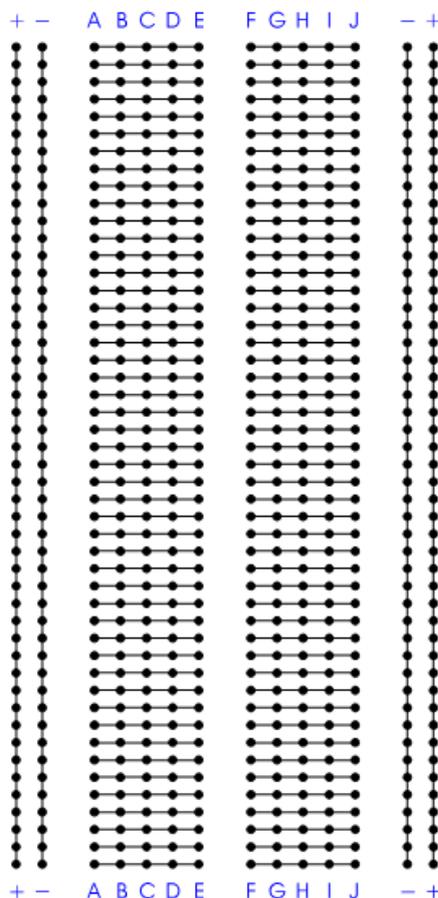


Figura 4.4 – Esquema do *protoboard*.

Ao usar a *protoboard* não devemos conectar dois terminais de um mesmo componente em um mesmo furo. Também não devemos colocar terminais mais largos que o próprio furo para não danificar a placa. A *protoboard* tem a vantagem de poder modificar o circuito a qualquer momento, sem a necessidade de soldagem. Deve-se limitar também a corrente máxima (tipicamente abaixo de 1,0 A) na placa de prototipagem, que não é indicada para trabalhar com elementos de alta corrente como resistores de potência e similares, que demandam correntes elevadas.

#### 4.5 O Programa Geogebra

O Geogebra é um *software* livre que reúne conceitos de geometria, álgebra, planilha de cálculo, gráficos, probabilidade, estatística e cálculos simbólicos. Foi criado em 2001 na Universidade de *Salzburg* na Áustria por Markus Hohenwarter e até hoje continua em evolução na *Florida Atlantic University* (HOHENWARTER, 2015). O programa permite a construção de gráficos a partir de tabelas de dados importados. A Figura 4.5 mostra um gráfico gerado com uma planilha de dados coletados com a placa Arduino, da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) em função do tempo (s).

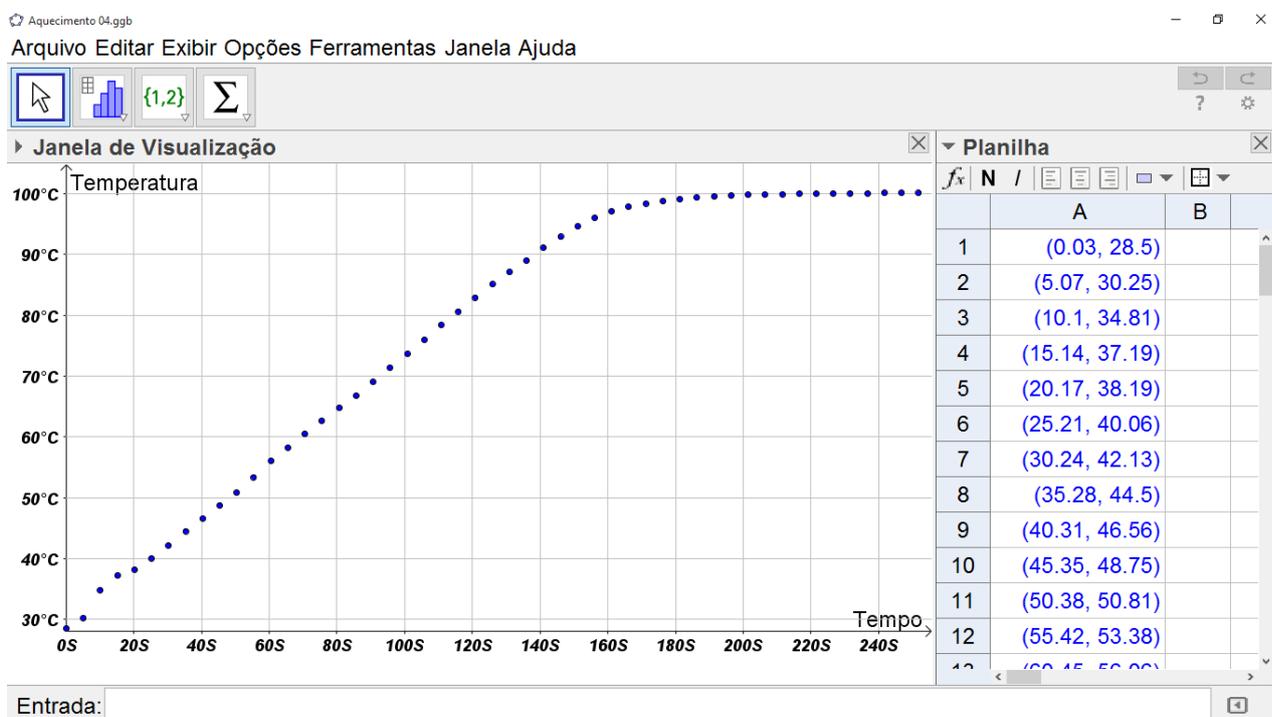


Figura 4.5 – Geogebra com planilha e gráfico de um experimento em que é feita a medida da temperatura do aquecimento da água.

## CAPÍTULO 5: ANÁLISES E DISCUSSÃO

Na semana de 27 a 30 de abril de 2015 realizou-se na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) a I Jornada Científica de física e a VI Semana Acadêmica de física com palestras e minicursos voltados para os licenciandos do curso de física. No dia 27 das 18h às 22h o professor Michael Lee Sundheimer iniciou o minicurso Introdução ao Arduino. Nesta mesma noite foi aplicado o questionário 01 a um grupo de 16 alunos de graduação, com quatro perguntas que visavam sondar o nível de conhecimento e utilização da plataforma Arduino em sala de aula. Seguem para análise as perguntas, respostas e comentários dos alunos.

01) Você conhece a plataforma Arduino?

Respostas: 09 alunos (56,25%) responderam sim e 07(43,75%) responderam não.

02) Você já fez alguma montagem com a plataforma Arduino? Qual?

Respostas: 03 alunos (18,75%) responderam sim e 13 (81,25%) não. Entre os três, nenhum havia usado o Arduino como instrumentação para o ensino de física. Com as respostas das questões 01 e 02 fica evidenciado o pouco conhecimento prático dos alunos com o Arduino e nenhuma aplicação voltada para instrumentação em ensino de física.

03) Você ministra aulas de física? Em qual nível de escolaridade?

Respostas: 11 alunos (68,75%) responderam sim e 05 (31,25%) não, sendo que 10 alunos são do ensino médio e apenas 01 disse que ensinava exclusivamente no ensino fundamental (9º ano).

04) Você usa experimentação no ensino de física? Que tipo de experimentação?

Respostas: 100% responderam sim. Foram citados experimentos de baixo custo, Lego e alguns disseram que não usavam, mas que pretendiam e gostariam de mais capacitação. Nenhum aluno chegou a dizer que utilizava o Arduino para ensino.

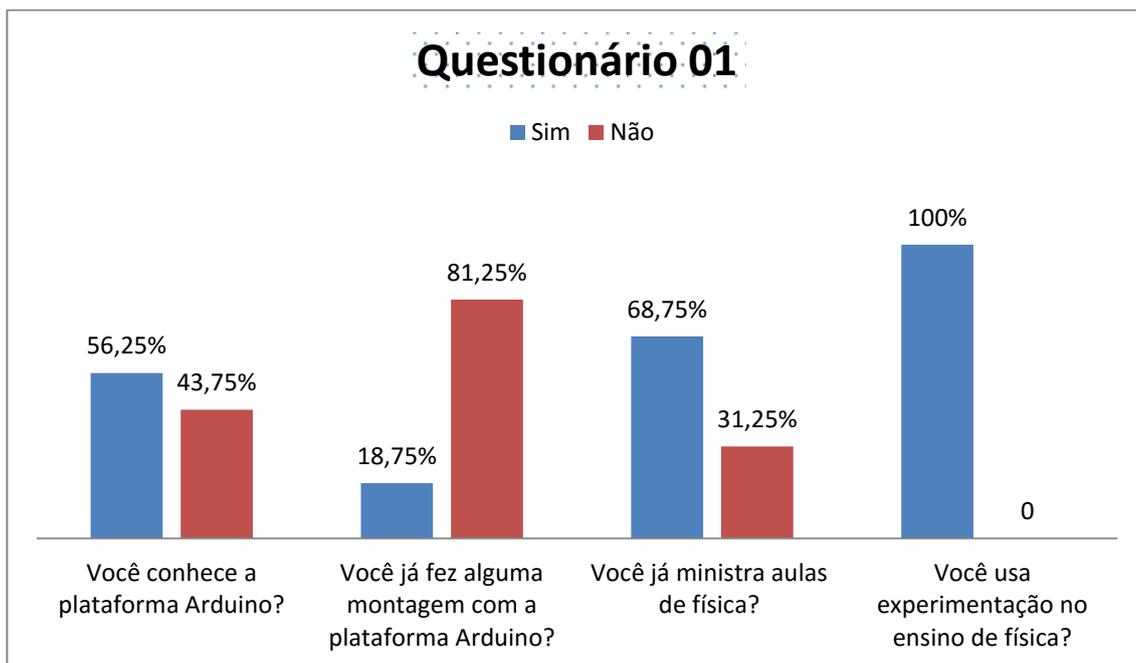


Figura 5.1– Porcentagem das respostas ao questionário 01.

No segundo dia do curso de Arduino o professor Michael Lee Sundheimer construiu junto com os licenciandos duas montagens: uma com o sensor de temperatura (termistor) e a outra com o sensor de luz (LDR). Os alunos mostraram-se bastante interessados em todas as atividades.

No terceiro e último dia do curso compareceram 13 alunos e o autor desta dissertação aplicou o Manual de Construção e Uso do Aparato para Medição e Processamento da Temperatura (Anexo 01), além de questionários para que houvesse a validação do processo ensino-aprendizagem.

Inicialmente foi feita uma introdução teórica sobre os conceitos de temperatura, calor, calor sensível e calor latente, sem fazer referência explicitamente ao experimento que seria realizado na sequência. Daí foi apresentado o kit do aparato de medida de temperatura composto por placa Arduino, sensor de temperatura DS18B20, resistor de 4,7 k $\Omega$ , *protoboard* e *jumpers* (Figura 5.2), Manual de Construção e Uso do Aparato para Medição e Processamento da Temperatura (apêndice B), além de uma *pendrive* com os *softwares* Arduino, Geogebra e o *sketch* do sensor DS18B20 e biblioteca *wire.h* do Arduino.

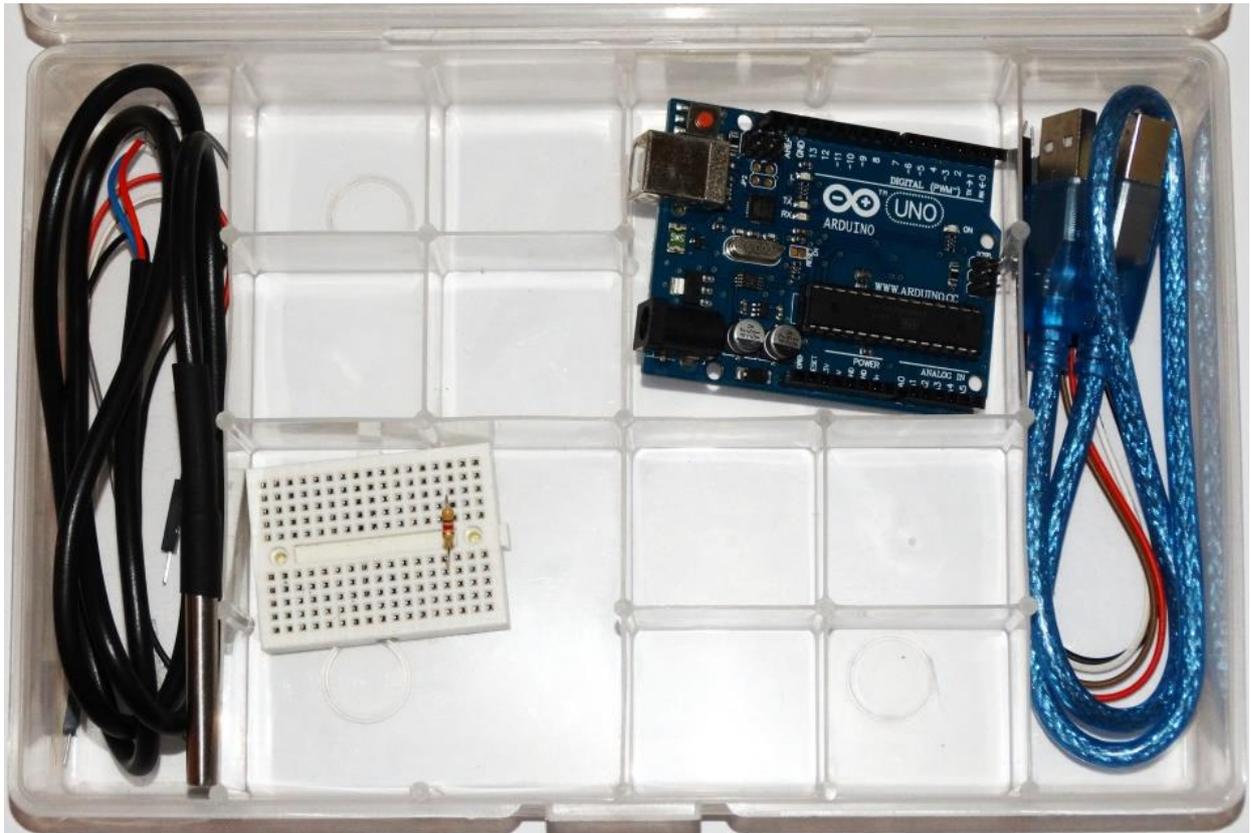


Figura 5.2 – Kit para construção do aparato de medida de temperatura.

A partir desse ponto foi pedido a cada um dos quatro grupos de licenciandos que montassem o aparato Arduino com o apoio do manual e com o mínimo de consulta ao autor e ao final fosse realizada a medição da temperatura do corpo humano na posição da axila. Na Figura 5.3 mostramos o gráfico dessas medidas, mostrando o valor da temperatura medida pela sonda, subindo da temperatura inicial ( $31^{\circ}\text{C}$ ) até atingir a temperatura do corpo ( $36^{\circ}\text{C}$ ). Após aproximadamente um minuto a sonda foi retirada do corpo e a temperatura medida caiu lentamente.

Neste momento da oficina foi apresentado o aparato experimental composto por bquer com aproximadamente 400 ml de água e aquecedor elétrico (220V e 1000 W) visível na Figura 5.4, sendo proposta a medição da temperatura da água em aquecimento, utilizando o mesmo aparato da aferição da temperatura do corpo humano e construção do gráfico do aquecimento da água, novamente com o auxílio do programa Geogebra. O gráfico com as medidas está visível na Figura 5.5.

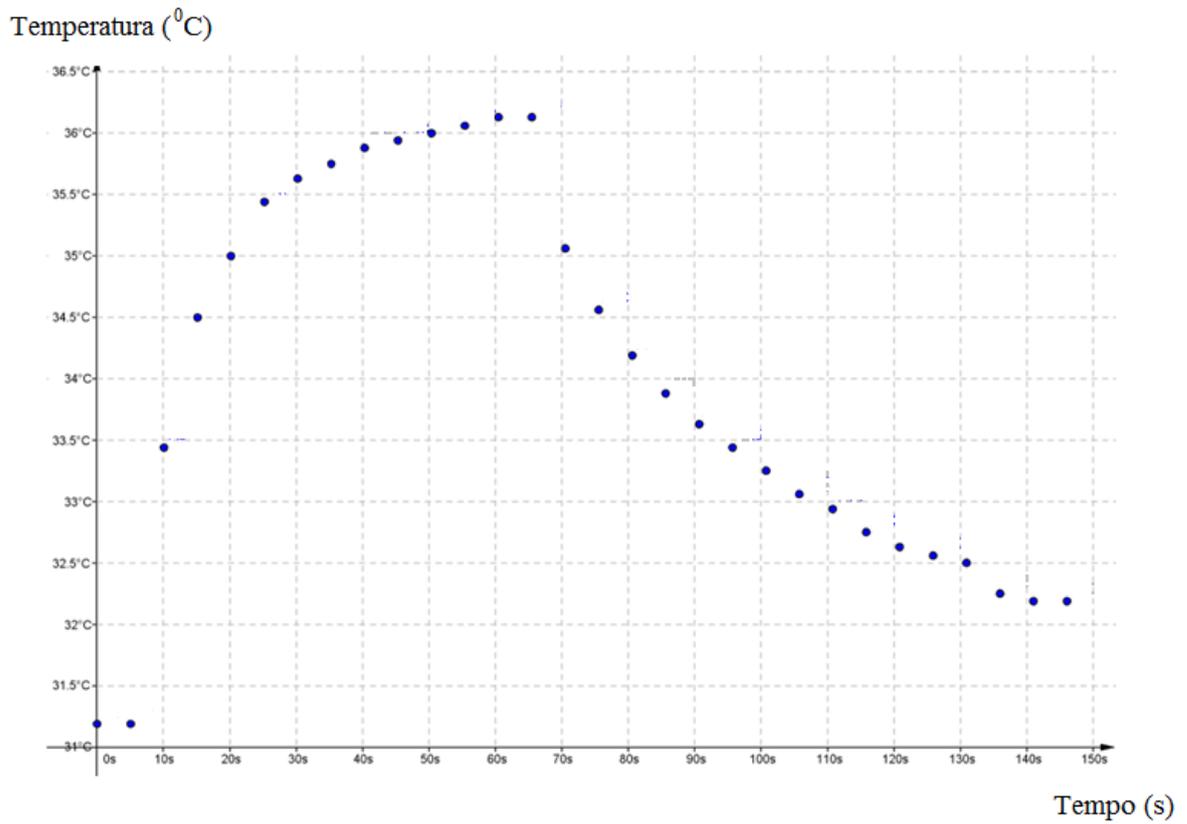


Figura 5.3 – Gráfico da medida da temperatura do corpo humano.



Figura 5.4 – Aparato experimental para aquecimento da água.

Utilizando o manual (apêndice B) primeiro foi construído o circuito do aparato de medida de temperatura, com Arduino e sensor de temperatura, ligado ao computador. A partir desse momento as medidas foram monitoradas nos computadores e construiu-se o gráfico da Figura 5.5 com o Geogebra.

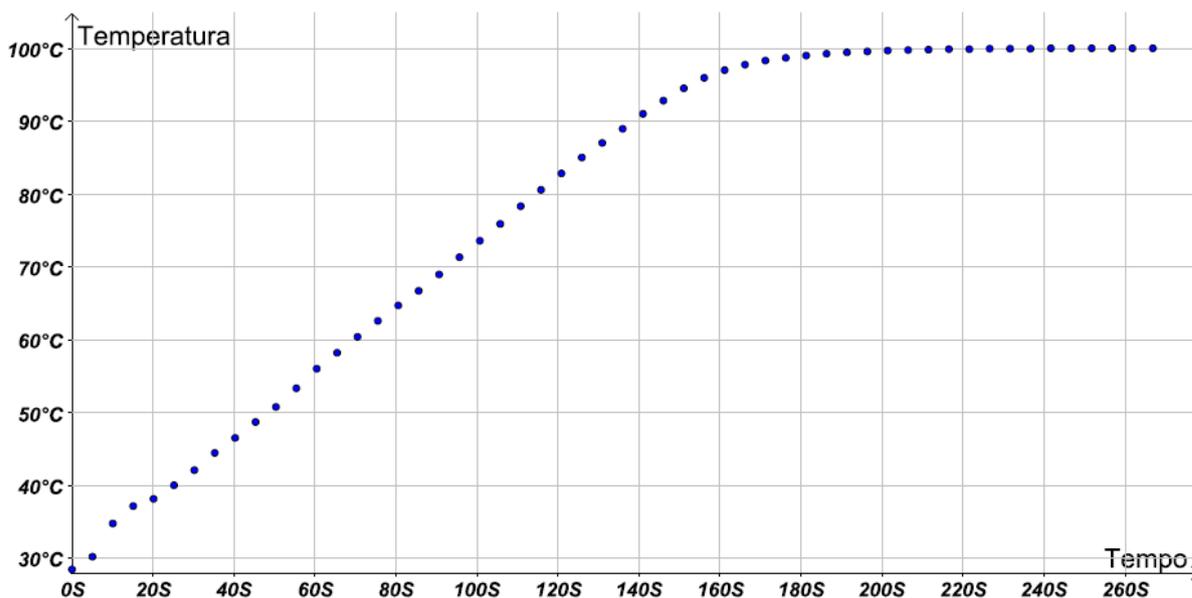


Figura 5.5 – Gráfico do aquecimento da água.

Os alunos mostraram-se muito motivados com os resultados dos gráficos obtidos, sendo que cada grupo discutia internamente os resultados. Neste momento foi aplicado o questionário 03 com o intuito de avaliar e sugerir modificações no Manual de Construção e Uso do Aparato para Medição e Processamento da Temperatura. Seguem as perguntas, respostas e comentários para análise.

01) As informações trazidas no manual foram válidas para a construção do aparato Arduino?

Respostas: 100% dos alunos responderam sim.

02) Dê uma nota de zero a dez (0 a 10) para o Manual de Construção e Uso de Aparato para Medição e Processamento da Temperatura com Arduino e Sensor DS18B20.

Respostas: a média obtida pelo manual foi 8,7. Sendo três notas 10, cinco notas 9, quatro notas 8 e apenas uma nota 7.

03) Dê sugestões para melhorar o manual do professor.

Respostas: para esta pergunta 01 aluno deixou em branco; 03 não fizeram sugestões, mas elogiaram como excelente, breve e claro; 04 pediram para detalhar mais a parte do *software* Geogebra; 02 pediram para criar seção de dificuldades; 02 pediram para explicar mais a programação do Arduino; 01 pediu mais detalhes no manual e mais nitidez nas imagens.

Estas respostas denotam que o manual foi aprovado pelos usuários, mas pode ser melhorado principalmente nas explicações do uso do Geogebra e programação do *sketch* Arduino.

O questionário 02 visou pesquisar sobre a possibilidade de uso do aparato de Medida da Temperatura em escolas de ensino médio e pediu para serem apontadas dificuldades na construção e dadas sugestões para melhoramento do aparato. Seguem abaixo as perguntas, respostas e comentários.

01) Você conseguiu montar o aparato Arduino e utilizá-lo na prática experimental do Aquecimento da Água?

Respostas: 100% dos alunos responderam sim.

02) Qual ou quais as principais dificuldades na construção do aparato Arduino?

Respostas: para esta pergunta 05 alunos responderam que era a programação, 03 a nitidez das imagens, 03 afirmaram não ter tido dificuldades e 02 deixaram em branco.

03) Considere que o aparato Arduino já está construído. Você aplicaria a alunos do ensino médio?

Respostas: 100% dos alunos responderam sim.

04) Considerando que sua escola tenha os materiais e o Arduino. Você construiria o aparato Arduino com seus alunos?

Respostas: 12 alunos (92%) responderam sim e 01 (8%) respondeu não e deixou entender que considera complexo demais para os alunos construírem o aparato.

05) Dê sugestões para melhorar o aparato Arduino.

Respostas: 07 alunos não deram sugestões (54%) e cada um dos outros deram sugestões diferentes como: mais ilustrações, *shield* para substituir o circuito, mais informações, fios longos, mais divulgação (cursos e acesso aos materiais) e terminal nos fios para facilitar encaixe na *protoboard*. As respostas às questões revelam que os licenciandos conseguiram construir o aparato e acreditam na viabilidade do uso do material estando dispostos a aplicá-lo.

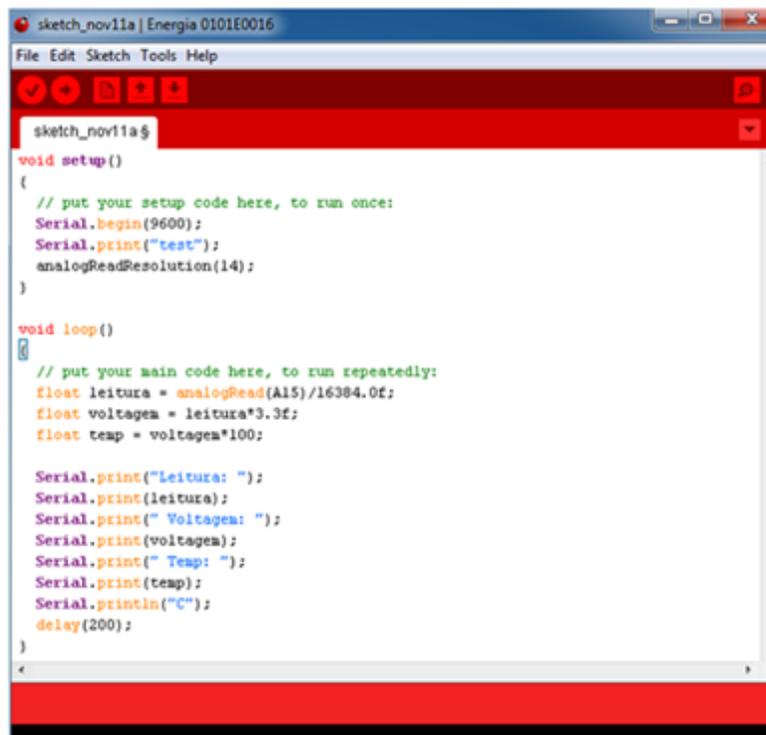
Finalmente no questionário 04 foi perguntado aos alunos: ao observar o gráfico temperatura x tempo, o que você pode concluir sobre o experimento do aquecimento da água?

Respostas: 07 alunos (53,8%) responderam que o valor da temperatura iria aumentar até estabilizar na ebulição; 02 (15,3%) explicaram que os gráficos eram semelhantes aos dos livros, uma reta crescente e depois estabilização; 03 (23%) comentaram que deveria está ocorrendo mudança de fase ou evaporação (mudança do estado líquido para o gasoso) e 01 deixou em branco. As respostas demonstram que houve compreensão sobre o fenômeno físico estudado com a maior parte dos indivíduos (92,3%) dando respostas coerentes, mas com pontos de vista diferenciados.

Alguns comentários dos alunos durante a oficina foram motivadores como: “precisamos de mais aulas assim”; “que gráfico legal”; “a prática é muito boa”; “com experimento é diferente”. Essas frases foram ditas de forma espontânea e também podem indicar o sentimento da obtenção de uma aprendizagem mais significativa.

## 5.1. Perspectivas de continuação do trabalho

Como perspectiva de continuidade deste trabalho, fizemos um teste com a placa MSP432 da *Texas Instruments*. Esta placa de desenvolvimento está em fase de teste, não tendo sido ainda aprovada pelo órgão competente americano (FCC) para comercialização. Em comparação ao Arduino UNO, a placa da Texas apresenta vantagens como: 256KB de memória *flash*, 14 bits de resolução, 48 MHz de *clock*, baixo consumo de potência (trabalha com tensões nominais de 3.3 Volts), além do baixo custo. Enquanto uma placa Arduino UNO original é vendida no Brasil por cerca de R\$100 (mais taxas de entrega), a placa da Texas custa em torno de 20 dólares (sem nenhum custo adicional, já incluída a taxa de entrega). A relação custo/benefício da placa Texas é muito superior, uma vez que a mesma é equivalente à placa Arduino MEGA, custando bem menos. A Figura 5.6 mostra o IDE de controle da placa Texas, com o *sketch* de controle do sensor de temperatura LM35. Note-se a modificação no fator de calibração do sensor, em decorrência da sua maior resolução (14 bits  $\rightarrow 2^{14} = 16.384$  divisões). Alguns trabalhos com esta placa estão sendo realizados, dando continuidade ao tema desta dissertação.



```
sketch_nov11a | Energia 0101E0016
File Edit Sketch Tools Help
sketch_nov11a$
void setup()
{
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("test");
  analogReadResolution(14);
}

void loop()
{
  // put your main code here, to run repeatedly:
  float leitura = analogRead(A15)/16384.0f;
  float voltagea = leitura*3.3f;
  float temp = voltagea*100;

  Serial.print("Leitura: ");
  Serial.print(leitura);
  Serial.print(" Voltagea: ");
  Serial.print(voltagea);
  Serial.print(" Temp: ");
  Serial.print(temp);
  Serial.println("C");
  delay(200);
}
```

Figura 5.6 – IDE da placa Texas Instruments MSP432.

## CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de física tem sido apontado por alguns estudantes como de difícil compreensão e uma saída para superar as dificuldades de aprendizagem é o uso de experimentação que contextualize conceitos e problemas a serem superados. Neste sentido a plataforma Arduino associada com os diferentes tipos de sensores disponíveis tem se mostrado bastante útil no desenvolvimento de Instrumentação eletrônica, pois coloca o aprendiz em contato direto com medidas de grandezas físicas, além de possibilitar a manipulação dos dados e construção de gráficos.

Este trabalho fez um estudo sobre o uso do Arduino na instrumentação eletrônica em experimentos didáticos de física. A análise dos dados coletados demonstrou que os estudantes que realizaram as oficinas estavam interessados em construir os aparatos propostos, usando a plataforma como uma ferramenta didática facilitadora do processo de ensino-aprendizagem. Neste sentido torna-se importante cada vez mais a oferta de disciplinas específicas de instrumentação eletrônica nos cursos de graduação em física, que possam capacitar professores e alunos para o uso adequado do Arduino e/ou de outros dispositivos semelhantes, gerando material didático (apostilas, roteiros de experimentos, tutoriais, capítulos em livros didáticos, dentre outros) como foi feito neste trabalho, que teve como produto educacional os Manuais de Construção dos experimentos realizados na medição da temperatura através de um sensor de temperatura (apêndice B) e no experimento de medição de campos magnéticos com um sensor de efeito Hall linear (apêndice C).

A aplicação da instrumentação eletrônica com Arduino no ensino de física é muito ampla e este trabalho discutiu como a utilização destas ferramentas pode ser ensinada com a finalidade específica de tornar a aprendizagem da física mais significativa. O uso do Arduino e a possibilidade de construção de gráficos com as medidas dos experimentos podem despertar a motivação e o interesse dos alunos, sendo ainda um forte aliado do professor em sala de aula ou nos laboratórios de ensino, por tornar alguns conceitos físicos menos abstratos e mais próximos da realidade dos alunos, e por acreditar ainda que o aluno possa ser um sujeito importante no processo ensino-aprendizagem, podendo colaborar ativamente na construção do conhecimento e do saber.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS 01 A 04



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**OFICINA:** Instrumentação para o Ensino de Física com Arduino

**MINISTRANTE:** José Altenis – Professor Pesquisador

**PÚBLICO ALVO:** Professores do curso de licenciatura em física

**OBJETIVOS:**

- Montar aparato experimental de medida e coleta de dados utilizando Arduino e sensor de temperatura DS18B20;
- Realizar experimento de aquecimento da água utilizando o Arduino e sensor de temperatura para medida, coleta e tratamento de dados;
- Construção de gráficos e análise de dados com cálculos da energia e potência envolvidas no fenômeno;
- Levantamento dos conhecimentos dos professores em formação em física sobre a plataforma Arduino.

## **Introdução a plataforma Arduino**

A plataforma Arduino é composta pelo *software* IDE para programação mais a placa Arduino que é o *hardware*. A placa Arduino tem várias portas no qual conectamos sensores de temperatura, luminosidade, som e/ou atuadores de movimento.

Nesta aula vamos conectar um sensor de temperatura ao Arduino e com os dados coletados, iremos elaborar gráficos matemáticos e tirar algumas conclusões sobre a curva de aquecimento da água obtida das medidas.

### **Questionário 01 – Avaliação sobre montagem e manuseio do Arduino**

01) Você conhece a plataforma Arduino?

02) Você já fez alguma montagem com a plataforma Arduino? Qual?

03) Você já ministra aulas de física? Em que nível de escolaridade?

04) Você usa experimentação no ensino de física? Que tipo de experimentação?

Nome: \_\_\_\_\_ Período: \_\_\_\_\_



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**Questionário 02 - Avaliação posterior a realização do experimento do aquecimento da água**

01) Você conseguiu montar o aparato Arduino e utilizá-lo na prática experimental do aquecimento da água?

02) Qual ou quais as principais dificuldades na construção do aparato Arduino?

03) Considere que o aparato Arduino já está construído. Você aplicaria para alunos do ensino médio?

04) Considerando que sua escola tenha os materiais e o Arduino. Você construiria o aparato Arduino com seus alunos?

05) Dê sugestões para melhorar o aparato Arduino.

Nome: \_\_\_\_\_ Período: \_\_\_\_\_



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Questionário para alunos de graduação em física da UFRPE

**Questionário 03 - Avaliação sobre a qualidade do manual do professor para construção do aparato**

01) As informações trazidas no manual foram válidas para a construção do aparato Arduino?

02) Dê uma nota de zero a dez (0 a 10) para o Manual de Construção e Uso de Aparato para Medição e Processamento da Temperatura com Arduino e Sensor DS18B20.

03) Dê sugestões para melhorar o manual do professor.

Nome: \_\_\_\_\_ Período: \_\_\_\_\_



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Orientador: Professor Wictor Magno

Orientando: Mestrando José Altenis

**OFICINA:** Instrumentação para o ensino de física com o Arduino

**MINISTRANTE:** José Altenis – Professor Pesquisador

**PÚBLICO ALVO:** Professores do Curso de Licenciatura em Física.

**OBJETIVOS:**

- Montar aparato experimental de medida e coleta de dados utilizando Arduino e Sensor de Temperatura DS18B20;
- Realizar experimento de aquecimento da água utilizando o Arduino e sensor de temperatura para medida, coleta e tratamento de dados;
- Construção de gráficos e análise de dados com cálculos da energia e potência envolvidas no fenômeno.

Experimento do aquecimento da água por um mergulhão em um béquer.

Leia antes de realizar o experimento.

### **Materiais**

- Aquecedor de 1000W - 220V (mergulhão) para aquecer a água
- Béquer com aproximadamente 400ml de água
- Aparato experimental com Arduino e sensor de temperatura DS18B20

### **Procedimentos**

- Deverá ser colocada uma massa  $m$  de água no béquer(anote o valor de  $m$ ).
- Coloque o mergulhão no béquer.
- Coloque a sonda de temperatura na água e abra a IDE e o monitor serial para observar os valores de temperatura x tempo.

**Questionário 04 - Levantamento dos conhecimentos dos professores em formação em física sobre termodinâmica**

01) Descreva os conceitos de temperatura e calor.

02) Qual o significado de calor sensível? Exemplifique. Qual o significado de calor latente? Exemplifique. Estabeleça uma diferença fundamental entre calor sensível e calor latente?

03) No experimento do aquecimento da água temos um exemplo de que tipo de calor? Explique.

04) Ao observar o gráfico temperatura x tempo o que você pode concluir acerca do experimento do aquecimento da água?

Nome: \_\_\_\_\_ Período: \_\_\_\_\_

# APÊNDICE B – MANUAL DE CONSTRUÇÃO E USO DE APARATO PARA MEDIÇÃO E PROCESSAMENTO DA TEMPERATURA COM ARDUINO E SENSOR DS18B20



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Orientador: Professor Wictor Magno

Orientando: Mestrando José Altenis

## **Manual de Construção e Uso de aparato para Medição e Processamento da Temperatura com Arduino e Sensor DS18B20**

### **Introdução**

Esse manual servirá para o professor construir o aparato de coleta e processamento da temperatura a partir da plataforma Arduino, juntamente com o sensor de temperatura DS18B20.

### **Materiais**

- Placa Arduino com cabo USB de conexão ao computador
- Sensor de Temperatura DS18B20
- Fios conectores (*jumpers*)
- Protoboard



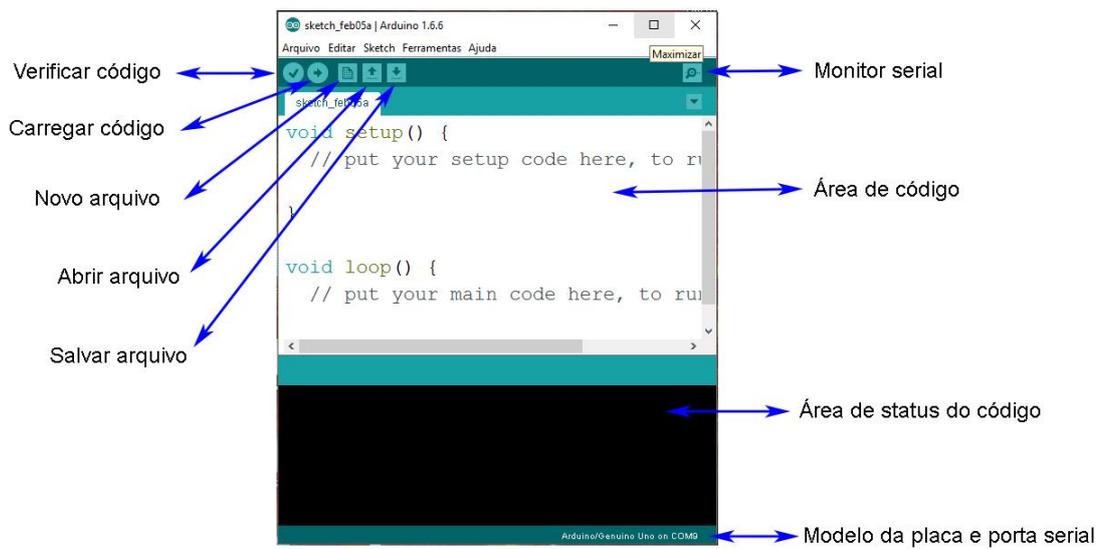


Figura 02 – Ambiente de programação IDE.

### O sensor de temperatura DS18B20

O sensor DS18B20 visível na Figura 03 é um sensor digital que pode medir temperaturas na faixa entre  $-55^{\circ}\text{C}$  e  $+125^{\circ}\text{C}$  com precisão de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Na programação do Arduino utilizaremos a biblioteca *OneWire.h* para controlar o sensor.



Figura 03 – Sensor DS18B20 com encapsulado à prova d'água.

## Esquema experimental do aparato

O esquema abaixo mostra como o sensor de temperatura deverá ser ligado ao Arduino. Observe que existe entre o pino  $V_{DD}$  (vermelho) e OUT (branco) um resistor de  $4,7\text{ k}\Omega$ .

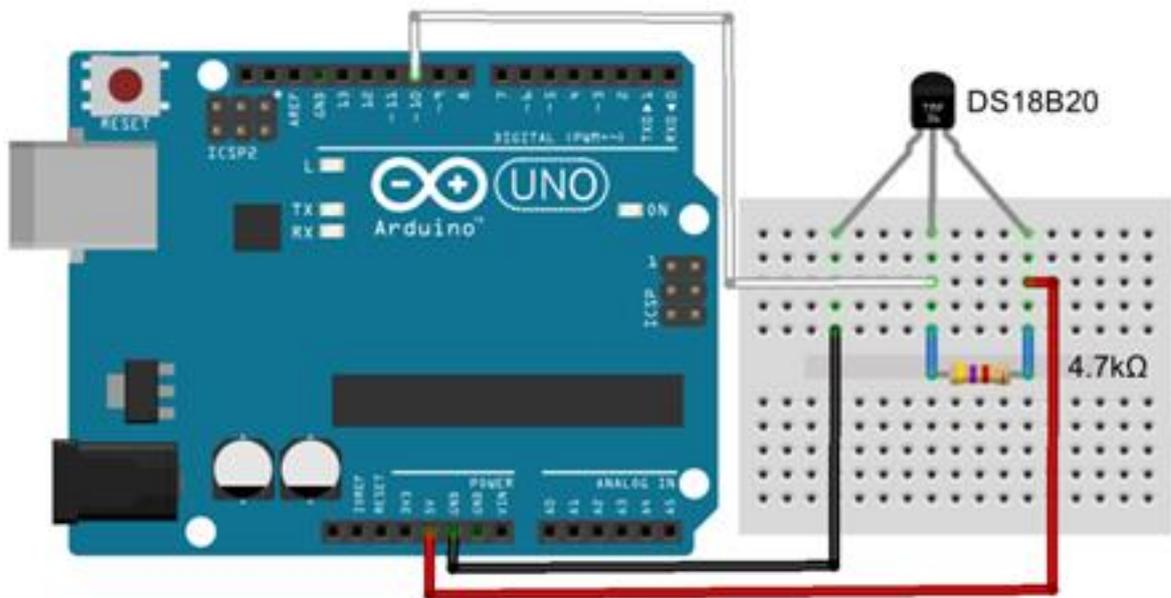


Figura 04 – Aparato usando uma *protoboard*.

A placa Arduino deverá ser ligada ao computador pela porta USB. Quando a IDE Arduino estiver aberta, devemos abrir o monitor serial e observar as medições do tempo e da temperatura (ver Figura 05).

## A Programação

A IDE é o programa no qual desenvolvemos os arquivos Arduino que chamamos de *sketch*. Abaixo segue a programação que vamos usar para nosso sistema de medida de temperatura.

```
#include <OneWire.h>

int SensorPin = 10;

float tempo;

OneWire ds(SensorPin);

void setup(void) {

  Serial.begin(9600);

}

void loop(void) {

  float temp = getTemp();

  tempo=millis();

  Serial.print(temp);

  Serial.print(" ");

  Serial.println(tempo/1000);

  delay(1000);

}

float getTemp() {

  byte data[12];

  byte addr[8];

  if ( !ds.search(addr)) {

    //no more sensors on chain,
    reset search

    ds.reset_search();

    return -1000;

  }

  if ( OneWire::crc8( addr, 7) !=
  addr[7]) {

    Serial.println("CRC is not
    valid!");

    return -1000;

  }

}
```

```

    }

    if ( addr[0] != 0x10 && addr[0]
    != 0x28) {

        Serial.print("Device is not
    recognized");

        return -1000;

    }

    ds.reset();

    ds.select(addr);

    ds.write(0x44, 1);

    byte present = ds.reset();

    ds.select(addr);

    ds.write(0xBE);

    for (int i = 0; i < 9; i++) {

        data[i] = ds.read();

    }

    ds.reset_search();

    byte MSB = data[1];

    byte LSB = data[0];

    float TRead = ((MSB << 8) |
    LSB);

    float Temperature = TRead /
    16;

    return Temperature;

}

```

Após a digitação do *sketch* devemos usar o comando “verificar” (*verify*) que irá verificar se o *sketch* tem alguma falha ou erro de programação e depois usar o comando “carregar”(upload) que irá compilar e transferir o *sketch* para a placa Arduino.

### Utilizando o Aparato

Vamos agora finalmente utilizar o nosso aparato. Coloque a sonda (sensor de temperatura) no local desejado e na IDE Arduino entre no monitor serial. Para isto entre no menu “Ferramentas” e depois em “Monitor Serial”. Deverá aparecer o Tempo (em segundos) e ao lado a Temperatura (em graus Celsius).

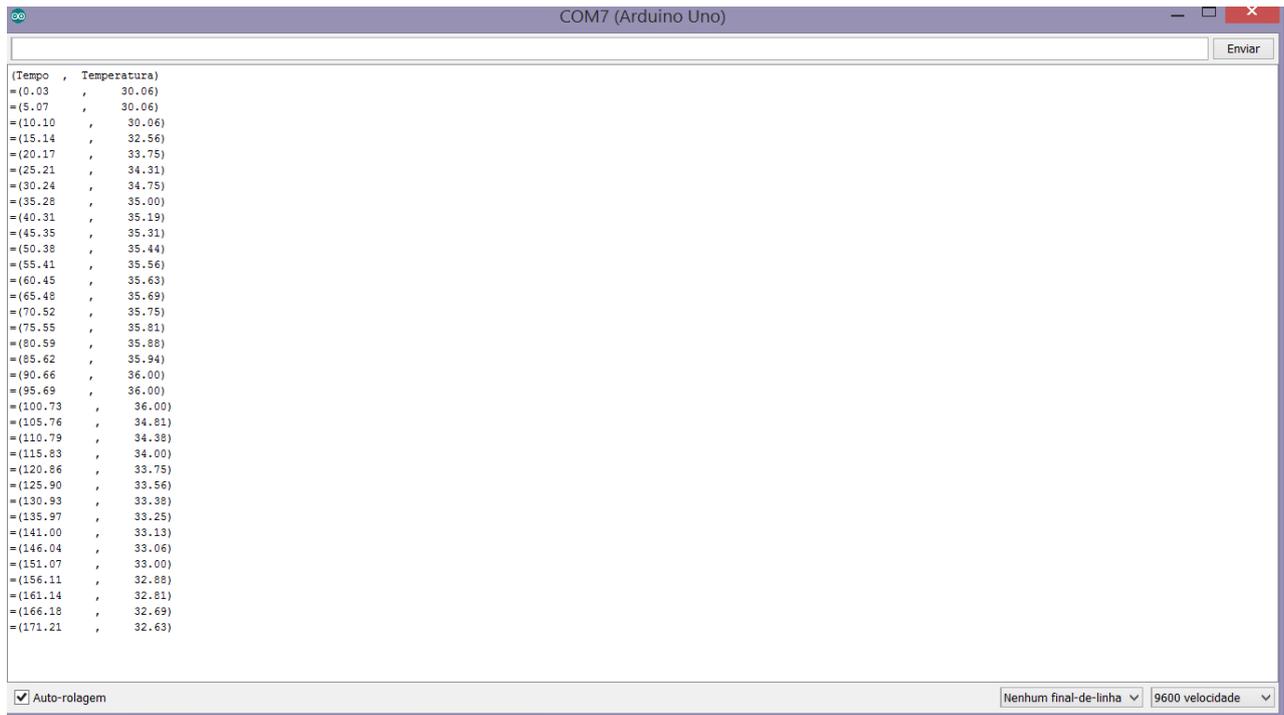


Figura 05 – Monitor serial apresentando medidas de tempo e temperatura.

Estes dados serão utilizados para traçarmos um gráfico Temperatura x Tempo de nosso experimento no *software* livre Geogebra.

## Coleta de Dados na IDE e Montagem do Gráfico no Geogebra

Quando os dados do experimento estiverem na IDE (Figura 06) selecione os dados com o botão esquerdo do *mouse* e os copie (Ctrl + C).



The screenshot shows the Arduino IDE serial monitor window for COM7 (Arduino Uno). The window displays a list of data points in the following format: (Tempo , Temperatura). The data points are as follows:

Tempo	Temperatura
0.03	30.06
5.07	30.06
10.10	30.06
15.14	32.56
20.17	33.75
25.21	34.31
30.24	34.75
35.28	35.00
40.31	35.19
45.35	35.31
50.38	35.44
55.41	35.56
60.45	35.63
65.48	35.69
70.52	35.75
75.55	35.81
80.59	35.88
85.62	35.94
90.66	36.00
95.69	36.00
100.73	36.00
105.76	34.81
110.79	34.38
115.83	34.00
120.86	33.75
125.90	33.56
130.93	33.38
135.97	33.25
141.00	33.13
146.04	33.06
151.07	33.00
156.11	32.88
161.14	32.81
166.18	32.69
171.21	32.63

The window also features a 'Enviar' button at the top right, a 'Auto-rolagem' checkbox checked at the bottom left, and dropdown menus for 'Nenhum final-de-linha' and '9600 velocidade' at the bottom right.

Figura 06 – Dados na serial da IDE arduino.

## O Programa Geogebra

O Geogebra é um software livre que reúne conceitos de geometria e álgebra. Foi criado em 2001 na Universidade de Salzburg por Markus Hohenwarter. Utilizaremos o Geogebra para traçar os gráficos produzidos pelo IDE Arduino e colocados na saída serial.

Agora com o programa Geogebra aberto vá ao menu “Exibir” e clique em “Planilha”. A planilha do Geogebra se abrirá, então cole os dados (Ctrl + V) na planilha. Nesta altura os pontos já estarão no gráfico, mas você não verá, pois os pontos estão em outra parte do gráfico. Clique com o botão direito do *mouse* no gráfico e escolha a opção “Exibir Todos os Objetos”. Agora você verá os pontos formando o gráfico (Figura 07).

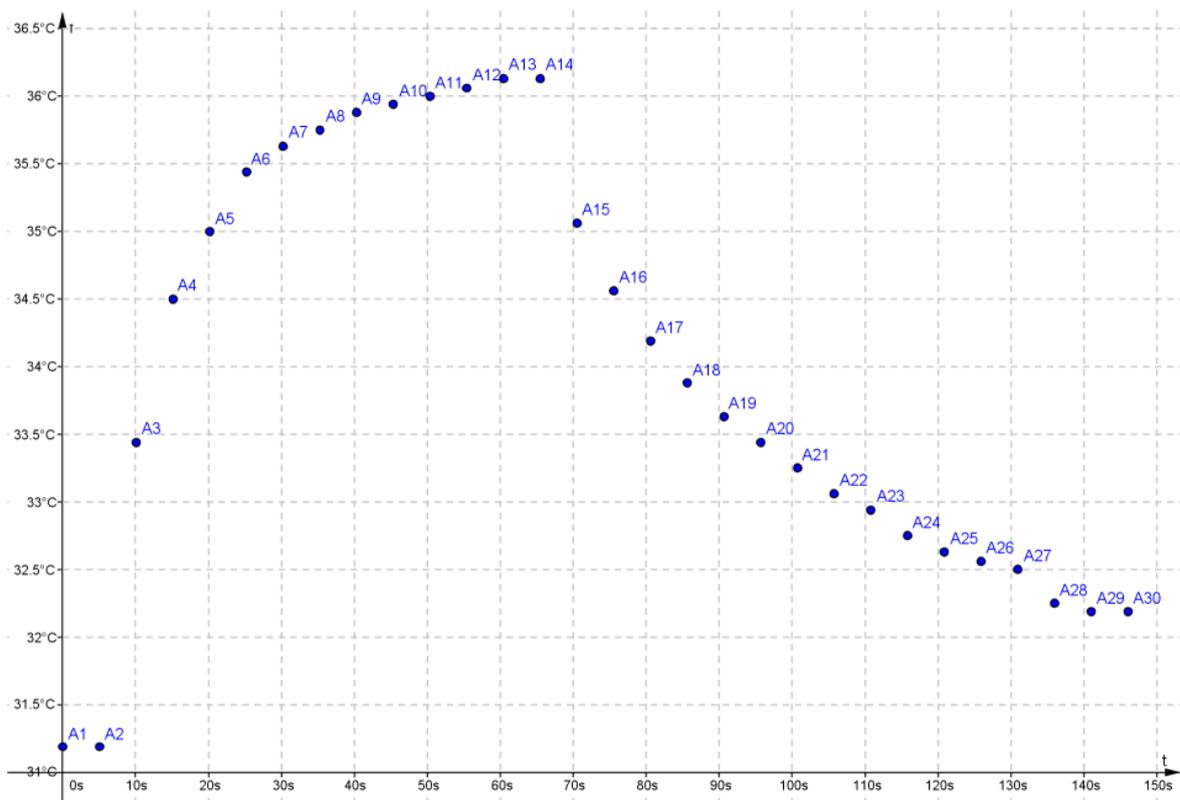


Figura 07 – Geogebra com planilha e gráfico de um experimento em que é feita a medida da temperatura do corpo humano.

Finalmente você pode ir até o menu “Arquivo” opção “Exportar” “Janela de Visualização como Imagem” e gerar um arquivo com a imagem do gráfico do experimento.

### **Bibliografia do Manual**

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em Ação**. São Paulo: Novatec, 2013.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

HOHENWARTER, Markus. GeoGebra. Disponível em:<<http://www.geogebra.org/>> Acessado em: 25 de Janeiro de 2015.

INTEGRATED, M. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. Rio Robles, San Jose: [s.n.], 2008.

# APÊNDICE C – MANUAL DE CONSTRUÇÃO E USO DE APARATO PARA MEDIÇÃO E PROCESSAMENTO DE CAMPO MAGNÉTICO COM ARDUINO E SENSOR SS49E



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Orientador: Professor Wictor Magno

Orientando: Mestrando José Altenis

## **Manual de Construção e Uso de Aparato para Medição e Processamento de Campo Magnético com Arduino e Sensor SS49E**

### **Introdução**

Esse manual servirá para o professor construir o aparato de coleta e processamento de campo magnético a partir da plataforma Arduino junto com o sensor Hall SS49E.

### **Materiais**

- Placa Arduino com cabo USB de conexão ao computador
- Sensor hall SS49E
- Fios conectores (*jumpers*) e fio de cobre esmaltado (AWG 31)
- Protoboard
- imãs
- lápis e fita durex

## A Plataforma Arduino

A plataforma Arduino foi desenvolvida em 2005 na Itália no *Interaction Design Institute* pelos professores Massimo Banzi e seu aluno David Mellis juntando-se ao grupo dos professores David Cuarelles e Gianluca Martino. É uma plataforma de livre uso composta de uma placa mais o programa IDE que é o *software* que irá atuar junto à placa e sensores e atuadores que serão conectados a placa para o desenvolvimento de projetos.



Figura 01 – Placa Arduino.

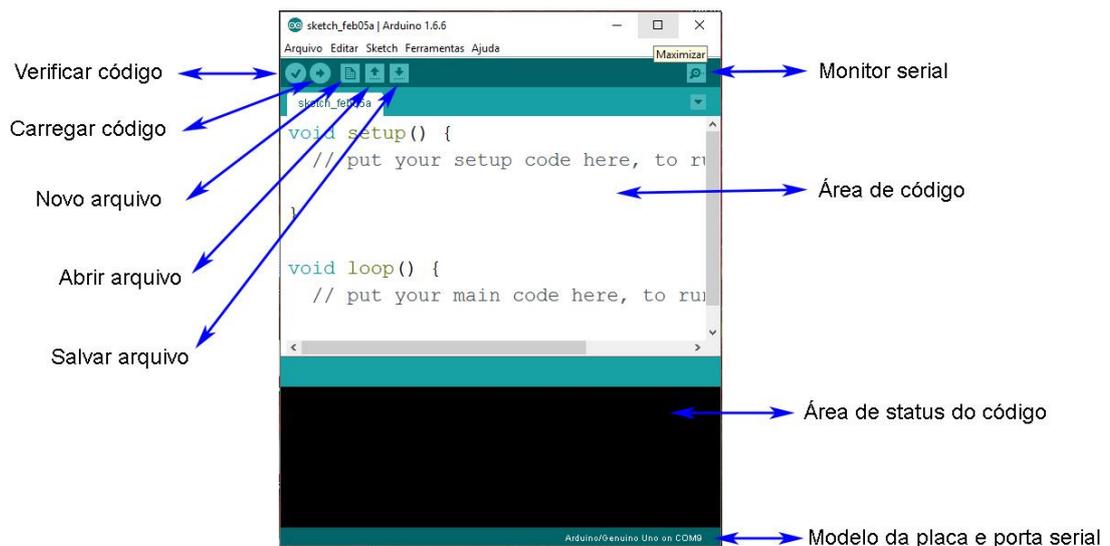


Figura 02 – Componentes do programa IDE Arduino.

## O Sensor de Efeito Hall SS49E

O sensor hall utiliza o efeito Hall descoberto em 1879 por Edwin Herbert Hall. Quando um condutor elétrico pelo qual passa uma corrente elétrica é atravessado perpendicularmente por um campo magnético, surge uma diferença de potencial no fio perpendicular ao fluxo de corrente, a qual é proporcional ao campo magnético.

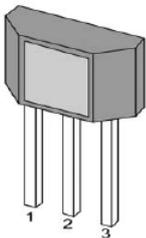
	<table border="1"><thead><tr><th>Pinos</th><th>No.</th><th>Descrição</th></tr></thead><tbody><tr><td>Vdd</td><td>1</td><td>Tensão Entrada</td></tr><tr><td>Gnd</td><td>2</td><td>Terminal Comum</td></tr><tr><td>Output</td><td>3</td><td>Saída</td></tr></tbody></table>		Pinos	No.	Descrição	Vdd	1	Tensão Entrada	Gnd	2	Terminal Comum	Output	3	Saída
	Pinos	No.	Descrição											
Vdd	1	Tensão Entrada												
Gnd	2	Terminal Comum												
Output	3	Saída												
Voltagem Mínima de Saída	B = - 1500 Gauss	0.86 Volt												
Voltagem Máxima de Saída	B = 1500 Gauss	4.21 Volts												

Figura 03 – Sensor Hall Linear SS49E e suas características.

## Esquema Experimental do Aparato

O esquema mostrado na Figura 04 apresenta o sensor de efeito Hall SS49E que será ligado ao Arduino. O pino 3 deve ser ligado à porta A<sub>0</sub> (*jumper* ou fio branco), o pino 2 ao GND (*jumper* ou fio preto) e o pino 1 do sensor deve ligar-se aos 5V de tensão de alimentação (*jumper* ou fio vermelho).

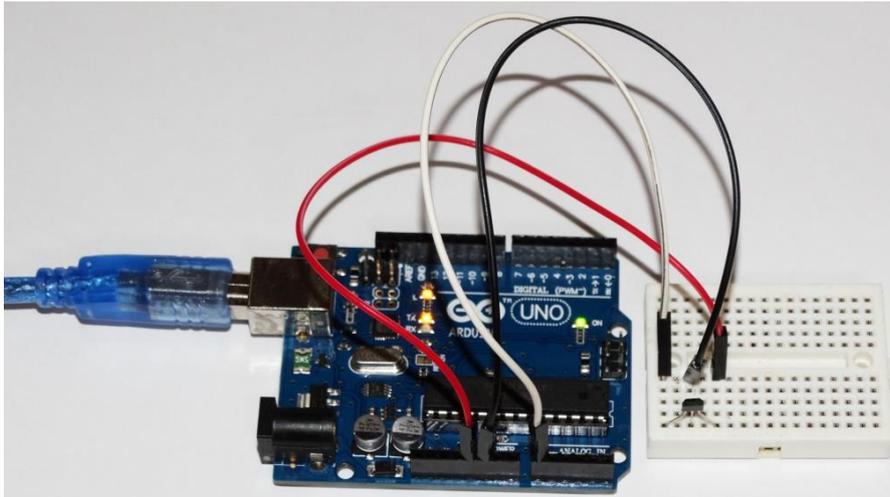


Figura 04 – Aparato usando Arduino, sensor Hall SS49E, *protoboard* e conexões.

A placa Arduino deve ser ligada ao computador pela porta USB. Quando a programação estiver aberta devemos abrir o monitor serial e observar o tempo e temperatura medida.

### A Programação

A IDE é a programação do Arduino que chamamos de *sketch*. Abaixo segue uma programação a ser usada no sistema de medida de campos magnéticos.

```
// Usa o sensor hall SS49E para medir campo magnético.
```

```
// Sensor hall: Pino 1 - 5V; Pino 2 – Gnd; Pino 3- porta A0 do Arduino
```

```
// Data sheet - 4,21V=1500gauss0,86V=-1500gauss sem campo 2,5V para 0Gauss
```

```
// Equação: V=2.5 + 0.00111666B ou B=895.52773449V - 2238.8193362 deduzida a // partir dos pontos acima
```

```
floatrefVoltage = 5.0/1023;
```

```
float sensorVolts;

int val1;

void setup()

{

  Serial.begin(9600);

}

void loop()

{

  val1=analogRead(0);

  sensorVolts=refVoltage*(val1);

  Serial.print("B=");

  Serial.print(((sensorVolts*895.52773449)-2238.8193362 ));

  Serial.println("Gauss");

  if (((sensorVolts*667)-1667) > 2) { Serial.println (" Norte");};

  if ( ((sensorVolts*667)-1667) < -2 ) {Serial.println (" Sul");};

  delay (1000);

}
```

Após a digitação do programa devemos usar o comando “verificar” que irá analisar se o *sketch* tem alguma falha e depois usar o comando “carregar” que irá transferir o programa (*upload*) para a placa Arduino.

## Utilizando o Aparato

Vamos agora finalmente utilizar o nosso aparato. Coloque o sensor hall no local desejado e na IDE Arduino entre no monitor serial. Para isto entre no menu “Ferramentas” e depois em “Monitor Serial”. Deverá aparecer a intensidade do campo magnético em Gauss.

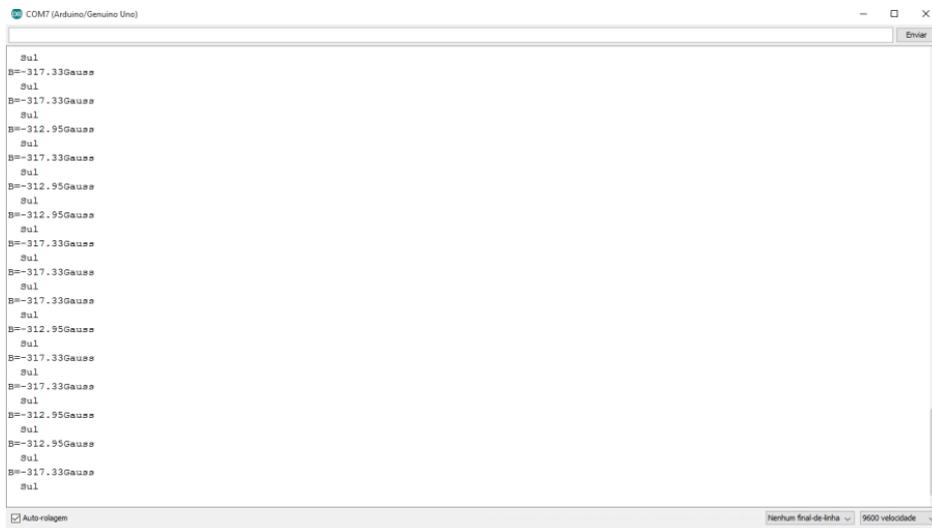


Figura 05 – Monitor serial apresentando medidas de campo magnético.

Estes dados podem ser utilizados para indicar os pólos magnéticos dos ímãs; além de indicar onde campo magnético é mais forte e mais fraco.

## Sugestões de Fonte de Campo Magnético

Pode-se usar um ímã em barra e descobrir os pólos norte e sul além de medir o campo ao longo do ímã verificando a variação do campo pelo corpo do ímã (Figura 06).

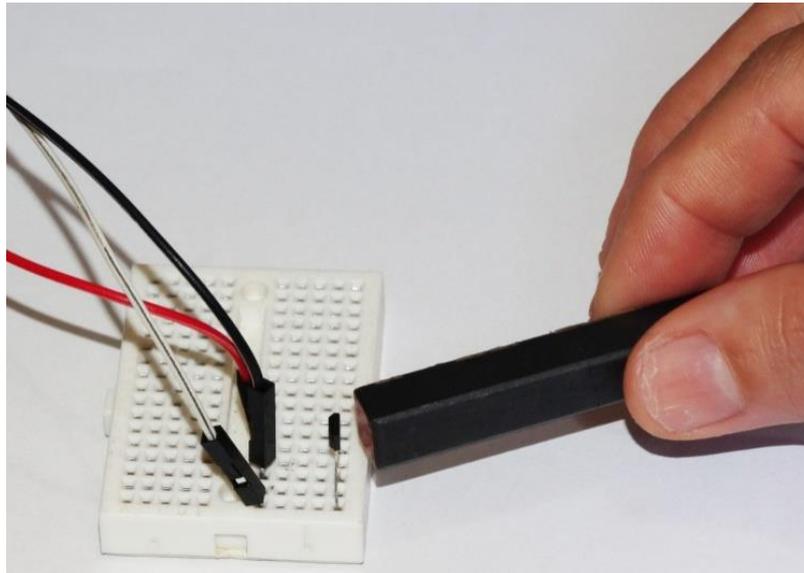


Figura 06 – Medindo o campo magnético de um ímã.

Pode-se também construir solenóides e calcular o campo magnético e então verificar com o aparato o valor medido. Veja abaixo a construção de um solenóide com fio de cobre AWG31(40 voltas por centímetro). Cubra o fio de cobre com fita adesiva e então retire o lápis cuidadosamente, mantendo o formato cilíndrico da bobina solenóide (Figura 07).



Figura 07 – Enrolando um solenóide em um lápis.

Outras opções são colocar mais camadas de fios de cobre e verificar o campo magnético resultante ou ainda colocar um núcleo magnético no interior da bobina, por exemplo, uma chave de fenda ou prego, e medir a variação do campo magnético. Nestes casos o campo irá aumentar de amplitude. As Figuras 08 e 09 mostram o solenóide construído.

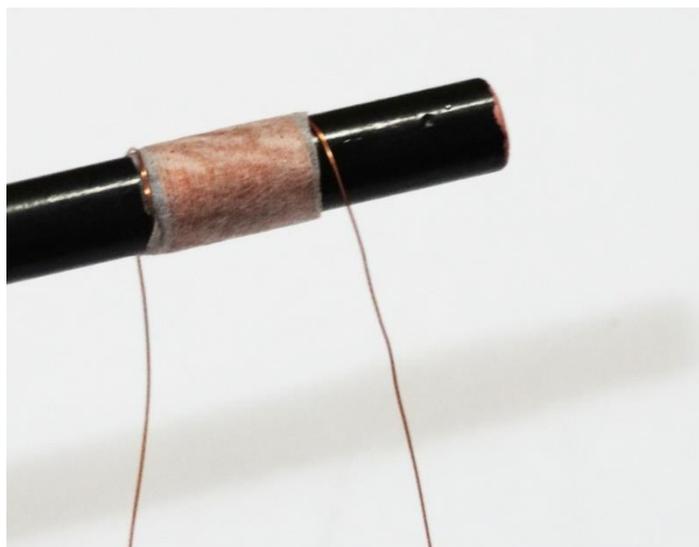


Figura 08 – Solenóide coberto com fita adesiva.

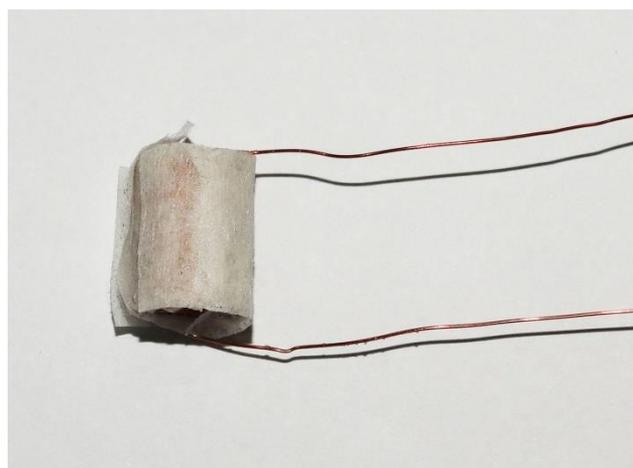


Figura 09 – Solenóide com 40 voltas por cm (fio AWG31) e duas camadas.

### **Bibliografia do Manual**

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em Ação**. São Paulo: Novatec, 2013.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

SEC, Electronics. Datasheet SS49E Linear Hall Effect Sensor, 2008.

## REFERÊNCIAS

CALLEN, H. B. **Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics**. 2<sup>th</sup> edition, 1985.

CARVALHO, L. R. M.; AMORIM, H. S. Observando as marés atmosféricas: Uma aplicação da placa Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 3, 3501, 2014.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n.4, 2011.

EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM, J. **Arduino em Ação**. São Paulo: Novatec, 2013.

HALLIDAY, D.; RESNICK, J. W. **Fundamentos de Física**. 8a. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2011.

HODSON, D. Investigación y experiências didácticas. **Enseñanza de las ciencias**, Toronto, 1994. 299-313.

HOHENWARTER, M. Geogebra. **Geogebra**, 2015. Disponível em: <<http://www.geogebra.org/>>. Acesso em: 25 Janeiro 2015.

INTEGRATED, M. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer, Rio Robles, San Jose, 2008.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U, 2011.

NOVAK, J. D. **Aprender a Aprender**. 1. ed. Lisboa: Paralelo, 1984.

NUSSENZVEIG, 1981

ROCHA, J. F. et al. **Origens e Evolução das Idéias da Física**. 1. ed. Bahia: EDUFBA, 2002.

SARAIVA-NEVES, M.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. Repensando o Papel do Trabalho Experimental, Na Aprendizagem da Física, Em Sala de Aula - Um Estudo Exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, p. 383-401, 2006.

SEAR, F.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D. **Física**. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 1984.

SOUZA, A. R. et al. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n.1, 2011.