

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO PARA MEDIÇÃO DE CAPACITÂNCIA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4235

Igor Forcelli Silva - igorforcelli@outlook.com
IFPB

Fernanda Soares Lima - limas.fernanda99@gmail.com
IFPB

Arthur Bernardo Barbosa - arthurbernardobarbosa@gmail.com
IFPB

Pedro Lucas Coutinho Ribeiro - coutinho.pedro@academico.ifpb.edu.br
IFPB

Flávio Henrique Santos de Albuquerque - flaflagi@gmail.com
IFPB

Resumo: É comum se deparar com professores de física enfrentando grandes dificuldades em construir o conhecimento junto com seus alunos de maneira prazerosa, contextualizada e funcional. O ato de experimentar no ensino de Física é de fundamental importância no processo ensino-aprendizagem e tem sido enfatizado por muitos autores. Sendo assim, torna-se necessário buscar alternativas para desenvolver as habilidades e competências, dentre as formas têm-se o uso de alternativas metodológicas que coloca a escola em sintonia com os atributos e necessidades da sociedade. A utilização de plataformas ou kits didáticos nas aulas de física têm-se mostrado uma excelente alternativa para abordar os conteúdos ministrados em sala, tornando as aulas mais significativas para o discente por trazer situações reais. Diante do exposto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um protótipo didático de custo acessível, para medição da capacitância com o uso do microcontrolador Arduino®, o qual pode ser utilizado como uma alternativa metodológica nas disciplinas de Física e Análise de Circuitos Elétricos. Para tanto, foi construído um capacitômetro que efetua as medições de capacitância de forma automática, isto é possível com o registro do tempo de carga do capacitor quando este atinge 63,2% do valor da tensão aplicada, juntamente com o valor da resistência utilizada no circuito série. Foram utilizados

os resistores de 1,2 k Ω , 33 k Ω e 1 M Ω que funcionam como escalas, para garantir maior precisão na medição da capacitância. Para aferir os resultados, realizou-se a comparação entre o protótipo e um medidor comercial para medição de quinze capacitores e obteve-se um erro médio de 12,28%. Dessa forma, acredita-se que o uso do protótipo desenvolvido pode aumentar a expectativa dos discentes em estudos envolvendo capacitores.

Palavras-chave: Capacitância. Circuito RC. Interdisciplinaridade. Metodologia Educacional. Protótipo didático.

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DIDÁTICO PARA MEDIÇÃO DE CAPACITÂNCIA

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o ensino é visto como um objeto abstrato, longe da realidade dos alunos, o qual gera um desinteresse total pelo trabalho escolar. O ensino pode ser apresentado de diversas formas e há influências internas e externas, onde a motivação dos estudantes e professores é uma das questões mais importantes que a escola tem que lidar. A prática exercida em sala de aula é extremamente importante no processo de aprendizagem dos discentes, pois provoca estímulo na absorção dos conteúdos (PIMENTEL, 2017). Segundo Frota, Xerez e Parente (2020) é necessário que os métodos de ensino sejam diversificados em sala de aula, para que não ocorram aulas monótonas e que também desperte a atenção dos alunos, assim desenvolvendo um bom processo de aprendizagem.

De acordo com o estudo de Machado e Pinheiro (2010), constatou-se junto às duas primeiras turmas de recém-ingressos nos cursos de Engenharia de Produção uma grande dificuldade de aprendizagem, além de que houve pouco envolvimento dos alunos com as atividades de ensino propostas, assim, resultando em um índice de reprovação médio superior a 60% na disciplina de Física Geral I. Nesse contexto, observa-se a necessidade de se construir uma prática de ensino mais adequada às necessidades dos alunos e do curso de Engenharia.

Diversos são os estudos que utilizam metodologias de ensino para melhorar o desempenho do conteúdo, sendo possível afirmar que a utilização destes métodos aumenta a participação dos discentes, como também formam profissionais mais capacitados e seguros para o mercado de trabalho (PAIVA *et al.*, 2016; LIMBERGER, 2013 *apud* PRADO, 2019). As metodologias ativas correspondem a metodologias diversificadas em que o professor, no ambiente escolar, deixa de agir como centro das atenções e passa a desenvolver um papel de mediador da aprendizagem de seus alunos (PEIXOTO, 2020). Segundo Morán (2015, p. 18-19) "As metodologias ativas são pontos de partida para avançar para processos mais avançados de reflexão, de integração cognitiva, de generalização, de reelaboração de novas práticas".

Nesse sentido, com o passar do tempo tem crescido a utilização de metodologias ativas, que procuram trazer o aluno para o centro do processo educativo, como agente da sua própria aprendizagem. Dentre essas é possível destacar a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a qual não envolve só trabalho colaborativo como também o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas abertos e a interdisciplinaridade, promovendo a pesquisa, o trabalho em equipe, a criatividade e o pensamento crítico (MIGUÉLEZ, 2000; PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017).

Pode-se dizer que o planejamento de um projeto utilizando a metodologia de ABP deverá conter: (1) um projeto com tema previamente definido, (2) objetivos claros a respeito dos temas acadêmicos a serem estudados e aprendidos, (3) uma metodologia avaliativa previamente definida, que possibilite analisar os resultados obtidos no decorrer do projeto (RIBEIRO, 2022).

Ribeiro (2022) apresentou uma proposta de produto didático baseada em projetos, em que estudantes por meio de pesquisa e execução realizaram a construção de um pequeno protótipo de carro elétrico. O processo contribuiu para compreensão dos vários

fenômenos elétricos e magnéticos que fazem parte da estrutura de funcionamento desses carros, por exemplo, desde a construção do eletroímã até chegar a construção do protótipo do carro elétrico.

De acordo com Ribeiro (2022), a aplicação da ABP com foco na construção de um pequeno protótipo de carro elétrico conseguiu atingir quase todos os alunos de forma significativa, pois todos participaram de alguma forma do processo construtivo, demonstrando que a ABP é mais eficaz que o método tradicional de ensinar os conceitos do eletromagnetismo.

“Outro ponto que pôde ser observado durante a aplicação da metodologia ativa ABP está relacionado com o desenvolvimento nos estudantes da capacidade de trabalhar em equipe e de resolver problemas e conflitos, duas qualidades que são extremamente valorizadas no mercado de trabalho do século XXI” (RIBEIRO, 2022).

Em uma sociedade tecnológica é importante a formação do discente com capacidade de resolução de problemas e compreensão de grandezas físicas e fenômenos físicos no cotidiano e suas possíveis consequências (PASQUALETTO; VEIT; ARAUJO, 2017; PRADO, 2019). Os discentes devem buscar o aprendizado através da pesquisa, sendo agentes transmissores e produtores de conhecimento (RIBEIRO, 2022).

Diante do exposto, este estudo apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie na medição da capacitância, para tanto é empregada a construção de um protótipo com uso da plataforma Arduino® para aquisição de medidas como tensão elétrica e tempo, como também o processamento dessas informações. Sendo assim, este trabalho objetiva o desenvolvimento de um protótipo didático de custo acessível, para medição da capacitância com o uso do microcontrolador Arduino®, tornando possível a utilização do método de ABP por alunos de graduação nas disciplinas de Física e Análise de Circuitos Elétricos.

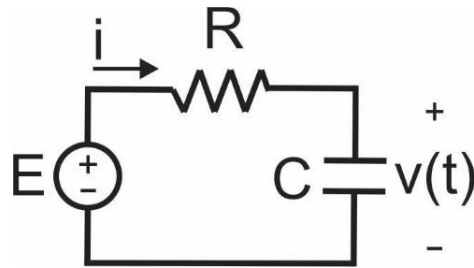
Este artigo está organizado como segue, na Seção 2 é apresentada a fundamentação teórica a respeito do capacitor, na Seção 3 são apresentados os procedimentos metodológicos da plataforma desenvolvida para a realização dos experimentos. Sendo assim, na Seção 4 encontra-se os resultados obtidos pelo experimento do medidor de capacitância desenvolvido. Por fim, as considerações finais são apresentadas na Seção 5.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O capacitor é amplamente utilizado nos dispositivos tecnológicos atuais, como exemplo têm-se: aparelhos de televisão, telefonia móvel, relógios inteligentes, computadores, entre outros. A principal função deste elemento está relacionada ao armazenamento de energia elétrica, e dentre os tipos existentes é possível destacar os capacitores de placas paralelas, cilíndricos e esféricos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). A medição da capacitância é extremamente importante durante a manutenção e reparo de aparelhos eletrônicos, porém o custo de equipamentos que realizem a medição dessa grandeza atualmente é alto, ademais, a disposição de tais equipamentos no ambiente universitário é escassa.

Neste trabalho será utilizada a determinação da capacitância pela carga do capacitor no circuito RC, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Circuito RC série analisado.



Fonte: Elaboração própria (2023).

Após a análise do circuito é determinada a Equação (1).

$$i = \frac{E - v}{R} \quad (1)$$

A corrente elétrica pode ser expressa conforme a Equação (2).

$$i = C \frac{dv}{dt} \quad (2)$$

Combinando as Equações (1) e (2), é apresentada a Equação (3).

$$C \frac{dv}{dt} = \frac{E - v}{R} \rightarrow \frac{dv}{dt} + \frac{1}{RC}v = \frac{1}{RC}E \quad (3)$$

Resolvendo a EDO de primeira ordem não homogênea apresentada na Equação (3) é determinada a Equação (4).

$$v(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right), \tau = RC, v(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (4)$$

Sabendo que $\tau = RC$, o valor de t é substituído por τ na Equação (4), assim determinando a Equação (5).

$$v(\tau) = E \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau}} \right) \rightarrow v(\tau) = E(1 - e^{-1}) \rightarrow v(\tau) = 0,632 \cdot E \quad (5)$$

Desta forma, sabendo o valor de tempo para o capacitor atingir 63,2% da tensão aplicada na entrada do circuito RC série e o valor do resistor utilizado, é possível determinar o valor da capacitância utilizando a Equação (6).

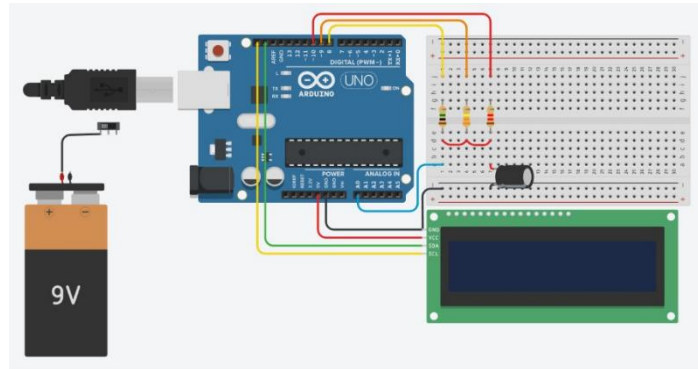
$$C = \frac{\tau}{R} \quad (6)$$

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Na Figura 2 é ilustrado o esquema elétrico do protótipo desenvolvido, o qual foi utilizado o microcontrolador Arduino Uno R3 para aplicar tensão constante no circuito RC e

medir a variação de tempo até que se atinja 63,2% da tensão de entrada no capacitor a ser medido. Foram utilizados os resistores de 1,2 k Ω , 33 k Ω e 1 M Ω que funcionam como escalas, para assim garantir maior precisão na medição da capacitância. Por fim, o resultado da medição efetuada pelo protótipo é registrado no display 16x2.

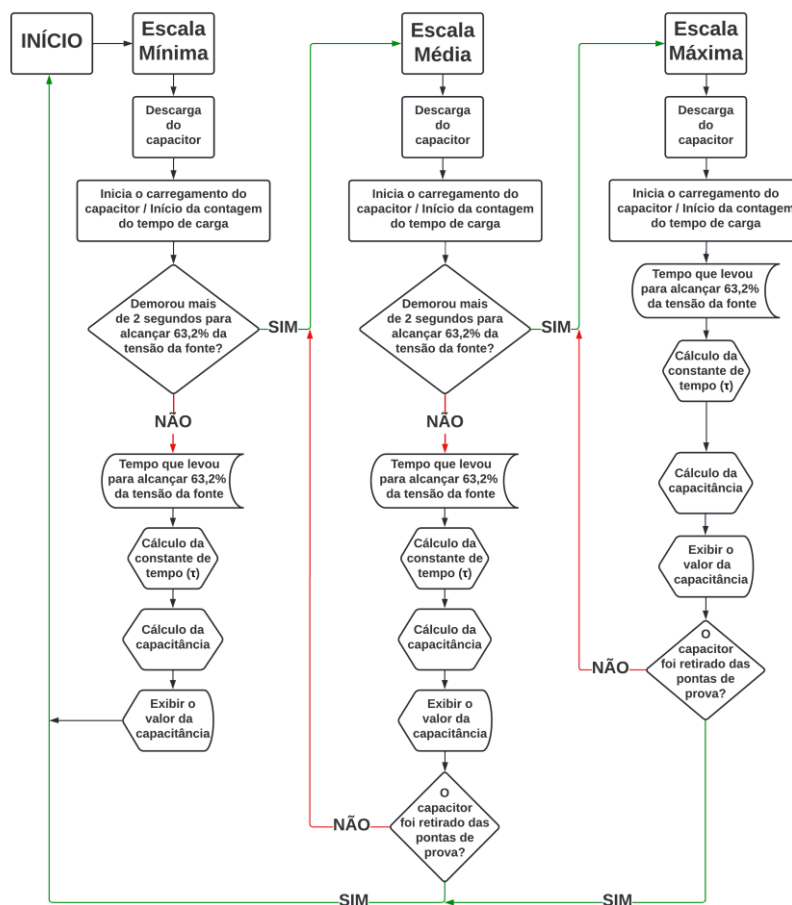
Figura 2 – Esquemático elétrico do protótipo desenvolvido.



Fonte: Elaboração própria (2023).

O fluxograma do código desenvolvido para o funcionamento do protótipo é ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma do código desenvolvido para o protótipo.



Fonte: Elaboração própria (2023).

Na Tabela 1 são apresentados os materiais utilizados para construção do protótipo e o seu respectivo custo.

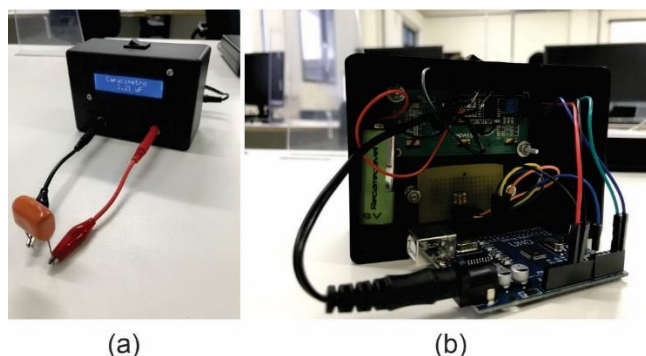
Tabela 1 - Custo dos materiais utilizados para construção do protótipo.

Material	Quantidade	Valor (R\$)
Caixa (53x85x124 mm)	1	23,00
Resistor de 1,2 k Ω	1	0,10
Resistor de 33 k Ω	1	0,10
Resistor de 1 M Ω	1	0,10
Arduino Uno	1	60,00
Borne p/ plugue (Preto e Vermelho)	2	3,00
Mini chave gangorra	1	1,50
Cabos de conexão	10	1,00
Placa para soldar os resistores	1	0,50
Conector para bateria	1	1,00
Bateria 9V	1	14,00
Display com módulo I2C	1	30,00
Total		134,30

Fonte: Elaboração própria (2023).

É ilustrado na Figura 4 o protótipo desenvolvido neste estudo, o qual foi utilizado para medição da capacitância de componentes.

Figura 4 – Protótipo desenvolvido para medição da capacitância. (a) Vista frontal. (b) Vista interna.



Fonte: Elaboração própria (2023).

Conforme exposto anteriormente, a escassez e o custo de medidores de capacitância dificultam as práticas nos cursos de Engenharias, logo, foi realizada uma comparação de preço entre alguns medidores comerciais e o protótipo desenvolvido, conforme é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação de preço entre o protótipo desenvolvido e medidores comerciais.

Marca	Modelo	Preço (R\$)
Romacci	DM6013L	136,19
A sixx	UA6013L	169,00
Hikari	HCP-200	239,90
Minipa	MC-154A	214,00
Icel	CD-310	242,89
Keysight	U1731C	2022,00
Protótipo		134,30

Fonte: Elaboração própria (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de verificar o funcionamento do protótipo desenvolvido, utilizou-se o medidor ponte LCR Keysight U1731C para comparar as medições efetuadas, os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Erro comparativo entre os resultados do protótipo e o medidor comercial.

Descrição do capacitor	Keysight U1731C	Protótipo	Erro relativo percentual
Poliéster 4,7 nF	4,76 nF	4,55 nF	4,41
Poliéster 10 nF	9,771 nF	9,09 nF	6,97
Poliéster 33 nF	32,04 nF	30 nF	6,37
Poliéster 100 nF	100,92 nF	92,73 nF	8,12
Poliéster 0,47 µF	493,4 nF	449,09 nF	8,98
Poliéster 560 nF	553 nF	503 nF	9,04
Poliéster 1 µF	967,4 nF	840 nF	13,17
Poliéster 2,2 µF	2,111 µF	2,98 µF	41,17
Eletrolítico 0,1 µF	101,76 nF	93,64 nF	7,98
Eletrolítico 22 µF	19,8 µF	21,67 µF	9,44
Eletrolítico 47 µF	41,77 µF	50 µF	19,7
Eletrolítico 100 µF	89,18 µF	110 µF	23,35
Eletrolítico 330 µF	292,4 µF	313,33 µF	7,16
Eletrolítico 470 µF	424,9 µF	463,33 µF	9,04

Fonte: Elaboração própria (2023).

O erro máximo obtido na comparação entre o protótipo e o medidor ponte LCR Keysight U1731C foi de 41,17%, o erro mínimo foi de 4,41% e a média foi de 12,28%.

A utilização de resistores em série para determinação da capacitância afetou em alguns casos a precisão dos valores obtidos, logo, para que o processo de aquisição do valor de capacitância seja mais preciso seria necessária a utilização de mais resistores, ou seja, mais escalas. O fato do conversor A/D utilizado possuir 10 bits significa que é registrada a variação de tensão a cada 4,88 mV, que é um valor considerável em algumas medições de capacitância, logo, como o registro do tempo de carga está atrelado a 63,2% da tensão de alimentação total, as variações menores que 4,88 mV não são registradas o que também pode ter causado erro nas medidas de capacitância adquiridas.

Acredita-se que algumas melhorias podem ser efetuadas em trabalhos futuros com objetivo de diminuir o erro relativo, dentre elas:

- A implementação de mais resistores de carga para aumentar o range do equipamento;
- A aplicação de filtros passivos ou digitais com objetivo de atenuar os ruídos e melhorar a precisão durante o cálculo da capacitância;
- A utilização de um método para a estimativa da capacitância, permitindo o cálculo com maior precisão e em menor tempo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um protótipo didático para realizar a medição de capacitância com o uso de um microcontrolador para aquisição e processamento de sinais. Neste contexto, foi construído um capacitômetro de custo acessível, assim permitindo a aquisição de medidas de tensão elétrica e tempo pelo Arduino®, e com essa aquisição foi possível determinar a capacitância de capacitores.

Acredita-se que o valor do erro encontrado pode ser minimizado com o uso de filtros digitais e a utilização de mais resistores para aumentar o range do equipamento desenvolvido.

De forma geral, os resultados alcançados neste estudo indicam que o protótipo desenvolvido pode ser utilizado para realizar experimentos voltados para medição da capacitância. O protótipo apresenta vantagens como custo acessível e interdisciplinaridade, visto que, são necessários conhecimentos de física, eletrônica e programação para o seu desenvolvimento. Estes resultados indicam que o medidor desenvolvido pode aumentar a expectativa dos discentes em estudos envolvendo capacitores, assim, tornando-o viável para uso na Aprendizagem Baseada em Problemas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, do Campus João Pessoa e ao PETEE-IFPB (Programa de Educação Tutorial de Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Paraíba), pelo apoio técnico e financeiro.

REFERÊNCIAS

FROTA, Joseany d. S.; XEREZ, Leonardo M. P.; PARENTE, Nória N. A motivação e desmotivação no processo de aprendizagem do Ensino de Física. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 62802-62816, 2020.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 10. ed. v. 3. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2016.

LIMBERGER, Jane Beatriz. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem para educação farmacêutica: um relato de experiência. **Interface-Comunicação, Saúde, Educação**, v. 17, p. 969-975, out./dez. 2013. DOI: 10.1590/1807-57622013.3683.

MACHADO, Vinicius; PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel. Investigando a Metodologia dos Problemas Geradores de Discussões: aplicações na disciplina de Física no ensino de Engenharia. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 16, p. 525-542, 2010.

MIGUÉLEZ, Miguel Martínez. La investigación-acción en el aula. **Agenda académica**, v. 7, n. 1, p. 27, 2000.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

PASQUALETTO, Terrimar Ignácio; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Aprendizagem baseada em projetos no Ensino de Física: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 551-577, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4546>. Acesso em: 05 de maio de 2022.

PEIXOTO, D. E. Ambiente de aprendizagem aprimorado por tecnologia (TEAL): perspectivas atuais para o ensino de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 02, 2020.

PIMENTEL, E. F. Os educandos da educação de jovens e adultos e as estratégias motivacionais utilizadas no processo ensino-aprendizagem. **Revista Latino Americana de Educação, Cultura e Saúde**, v. 1, n. 1, p. 189-200, 2017.

PRADO, Gustavo Ferreira. **Metodologias Ativas no Ensino de Ciências: Um estudo das relações sociais e psicológicas que influenciam a aprendizagem**. 2019. 369f. Tese (Doutorado em Educação para Ciência) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2019.

RIBEIRO, César Augusto. **O ensino do eletromagnetismo a partir da discussão do funcionamento e da construção do protótipo de um carro elétrico**. 2022. Dissertação (Mestrado profissional - Pós-Graduação em Ensino de Física) - Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2022.

DEVELOPMENT OF A DIDACTIC PROTOTYPE FOR CAPACITANCE MEASUREMENT

Abstract: *It is common to find physics teachers facing great difficulties in building knowledge together with their students in a pleasant, contextualized and functional way. The act of experimenting in Physics teaching is of fundamental importance in the teaching-learning process and has been emphasized by many authors. Therefore, it becomes necessary to seek alternatives to develop skills and competences, among the forms are the use of methodological alternatives that put the school in tune with the attributes and needs of society. The use of didactic platforms or kits in physics classes has been proven to be an excellent alternative to address the contents taught in the classroom, making classes more meaningful for the student by bringing real situations. In view of the above, this work proposes the development of an affordable didactic prototype for measuring capacitance using the Arduino® microcontroller, which can be used as a methodological alternative in the disciplines of Physics and Electrical Circuit Analysis. For this purpose, a capacitance meter was built that performs capacitance measurements automatically, this is possible by recording the charging time of the capacitor when it reaches 63.2% of the applied voltage value, along with the resistance value used in the serial circuit. Resistors of 1.2 k Ω , 33 k Ω and 1 M Ω were used, which function as scales, to ensure greater accuracy in measuring capacitance. In order to measure the results, a comparison was made between the prototype and a commercial meter for measuring fifteen capacitors, and an average error of 12.28% was obtained. Thus, it is believed that the use of the developed prototype can increase the expectations of students in studies involving capacitors.*

Keywords: *Capacitance. RC Circuit. Interdisciplinarity. Educational Methodology. Didactic prototype.*