



## UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA O ENSINO DA LEI DE GAUSS NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA

### AN EXPERIMENTAL APPROACH TO TEACHING GAUSS'S LAW IN THE INITIAL TRAINING OF PHYSICS TEACHERS

### UN ENFOQUE EXPERIMENTAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA LEY DE GAUSS EN LA FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES DE FÍSICA



10.56238/2ndCongressSevenMultidisciplinaryStudies-084

**Aziz Abrão Filho**

Mestre em Física

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

E-mail: aziz.fabrao@gmail.com

#### RESUMO

Este estudo apresenta uma proposta de ensino da Lei de Gauss baseada em uma abordagem experimental aplicada a estudantes da Licenciatura em Física. O trabalho fundamenta-se em um modelo didático orientado à pesquisa, que integra experimentação, linguagem e construção do conhecimento. A metodologia consistiu na elaboração e implementação de uma sequência de atividades experimentais utilizando papel condutor, simulando um sistema análogo a um cabo coaxial, o que possibilitou a análise do campo elétrico e do fluxo elétrico. Os resultados indicaram que 70% dos estudantes alcançaram compreensão satisfatória dos conceitos envolvidos, evidenciando a eficácia da abordagem experimental no processo de aprendizagem em eletromagnetismo. Conclui-se que a integração entre experiência e teoria contribui significativamente para a construção conceitual da Lei de Gauss.

**Palavras-chave:** Lei de Gauss. Ensino de Física. Experimentação. Campo Elétrico. Eletromagnetismo.

#### ABSTRACT

This study presents an experimental approach to teaching Gauss's Law in undergraduate physics education. The proposal is based on a research-oriented didactic model that integrates experimentation, language, and knowledge construction. The methodology consisted of designing and implementing a sequence of activities using conductive paper to simulate a coaxial cable system, allowing the analysis of electric field and electric flux. The results showed that 70% of the students achieved a satisfactory level of conceptual understanding, indicating the effectiveness of the experimental approach in learning electromagnetism. It is concluded that the integration of theory and experimentation significantly contributes to the conceptual understanding of Gauss's Law.

**Keywords:** Gauss's Law. Physics Education. Experimental Learning. Electric Field. Electromagnetism.



## RESUMEN

Este estudio presenta una propuesta para la enseñanza de la Ley de Gauss basada en un enfoque experimental aplicado a estudiantes de Física de pregrado. El trabajo se fundamenta en un modelo de enseñanza orientado a la investigación que integra experimentación, lenguaje y construcción del conocimiento. La metodología consistió en desarrollar e implementar una secuencia de actividades experimentales utilizando papel conductor, simulando un sistema análogo a un cable coaxial, lo que permitió el análisis del campo eléctrico y el flujo eléctrico. Los resultados indicaron que el 70% de los estudiantes alcanzó una comprensión satisfactoria de los conceptos involucrados, demostrando la efectividad del enfoque experimental en el proceso de aprendizaje del electromagnetismo. Se concluye que la integración entre experiencia y teoría contribuye significativamente a la construcción conceptual de la Ley de Gauss.

**Palabras clave:** Ley de Gauss. Enseñanza de la Física. Experimentación. Campo Eléctrico. Electromagnetismo.



## 1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta um estudo sobre o ensino da Lei de Gauss a partir de uma abordagem experimental, com o objetivo de favorecer a construção de conceitos por estudantes do terceiro semestre da Licenciatura em Física do Instituto Federal de Brasília.

A revisão da literatura evidenciou uma escassez de trabalhos que abordem a dimensão experimental da Lei de Gauss. Nesse sentido, torna-se relevante propor uma contribuição que valorize a experimentação, considerando a estreita relação entre experiência, linguagem e conhecimento (Arcá et al., 1990).

Neste trabalho, propõe-se uma investigação que tem a experimentação como base para a construção do conhecimento. A proposta consiste em abordar a Lei de Gauss por meio de um processo que evidencie a necessidade de compreender os fenômenos eletromagnéticos, articulando teoria e prática.

Para o desenvolvimento da proposta, adotou-se um modelo didático orientado à pesquisa, no qual os estudantes são incentivados a investigar problemas de forma semelhante à prática científica. Ressalta-se que a atividade científica não segue um método rígido, mas apresenta características amplamente aceitas, como seu caráter social, o papel do pensamento divergente e a rejeição de uma visão empirista baseada exclusivamente em dados isolados (UNESCO, 2005).

A sequência de aprendizagem proposta contempla a apresentação de situações-problema abertas, a realização de análises qualitativas, o desenvolvimento de estratégias experimentais e a discussão coletiva dos resultados. Dessa forma, busca-se favorecer a construção do conhecimento científico por meio da participação ativa dos estudantes.

Com base nessas considerações, a sequência de aprendizagem foi elaborada e implementada com o objetivo de analisar sua contribuição para a compreensão da Lei de Gauss, a partir de indicadores de aprendizagem definidos para esse fim.

## 2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O Instituto Federal de Brasília tem como um de seus objetivos o desenvolvimento de modelos alternativos para a formação de professores em ciências experimentais. Nesse contexto, destaca-se a importância de propostas que considerem a atividade experimental como elemento fundamental na construção do conhecimento.

Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma abordagem alternativa para o ensino da Lei de Gauss, baseada em experimentação, permitindo que os estudantes compreendam essa lei tanto a partir da experiência quanto da teoria.

Para fundamentar essa proposta, adota-se o modelo de processo cognitivo apresentado por Arcá, Guidoni e Mazalli (1990), que estabelece uma relação indissociável entre linguagem, experiência



e conhecimento. Esses três elementos são considerados igualmente importantes e interdependentes, não havendo hierarquia entre eles.

No entanto, em muitas situações de ensino, os estudantes são apresentados apenas às equações da Lei de Gauss, sem uma conexão clara com a experiência que fundamenta esses conceitos. Essa abordagem pode dificultar a construção de um entendimento significativo, uma vez que desconsidera a relação entre linguagem, experiência e conhecimento.

Diante disso, esta pesquisa busca contribuir para que os estudantes construam suas próprias ideias sobre a Lei de Gauss, por meio de uma sequência de atividades experimentais que estimulem a reflexão sobre a necessidade dessa lei no estudo dos fenômenos eletromagnéticos.

Como ponto de partida, considera-se que os estudantes já possuem conhecimentos prévios sobre a Lei de Coulomb, o que permite problematizar questões como: quais são as limitações dessa lei? Em que situações ela pode ser aplicada? Como descrever campos elétricos em distribuições contínuas de carga?

Nesse contexto, entende-se que a dificuldade na compreensão da Lei de Gauss está relacionada, em grande medida, à forma como ela é introduzida no ensino, geralmente desvinculada de sua base experimental.

## 2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Diante do exposto, formula-se a seguinte questão de pesquisa:

Como apresentar a Lei de Gauss a estudantes de graduação em Física por meio de um processo que evidencie sua necessidade no estudo dos fenômenos eletromagnéticos?

## 3 PROBLEMA DE PESQUISA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Muitos estudantes universitários apresentam dificuldades na resolução de problemas relacionados ao eletromagnetismo, mesmo após terem sido expostos a conteúdos semelhantes em sala de aula. Estudos indicam que alunos que cursaram disciplinas como Eletromagnetismo I e II frequentemente não desenvolvem uma compreensão adequada da teoria de campo, desconhecendo seu alcance e suas limitações.

Uma possível explicação para essa dificuldade reside na forma como os conteúdos são apresentados. Em muitos casos, as leis físicas são introduzidas de maneira predominantemente operacional, sem uma reflexão aprofundada sobre seus significados e sem uma conexão explícita com a experiência que lhes dá origem. Além disso, raramente se estabelece uma relação entre os conceitos teóricos e os instrumentos de medição utilizados na prática.

Especificamente no caso da Lei de Gauss, observa-se que seu ensino é frequentemente descontextualizado. Muitas vezes, ela é apresentada apenas como uma equação para o cálculo do



campo elétrico, sem que se explore a base experimental que fundamenta sua formulação. Em geral, o ensino inicia-se pela Lei de Coulomb, aplicável a cargas pontuais e campos estáticos, o que pode limitar a compreensão dos estudantes quanto à necessidade de uma abordagem mais geral, como a proporcionada pela Lei de Gauss.

Nesse contexto, a dificuldade dos estudantes em compreender a Lei de Gauss está relacionada, em grande parte, à ausência de experiências que permitam construir significado para os conceitos envolvidos. Assim, os alunos são frequentemente expostos a equações sem compreender plenamente sua interpretação física.

Diante disso, torna-se necessário repensar a forma como essa lei é ensinada, incorporando abordagens que integrem teoria e experimentação.

Do ponto de vista teórico, este trabalho fundamenta-se na concepção de que o conhecimento científico é construído a partir da interação entre linguagem, experiência e conhecimento (Arcá, Guidoni & Mazalli, 1990). Esses três elementos são interdependentes e essenciais para a compreensão dos fenômenos físicos.

Além disso, estudos mostram que os estudantes chegam à sala de aula com concepções prévias que influenciam suas interpretações dos fenômenos (Driver, 1987), reforçando a importância de estratégias de ensino que promovam a participação ativa e a construção de hipóteses.

Nesse sentido, a experimentação desempenha papel fundamental, pois permite ao estudante relacionar conceitos teóricos com situações reais. Conforme destacado por Duschl (1997), o ensino de ciências deve contemplar tanto o contexto de justificação quanto o contexto de descoberta, sendo este último essencial para o desenvolvimento do pensamento científico.

Assim, o presente trabalho propõe uma abordagem experimental como estratégia para favorecer a compreensão da Lei de Gauss, considerando que a integração entre teoria e experiência é essencial para a construção do conhecimento em Física.

### 3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Projetar um experimento didático que possibilite aos estudantes compreender fenômenos cuja análise envolve a Lei de Gauss;
- Elaborar e implementar uma sequência de atividades que integre aspectos conceituais e procedimentais;
- Analisar os resultados da aprendizagem com base em indicadores definidos para esse fim.

## 4 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como descritiva, com abordagem qualitativa, tendo como objetivo analisar os processos de construção conceitual de estudantes na compreensão da Lei de Gauss.



Esse tipo de pesquisa é amplamente utilizado na área educacional, pois permite observar e interpretar fenômenos relacionados ao desenvolvimento cognitivo dos estudantes (Cohen & Manion, 1989).

O estudo foi realizado com alunos do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Brasília, no contexto da disciplina de Eletromagnetismo. A proposta metodológica baseou-se na aplicação de uma sequência didática orientada à investigação, na qual os estudantes foram conduzidos a explorar conceitos físicos por meio da experimentação.

#### 4.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Para o desenvolvimento da proposta, foi utilizado um experimento didático denominado *cabo coaxial*, adaptado de Ludwigsen (2006). O experimento consiste em um papel condutor contendo dois eletrodos circulares concêntricos, que permitem simular a distribuição de campo elétrico em um sistema análogo a um cabo coaxial.

A partir dessa configuração, os estudantes puderam investigar conceitos como campo elétrico, potencial elétrico e fluxo elétrico, estabelecendo relações entre medições experimentais e modelos teóricos.

#### 4.2 MATERIAIS UTILIZADOS

- Multímetro digital
- Fonte de tensão (0–10 V)
- Cabos do tipo jacaré-jacaré
- Folha de isopor ( $35 \times 25 \times 1,5$  cm)
- Papel condutor com eletrodos concêntricos (disco e anel)
- Pinos metálicos para conexão elétrica

#### 4.3 MONTAGEM EXPERIMENTAL

O papel condutor foi fixado sobre a base de isopor. Em seguida, foram inseridos pinos metálicos nos eletrodos central e externo, garantindo o contato elétrico. Esses pinos foram conectados à fonte de tensão por meio de cabos, estabelecendo uma diferença de potencial entre os eletrodos.

#### 4.4 SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

A sequência didática foi organizada em três momentos principais, denominados intervenções.

##### 4.4.1 Intervenção 1 – Medidas de potencial elétrico

Nesta etapa, os estudantes utilizaram o multímetro como voltímetro para medir a diferença de potencial entre pontos do papel condutor.



Foram realizadas medições em diferentes posições radiais (por exemplo,  $r = 4 \text{ cm}$ ,  $6 \text{ cm}$  e  $7 \text{ cm}$ ), permitindo calcular a razão entre a diferença de potencial e a distância entre os pontos medidos. Esses valores foram registrados em tabela e analisados pelos estudantes.

O objetivo dessa atividade foi levar os alunos a identificar o significado físico da razão entre diferença de potencial e distância, associando-a ao campo elétrico.

Em seguida, foi utilizado um medidor de tensão com distância fixa entre pontas ( $1 \text{ cm}$ ), permitindo medições diretas em unidades de  $\text{V/cm}$ . Os estudantes foram orientados a comparar os resultados obtidos por diferentes métodos, estabelecendo relações entre os valores medidos.

#### **4.4.2 Intervenção 2 – Direção do campo elétrico**

Nesta etapa, os estudantes investigaram a direção do campo elétrico por meio de medições em diferentes pontos ao redor dos eletrodos.

Mantendo uma das pontas do instrumento fixa, a outra foi movimentada ao redor do sistema, permitindo observar variações nas medições. Os resultados foram registrados e representados por vetores, indicando a direção do campo elétrico.

O objetivo foi promover a compreensão da orientação do campo elétrico e sua relação com a distribuição de cargas no sistema.

#### **4.4.3 Intervenção 3 – Fluxo elétrico**

Na etapa final, os estudantes foram levados a relacionar o experimento com um modelo tridimensional, considerando a extensão dos eletrodos em forma de cilindro.

A partir dessa analogia, foram discutidas as características de uma superfície gaussiana adequada para o cálculo do fluxo elétrico. Essa atividade teve como objetivo introduzir o conceito de fluxo e sua relação com a Lei de Gauss.

### **4.5 COLETA E ANÁLISE DE DADOS**

Os dados foram coletados por meio das medições realizadas pelos estudantes e das respostas às questões propostas ao longo da sequência didática.

A análise foi conduzida com base em indicadores de aprendizagem, permitindo avaliar o nível de compreensão conceitual dos estudantes em relação aos conceitos de campo elétrico, potencial elétrico e fluxo elétrico.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise dos resultados teve como objetivo identificar a construção conceitual dos estudantes ao longo da sequência de aprendizagem sobre a Lei de Gauss. Para isso, foram utilizados indicadores



de aprendizagem elaborados especificamente para avaliar o alcance da proposta, sendo esses indicadores aplicados de forma transversal às atividades desenvolvidas.

Com o intuito de sistematizar a análise, foram definidos três níveis de desempenho, associados às seguintes categorias:

- **Categoria A:** compreensão satisfatória do conceito
- **Categoria B:** compreensão média do conceito
- **Categoria C:** baixa compreensão do conceito

Essa classificação foi adotada com o objetivo de facilitar a interpretação dos dados e avaliar a eficácia da sequência de aprendizagem, sem a pretensão de reduzir a complexidade dos processos cognitivos dos estudantes.

## 5.1 ANÁLISE DAS IDEIAS PRÉVIAS

A sequência de aprendizagem teve início com a seguinte questão: *“Como determinar a direção do campo elétrico gerado por dois eletrodos concêntricos?”*

Os estudantes responderam que, embora exista uma relação teórica e matemática para determinar a direção do campo elétrico, não possuíam experiência com sua determinação experimental.

Esse resultado evidencia a ausência de uma abordagem experimental prévia, reforçando a necessidade da proposta desenvolvida neste trabalho.

## 5.2 ANÁLISE DA INTERVENÇÃO 1

Nesta etapa, foi utilizado o indicador de aprendizagem relacionado à compreensão de que o medidor de tensão permite determinar o campo elétrico por meio da relação entre diferença de potencial e distância.

### 5.2.1 Uso do multímetro

Os estudantes realizaram medições de diferença de potencial em diferentes posições e calcularam a razão entre tensão e distância. Ao serem questionados sobre o significado físico dessa relação, responderam que se tratava de uma medida associada à tensão por unidade de comprimento.

Essa resposta foi classificada na **Categoria A**, pois demonstra compreensão adequada da relação entre potencial elétrico e campo elétrico.



### 5.2.2 Uso do medidor de tensão

Na etapa seguinte, os estudantes utilizaram um dispositivo que permite medir diretamente valores em V/cm. Ao serem questionados sobre o significado físico dessas medidas, apresentaram respostas parcialmente corretas, indicando uma compreensão ainda em desenvolvimento.

Essa resposta foi classificada na **Categoria B**, por apresentar aproximação conceitual, embora sem total clareza.

Quando questionados sobre a relação entre os dados obtidos nas diferentes tabelas, os estudantes apresentaram respostas que não estabeleciam explicitamente essa conexão, sendo classificadas na **Categoria C**.

### 5.3 ANÁLISE DA INTERVENÇÃO 2

Nesta etapa, os estudantes realizaram medições em diferentes pontos do sistema, com o objetivo de analisar a direção do campo elétrico.

Ao serem questionados sobre a grandeza física medida, os estudantes reconheceram sua relação com o campo elétrico, sendo classificados na **Categoria B**.

Em relação ao significado do sinal negativo nas medições, os estudantes identificaram corretamente sua relação com a direção do campo elétrico, sendo classificados na **Categoria A**.

Além disso, ao representarem os resultados por meio de setas indicando a direção do campo elétrico, demonstraram compreensão adequada do fenômeno, sendo novamente classificados na **Categoria A**.

### 5.4 ANÁLISE DO CONCEITO DE FLUXO ELÉTRICO

Na etapa final, os estudantes analisaram a relação entre o experimento e um modelo de cabo coaxial.

Ao identificarem as semelhanças entre as configurações e ao descreverem corretamente uma superfície gaussiana adequada (cilíndrica), demonstraram compreensão satisfatória do conceito de fluxo elétrico, sendo classificados na **Categoria A**.

### 5.5 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

A análise global dos dados foi realizada a partir da distribuição das respostas nas categorias definidas.

Os resultados indicaram:

- **70%** das respostas na Categoria A
- **12%** na Categoria B
- **18%** na Categoria C



Esses dados evidenciam que a maioria dos estudantes alcançou uma compreensão satisfatória dos conceitos envolvidos, indicando a eficácia da abordagem experimental proposta.

Os resultados sugerem que a sequência de aprendizagem contribuiu significativamente para a construção conceitual dos estudantes, especialmente no que se refere à compreensão do campo elétrico, do fluxo elétrico e da Lei de Gauss.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que a abordagem experimental proposta contribuiu significativamente para a construção conceitual dos estudantes em relação à Lei de Gauss. A implementação da sequência de aprendizagem possibilitou que os alunos estabelecessem relações entre conceitos teóricos e sua base experimental, superando dificuldades previamente identificadas no ensino de eletromagnetismo.

Observou-se que, inicialmente, os estudantes apresentavam limitações na compreensão de conceitos fundamentais, como campo elétrico, potencial elétrico e suas formas de medição. No entanto, após a realização das atividades experimentais, foi possível identificar avanços na compreensão desses conceitos, especialmente no reconhecimento da relação entre diferença de potencial e campo elétrico, bem como na interpretação da direção do campo.

Além disso, os resultados indicam que a maioria dos estudantes atingiu níveis satisfatórios de compreensão, conforme evidenciado pela predominância de respostas classificadas na categoria A. Esse resultado reforça a eficácia da sequência didática e destaca o papel da experimentação como elemento central na aprendizagem significativa de conceitos abstratos.

Dessa forma, conclui-se que a integração entre teoria e experimentação constitui uma estratégia pedagógica eficaz para o ensino da Lei de Gauss, contribuindo para a formação de professores de Física mais críticos e capazes de estabelecer conexões entre modelos teóricos e fenômenos físicos.

Por fim, destaca-se que a proposta apresentada pode servir como referência para o desenvolvimento de práticas pedagógicas em ensino de eletromagnetismo, incentivando a adoção de abordagens investigativas e experimentais no ensino de Física.



## REFERÊNCIAS

Arcá, M. (s.f.). O desenvolvimento do processo cognitivo como tarefa da educação.

Arcá, M., Guidoni, P., & Mazalli, P. (1990). Ensine ciência.

Escritório Regional de Educação da UNESCO. (2005). Como promover o interesse pela cultura científica. Santiago, Chile: Andros Printers.

Poincaré, H. (1904). Ou valor dá ciência. Em H. Poincaré, La valeur de la science (pp. 189-215). Rio de Janeiro: Contraponto Ltda.

Driver, R. (23-25 de setembro de 1987). Uma abordagem construtivista para o desenvolvimento do currículo de ciências. Valência Espanha.

Duschl, R.A. (1997). Renovar o ensino da ciência. Nashville: Edições Narcea.

Asenjo, O.R. (1990). Sobre o ensino de física. Sala de aula aberta, 7.

Cohen, L., & Manion, L. (1989). Métodos de pesquisa educacional. Madrid: The Wall S.A.

Ludwigsen, D.O., & Hassold, G.N. (2006). Uma sonda de campo elétrico simples em um laboratório de leis de Gauss. Aparelhos para o ensino de física, 4.

Halliday, D., & Resnick, R. (1961). Física para estudantes de ciências e engenharia. Nova York: John Wiley & Filhos.