

## Interação de alunos de engenharia com o conteúdo Lei de Gauss em uma aula de Eletromagnetismo

Interaction of engineering students with Gauss's Law content in an Electromagnetism class

DOI 10.5281/zenodo.14941831

Edmundo Rodrigues Junior<sup>1</sup>

250

**Resumo:** Neste trabalho mostramos como foi o envolvimento de alunos de engenharia com o conteúdo Lei de Gauss em aula interativa de Eletromagnetismo. Esta é uma pesquisa de cunho qualitativo no qual a proposta didática foi aplicada com 12 alunos matriculados na disciplina de eletromagnetismo de um Instituto Federal de Educação. A coleta de dados foi obtida através de questionários pré-teste e pós-teste e com o auxílio de um gravador de voz de aparelho celular. Os resultados obtidos através da transcrição do áudio indicam uma participação ativa dos estudantes, fato que não tinha acontecido em aulas tradicionais. Tópicos de física como o Fluxo Elétrico, Superfície Gaussiana, Carga Interna e Campo Elétrico em regiões de um cabo coaxial foram abordados e incorporados pelos alunos. Espera-se que este trabalho possa colaborar com aulas de Física mais dinâmicas e que possa oportunizar a participação ativa dos alunos na sala de aula.

**Palavras-chave:** Envolvimento. Física. Lei de Gauss.

**Abstract:** In this work we show how engineering students were involved with Gauss's Law content in an interactive Electromagnetism class. This is a qualitative research in which the didactic proposal was applied to 12 students enrolled in the electromagnetism discipline at a Federal Institute of Education. Data collection was obtained through pre-test and post-test questionnaires and with the aid of a cell phone voice recorder. The results obtained through the audio transcription indicate active participation by students, a fact that had not happened in traditional classes. Physics topics such as Electric Flow, Gaussian Surface, Internal Charge and Electric Field in regions of a coaxial cable were covered and incorporated by the students. It is hoped that this work can collaborate with more dynamic Physics classes and can provide opportunities for students to actively participate in the classroom.

**Keywords:** Involvement. Physics. Gauss's law.

---

<sup>1</sup> Doutor em Ciências Naturais; Instituto Federal do Espírito Santo.

Recebido em 15/01/2025

Aprovado em: 25/02/2025

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



## 1 Introdução

A Lei de Gauss é uma das equações de Maxwell que pode ser utilizada principalmente para o cálculo do módulo de campo elétrico em pontos próximos de distribuições contínuas de carga e com simetria. A Lei de Gauss escrita na sua forma integral está presente em muitos livros de Física usados nos cursos de engenharia do Brasil.

Atuando como professor de eletromagnetismo, tenho observado nos últimos anos muitas dificuldades dos alunos de engenharia em compreender os conceitos sobre a Lei de Gauss e resolver problemas que precisa da utilização dessa Lei.

Os principais obstáculos enfrentados pelos estudantes são: diferenciar fluxo elétrico escolher a simetria ideal para resolver exercícios, lidar com a matemática envolvida como integração e cálculo vetorial, calcular o fluxo elétrico através da Superfície Gaussiana e ainda relacionar a Lei de Gauss com outros conceitos da eletrostática, como o campo elétrico e a lei de Coulomb

Essas dificuldades, acontece, segundo Singh (2016), porque os estudantes apenas memorizam fórmulas e Superfícies Gaussianas com simetrias esféricas, cilíndricas e planas para o cálculo do módulo campo elétrico obtido usando a lei de Gauss.

Ajudar os estudantes na compreensão da Lei de Gauss para determinar o módulo do campo elétrico gerado em pontos do espaço por uma certa distribuição de carga, e auxiliá-los na escolha do formato da superfície gaussiana podem desenvolver o raciocínio e a habilidade dos estudantes para resolver problemas (SINGH, 2016).

Acreditamos que essas dificuldades podem ser minimizadas com aulas mais dinâmicas e interativas onde o aluno possa desempenhar um papel de protagonista em relação ao processo de ensino aprendizagem.

Neste trabalho pretendemos responder a seguinte questão: Como foi o envolvimento dos alunos numa aula expositiva interativa sobre Lei de Gauss?

## 2 Ensino da Lei de Gauss

Vidak, Odžak, Mešić (2018) realizou uma pesquisa sobre Lei de Gauss com 180 estudantes dividindo-os em três grupos controles e três experimentais.

No trabalho dos autores, o grupo controle recebeu aulas tradicionais, enquanto que o grupo experimental recebeu aulas com o uso de casos extremos. Denomina-se casos extremos a configuração em que o raciocínio sobre superposição de vetores campos elétrico pode ser transferido de configurações de cargas relativamente simples, para configurações mais

complexas. Por exemplo, um anel muito fino e uniformemente carregado pode ser considerado como um caso extremo de um polígono (contendo cargas pontuais nos seus vértices), quando o número de arestas do polígono tende ao infinito. Já uma esfera com distribuição volumétrica de carga pode ser pensado como um caso extremo da casca esférica com distribuição superficial de carga.

Ainda segundo Vidak, Odžak, Mešić (2018), os alunos do grupo experimental foram mais eficazes na resolução de problemas qualitativos sobre a Lei de Gauss. Os resultados do estudo sustentam a ideia de que a dinâmica de aula usando casos extremos facilita a aprendizagem significativa<sup>2</sup>.

McManus (2017) realizou uma experiência com alunos do ensino médio para a compreensão do conceito de fluxo elétrico. Utilizando uma corrente, o autor pendurou no teto da sala de aula uma pequena esfera situada aproximadamente dois metros acima do chão. O autor disse aos seus alunos que a esfera representava, por analogia, uma carga pontual de 10 nC ( $10 \times 10^{-9}$  C) Em seguida o professor solicitou aos discentes para calcularem o fluxo elétrico sobre uma seção quadrada desenhada no chão. A área foi dividida em pequenas partes sobre as quais pode-se aproximar o campo elétrico a um campo uniforme. Ângulos foram medidos com o auxílio de um transferidor e foi estabelecida uma conexão com a Lei de Gauss. O professor, então, ponderou que o fluxo elétrico no chão da sala representa o fluxo em uma das faces de um cubo imaginário.

### 3 Metodologia

Esta pesquisa é qualitativa pois envolve a obtenção de dados descritivos, obtido no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes (BOLDAN E BIKLEN (1994). Na pesquisa qualitativa o enfoque é descritivo e interpretativo.

A pesquisa foi realizada em março de 2023 e com 12 alunos matriculados na disciplina de Eletromagnetismo de um curso de engenharia de um Instituto Federal de Educação. Os instrumentos utilizados para a coleta de dados foram questionários (pré-teste e pós-teste) e um gravador de voz de celular.

---

<sup>2</sup> Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa baseia-se na “proposição de que a aquisição e a retenção de conhecimentos (particularmente de conhecimentos verbais, tal como por exemplo na escola ou na aprendizagem de matérias) são o produto de um processo ativo, integrador e interativo entre o material de instrução (matérias) e as ideias relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz, com as quais as novas ideias estão relacionadas de formas particulares” (AUSUBEL, 2000, prefácio)

Foram necessárias seis aulas de cinquenta minutos cada. As três primeiras aulas foram ministradas de maneira tradicional, ou seja, com apenas o professor falando e os alunos recebendo os conteúdos de forma passiva. As outras três aulas foram expositivas, com interação dos alunos.

O quadro a seguir resume as etapas utilizadas nas aulas

Quadro 1: Ações utilizadas na aula.

Aula	Conteúdos	Ação
1, 2 e 3	Fluxo elétrico, Campo elétrico Simetrias, Carga Interna, Vetor normal, Lei de Gauss.	Aula tradicional
4	Pré-teste	Aplicação de questionário
5	Fluxo elétrico, Campo elétrico Simetria Cilíndrica, Carga Interna, Vetor normal, Lei de Gauss. Campo elétrico nas regiões de um cabo coaxial.	Aula Expositiva com interação (registrada em áudio)
6	Pós-teste	Aplicação de questionário

Fonte: o autor

O pré-teste e o pós-teste foram os mesmos. Constituídos de duas questões, eles foram distribuídos aos alunos, respectivamente, nas aulas 4 e 6. A primeira questão foi extraída de Moreira e Krey (2006,p.354-355) e a outra foi retirada da 8ª edição livro Fundamentos de Física 3 de Halliday, Resnick, Walker (2011, p.75). Este livro é muito utilizado nos cursos de engenharia do Brasil:

1) Escreva a lei de Gauss para a eletricidade na forma integral. Interprete esta lei, detalhadamente, com suas próprias palavras. Use diagramas, desenhos, exemplos, se necessário. Fale tudo o que você sabe sobre esta lei. Diga, inclusive, quais as principais dificuldades que você teve para entender esta lei.

2) Um cilindro muito longo de raio  $R$  possui uma distribuição volumétrica de carga uniforme.

a) Mostre que a uma distância  $r < R$  do eixo do cilindro,  $E = \rho r / 2\epsilon_0$ .

b) Escreva uma expressão para  $E$  do lado de fora do cilindro.

Para responder as duas questões supracitadas não foi permitida a consulta a nenhum material adicional. Na aula 6 os alunos poderiam refazer suas respostas desde que não apagassem suas anotações anteriores. Durante a aula alguns alunos chegaram atrasados e o professor explicou individualmente a proposta a eles novamente.

Neste trabalho apresentamos apenas os resultados obtidos na aula com interação dos alunos que foi registrada em áudio. Os dados obtidos são empíricos e corresponde a transcrição do áudio dos discentes na aula 5. A análise das respostas dos discentes pode ser visualizada na seção seguinte. A identidade dos alunos foi preservada para preservar o anonimato deles.

## 4 Resultados

### 4.1-Interação dos alunos com os conceitos relacionados à Lei de Gauss

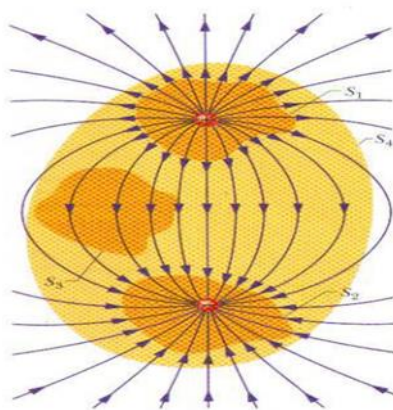
Na quinta aula explicamos novamente o significado dos termos da Lei de Gauss, que tinham sido explicados de maneira tradicional na aula 1

Perguntamos aos alunos o significado de fluxo elétrico e eles responderam: “passagem dos elétrons” (aluno 2) “passagens de carga elétrica” (aluno 1).

As respostas dos alunos não estão corretas. O fluxo elétrico através de uma superfície representa o “número de linhas de campo” que atravessa essa superfície (GRIFFITHS,1999, p.67). Segundo o autor supracitado o número de linhas de campo aparece entre aspas porque só podemos desenhar uma amostra representativa delas porque o número total pode ser infinito.

Em seguida, com o objetivo de aprofundarmos o conceito de fluxo elétrico e enunciar a lei de Gauss, mostramos ao aluno a figura abaixo:

Figura 1: Linhas de campo elétrico e superfícies gaussianas



Fonte: Halliday, Resnick, Walker (2011, p.56)

Neste momento perguntamos o que é uma Superfície Gaussiana e qual o sinal do fluxo elétrico (se existir) através das superfícies  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ .

O aluno 3 respondeu que superfície gaussiana é “Superfície imaginária para o resolver o problema” e que o fluxo elétrico na superfície 2 é “negativo” e zero na superfície  $S_4$  “porque tem as duas cargas”.

A resposta do aluno 3 em relação a definição de superfície gaussiana está incompleta uma vez que, segundo Halliday, Resnick, Walker (2011, p.52), a superfície gaussiana que envolve uma distribuição de cargas além de imaginária é arbitrária e fechada.

Sobre o fluxo elétrico, o aluno 3 respondeu corretamente, corroborando com a definição de fluxo elétrico descrita em Siqueira (2021):

O fluxo de campo elétrico representado por “ $\Phi E$ ” é uma grandeza e pode ser considerada como a medida do número de linhas de campo elétrico representado pela letra “ $E$ ” que atravessam a superfície gaussiana. Convencionando, que se há mais linhas de campo elétrico saindo da superfície do que entrando, o fluxo do campo elétrico através da superfície é positivo e se há mais linhas de campo elétrico entrando na superfície do que saindo da mesma, o fluxo é negativo. Além disso, se o número de linhas de campo elétrico que entra na superfície é igual ao número de linhas de campo elétrico que sai da superfície, então o fluxo através da superfície é nulo. (SIQUEIRA, 2021, p.3)

Observe, de acordo com a citação supracitada e também de acordo com a figura 1, que o fluxo do campo elétrico através da superfície  $S_2$  é negativo uma vez que as linhas de campo elétrico estão entrando na mesma. Na superfície  $S_4$  o fluxo é zero porque a mesma quantidade de linhas de campo que penetra na parte superior, emerge na parte inferior.

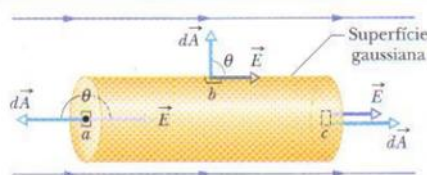
Em seguida, apresentamos a Lei de Gauss na forma integral  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{interno}}}{\epsilon_0}$  e perguntamos aos alunos o que significa o círculo da integral e o símbolo  $d\vec{A}$

O aluno 2 respondeu corretamente que o círculo da integral representa uma “superfície fechada” e que  $d\vec{A}$  representa o “diferencial da área, pedacinho da área”

A definição do vetor  $d\vec{A}$  fornecida pelo aluno 2 está incompleta. Na verdade  $d\vec{A} = \hat{n}dA$  é o elemento de superfície orientado associado à normal externa  $\hat{n}$  à superfície fechada  $A$  (NUSSENZVEIG, 1997 p. 27)

Continuando com a aula sobre lei Gauss desenhamos na lousa uma Superfície Gaussiana cilíndrica (figura 2), fechada pelos planos das bases e imersa em campo elétrico uniforme, com o eixo do cilindro paralelo a direção do campo.

Figura 2: Orientações de  $\vec{E}$  e  $d\vec{A}$  para um caso particular de simetria cilíndrica.



Fonte: Halliday, Resnick, Walker (2011, p.54)

Inicialmente não desenhamos o vetor  $d\vec{A}$ , isto foi feito numa segunda etapa após a participação dos discentes.

Nesse momento os alunos interagiram bastante inclusive dizendo o ângulo entre  $\vec{E}$  e  $d\vec{A}$  nos pontos a, b e c da superfície do cilindro

Em seguida, revisamos o conceito de produto escalar perguntamos aos alunos o motivo no qual o fluxo na superfície lateral da fig.2 é zero: “Porque não tem nenhuma linha de força furando a superfície” (aluno 5)

O aluno 5 respondeu corretamente mostrando que compreendeu qualitativamente o conceito de fluxo elétrico.

Matematicamente, se  $\theta$  é o ângulo entre os vetores  $\vec{a}$  e  $\vec{b}$ , então  $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos\theta$  (STEWART, 2013 p.233)

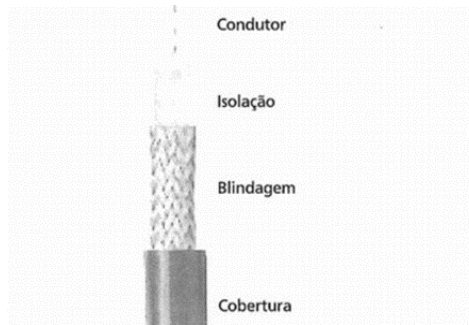
Como o ângulo entre  $\vec{E}$  e  $d\vec{A}$  no ponto b que pertence a superfície lateral do cilindro da figura 2 é  $90^\circ$ , então o produto escalar entre tais vetores é zero e, conseqüentemente o fluxo elétrico também é.

Posteriormente mostramos que o fluxo total através da superfície gaussiana cilíndrica é zero e reforçamos que isso acontece porque a mesma quantidade de linhas de campo elétrico que entra na base da esquerda, sai pela base da direita.

#### 4.2-Interação dos alunos com a atividade do cabo coaxial

Um cabo coaxial consiste em fio de cobre rígido que forma o núcleo (condutor), envolto por um material isolante (material plástico flexível) que, por sua vez, é envolto por um condutor cilíndrico externo na forma de uma malha metálica entrelaçada ou uma lâmina metálica (blindagem, que protege o condutor interno contra interferências eletromagnéticas), este condutor externo é coberto por uma cobertura plástica protetora (PINHEIRO, 2003, p.9-10)

Figura 3: Estrutura básica de um cabo coaxial:



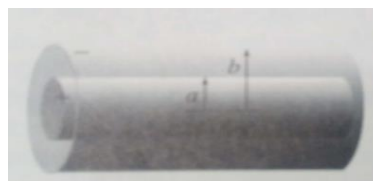
Fonte: (Pinheiro, 2003, p.10)

“Inicialmente foi o tipo de mídia utilizado nas primeiras redes locais de computadores e para a transmissão a longa distância nos sistemas de transmissão das concessionárias de telefonia fixa” (PINHEIRO, 2003, p.9)

Os conceitos de superfície gaussiana, vetor normal e fluxo elétrico debatidos na seção anterior serviram de base para a discussão para o cálculo dos valores do campo elétrico em regiões distintas de um cabo coaxial.

Mostramos aos alunos o cálculo do campo elétrico em diferentes regiões de um cabo coaxial, definido como sendo um cilindro maciço isolante de carga uniformemente distribuída  $+q$ , envolvido por uma casca metálica também cilíndrica com carga  $-q$ . Considerando o raio do cilindro  $a$  e o raio da casca  $b$  (figura 4). Calculamos o módulo do campo elétrico  $E$  para  $r < a$ ;  $a < r < b$  e  $r > b$ , onde  $r$  seria o raio da superfície gaussiana!

Figura 4: Cabo Coaxial:



Fonte: Griffiths (1999, p.75)

### *Região ( $r < a$ )*

Perguntamos onde teríamos que traçar a SG para calcular o campo para pontos internos do cilindro ( $r < a$ )

O aluno 3 respondeu corretamente: “traçar a SG cilíndrica dentro do cilindro menor”.

Durante a resolução deste exercício, reforçamos que a maioria dos alunos das turmas anteriores tinham dificuldades de descobrir a carga interna envolvida pela superfície gaussiana, lado direito da Lei de Gauss.



Então, questionamos aos alunos presentes se a carga envolvida dentro da superfície Gaussiana para  $r < a$  era a carga total  $q$  do cilindro maciço ou seria outro valor:

“Não, a carga está uniformemente distribuída não posso botar a carga toda” (aluno 3)

Nesse momento escrevemos a carga envolvida pela Superfície Gaussiana na região  $r < a$  em função da sua densidade volumétrica  $\rho$  e o do seu volume ( $V$ ) ocupado por ela dentro da Superfície Gaussiana:  $\rho\pi r^2 L$ , onde  $L$  representa o comprimento do cilindro maciço (concêntrico à casca esférica) no qual fizemos coincidir com o comprimento do cilindro gaussiano.

O aluno 4 confundiu o raio da superfície gaussiana com o raio da casca esférica que envolvia o cilindro maciço. Neste momento reforçamos que o raio  $r$  utilizado no cálculo da carga interna é o raio da superfície gaussiana.

Em seguida calculamos o módulo do campo elétrico na região  $r < a$  do cabo coaxial encontrando o valor:  $\frac{\rho r}{2\epsilon_0}$

Nesta fase da aula os alunos já tinham entregue o pré-teste e, então perguntamos se eles conseguiam visualizar alguma semelhança entre o exercício 2 e o problema do cabo coaxial: “não tinha uma superfície gaussiana dentro do cilindro, só tinha um cilindro (aluno 3).”

Com a fala do aluno percebemos que o mesmo confundiu a superfície gaussiana com a área de seção de outro cilindro pensando talvez que ela seria uma entidade real.

A Superfície Gaussiana é superfície hipotética fechada, que envolve a distribuição de carga (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2011, p.52). Resulta “muitas vezes, em uma superfície esférica, ou cilíndrica, ou alguma outra forma simétrica” (MOREIRA e KREY, 2006, p.354).

Comentamos, então, que a Superfície Gaussiana não existe na prática, sendo um artifício abstrato que usamos para resolver problemas de física.

O exercício que eles fizeram no pré-teste foi a atividade 2 descrita na metodologia, nele o aluno teria que calcular apenas o campo elétrico dentro de um cilindro maciço com distribuição uniforme. Só tinha um cilindro, não era cabo coaxial.

Continuando a conversa perguntamos aos alunos se o resultado do cálculo do campo do cabo coaxial para  $r < a$  poderia ser igual ao cálculo do campo elétrico de apenas um cilindro maciço na mesma região.

Neste momento os alunos 3 e 4 falaram simultaneamente que o resultado seria o mesmo porque ambos possuem a mesma distribuição de carga uniforme.

De fato, para pontos internos de um cilindro isolado e maciço (conforme descrito na atividade 2) temos:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{interno}}}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow 2\pi rL = \frac{\rho\pi r^2 L}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{\rho r}{\epsilon_0}$$

### Região $a < r < b$

Nesse exemplo pedimos para os alunos que falassem em qual região do cabo coaxial era para calcular o campo elétrico. O aluno 3 respondeu corretamente “r no meio das duas”, se referindo que teríamos que desenhar a superfície gaussiana de raio r, entre o cilindro maciço e a casca esférica.

Desenhamos a região entre os dois raios para calcular o módulo do campo.

Neste momento o aluno 7 fez um questionamento relacionado ao resultado do módulo do campo calculado para a região ( $r < a$ ): “professor, se eu mantivesse a densidade constante e fosse só aumentando o raio, o campo aumentaria de forma proporcional? (aluno 7)

Respondemos o aluno 7 explicando que a densidade volumétrica de carga depende do raio, pois se o aumentarmos, o volume vai aumentar o que acarretaria uma diminuição da densidade volumétrica.

No momento que fomos calcular a carga envolvida em função da densidade volumétrica e do volume, o aluno 4 perguntou “Se o metal tem carga na superfície porque eu não posso usar a carga toda e sim somente a carga interna do cilindro menor”?

Imediatamente explicamos que não podemos utilizar o r da Superfície Gaussiana porque ela abrange uma região do cabo coaxial que não têm carga.

A carga envolvida pela superfície gaussiana na região  $a < r < b$  em função da sua densidade volumétrica  $\rho$  e o do seu volume (V) ocupado por ela dentro da superfície Gaussiana é  $\rho\pi a^2 L$ , onde L representa o comprimento do cilindro maciço (concêntrico à casca esférica) no qual fizemos coincidir com o comprimento do cilindro gaussiano e a é o raio do cilindro maciço.

Em seguida calculamos o campo elétrico na região  $a < r < b$ , alertando o aluno que o lado esquerdo da Lei de Gauss nesta região tem o mesmo formato daquele calculado para a região

$r < a$ . De posse dessa observação mostramos que o módulo do campo elétrico na região  $a < b < r$  é dado por:

$$\frac{\rho a^2}{2\epsilon_0 r}$$

Durante a resolução o aluno 3 perguntou porque o comprimento  $L$  se cancela nos dois lados da Lei de Gauss. Ele mesmo respondeu corretamente antes do nosso comentário: “Eu lembro, quando você explicou a Lei de Gauss que a altura não conta porque a superfície era imaginária” (aluno 3)

A fala do aluno 3 nos mostra que ele compreendeu que a superfície Gaussiana é hipotética, conforme discutimos no início da discussão.

*c) Região  $r > a$*

Neste momento procedemos o cálculo do módulo do campo na região fora do cabo coaxial ( $r > a$ ). Sem dificuldades, os alunos concluíram que  $E=0$  porque a carga líquida dentro da Superfície Gaussiana é nula.

Acreditamos que a discussão realizada conceitualmente com o auxílio da figura 1 pode ter ajudado na compreensão desse fenômeno por parte dos alunos.

## 5 Considerações finais

Os alunos interagiram bastante na aula expositiva interativa, isso não tinha acontecido nas aulas tradicionais.

Os alunos compreenderam o conceito de fluxo elétrico e reconheceram que a Superfície Gaussiana representa uma abstração, todavia pode ser utilizada para calcular o valor de campo elétrico em dispositivos reais, como, por exemplo, o cabo coaxial, muito usado para a transmissão de sinais.

Os estudantes reconheceram que o módulo do campo elétrico dentro de um cilindro maciço ( $r < a$ ) com distribuição de carga uniforme pode ser calculado pela mesma fórmula, independente se o cilindro está isolado ou inserido num cabo coaxial.

O cálculo da carga interna dentro de uma Superfície Gaussiana também foi bastante enfatizado na aula expositiva com interação. Os discentes aprenderam a escrever a carga elétrica interna em função da densidade volumétrica de cargas, suposta constante.

Em relação ao cálculo do módulo do campo elétrico entre o cilindro maciço e a casca ( $a < r < b$ ), os alunos apresentaram dificuldade em entender porque a resposta do problema é  $\frac{\rho a^2}{2\epsilon_0 r}$ . Explicamos que isso acontece porque nessa região só existe carga dentro do cilindro menor.

Por fim, os alunos verificaram que o campo elétrico para pontos localizados fora do cabo coaxial ( $r > b$ ) é nulo, uma vez que a carga líquida dentro do cabo coaxial é zero.

A aula expositiva com interação pode ser usada concomitantemente com analogias e casos extremos. Paulo Freire defende que o diálogo entre professor e aluno é fundamental para que ocorra um processo de construção conjunta de conhecimento. Esse diálogo, muitas, vezes, é negligenciado em aulas de física tradicionais.

Em um trabalho futuro pretendemos apresentar a análise dos resultados obtidos do pré-teste e do pós-teste mostrando a evolução dos alunos em relação aos tópicos da lei de Gauss.

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Disponível em <<https://abrir.link/viQOn>>. Acesso em 31/10/2024

BOGDAN, R.C.; BIKLEN. *Investigação Qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 1994. 167p.

GRIFFITHS, D. **Introduction to electrodynamics**. 3rd ed. Library of Congress, 1999.

HALLIDAY, D; RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 8ª ed. v.3: eletromagnetismo. Rio de Janeiro, LTC, 2011.

MCMANUS, J. Demystifying electric flux and Gauss's law. **The Physics Teacher**, n.55, p.252-253, 2017.

MOREIRA, M.; KREY, I. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de física geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 353-360, 2006.

NUSSENZVEIG, H. **Curso de Física Básica**. v.3, 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

PINHEIRO, J.M. **Guia completo de cabeamento de redes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003

SIQUEIRA, F. As equações de maxwell e as ondas eletromagnéticas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.9, p. 93571-93589, 2021.

SIGH, C. Student understanding of Symmetry and Gauss' law. **American Journal of Physics**, v.74; n.10, p.923-236, 2006.

STEWART, J. **Cálculo**. 7ª ed. v.2 ; tradução EZ2 Translate. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

VIDAK, A.; ODŽAK, S.; MEŠIĆ, V. Teaching about Gauss's Law by Combining Analogical and Extreme Case Reasoning. **Journal of Turkish Science Education**, v. 15, n.3, 2018.