

```

\documentclass[a4paper]{article}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage{graphicx}
\usepackage{amsmath}
\usepackage[bottom=2.0cm,top=2.0cm,left=2.0cm,right=2.0cm]{geometry}
\usepackage[portuges]{babel}
\usepackage[indentfirst}
\usepackage{hyperref} %%%
\hypersetup{colorlinks,citecolor=black,filecolor=black,linkcolor
=black,urlcolor=black} %%%

```

```

\begin{document}
\title{Template dos relatórios de Métodos da Física
Experimental}

\begin{titlepage}
\begin{center}
\begin{figure}[htb!]
\begin{flushleft}
\includegraphics[width=3.9cm]{latex/1024px-U
fu_logo.svg (2)}
\end{flushleft}
\end{figure}
\vspace{-3,5cm}
\begin{flushright}
\Large{\textbf{Universidade Federal de
Uberlândia}}\}
\Large{Faculdade de Engenharia Elétrica}\}
\Large{Eletromagnetismo (GEE517)}\}
\end{flushright}

\vspace{200pt}

\LARGE{\textbf{Relatório:}}\}
\Large{Simulação FEMM de um Capacitor Esférico}\}

\vspace{150pt}

\vspace{40pt}
\hfill Matheus Felipe Lima\hspace{20pt} Matrícula:
41921EJE006

\vspace{25pt}
\hfill \underline{Professor:}\}
\hfill Gustavo Nozella Rocha\} %Entre com o nome do
professor

\vspace{\fill}
\LARGE \bf{\today}

\end{center}
\end{titlepage}

```

```

\newpage

```

```

\pagenumbering{arabic}
\large

```

```
\section{Resumo} \label{sec:Resumo}
```

Deseja-se, através de um paralelo entre a teoria e a simulação, analisar o potencial, campo elétrico e a capacitância entre duas esferas concêntricas de um capacitor.\\

```
\section{Objetivo} \label{sec:Objetivo}
```

Dado um capacitor com duas esferas concêntricas onde  $V(r=0,5[\text{cm}])=0 [\text{V}]$  e  $V(r=2[\text{cm}])=20 [\text{V}]$  e a região entre as esferas está livre de cargas, será feita uma análise quanto ao potencial, campo elétrico e a capacitância armazenada em três dielétricos: ar, porcelana e sílica fundida.

```
\begin{center}
```

Tabela 1: Constante dielétrica relativa dos materiais\\

```
\vspace{0.1cm}
```

```
\begin{tabular}{|c|c|}
```

```
\hline
```

Material &  $\epsilon_{\text{r}}$  \\

```
\hline
```

Ar & 1,00059 \\

```
\hline
```

Porcelana & 6,0 \\

```
\hline
```

Sílica fundida & 3,8 \\

```
\hline
```

```
\end{tabular}
```

```
\end{center}
```

```
\section{Método}
```

Utilizou-se a teoria junto aos cálculos numéricos e os resultados das simulações para discussão.

```
\subsection{Teoria}
```

Considerando que a densidade volumétrica de cargas é nula entre as esferas, aplica-se a equação de Laplace

$$\nabla^2 V = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right) = 0$$

Nota-se que o laplaciano contém apenas o termo da parcial em relação à  $r$ , isso porque, devido a simetria do problema,  $V$  depende apenas desse parâmetro\\

Isolando  $V$ , chegamos na equação

```
\begin{equation} \label{eq:1}
```

$$V(r) = -\frac{A}{r} + B$$

```
\end{equation}
```

onde deve-se determinar  $A$  e  $B$  através do sistema dado os valores introduzidos e compor a equação que determina o potencial elétrico

```
$$\left\{ \begin{matrix}
```

$$V(0,5 \cdot 10^{-2}) = -\frac{A}{0,5 \cdot 10^{-2}} + B = 0$$

```
\\
```

$$V(2 \cdot 10^{-2}) = -\frac{A}{2 \cdot 10^{-2}} + B = 20$$

$$10^{-2}\}+B=20$$

$$\end{matrix}\right. .$$

$$V(r)=-\frac{2}{15r}+\frac{80}{3}$$

A partir desta também encontramos a função intensidade do campo elétrico

$$|\overline{E}|=-\bigtriangledown V=\frac{2}{15r^2}$$

Para determinar capacitância em um capacitor esférico, dado por

$$C=\frac{4\pi \epsilon }{\frac{1}{a}-\frac{1}{b}}$$

onde  $a$  é o raio da esfera interna e  $b$  o da esfera externa, obtemos a seguinte relação para os diferentes tipos de dielétricos

**Tabela 2: Capacitância**

Tabela 2: Capacitância

$\vspace{0.1cm}$

**Material** & **C [F]**

---

**Material** & **C [F]**

---

Ar &  $7,412 \cdot 10^{-13}$

---

Porcelana &  $4,445 \cdot 10^{-12}$

---

Sílica fundida &  $2,815 \cdot 10^{-12}$

---

**Material** & **C [F]**

**Material** & **C [F]**

**Simulação**

Utilizou-se o software FEMM para simular as condições dadas.

**document**