



Modelo para Inicialização de Descargas Eletrostáticas por Impacto de Moléculas Polarizadas

Autor: Gabriel C. Clemente

Orientador: César J. B. Pagan

Resumo: O objetivo desse estudo é investigar um possível novo mecanismo de produção de partículas carregadas, que decorre do impacto de moléculas polarizadas por um campo eletrostático muito intenso e com grande taxa de variação no espaço, resultante do acúmulo de cargas em protuberâncias nanométricas de superfícies metálicas típicas.

Introdução

Descargas eletrostáticas no ar ocorrem quando o campo eletrostático associado a um condutor é intenso o suficiente para, ao acelerar os íons (atraindo os de mesmo sinal e repelindo os de sinal oposto), produzir outros por colisão, desencadeando um processo de avalanche que tende a descarregar o condutor. Esse fenômeno pode produzir luminosidade ou faiscamento. A rigidez dielétrica do ar (campo máximo que pode subsistir na atmosfera sem produzir descarga) é da ordem de 10^6 V/m. Portanto, a presença de íons é rigorosamente necessária, o que nos leva a pergunta: **como surgem os íons?**

O mecanismo aqui proposto, não considerado na literatura, baseia-se na indução de dipolos, a partir de um campo eletrostático, em moléculas neutras, as quais, a partir de então, são submetidas a uma força caso o campo seja inhomogêneo. Se o acúmulo de energia da molécula durante o livre percurso médio (caminho livre médio entre duas colisões) for próximo da energia de ionização das moléculas típicas do ar (N_2 : 15,58eV, O_2 : 12,07eV, Ar: 15,76eV, etc), devido ao impacto, ocorrerá ionização. Logo, seria produzida uma densidade de cargas no ar que possibilitaria a descarga eletrostática, objeto de estudo de grande relevância para a engenharia elétrica.

Resultados e Discussão

O problema proposto é um típico problema de valor de contorno. Não é viável, do ponto de vista computacional, simular, por exemplo, uma superfície condutora de $1m^2$ com precisão suficiente para avaliar os efeitos de suas imperfeições nanométricas. Felizmente, a matemática deste tipo de problema permite, se as condições de contorno forem adequadamente escolhidas, avaliar os resultados em partes do domínio de simulação tão pequenas quanto desejarmos. Por conseguinte, o modelo computacional é caracterizado por um domínio associado apenas a um pequeno pedaço da superfície, de modo que, nele,



supomos apenas uma única protuberância evidente, ao passo que, as demais, por serem mais “suaves” são idealmente desprezíveis. Assim, o domínio de simulação é simplesmente uma caixinha, tal que (Figura 1):

- O plano inferior representa a superfície condutora em um potencial ϕ_0 .
- O plano superior associa-se a um potencial ϕ_1 a ser estimado.
- Uma vez que a superfície é muito grande quando comparada às dimensões da protuberância, o potencial não varia na direção normal aos planos laterais.

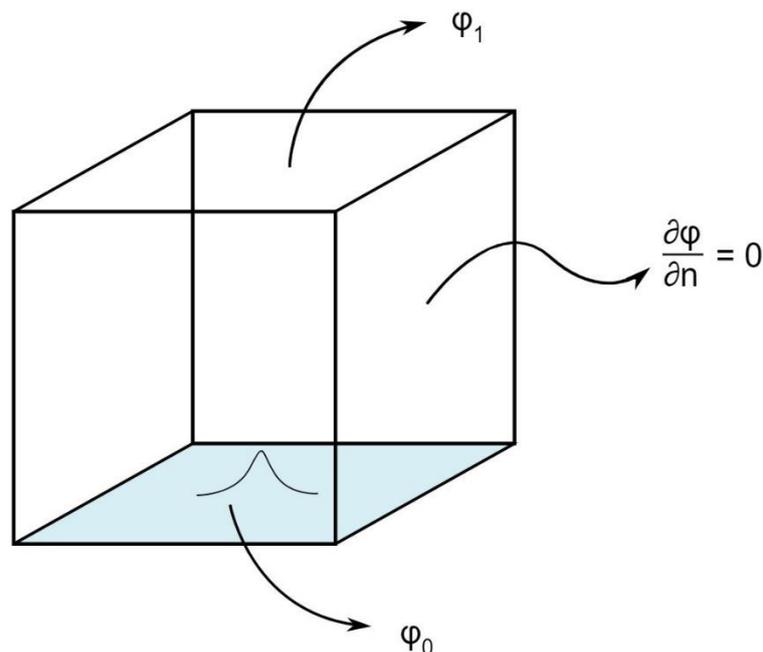


Figura 1: Domínio de simulação

O caso limite estabelecido equivale a uma superfície condutora em 10kV com uma protuberância de raio 1nm, para o qual, o método dos elementos finitos (análise matemática empregada) fornece os resultados expostos nas Figuras 2 e 3. Para este caso particular, a variação da energia potencial durante o livre caminho médio para uma molécula de O_2 e N_2 , foi, respectivamente, $2,453 \cdot 10^{-4}$ eV e $2,450 \cdot 10^{-4}$ eV.

Conclusão

A partir dos dados avaliados, concluímos com certa propriedade que as imperfeições nanométricas em superfícies metálicas típicas, para valores típicos de potencial, não produzem campos elétricos suficientes para resultarem em ionização por impacto de moléculas polarizadas. Seria interessantíssimo concluir o contrário, o que poderia inclusive render uma publicação, porém, do ponto de vista científico, existe somente a contribuição, cuja avaliação passa exclusivamente pelo crivo da fundamentação dos argumentos.

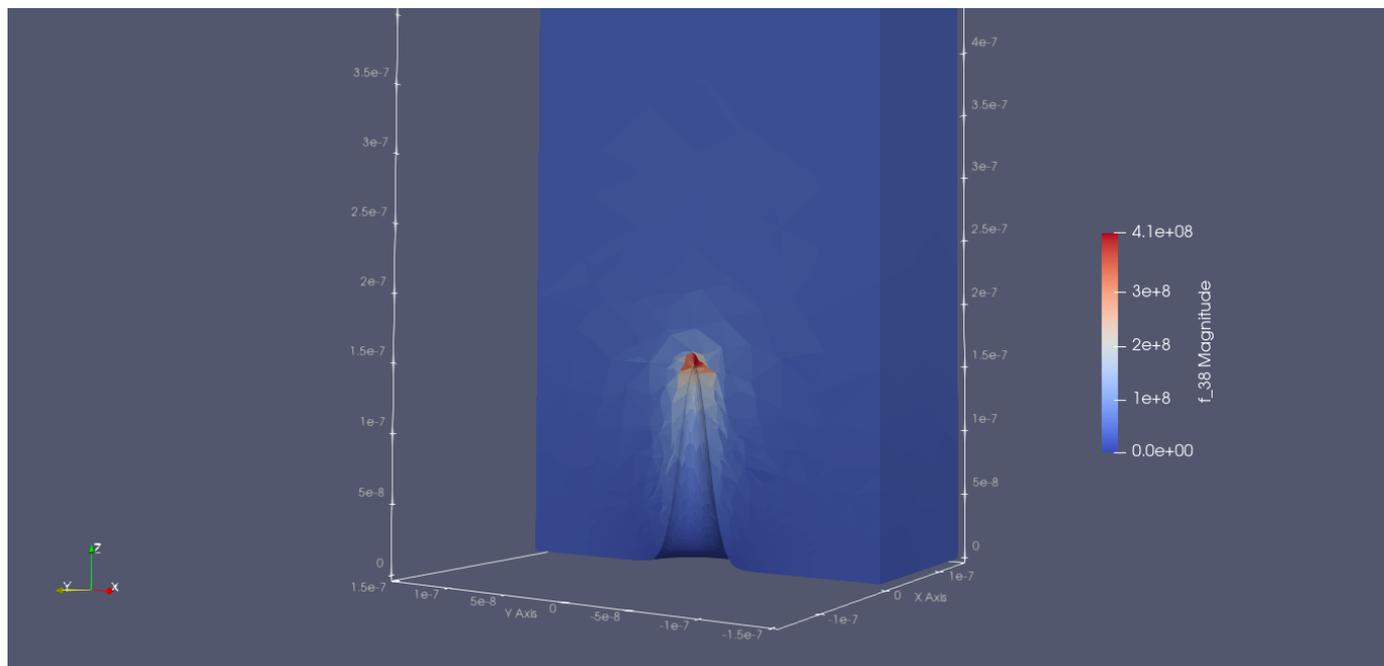


Figura 2: Magnitude do campo elétrico no domínio de simulação.

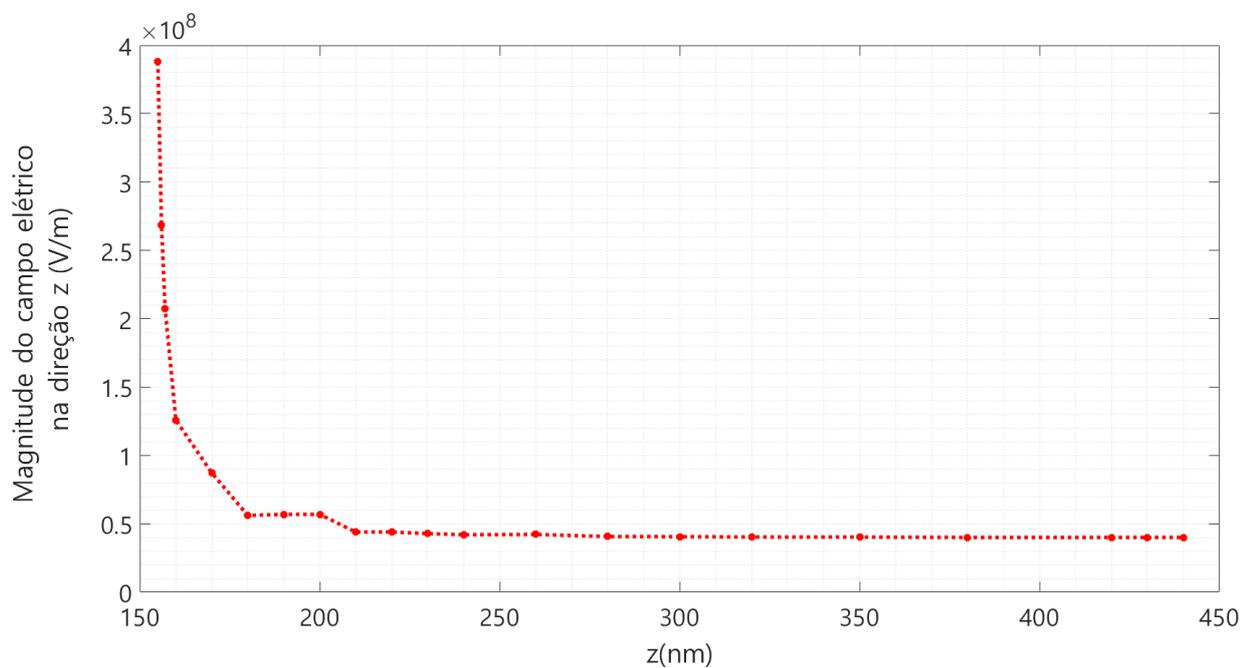


Figura 3: Variação do campo elétrico no eixo z ($x = y = 0$) a partir da superfície de uma protuberância de raio 1nm. O potencial do plano inferior é 10kV, enquanto o do plano superior, localizado 5000nm acima, é 9801,961V.