

## **ESTUDO DE TRANSIÇÕES DE FASE GEOMÉTRICAS**

*Natanael de Carvalho Costa (bolsista do PIBIC/CNPq), José Pimentel de Lima (Orientador, Depto de Física – UFPI)*

### **INTRODUÇÃO**

Transições de fase[1,3] ocorrem quando algumas grandezas físicas apresentam um comportamento peculiar dependendo de alguns parâmetros do sistema. O estudo das transições de fase iniciou-se basicamente em fluidos simples, tal como a água, onde, por exemplo, na mudança do estado sólido para o líquido há uma mudança abrupta da densidade, caracterizando uma transição de fase de primeira ordem.

Contudo, Transições de Fase também podem ocorrer em sistemas cuja a estabilidade depende de fatores geométricos (ou dimensionais), onde a análise termodinâmica é desnecessária. Um exemplo deste tipo de transição é desenvolvida pela Teoria da Percolação[2]. Em sistemas deste tipo, podemos simular uma dinâmica populacional[3], controle ambiental e até mesmo a possibilidade de extração de petróleo (não somente petróleo, mas qualquer tipo de fluido) em rochas porosas[4].

Fizemos neste trabalho um estudo analítico de um sistema elétrico, cujo observamos uma transição de fase quando analisamos a dissipação de energia do mesmo. Inicialmente, o sistema dissipa energia por Efeito Joule[5,6], contudo ao variarmos o comprimento do fio ou a corrente elétrica que passa neste, temos que os efeitos da Radiação são relevantes, mudando assim o regime de dissipação. Todavia, tal transição não é usual (primeira ou segunda ordem), pois depende de fatores geométricos (sendo desnecessária a análise dos potenciais termodinâmicos), de maneira que podemos denominá-la como uma Transição de Fase Geométrica. Em seguida, analisamos um sistema mecânico dissipativo, onde a mudança de alguns parâmetros, tal como a massa ou o atrito, implica numa mudança de regime de amplitude de movimento. Para isso, utilizamos métodos numéricos (Runge-Kutta de 4ª ordem) para a simulação. Como a força de atrito por vezes depende da geometria do objeto, então cremos que este sistema está englobado na classe das Transições de Fase Geométricas.

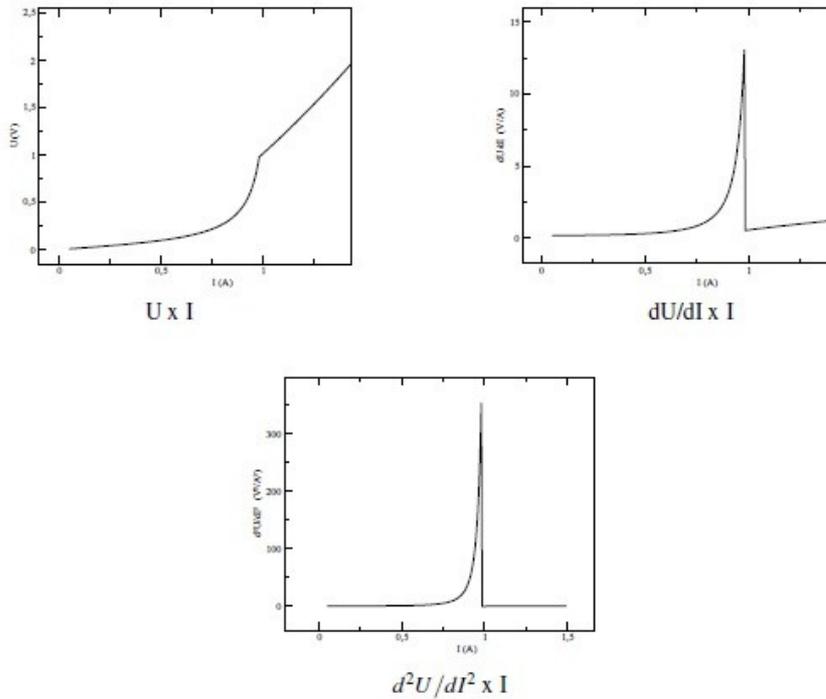
### **METODOLOGIA**

Considerando um filamento aquecido, alimentado por uma corrente elétrica constante, em regime estacionário,

- Estabelecemos a equação diferencial que rege a distribuição de temperatura como função do comprimento em um filamento.
- Resolvemos a equação diferencial fornecendo explicitamente a temperatura como função da posição de acordo com as condições de contorno.
- Levantamos o diagrama de fase, tendo como parâmetro de ordem o comprimento do filamento.
- Identificamos um modelo mecânico com uma transição fase semelhantes.
- Estabelecemos a equação diferencial para o movimento da partícula.
- Analisamos o numericamente o modelo pelo método de Runge-Kutta de 4ª ordem.
- Levantamos os resultados que mostram a transição no modelo.

## RESULTADOS

Como resultados, temos que os seguintes gráficos nos mostram a Transição de Fase no filamento aquecido.



O diagrama de fases é mostrado abaixo

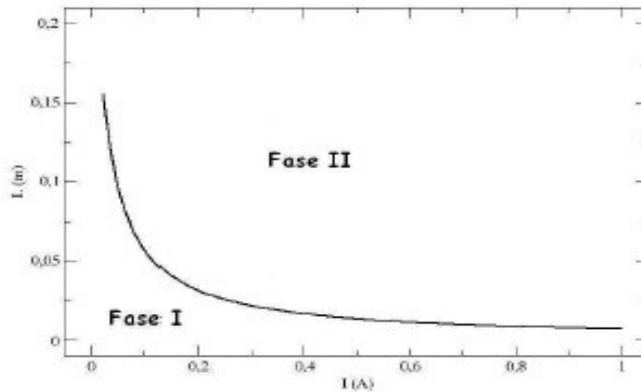
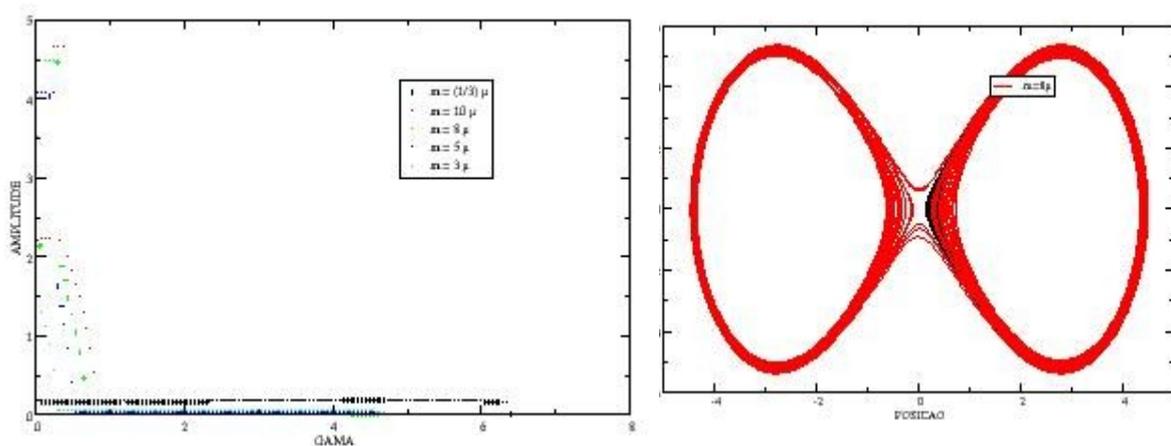


Figura 2.9:  $L \times I$  (Diagrama de fase)

As seguintes figuras tratam do modelo mecânico. A primeira figura mostra dois regimes onde as amplitudes são diferentes. A segunda figura mostra o espaço de fase do sistema, no qual temos que para o regime de 'grandes' amplitudes, o sistema tem dois pontos de estabilidade.



## CONCLUSÕES

A partir da análise dos sistemas acima, podemos concluir que estamos diante de um tipo de transição de fase não usual, diferente daqueles mostrados na literatura[3] ( $1^{\text{a}}$  ou  $2^{\text{a}}$  ordem), até mesmo porque os dois sistemas acima estão fora do equilíbrio. Como a mudança de regime dos dois sistemas acima depende diretamente de fatores geométricos, podemos denominar tal transição como sendo uma Transição de Fase Geométrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Salinas, S. R. A, *Introdução à Física Estatística*, EDUSP (1999).
- [2] Mescherov, b. R. , How heater filaments burn out: A new type of phase transitions, *Annals of Physics* 323, 2633-2638 (2008).
- [3] Yeomans, J. M. *Statistical Mechanics of Phase Transitions*, Oxford Science Publications, (1993)
- [4] Stauffer,D, Aharony, A. Introduction to Percolation Theory, Taylor & Francis,(1994)
- [5] Keith, F, *Princípios da Transmissão do Calor*, Edgard Blucher,(1977)
- [6] Butkov,E, *Física Matemática*, Guanabara dois (1978)