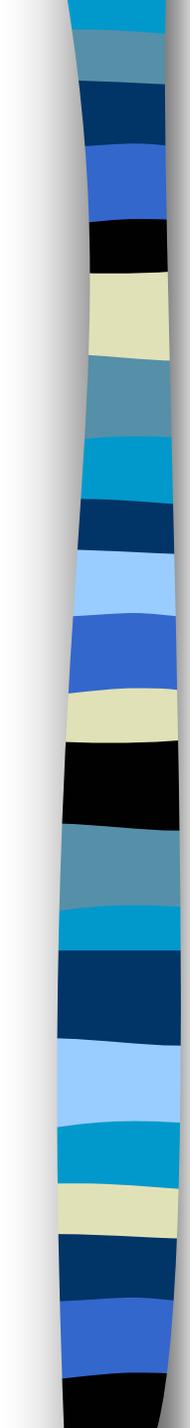


# Crescimento Econômico e Mudanças Climáticas



Eliezer M. Diniz

FEARP-USP - Brasil

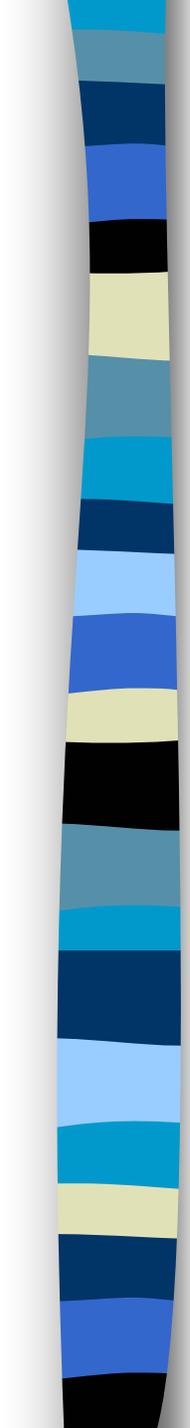


# Resumo

- Introdução
- Modelos de Crescimento Econômico
- Curva Ambiental de Kuznets (CAK)
- Modelos de Nordhaus
- Conclusões

# Introdução

- Há duas classes de modelos que podem se relacionar com mudanças climáticas: modelos de crescimento econômico e modelos de Nordhaus
- Modelos de crescimento econômico: são menores e podem produzir uma Curva Ambiental de Kuznets. Estimam-se as implicações do modelo pela econometria.
- Modelos de Nordhaus: modelos de maior porte; calibra-se o modelo de acordo com estudos existentes e são feitas simulações a partir dele.



# Modelos de Crescimento Econômico

- Principal referência: Stokey, N. Are There Limits to Growth? *International Economic Review* v. 39, Feb. 1998.
- Modelos são compostos de dois blocos: a função objetivo (bem-estar dos indivíduos) e as equações dinâmicas das variáveis de estado (estoques da economia - capital físico e poluentes). A maximização é feita por meio de otimização dinâmica (construção de hamiltoniano, derivação de condições de primeira ordem para o máximo, etc).

# Modelos de Crescimento Econômico

- Problema econômico estilizado:

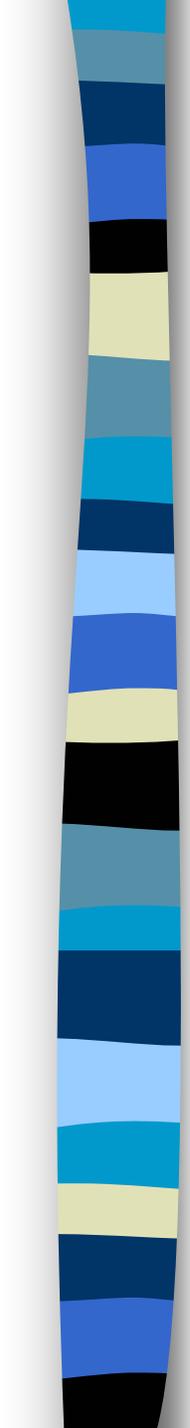
$$\rightarrow \max \int_0^{\infty} e^{-\rho t} u(c, X)$$

sujeito a  $\dot{k} = \varphi(k, c, z)$  e a  $\dot{X} = \psi(X, k, z)$

- variáveis de controle:  $c$  (consumo por trabalhador) e  $z$  (grau em que a tecnologia é poluente); variáveis de estado:  $k$  (estoque de capital por trabalhador) e  $X$  (estoque de poluente com capacidade de absorção reduzida).

# Modelos de Crescimento Econômico

- Conclusões do modelo:
  - existe um equilíbrio de *steady state* onde benefício marginal e custo marginal são iguais ao longo do tempo;
  - a trajetória rumo ao equilíbrio *pode* apresentar crescimento econômico aliado a uma diminuição dos poluentes desde que a elasticidade instantânea de substituição intertemporal do consumo seja menor do que um, o que acontece em geral (veja Blanchard e Fischer, *Lectures on Macroeconomics*, cap. 2). Logo, os dados não descartam a possibilidade de crescimento aliado a uma diminuição de poluentes.



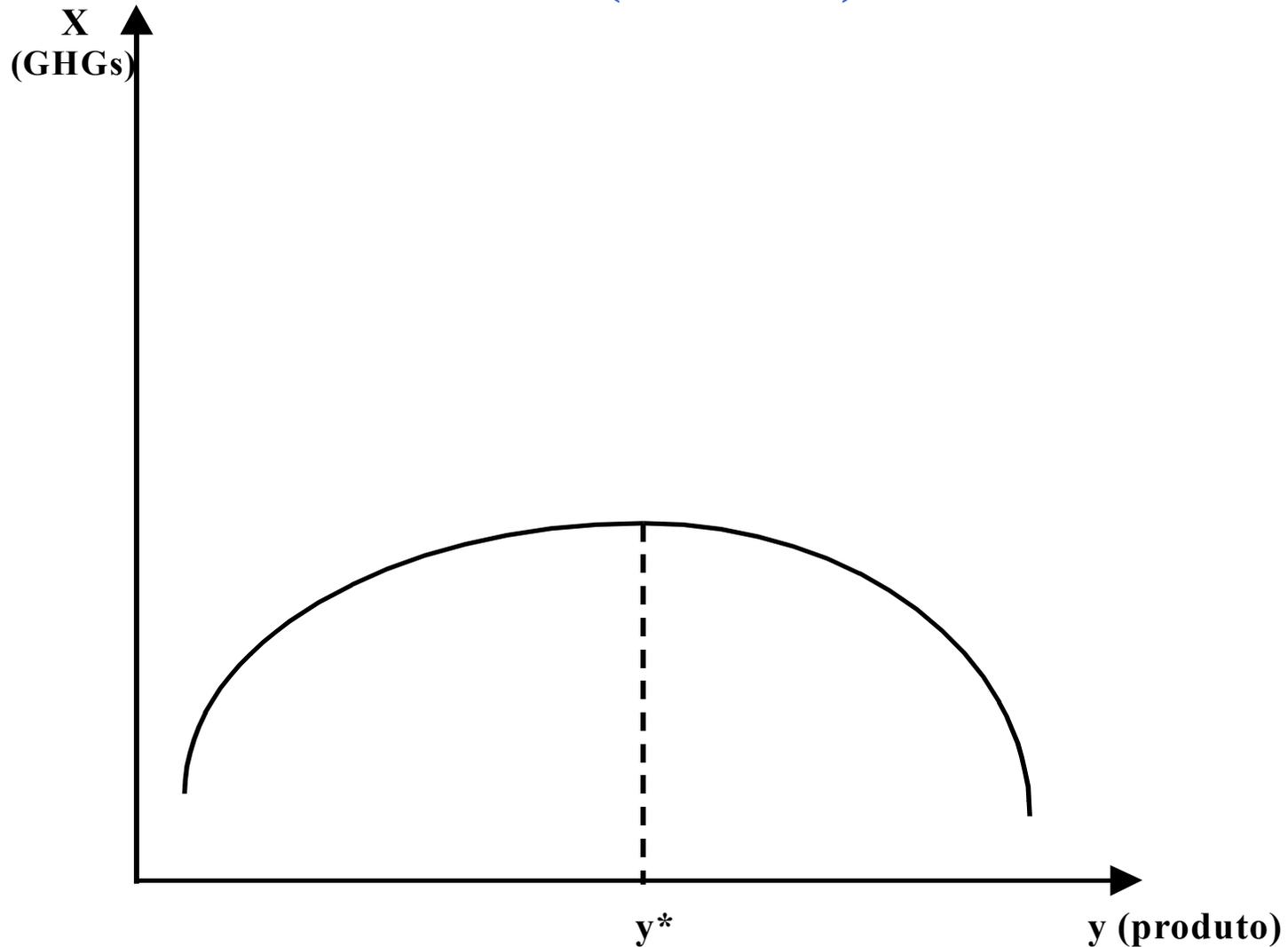
# Modelos de Crescimento Econômico

- O “poluente” de nosso interesse são os gases de efeito estufa (GHGs). Supondo que o modelo econômico estimado consiga captar os aspectos essenciais da realidade, é possível obter uma trajetória em que o crescimento econômico ocorra e os GHGs diminuam.

# Curva Ambiental de Kuznets (CAK)

- Decomposição de Grossman do crescimento do produto: efeito escala, efeito composição, efeito técnica.
- CAK: relação entre produto e estoque do poluente (ou suas emissões). Formato de U invertido. Primeira fase: relação direta. Segunda fase: relação inversa. Ponto relevante: produto que produz o estoque máximo (ou o máximo de emissões).
- Modelo de crescimento anterior explora o surgimento de uma CAK com base no efeito técnica, que vem a superar o efeito escala a partir do ponto de estoque máximo.

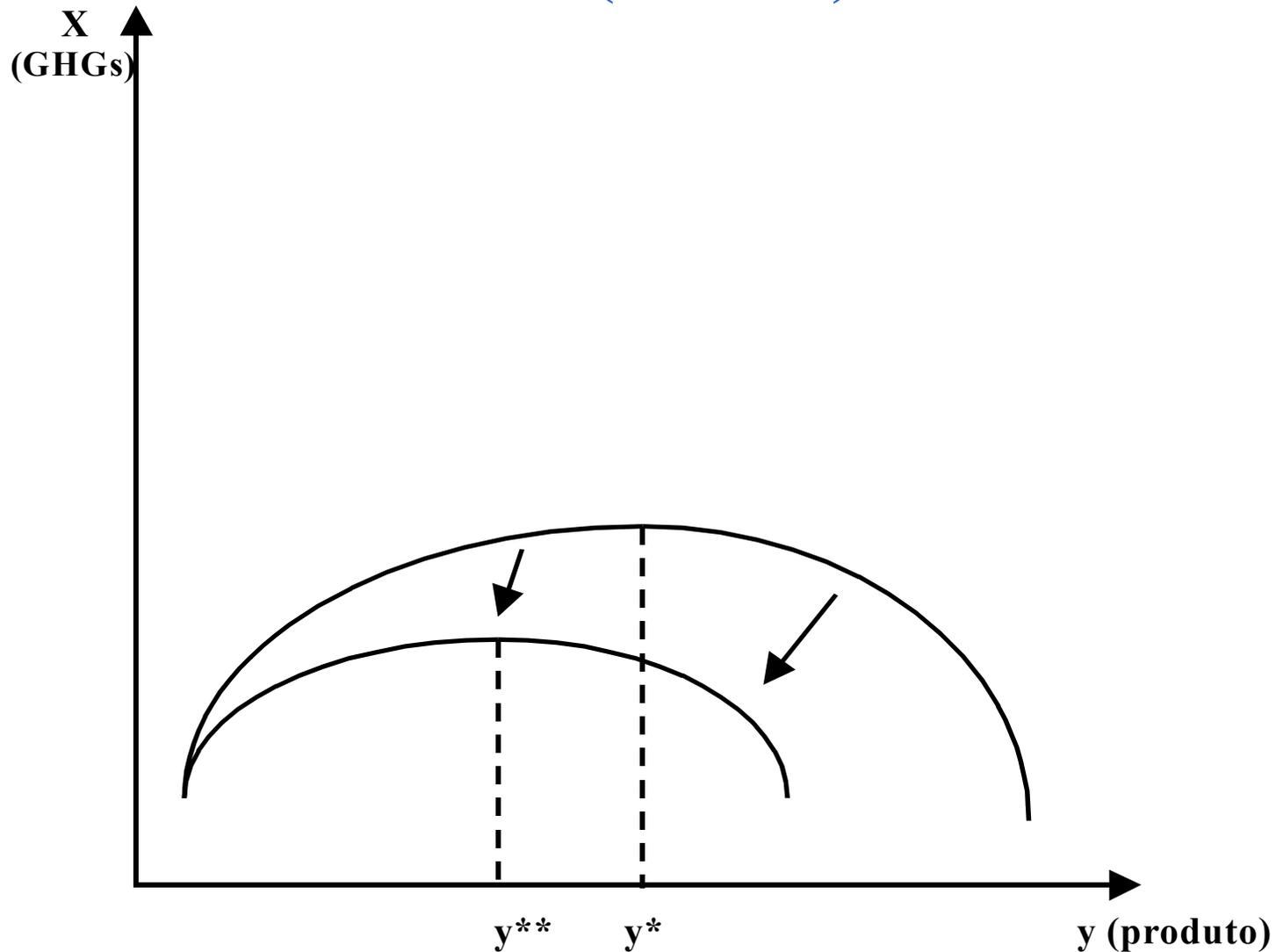
# Curva Ambiental de Kuznets (CAK)



# Curva Ambiental de Kuznets (CAK)

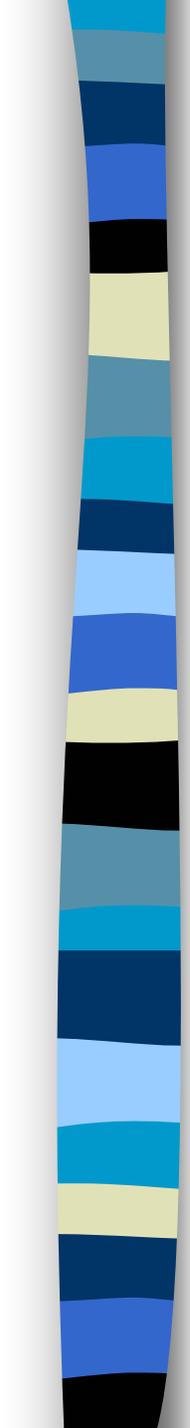
- CAK pode ser estimada: para um país em particular; ou para um conjunto de países (dados de corte ou dados de painel).
- O crescimento da economia gera as condições internas para que ela produza um estoque menor de GHGs, mesmo tendo níveis de produto maiores, através da adoção de tecnologias mais limpas.
- A mudança tecnológica pode ser incentivada por um acordo, como, por exemplo, o Protocolo de Quioto. Isso faz com que a CAK se desloque para baixo e o nível de produto em que ocorre o estoque máximo de GHGs diminua, apressando a segunda fase.

# Curva Ambiental de Kuznets (CAK)



# Curva Ambiental de Kuznets (CAK)

- Outras variáveis podem ser utilizadas em uma CAK além do poluente e do produto, como: taxa de câmbio pela paridade do poder de compra; densidade populacional; medidas de desigualdade; desflorestamento, entre outras. As escolhas dependem do poluente ou GHG considerado.
- Estimativas para o caso brasileiro mostram que para o dióxido de carbono o efeito escala predomina no longo prazo (o que é consistente com o modelo) e também na trajetória de ajuste, isto é, o Brasil estaria na primeira fase da CAK.

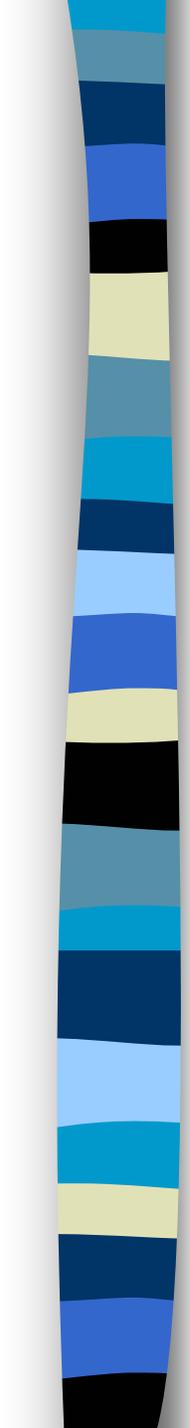


# Curva Ambiental de Kuznets (CAK)

- Os estudos deste grupo utilizam basicamente variáveis mostrando as emissões de gases do efeito estufa. Em geral as emissões são calculadas para o país como um todo com periodicidade anual.
- Desconheço modelos econômicos desta classe relativos a mudanças climáticas que utilizem dados referentes à temperatura. No entanto, os modelos de Nordhaus utilizam este tipo de dado, como veremos a seguir.

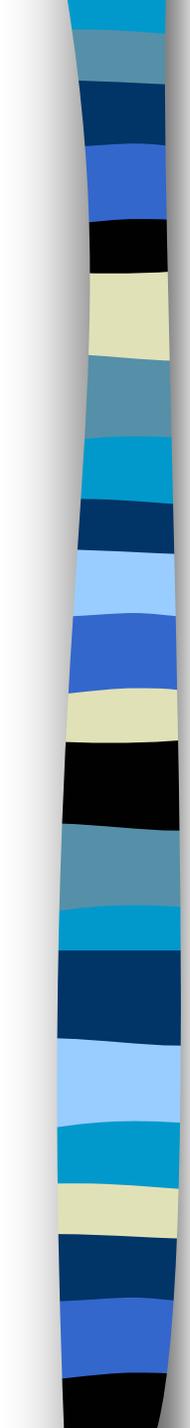
# Curva Ambiental de Kuznets (CAK)

- Que dados de poluentes ou GHGs podem ajudar o economista?
  - Estimativas de estoques;
  - Dados mais desagregados de emissões. Para que eles sejam úteis, precisam se referir a estados ou municípios, a fim de serem compatíveis com as variáveis econômicas.
  - Dados com periodicidade menor, por exemplo trimestral ou mensal. Há dados econômicos com essas periodicidades que poderiam eventualmente ser cruzados com dados sobre emissões.



# Modelos de Nordhaus

- Referência principal: Nordhaus, W. D.; Boyer, J. *Warming the World*. Cambridge, MIT, 2000.
- Há dois modelos: *DICE* (**D**ynamic **I**ntegrated model of **C**limate and the **E**conomy) e *RICE* (**R**egional dynamic **I**ntegrated model of **C**limate and the **E**conomy). O modelo regional é o mais recente. São modelos desenvolvidos para estudar o impacto das mudanças climáticas sobre a economia.
- Supõe-se que as regiões tenham como objetivo maximizar o bem-estar social, sujeito a muitas restrições econômicas e geofísicas.<sup>15</sup>



# Modelos de Nordhaus

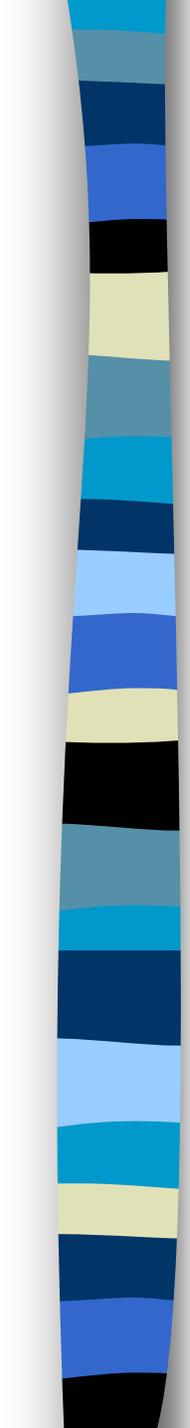
- Cada modelo de Nordhaus pode ser dividido em dois blocos: os setores econômicos e os setores relacionados ao clima.
- Setores econômicos: consiste em um modelo econômico tradicional.
- Setores relacionados ao clima: é a parte não tradicional do modelo. Consiste em restrições geofísicas que relacionam as diversas forças que afetam a mudança climática. Utiliza um enfoque estrutural que utiliza um modelo de três reservatórios calibrados de acordo com os modelos de ciclo de carbono existentes.

# Modelos de Nordhaus

- O modelo regional de Nordhaus produz alguns resultados em relação ao Protocolo de Quioto:
  - Reduções de emissões são muito pequenas, principalmente por causa da ausência de controle das emissões dos países em desenvolvimento;
  - O impacto sobre as concentrações de dióxido de carbono e sobre o aquecimento global é muito pequeno;
  - No curto prazo o aquecimento, as emissões e as concentrações globais são próximos daqueles da política ótima;

# Modelos de Nordhaus

- Grandes impactos econômicos sobre os Estados Unidos;
- Excluindo os danos climáticos, os principais beneficiários do protocolo são as regiões com permissões de poluição para vender;
- O principal beneficiário dos efeitos ambientais de redução das emissões é a Europa;
- O comércio reduz significativamente o custo de abatimento agregado, em especial com Rússia e países de baixa renda.

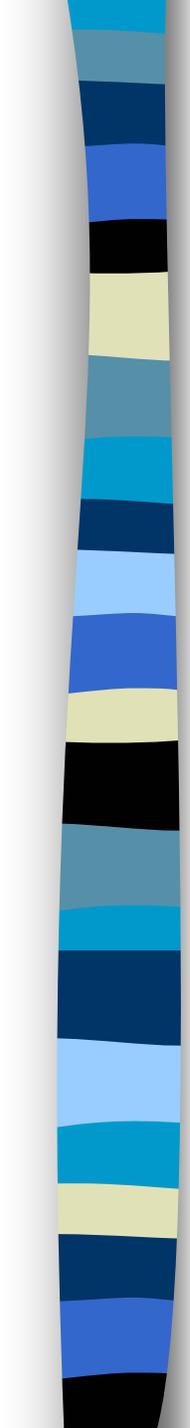


# Modelos de Nordhaus

- As variáveis ambientais utilizadas por esta classe de modelos são: concentração de carbono na atmosfera, nas águas rasas e nas águas profundas de oceanos; temperatura da atmosfera; temperatura das águas profundas de oceanos; forçamento radiativo.
- O restante do modelo utiliza variáveis econômicas e outros parâmetros já determinados por outros estudos ou por leis da natureza.

# Conclusões

- As duas classes de modelos examinadas brevemente apresentam diversas oportunidades para que se utilizem variáveis ambientais. No modelo de Nordhaus as oportunidades são maiores.
- Os modelos de crescimento necessitam de dados de emissões de dióxido de carbono mais desagregadas e com periodicidade menor.
- Os modelos de Nordhaus necessitam de variáveis relativas a concentração de carbono, temperaturas e forçamento radiativo.
- Qualquer auxílio no sentido de estimar os dados listados aqui ajudarão no progresso das linhas de pesquisa mencionadas.



## Contato:

- Eliezer Martins Diniz
- tel/fax: (11) 3214-3532
- [elmdiniz@usp.br](mailto:elmdiniz@usp.br)
- FEARP-USP

Av. dos Bandeirantes, 3900

Monte Alegre

14040-900 Ribeirão Preto - SP