



## **ESTUDO DINÂMICO POPULACIONAL DA CIDADE DE BARREIRAS/BAHIA ATRAVÉS DOS MODELOS DE MALTHUS E VERHULST: CONTRIBUIÇÕES À COMPREENSÃO DO MODELO DE DESENVOLVIMENTO DO OESTE BAIANO**

Cristiana Maria dos Santos Fernandes – Universidade Federal da Bahia, ICADS, Barreiras – Bahia.  
crinti.f@hotmail.com;

D.Sc. Francesco Lanciotti Junior, Universidade Federal da Bahia, ICADS, Barreiras-BA

### **INTRODUÇÃO**

Um modelo matemático consiste de um conjunto de equações que representam de uma forma quantitativa, as hipóteses que foram usadas em sua construção, as quais se apoiam sobre o sistema real. Tais equações são resolvidas em função de alguns valores conhecidos ou previstos pelo modelo real e podem ser testadas através da comparação com os dados conhecidos ou previstos com as medidas realizadas no mundo real (Sodré-2007). O estudo dinâmico populacional é bastante importante, uma vez que auxilia na compreensão de um equilíbrio dinâmico dentro dos ecossistemas. Também possibilita analisar a configuração de uma sociedade inclusive quanto a seus aspectos econômicos, políticos ou socioculturais e socioambientais. A cidade de Barreiras está localizada no oeste baiano, região muito rica em recursos hídricos. Essa característica tem motivado, em anos recentes, forte desenvolvimento de atividades ligadas ao agronegócio. É senso comum que este processo tem sido responsável por grande imigração originada principalmente nas regiões sul e sudeste do país. Este fenômeno despertou o interesse em aplicar o estudo dinâmico à população da cidade, empregando modelagem matemática.

### **OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho é verificar qual dos modelos de dinâmica populacional é mais eficiente para representar de forma simples o incremento populacional da cidade de Barreiras nas últimas décadas.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal da Bahia, em Barreiras, Bahia. Inicialmente, foi realizado estudo dos modelos básicos de dinâmica populacional em literatura científica. Buscou-se compreender as hipóteses e análises matemáticas, que delinearão o comportamento de cada modelo com base em suas equações características. Durante o ano de 2012 desenvolvemos um programa computacional (compilado na linguagem FORTRAN) para simular a dinâmica de populações segundo os modelos de Malthus e de Verhulst. No decorrer do desenvolvimento testes foram realizados considerando-se populações hipotéticas para verificar a confiabilidade e robustez do programa. Em nosso programa parâmetros como tempo total de exploração, taxa de crescimento e capacidade de suporte puderam ser variados. Em fevereiro de 2013 foi feita a coleta de dados referente ao tamanho das populações do município de Barreiras e dos municípios circunvizinhos, entre os anos de 1960 à 2010, junto ao escritório do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de Barreiras. Os dados foram tabulados para posterior tratamento. Com os dados reais em mãos partimos para sucessivas execuções do programa construído variando os parâmetros mencionados de tal forma a melhor ajustar graficamente com os dados coletados do IBGE. Os dados gerados computacionalmente foram inseridos no programa GRAPH (programa para análise e construção de gráficos) e comparados com os dados do IBGE para Barreiras e municípios vizinhos. Com o melhor ajuste em

mãos realizamos análises e comparações com as expectativas.

## RESULTADOS

Apesar do modelo de Malthus ter apresentado resultados próximos do real, as simulações realizadas permitiram constatar que o modelo de Verhulst foi o mais adequado, pois considera fatores com características limitantes para o crescimento populacional, o que permitiu melhor ajuste com os dados coletados. Com base na simulação para diversos municípios no entorno de Barreiras pudemos estimar parâmetros básicos esperados para o crescimento da população da região na ausência de influências externas. Os dados do IBGE mostraram efeito migratório e desmembramentos de municípios. Estes fatos interferem na composição dinâmica de uma população e puderam ser identificados na comparação com os resultados simulados.

## DISCUSSÃO

Segundo Bassanezi (2002), o modelo de Malthus assume que o crescimento de uma população é proporcional à população em cada instante (progressão geométrica ou crescimento exponencial), e desta forma, a população humana deveria crescer sem nenhuma inibição. É claro que tais condições ideais não podem perdurar indefinidamente; pois existem limitações que reduzirão a taxa de crescimento e acabarão inibindo o crescimento exponencial. O modelo populacional de Verhulst supõe que uma população, vivendo num determinado meio, deverá crescer até um limite máximo sustentável, isto é, ela tende a se estabilizar (Boyce & Diprima, 2005). Este modelo mostrou-se mais sensível aos resultados reais. Apesar de não pretendermos prever um limite de crescimento, foi necessário levarmos em conta esse fator para melhor ajuste nos resultados. Além de Barreiras, o modelo foi empregado para a simulação do crescimento populacional para os municípios de Cristópolis, São Desidério e Angical, o que possibilitou estimarmos a taxa típica de crescimento da população levando em conta características sócio-culturais regionais sem a influência de fatores externos, particularmente imigração. A comparação do modelo com os dados reais para Barreiras permitiu identificar os momentos históricos em que ocorreram mudanças reais não previstas teoricamente, em virtude de processos migratórios, isto mostrou a limitação do modelo e ao mesmo tempo como seria o crescimento sem os saltos populacionais. Seti *et al.* (1999), avaliando a dinâmica da população urbana de Passo Fundo, observaram que essa ficou bem descrita pelos modelos de Malthus e Verhulst, se assemelhando, em linhas gerais, aos mesmos resultados encontrados no presente trabalho.

## CONCLUSÃO

O modelo desenvolvido permitiu identificar e estimar a influência de fatores externos, notadamente processos migratórios, ao crescimento da população de Barreiras. Dos modelos simples analisados, o de Verhulst foi o mais adequado, mas apesar das curvas obtidas serem satisfatórias, para que informações mais precisas sejam obtidas é necessário o desenvolvimento de modelos mais elaborados. As obtenções de séries temporais históricas mais longas também contribuiriam para o refinamento das informações obtidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSANEZI, R. C. Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2006. 328 p.

BOYCE, WE & DIPRIMA, RC. 2005. Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems. John Wiley & Sons Inc., 8th edition. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: SETI, B. D., BETENCOURT, M. F. B., ORO, N. T., KRIPKA, R. M. L. e MUHL, V. J. L.. Estudo da dinâmica populacional usando os modelos de Malthus e Verhulst: uma aplicação à população de Passo Fundo, p. 138-142.

SODRÉ, U. 2007. Modelos Matemáticos – UEL – Londrina, 3p.

## **Agradecimento**

Programa PERMANECER - PROAE/UFBA