

Estudo do comportamento econômico de Santa Rosa/RS baseado em um modelo matemático de dinâmica populacional**The study of Santa Rosa's economic behavior based on a population dynamic's mathematical model¹**

DOI:10.34117/bjdv6n7-173

Recebimento dos originais: 12/06/2020

Aceitação para publicação: 08/07/2020

Gilberto Carlos Thomas

Doutor em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS - 2003

Instituição: Instituto Federal Farroupilha – Campus Santa Rosa

Endereço: Av. Cel. Bráulio de Oliveira, 1400 - Bairro Central - CEP: 98787-740 Santa Rosa/RS

E-mail: gilberto.thomas@iffarroupilha.edu.br

Lara Cansi de Moraes

Licenciada em Matemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha

Instituição: Instituto Federal Farroupilha – Campus Santa Rosa

Endereço: Av. Cel. Bráulio de Oliveira, 1400 - Bairro Central - CEP: 98787-740 Santa Rosa/RS

E-mail: cansilara8@gmail.com

RESUMO

O estado econômico de uma região é influenciado por diversos fatores como a compra e venda de bens produzidos naquele território, mas principalmente pelo avanço populacional do mesmo. A dinâmica populacional de uma região tem impacto significativo nos processos econômicos nelas desenvolvidos, tornando necessário a reflexão conjunta desses indicadores. Nesse contexto, a modelagem matemática e as Equações Diferenciais se tornam importantes instrumentos de análise do comportamento de tais características sociais, oferecendo subsídios para planejamentos regionais futuros. Buscando refletir e comparar o crescimento populacional juntamente com o crescimento econômico do município de Santa Rosa/RS, a presente pesquisa baseou-se no modelo de dinâmica populacional de Malthus para demonstrar a importância do estudo econômico em conjunto com a projeção populacional de um território. Trata-se de uma pesquisa reflexiva sobre a influência do crescimento populacional no Produto Interno Bruto de um município, possibilitando futuros planejamentos para constante melhoria da sociedade.

Palavras-chave: Economia, Modelagem Matemática, Equações Diferenciais**ABSTRACT**

The economic state of a region is influenced by many factors as sale and purchase of manufactured products of that territory, but mainly by the population growth factor of itself. The population dynamic of a region has substantial impact on the economic procedures developed by it, requiring a unified reflection between both factors. In this context, the mathematical modeling and Differential Equations are important analytic instruments of those social characters' behavior, providing aids for future regional plans. In order to ponder over and compare the population growth alongside with the economic growth of Santa Rosa/RS, this research was based on Malthus' mathematical model of population dynamics to show the importance of studying both aspects together. It's a research based on the reflection of population growth's influence on Gross National Product of a city, allowing future plans to increase society's quality.

¹ Pesquisa desenvolvida voluntariamente no Instituto Federal Farroupilha *campus* Santa Rosa

Keywords: Economy, Mathematical Modeling, Differential Equations

1 INTRODUÇÃO

O município de Santa Rosa localiza-se na região noroeste do Rio Grande do Sul e possui atualmente 68.587 habitantes, sendo tal cidade importante fonte da economia regional. Destaca-se na fabricação de peças, máquinas e implementos agrícolas, fornecendo matéria-prima qualificada para as agroindústrias da região, auxiliando o crescimento e melhoria do agronegócio. Ainda possui pequenas e grandes empresas que auxiliam economicamente a região por meio da produção de soja, erva-mate, hortigranjeiros, produtos exportados a outros municípios do Estado. (SANTA ROSA, 2019).

O Produto Interno Bruto – PIB – de um município configura-se no cálculo das riquezas geradas em tal território, sendo ele base para as políticas econômicas e sociais desenvolvidas pelos órgãos responsáveis. A economia gerada pela localidade estudada se torna um dos principais influenciadores no aumento ou diminuição do valor do PIB em determinada região, tendo direto impacto na qualidade de vida dos cidadãos. Em seus estudos Leite (2020) aponta que o aumento do PIB per capita de um município, correlaciona-se ao nível de riqueza da região, na qual, se expande e, assim, aumenta a qualidade de vida. Todavia essa correlação não é estanque, uma vez que, o PIB pode aumentar enquanto muitos indivíduos ficam pobres ou proporcionalmente mais ricos, pois o nível de desigualdade de renda de uma população não é considerado pelo PIB (MEDEIROS; ANDRADE, 2019). Portanto, entende-se a necessidade do estudo e reflexão desse indicador social, pois é nele que se encontram subsídios para a melhoria e enriquecimento de diversos setores sociais de uma região.

Em vista disso, a pesquisa realizada tem-se como objetivo a análise do comportamento do Produto Interno Bruto do município de Santa Rosa através do modelo matemático de dinâmicas populacionais de Thomas Robert Malthus. Dessa maneira, busca-se relacionar o comportamento econômico e populacional do município, tendo em vista futuras projeções desses indicadores. Constatou-se assim as potencialidades da utilização de modelos matemáticos para a análise de fenômenos sociais, bem como a importância do estudo dos mesmos.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Entende-se a Matemática como ferramenta essencial para o entendimento de fenômenos reais, sendo ela responsável pela construção de um pensamento lógico que possibilita a interpretação de problemas sociais, auxiliando na sua resolução. A modelagem matemática se alinha a essa perspectiva quando propõe a construção de modelos matemáticos que expressem problemas cotidianos do ser

humano, possibilitando o uso da matemática como forma de resolução. É uma corrente matemática que se aproxima da realidade, elaborando conjecturas sob representações de um sistema real (BASSANEZI, 2004).

O processo de modelar um problema, ou seja, de definir uma representação matemática para tal situação, deve ser realizado conforme alguns procedimentos destacados por Biembengut e Hein (2005): a) interação, etapa inicial que consiste no reconhecimento da situação-problema e familiarização com o assunto; b) matematização, ou seja, a formulação e delimitação das hipóteses a serem consideradas na estruturação do modelo; c) o modelo matemático, etapa final que resulta na construção do modelo e interpretação da solução encontrada através dele.

Deve-se entender que o modelo matemático nem sempre se encontra acabado, pois é necessário avalia-lo perante os cenários que se deseja desenvolvê-lo, visto que pode não satisfazer os objetivos previamente traçados. Por isso, é necessário validar o modelo, revendo e assegurando suas hipóteses e variáveis com o intuito de adequá-lo aquilo que se deseja, tendo em mente que o resultado final será aproximado da realidade.

Com esse movimento, a modelagem matemática proporciona o estudo reflexivo de problemas reais, como ocorre no cálculo do Produto Interno Bruto – PIB –, ferramenta indicadora do desenvolvimento econômico da área estudada, mensurando suas riquezas e atividades econômicas em um determinado tempo, ou seja, “expressa o resultado final das atividades econômicas de produção realizadas dentro do território econômico” (ROSSETTI, 2003, apud CAVALHEIRO, 2010, p. 6). Por meio desse cálculo é possível refletir sobre as políticas econômicas adotadas no território em questão, visualizando os pontos positivos e negativos de seus resultados. Esses dados formam subsídios para possíveis mudanças políticas nesse cenário, buscando melhorar a economia da região.

Os dados coletados pelos órgãos responsáveis ao cálculo do PIB, como faz o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), são importantes subsídios para a verificação da economia conforme os moldes postos em prática. Dessa maneira, é possível avaliar o sucesso ou não dos planejamentos econômicos de uma região, sendo que eles impactam diretamente grandes e pequenas empresas. Ainda, com essa reflexão torna-se possível novos planejamentos para a qualificação das instâncias que compõem a economia da região, conseqüentemente influenciando no crescimento do PIB.

Nesse cenário há aumento de ofertas de emprego, diminuindo a taxa de desemprego e oferecendo melhores condições a diversos cidadãos. Ainda, gera crescimento do mercado de trabalho e da competitividade entre empresas, podendo ocorrer diminuição do valor de produtos. Além disso, haverá aumento do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) populacional, visto que cada indivíduo terá um retorno maior do seu serviço prestado a sociedade. Com isso, uma maior parte da

população poderá ter melhor acesso à educação, saúde, alimentação, entre outras necessidades básicas do ser humano.

Acredita-se que a dinâmica populacional da região também influencia no aumento do valor do PIB. Isso porque com maior concentração de pessoas em uma determinada área, torna-se maior a ramificação econômica, sendo ela caracterizada por diferentes trabalhos em diferentes áreas. Ainda, tal fato acarreta na criação de novas empresas e aumento de mão de obra em setores comerciais já pertencentes na sociedade.

As projeções de população têm fundamental importância para o cálculo de indicadores sóciodemográficos, servem de subsídios para a implementação de políticas públicas e a posterior avaliação de seus respectivos programas, bem como para estratégias de planejamento do setor privado. Além disso, possibilitam antecipar os desafios a serem enfrentados pela sociedade brasileira nas próximas décadas, assim como as oportunidades que surgirão em decorrência das mudanças demográficas (IBGE, 2018b, p. 7)

Portanto, compreende-se assim a matemática como ferramenta essencial para o entendimento da realidade. Com auxílio de modelos matemáticos é possível encontrar soluções aproximadas para problemas sociais, além de novas hipóteses para melhoria de outros aspectos da sociedade influenciados pela solução desses problemas.

Nessa perspectiva, desenvolveu-se uma pesquisa para comparar e refletir sobre o comportamento da dinâmica populacional e o crescimento do Produto Interno Bruto do município de Santa Rosa. Iniciando-se pelo entendimento e determinação dos fenômenos estudados, obteve-se os dados necessários para os cálculos através do IBGE e passou-se a determinar qual comportamento da dinâmica populacional do município se assemelhava com a curva realizada pelo PIB, possibilitando assim a reflexão da influência entre ambos os fenômenos.

Para isso utilizou-se como base o modelo de dinâmica populacional de Thomas Malthus, assumindo o crescimento de uma população proporcional à população em cada instante, não considerando fatores limitantes de crescimento e supõe que todos os indivíduos são idênticos (MAGALHÃES e LEITE, 2012). Desse modo, tem-se uma variação população (dP) em relação ao tempo (dt) que é proporcional ao tamanho em cada instante (P). Ainda, há uma taxa de crescimento ou decréscimo denominada k , determinada através da taxa de natalidade e mortalidade de população. Portanto:

$$\frac{dP}{dt} = k P. \quad (1)$$

Resolvendo (1) por meio do método de integrais separáveis, obtém-se:

$$\int \frac{dP}{P} = \int k dt \quad (2)$$

$$\ln P = k t + c \quad (3)$$

Elevando ambos os lados da igualdade (3) a uma base exponencial, tem-se:

$$e^{\ln P} = e^{k t + c} \quad (4)$$

$$P = e^{k t + c} \quad (5)$$

$$P = e^{k t} e^c \quad (6)$$

Como e^c é uma constante de valor desconhecido, é possível denominá-la como c_1 , encontrando a seguinte expressão:

$$P(t) = c_1 e^{k t} \quad (7)$$

Adotando P_0 como instante inicial, ou seja $t = 0$, obtém-se $P_0 = c_1$, encontrando a solução analítica do modelo:

$$P(t) = P_0 e^{k t} \quad (8)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A economia de Santa Rosa é fortemente caracterizada pela agricultura e agroindústria, sendo o município uma das principais bacias leiteiras do Estado e responsável pela produção de diversos itens da cultura gaúcha como a erva-mate. É um dos fornecedores de peças, máquinas e implementos agrícolas que auxilia na movimentação do agronegócio da região, prezando pela produção local (SANTA ROSA, 2019).

O PIB é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico de uma região e a Tabela 1 evidencia o crescimento desse indicador no município estudado a cada cinco anos, partindo de 2000.

Tabela 1 - PIB a preços correntes de Santa Rosa/RS

Ano	PIB
2000	484.140.000,00
2005	816.867.000,00
2010	1.553.668.000,00
2015	2.407.654.020,00

Fonte 1 – IBGE (2019)

Após a análise e classificação dos dados, baseou-se no modelo de Malthus para encontrar o coeficiente de crescimento k . Para isso, adotou-se como tempo inicial o ano de 2000, delimitando $P_0 = 484.140.000$, e o tempo final ($t = 1$) o ano de 2005. Assim, partindo da expressão (8) tem-se:

$$P(1) = 484.140.000 e^{k \cdot 1}$$

Conforme nos evidencia a Tabela 1, o valor do PIB no ano de 2005 é de 816.867.000. Portanto, substituindo em (9) e realizando os procedimentos matemáticos, obtém-se:

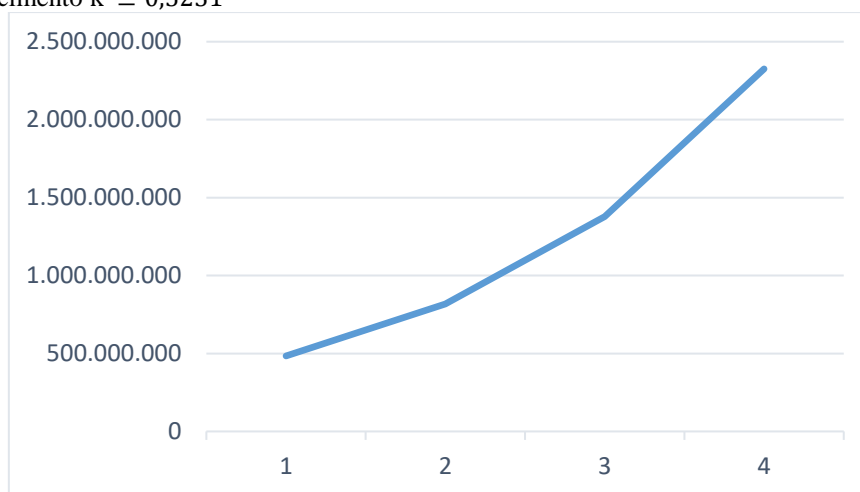
$$\begin{aligned} 816.867.000 &= 484.140.000 e^{k \cdot 1} \\ \frac{816.867.000}{484.140.000} &= e^k \\ 1,687 &\cong e^k \end{aligned}$$

Realizando os processos exponenciais, encontra-se $k \cong 0,5231$. Dessa forma, têm-se o seguinte modelo para representação do comportamento do PIB de Santa Rosa nos referidos anos:

$$P(t) = 484.140.000 e^{0,5231 t}$$

Calculando os valores do PIB nos anos indicados através do modelo desenvolvido, encontra-se o seguinte comportamento:

Figura 1 – Gráfico do comportamento do modelo matemático quando calculado dos valores do PIB por meio do coeficiente de crescimento $k \cong 0,5231$



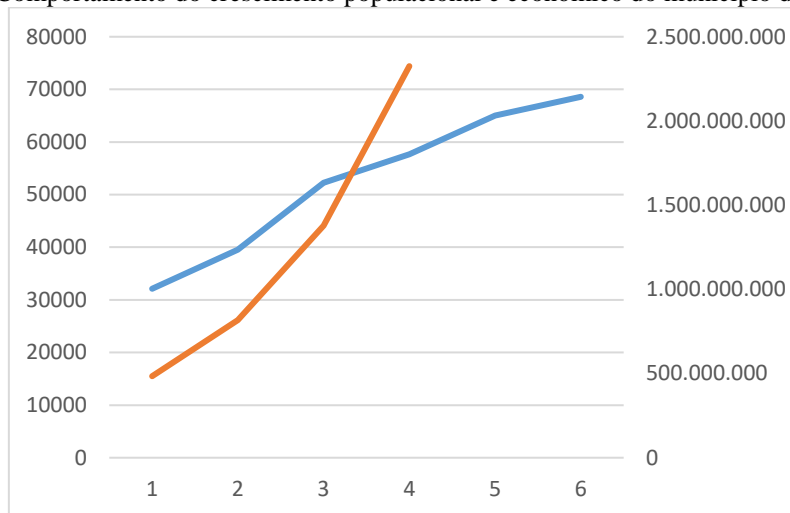
Fonte 2 - A autora

A figura acima demonstra um crescimento exponencial da economia santa-rosense, essa

influenciada pelas exportações e importações realizadas pelo município ao longo dos anos estudados. O aumento gradativo é evidência de sucesso das decisões tomadas acerca da produção de materiais agrícolas com tecnologias inovadoras, sendo tais mercadorias importantes para o agronegócio regional, concedendo a Santa Rosa notoriedade perante esse mercado.

É possível notar na Figura 2 um crescimento econômico mais acentuado (gráfico vermelho) do que o crescimento populacional (gráfico azul). Isso porque, ainda que relacionada com o crescimento da população, a economia e o desenvolvimento econômico são variáveis independentes.

Figura 2 - Comportamento do crescimento populacional e econômico do município de Santa Rosa



Fonte 3 - A autora

A influência da população no mercado de trabalho é caracterizada pela ampliação do mercado de trabalho, gerando maior movimentação do capital produzido pela região. O regime capitalista em que se vive hoje produzirá constantemente bens e serviços num comportamento superior ao crescimento demográfico (ALVES, 2014). No entanto, em determinado momento, “altas taxas de crescimento demográfico seriam responsáveis pelo atraso econômico e o crescimento populacional seria uma variável independente” (ALVES, 2014, p. 3).

Ou seja, a população poderá chegar a um momento onde haverá um demasiado contingente de cidadãos que necessitam trabalho e renda, excedendo a capacidade ofertada pelo cenário trabalhista. Com a eminente queda econômica, fatores qualitativos da sociedade diminuirão e refletirão em uma população com más condições de trabalho, baixa qualidade de vida e desenvolvimento humano.

Portanto, acredita-se na necessidade de planejamentos constantes em vista da permanente mudança social e econômica que ocorre. É imprescindível a reflexão sobre o comportamento futuro dos índices populacionais e econômicos, tendo em mente que ambos influenciam drasticamente na qualidade do município.

4 CONCLUSÕES

Através da pesquisa realizada, foi possível compreender a necessidade da matemática no entendimento da sociedade. A utilização dessa ferramenta se torna um caminho para solucionar problemas que requerem maior atenção e estudos, proporcionando soluções reflexivas do mesmo. Modelos matemáticos devem ser usados para as mais diversas finalidades, sendo que são passíveis de mudanças para se alinharem com os objetivos traçados. Dessa maneira, a matemática é permeada por momentos de reflexão, não se limitando apenas a resultados numéricos e quantitativos.

Ainda, obteve-se o entendimento da influência da dinâmica populacional com o crescimento econômico, observando o comportamento dos dados encontrados durante a pesquisa. Percebe-se assim a importância de sólidos planejamentos visando anos futuros, propiciando a sociedade oportunidades suficientes para que mantenham o padrão social no qual se encontram.

Portanto, conclui-se que o estudo social aliado com a modelagem matemática tem valor único para o entendimento do comportamento de indicadores demográficos e econômicos. Isso porque tanto para análise populacional quanto econômica necessita-se de dados qualitativos e quantitativo, ambos ofertados pelo uso de modelos matemáticos. Além disso, acredita-se na influência da dinâmica populacional para os planejamentos econômicos do município, objetivando sempre a qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ALVES, José Eustáqui Diniz. População, desenvolvimento e sustentabilidade: perspectivas para a CIPD pós-2014. **R. bras. Est. Pop.**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 219-230, jan./jun. 2014.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática**. São Paulo: Ed. Contexto, 2004.

BIEMBENGUT, Maria Sallet; HEIN, Nelson. **Modelagem Matemática no Ensino**. São Paulo: Editora Contexto, 2005.

IBGE. **Censos Demográficos**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

Leite, Maria das Dôres Milena de Sousa, Ingrid Vitória Silva Cardoso, Francisco Wedson Faustino, Rosemary de Matos Cordeiro, Suélho Pereira dos Santos, Bárbara de Alencar Peixoto Rocha. **Região metropolitana do cariri: uma análise socioeconômica e ambiental** Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 6, p.35906-35919, jun. 2020.

MEDEIROS, Adriana Vigolvinio; ANDRADE, Mayte Tavares. **Empreendedor crediário: o crescimento do comércio relacionado à atividade crediária de uma cidade do Cariri cearense**. Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo, [s.l.], v. 4, n. 3, p.233-259, jun. 2019.

SANTA ROSA. **Município: Economia**. Disponível em <<https://santarosa.atende.net/#!/tipo/pagina/valor/10>>. Acesso em: 26 jul. 2019.