Rev. Saúde públ., S. Paulo, 23(4):269-76, 1989

PROPOSTA DE UM MODELO PARA DESAGREGAR PROJEÇÕES DEMOGRÁFICAS DE GRANDES ÁREAS EM SEUS COMPONENTES GEOGRÁFICOS*

Célia Landmann Szwarcwald**
Euclides Ayres de Castilho**

SZWARCWALD, C.L. & CASTILHO, E.A. Proposta de um modelo para desagregar projeções demográficas de grandes áreas em seus componentes geográficos. **Rev. Saúde públ.**, S. Paulo, **23**:269-76, 1989.

RESUMO: Com o objetivo de tabular informações de mortalidade no Estado do Rio de Janeiro (Brasil), segundo município, e construir indicadores regionais (municipais), foi estudada a questão metodológica da estimativa dos denominadores; ou seja, de procedimentos para estimar populações de subáreas geográficas em anos posteriores ao censo de 1980. No Brasil, as estimativas oficiais de populações de subdivisões geográficas são feitas pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística pelo método localmente conhecido como "método A_iB_i". Analisa-se este procedimento e propõe-se um modelo matemático alternativo que satisfaz a condição de fechamento, isto é, a soma das alternativas para as áreas menores é igual a estimativa da população total. Uma aplicação do modelo foi feita para projetar as populações dos municípios do Estado do Rio de Janeiro, de 1981 a 1990.

DESCRITORES: Estimativas de população, métodos. Projeções de população, métodos.

INTRODUÇÃO

Subordinados aos propósitos de tabular informações de mortalidade no Estado do Rio de Janeiro desagregadas por município, defrontamo-nos com o problema teórico da estimativa dos denominadores, ou seja, da projeção de tamanhos de populações de subáreas geográficas em anos posteriores ao censo de 1980.

Diferentes métodos são aplicados, em geral, a estimativas de populações de áreas menores, como sub-regiões de um estado, municípios e distritos. Mesmo em países que contam com bom sistema de registro civil, onde as estimativas anuais de crescimento para anos posteriores ao censo são feitas pelo método direto de componentes[9] (pelas estatísticas de nascimentos, mortes e migração), a menor disponibilidade de dados locais, em particular registros de migração interna, apresenta-se como problema a requerer procedimentos não usuais.

Alguns métodos foram propostos para estimar o componente local de migração interna, baseados em séries de dados locais administrativos, sob a suposição que os dados de migração interna são relacionados com determinado segmento da população[9].

Ainda envolvendo o uso de uma ou mais séries de dados locais (tais como ocupação das escolas, número de instalações elétricas, de gás ou água, auto-registro, estatísticas de nascimento e morte), outros métodos são também utilizados para estimar diretamente as populações das subáreas, ao invés de meramente o componente de migração[9].

Em países onde há ausência ou deficiências na cobertura de dados locais em subáreas geográficas, recorre-se ao uso de modelos matemáticos, apesar de reconhecidamente mais imprecisos[11]. As funções mais comumente empregadas para este propósito são retas e exponenciais, apesar de que outras curvas também sejam ocasionalmente utilizadas, como a logística ou polinômios de maior grau.

A princípio, todos os modelos matemáticos devem estar sujeitos a restrição de fechamento, isto é, a soma das estimativas das áreas menores tem que ser igual ao resultado obtido para a estimativa da população total. Quanto à interpolação linear, esta é usada não somente para a população mas também para os seus segmentos cuja propriedade de fechamento é sempre satisfeita. No entanto, sabe-se que a projeção linear só deve ser utilizada quando existe razão de se

* Parte do projeto "Perfil de Mortalidade no Estado do Rio de Janeiro no período de 1976 a 1984, financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) (Processo 43.86.0020.00/40).
** Centro de Informações para a Saúde/Fundação Oswaldo Cruz — Av. Brasil, 4.365 — 21040 — Rio de Janeiro, RJ — Brasil.

acreditar que o tamanho da população varia uniformemente no período considerado.

No que se refere à projeção geométrica, geralmente são encontradas taxas de crescimento para as subpopulações diferentes da obtida para a população total. Por esta razão, a interpolação geométrica não satisfaz a restrição de fechamento e um ajuste faz-se necessário sempre que este método é empregado.

No Brasil, tanto as estimativas oficiais de populações de subdivisões geográficas como as estimativas de todos os municípios do País, para anos terminados em 5, são feitas pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE) com um método localmente conhecido como o "método A_iB_i"*. Amplamente divulgado por Madeira[7], este método objetiva estimar populações de áreas menores, com o compromisso de fechamento, sob a suposição que os tamanhos das subpopulações são uma função linear da estimativa da população total.

No presente trabalho, analisa-se o chamado método A_iB_i e propõe-se um modelo matemático alternativo para calcular "subprojeções", ou seja, estimar populações de sub-regiões que totalizem em cada ano o valor estimado para a população total.

Duas formas do modelo geral foram desenvolvidas e aplicadas à projeção das populações das meso-regiões do Estado do Rio de Janeiro para o ano de 1980, utilizando-se os dados dos censos de 1960 e 1970. A comparação dos modelos propostos com o método A_iB_i foi feita pelo confronto entre os valores projetados e aqueles observados no censo de 1980.

O modelo de melhor adequação foi então aplicado para projetar as populações dos municípios do Estado do Rio de Janeiro, de 1981 a 1990.

MÉTODO A_iB_i

Este método parte da pressuposição de que a população de cada subárea *i* — denotada por $P_i(t)$ — é expressa como uma regressão linear da subpopulação P(t), para todo tempo *t*. Matematicamente:

$$P_i(t) = A_iP(t) + B_i$$

Se t_0 e t_1 correspondem a dois anos censitários, a solução é dada por:

$$A_i = (P_i(t_1) - P_i(t_0))/(P(t_1) - P(t_0))$$

$$B_i = P_i(t_0) - A_iP(t_0)$$

Obviamente, como $\sum_i A_i = 1$ e $\sum_i B_i = 0$ a propriedade de fechamento é sempre cumprida.

Um problema que surge, além de outros, da utilização do método A_iB_i, é que o modelo de crescimento da subpopulação fica determinado pelo da população total. Assim é que quando a interpolação linear é usada para a população total, as subpopulações são conseqüentemente projetadas linearmente, o que nem sempre é uma suposição apropriada. Vale reconhecer, contudo, que este procedimento carrega consigo a vantagem de independência na seqüência de desagregações sucessivas.

Quando se supõe que a população total tem um modelo geométrico de crescimento,

$P(t) = P_0 e^{\lambda t}$, onde λ é a taxa de crescimento, então:

$$P_i(t) = A_iP(t) + B_i \Rightarrow \frac{dP_i}{dt} = A_i\frac{dP}{dt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dP_i}{dt} = A_i\lambda P(t) \Rightarrow \frac{dP_i}{dt} = \lambda(P_i(t) - B_i) = $$
$$= \lambda P_i(t) - \lambda B_i$$

Ou seja, a taxa de crescimento da subpopulação P_i não é proporcional ao seu tamanho, argumento que, em geral, é inválido.

MODELO PROPOSTO

O procedimento ora proposto tem o objetivo de projetar populações de subáreas em anos posteriores ao censo demográfico, com a restrição de que as subpopulações devem totalizar a população de toda a área.

Para sua proposição, consideremos conhecidas as populações de *k* subáreas geográficas nos anos censitários t_0 e $t_0 + 10$ e definamos:

$P_i(t)$ = população da subárea i no ano $t_0 + t$, $t \geq 0$. $i = 1, \ldots, k$.

$P(t)$ = população da área total no ano $t_0 + t$, $t \geq 0$.

* LINS, I.B. — Um método que estima população para áreas menores — uma aplicação prática ao caso brasileiro. [Dados inéditos].

A restrição é traduzida matematicamente por:

(1) $\sum_i P_i(t) = P(t)$, qualquer que seja $t \geq 0$.

O modelo geral de crescimento de uma população é dado por uma equação diferencial do tipo:

$\frac{dN}{dt} = F(N(t)).N(t)$, onde N(t) é a população no tempo t.

Em geral a função F é considerada constante quando obtemos o modelo de crescimento geométrico ou é uma função linear decrescente de *N*, correspondente ao modelo logístico de crescimento.

Consideremos que o modelo de crescimento para a população da área toda P(t) é definido pela equação diferencial:

(2) $\frac{dP}{dt} = \phi(P(t)).P(t)$, sendo a função ϕ supostamente conhecida.

O valor do incremento anual na população total, dado por

$$(3)\ \Delta P_t = P(t+1) - P(t)$$

é estabelecido através do modelo (2) e de constantes calculadas a partir de observações nos dois anos censitários t_0 e $t_0 + 10$.

Da mesma forma, a partir da proposição de uma curva teórica $\hat{P}_i(t)$ de crescimento para a população da subárea *i*.

$$(4)\ \frac{d\hat{P}_i}{dt} = \phi_i(\hat{P}_i(t)).\hat{P}_i(t),\ i = 1, \ldots, k$$

onde os parâmetros são estimados através de observações feitas em anos censitários, os valores de $F_{i,t}$ assim definidos:

(5) $F_{i,t} = \frac{\hat{P}_i(t+1) - \hat{P}_i(t)}{\hat{P}_i(t)}$ ficam determinados para todo *i* de 1 até *k*.

Para satisfazer a condição de fechamento (1), as estimativas $\hat{P}_i(t)$ requerem ajustamento. Sendo assim, propõe-se que para cada ano $t_0 + t$ a população da subárea *i* seja obtida através da equação de diferenças:

$$(6)\ P_i(t+1) - P_i(t) = \frac{\Delta P_t . F_{i,t}}{\sum_i (F_{i,t}.P_i(t))} \cdot P_i(t)$$

A demonstração que o modelo definido em (6) satisfaz a restrição (1) do problema, é feita de forma indutiva:

i) Para t = 0

$$P_i(1) - P_i(0) = \frac{\Delta P_0 F_{i,0}}{\sum_i F_{i,0} P_i(0)} \cdot P_i(0)$$

Então:

$$\sum_i P_i(1) - \sum_i P_i(0) = \Delta P_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sum_i P_i(1) = P(0) + \Delta P_0 = P(1)$$

ii) Suponhamos válido para t. Então:

$$\sum_i P_i(t+1) - \sum_i P_i(t) = \Delta P_t \Rightarrow$$

$$\sum_i P_i(t+1) = P(t) + \Delta P_t = P(t+1)$$

A utilização do modelo (6) é feita de maneira recursiva. Primeiramente, os valores de $\hat{P}_i(1)$ $i = 1, \ldots, k$ e P(1) são obtidos através dos modelos propostos respectivamente para o crescimento das subáreas i e da área total. Nota-se que os valores de $\hat{P}_i(1)$ não totalizam P(1). A partir das equações (3) e (5) são obtidos os valores de ΔP_0 e $F_{i,0}$, $i = 1, \ldots, k$ e substituindo-os no modelo (6) são encontrados os valores de $P_i(1)$, cuja soma é P(1). Recursivamente, as estimativas de $P_i(2)$ são feitas através de ΔP_1, $F_{i,1}$ e $P_i(1)$ e assim sucessivamente.

O procedimento geral foi desenvolvido com dois casos de funções particulares ϕ e ϕ_i, comumente usadas em modelos de crescimento de populações.

Primeiro Caso:

Suponhamos primeiramente modelos de crescimento geométrico tanto para população da área toda como para a subárea *i*.

Consideremos, então que:

$$P(t) = P(0)\, e^{r(t-t_0)},\ r = \frac{1}{10} \log(P(10)/P(0))^*$$

$$\hat{P}_i(t) = P_i(0)\, e^{r_i(t-t_0)},\ r_i = \frac{1}{10} \log(P_i(10)/P_i(0))$$

* Entende-se *log* por logaritmo neperiano.

Então $\Delta P_t = P(t+1) - P(t) = q\ P(t)$ onde

$$q = e^r\text{-}1 \text{ e } F_{i,t} = \frac{\hat{P}_i(t+1) - \hat{P}_i(t)}{\hat{P}_i(t)} = q_i \text{ onde}$$

$q_i = e^{r_i} - 1$

Substituindo os valores de P_t e $F_{i,t}$ em (6), a fórmula recursiva de obtenção de $P_i(t)$, temos:

$$P_i(t+1) - P_i(t) = \frac{q\ P(t).q_i\ P_i(t)}{\sum_i q_i\ P_i(t)}$$

Obtém-se primeiramente o valor de $P_i(1)$ a partir de $P_i(0)$:

$$P_i(1) - P_i(0) = \frac{q\ P(0).q_i\ P_i(0)}{\sum_i q_i\ P_i(0)}$$

O valor de $P_i(2)$ a partir de $P_i(1)$ e assim sucessivamente.

Segundo Caso:

Suponhamos agora que a população da área total cresce geometricamente (i.e. $P(t) = P(0)\ e^{r(t-t_0)}$) enquanto que a população de cada subárea tem um "fator inibidor" ao seu crescimento que é a população total P(t), sendo definida pela equação diferencial:

$$\frac{d\hat{P}_i}{dt} = (\alpha_i - \beta_i\ P(t)\ )\ \hat{P}_i(t),\ i = 1, \ldots, k$$

Em estudos de dinâmicas de populações, este modelo representa o crescimento de espécies competitivas[8]. No nosso caso, as espécies são as subpopulações competindo pelo tamanho limitado que é o da população total. O parâmetro α_i representa a taxa natural de crescimento da subpopulação *i* caso não houvesse a presença de outros fatores, como as migrações internas.

Para obter a solução diferencial acima proposta, façamos:

$$\frac{1}{\hat{P}_i(t)} \frac{d\hat{P}_i}{dt} = \alpha_i - \beta_i\ P(t)$$

E integrando-se, obtemos:

$$\hat{P}_i(t) = C_0 \exp\ \{\alpha_i t - \beta_i\ r\ P(t)\}$$

Para satisfazer a condição inicial $\hat{P}_i(t) = P_i(0)$ no ponto $t = t_0$, obtemos:

(7) $\hat{P}_i(t) = P_i(0) \exp\{\alpha_i(t\text{-}t_0) - \beta_i r(P(t) - P(0)\ )\}$ que é a solução.

O parâmetro α_i pode ser estimado diretamente pela diminuição entre a taxa de natalidade e a taxa de mortalidade para cada subárea em ano censitário, já que ele representa a taxa natural de crescimento caso não houvesse a presença do "fator inibidor".

O parâmetro β_i é obtido a partir da seguinte equação:

$$\beta_i = \frac{\alpha_i - 1/10 \log(P_i(10)/\ P_i(0)\ )}{r(P(10) - P(0)\ )/10}$$

Do modelo (7) deduzimos o valor de $F_{i,t}$:

$$F_{i,t} = \frac{\hat{P}_i(t+1) - \hat{P}_i(t)}{\hat{P}_i(t)} =$$

$$\exp\{\alpha_i - \beta_i r(P(t+1) - P(t)\ )\} - 1$$

As subpopulações $P_i(t)$ são estimadas através da equação recursiva (6).

ADEQUAÇÃO DOS MODELOS

Foram testadas empiricamente as adequações de três modelos: o primeiro caso do modelo proposto, que denominamos de Modelo 1: o segundo caso de Modelo 2 e o método A_iB_i de Modelo A_iB_i.

Para os testes foram utilizadas as populações das meso-regiões do Estado do Rio de Janeiro:

i) Fluminense do Grande Rio
ii) Industrial do Médio Paraíba
iii) Litoral Sul
iv) Baixadas Litorâneas
v) Serrana
vi) Norte
vii) Município do Rio de Janeiro

Os dados populacionais observados nos censos de 1960 e 1970[1] foram utilizados para os cálculos dos parâmetros dos três modelos. As subpopulações das regiões do Estado foram então projetadas para o ano de 1980 pelos três métodos diferentes e comparados com os valores observados no censo de 1980[4] (Tabela 1). Supôs-se sempre uma taxa de crescimento anual para o conjunto do Estado de 2,25% da década de 70-80, estimativa esta resultante da projeção linear das taxas de crescimento observadas para as décadas de 1950-60 e 1960-70.

Na aplicação do Modelo 2, os dados de nascimento foram obtidos pelo censo de 1970[3], e corrigidos pelo fator resultante da aplicação do método de Brass[2] de correção da fecundidade no Estado. Os dados de óbito regionais para o ano de 1970 foram obtidos pela publicação da Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social (FIDERJ)[6] e corrigidos conjecturando-se uma cobertura do sistema de 95%.

TABELA 1

Valores observados e projetados das populações das meso-regiões do Estado do Rio de Janeiro, 1980.

Região	Valores Observados no censo de 1980*	Valores projetados		
		Modelo 1	Modelo 2	Modelo A_iB_i
Fluminense do Grande Rio	3.923.574	4.053.873	4.006.506	3.932.281
Industrial do Médio Paraíba	802.633	729.805	741.119	744.934
Litoral Sul	78.460	70.772	71.885	71.459
Baixadas Litorâneas	390.854	374.334	382.944	381.513
Serrana	337.482	306.832	316.398	313.062
Norte	667.817	634.421	664.637	630.806
Município do Rio de Janeiro	5.090.700	5.094.357	5.080.905	5.190.339
Estado do Rio de Janeiro	11.291.520	11.264.394	11.264.394	11.264.394

Taxa de crescimento utilizada para a população total: $r = 0{,}0225$
* Fundação IBGE[4].

O critério escolhido para avaliação do grau de discrepância entre o modelo e os dados observados baseou-se na estimativa de uma regressão linear entre os valores projetados pelo modelo e os valores observados para o ano de 1980. Na suposição de valores projetados idênticos aos observados, o coeficiente angular *b* seria igual a *1* e o coeficiente linear *a* seria igual a *0*.

De posse das estimativas de $\hat{a}$ e $\hat{b}$ para os três modelos, considerou-se as hipóteses de que b = 1 e a = 0, testadas pelas estatísticas *t* de Student[10]. Os resultados estão dispostos na Tabela 2. Segundo este critério, o "melhor" foi o Modelo 2, que mostrou a melhor aceitação para as hipóteses consideradas, pelo menos no que tange aos dados do Rio de Janeiro. Seguiu-se o Modelo 1 também demonstrando aceitação. A hipótese nula H: b = 1 foi rejeitada na aplicação do método A_iB_i com valor da estatística *t* maior que o valor crítico (p<5%).

ESTIMATIVAS DAS POPULAÇÕES DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: 1981 A 1990

Tendo sido o Modelo 2 aquele que mostrou melhor adequação aos dados observados, escolheu-se este método para projetar as popu-

TABELA 2

Valores do coeficiente angular ($\hat{b}$), do coeficiente linear ($\hat{a}$) e respectivas estatísticas t da regressão linear entre os valores projetados e os observados das populações das meso-regiões do Estado do Rio de Janeiro, 1980.

Modelo	$\hat{b}$	t para H: b = 1	p	$\hat{a}$	t para H: a = 0	p
Modelo 1	1,019	1,74	NS*	−35.231,72	−1,27	NS
Modelo 2	1,011	1,26	NS	−20.828,57	−1,01	NS
Modelo A_iB_i	1,021	3,19	$2\% < p < 5\%$	−36.961,29	−2,33	NS

* NS = não significativo ao nível de 5%.

TABELA 3

Projeções das populações* dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro, 1980 a 1990.

Municípios	Ano										
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Angra dos Reis	57.861	59.364	60.902	62.476	64.086	65.733	67.417	69.140	70.902	72.703	74.544
Araruama	49.822	50.642	51.472	52.313	53.164	54.025	54.896	55.778	56.670	57.572	58.484
Barra do Piraí	71.931	73.002	74.085	75.179	76.285	77.402	78.530	79.670	80.821	81.983	83.156
Barra Mansa	154.741	158.878	163.128	167.494	171.980	176.589	181.325	186.190	191.189	196.325	201.601
Bom Jardim	18.531	18.743	18.954	19.164	19.373	19.580	19.786	19.991	20.194	20.395	20.595
Bom Jesus de Itapoana	27.970	28.070	28.165	28.255	28.340	28.419	28.493	28.562	28.625	28.683	28.735
Cabo Frio	70.955	73.007	75.122	77.302	79.549	81.865	84.252	86.712	89.248	91.863	94.558
Cachoeiras de Macacu	35.867	36.262	36.654	37.043	37.429	37.811	38.189	38.563	38.932	39.296	39.655
Cambuci	21.037	20.999	20.957	20.910	20.859	20.803	20.743	20.678	20.609	20.536	20.458
Campos	348.461	351.918	355.368	358.810	362.242	365.663	369.071	372.466	375.845	379.208	382.553
Cantagalo	19.188	19.329	19.469	19.607	19.743	19.877	20.008	20.137	20.264	20.388	20.510
Carmo	12.282	12.358	12.434	12.509	12.583	12.656	12.728	12.799	12.869	12.938	13.006
Casimiro de Abreu	22.171	22.599	23.034	23.477	23.927	24.385	24.851	25.325	25.807	26.297	26.795
Conceição de Macabu	13.624	13.803	13.983	14.164	14.347	14.531	14.716	14.902	15.090	15.279	15.469
Cordeiro	15.357	15.573	15.790	16.009	16.230	16.453	16.678	16.905	17.133	17.363	17.595
Duas Barras	7.996	8.068	8.139	8.208	8.276	8.343	8.408	8.472	8.534	8.595	8.654
Duque de Caxias	575.814	587.885	600.172	612.677	625.402	638.350	651.524	664.926	678.558	692.422	706.520
Engº Paulo de Frontin	12.909	13.025	13.142	13.259	13.376	13.494	13.612	13.730	13.848	13.967	14.086
Itaboraí	114.540	118.403	122.405	126.551	130.846	135.296	139.906	144.683	149.633	154.762	160.078
Itaguaí	90.133	92.945	95.845	98.836	101.920	105.100	108.380	111.762	115.249	118.845	122.553
Itaocara	21.310	21.389	21.465	21.537	21.605	21.669	21.729	21.785	21.837	21.885	21.929
Itaperuna	63.086	63.576	64.061	64.540	65.013	65.480	65.940	66.393	66.839	67.278	67.709
Laje do Muriae	7.515	7.499	7.482	7.464	7.445	7.424	7.402	7.379	7.355	7.330	7.303
Macaé	75.851	76.793	77.741	78.694	79.653	80.617	81.586	82.560	83.539	84.522	85.510
Magé	166.602	170.828	175.161	179.603	184.157	188.825	193.611	198.517	203.546	208.700	213.983
Mangaratiba	13.845	14.022	14.199	14.376	14.553	14.730	14.907	15.083	15.259	15.435	15.610
Maricá	32.618	33.301	33.998	34.710	35.436	36.177	36.934	37.706	38.494	39.298	40.119
Mendes	15.534	15.761	15.991	16.223	16.458	16.695	16.935	17.177	17.422	17.669	17.919
Miguel Pereira	14.721	14.827	14.933	15.039	15.144	15.249	15.354	15.458	15.562	15.666	15.769
Miracema	22.007	22.141	22.274	22.405	22.535	22.663	22.789	22.914	23.037	23.158	23.277
Natividade	19.887	20.029	20.168	20.303	20.434	20.562	20.686	20.806	20.921	21.032	21.139
Nilópolis	151.588	153.755	155.938	158.137	160.352	162.582	164.827	167.086	169.359	171.646	173.946
Niterói	397.123	402.546	408.037	413.596	419.223	424.920	430.686	436.523	442.430	448.409	454.460
Nova Friburgo	123.370	125.790	128.259	130.778	133.348	135.971	138.647	141.378	144.164	147.007	149.908
Nova Iguaçu	1.094.805	1.124.568	1.155.123	1.186.490	1.218.690	1.251.743	1.285.670	1.320.493	1.356.234	1.392.915	1.430.560
Paracambi	30.319	30.699	31.083	31.471	31.863	32.259	32.659	33.063	33.470	33.881	34.296

Continua

Continuação

Municípios	Ano										
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Paraíba do Sul	29.238	29.553	29.867	30.181	30.494	30.805	31.115	31.424	31.731	32.036	32.339
Parati	20.599	21.015	21.438	21.867	22.302	22.744	23.192	23.646	24.107	24.574	25.047
Petrópolis	242.009	245.958	249.969	254.042	258.179	262.380	266.646	270.978	275.377	279.843	284.377
Piraí	28.786	29.207	29.631	30.059	30.490	30.924	31.362	31.803	32.247	32.694	33.144
Porciúncula	13.458	13.557	13.656	13.755	13.854	13.953	14.052	14.150	14.248	14.346	14.444
Resende	87.335	89.065	90.823	92.609	94.423	96.266	98.137	100.037	101.966	103.924	105.912
Rio Bonito	40.036	40.600	41.167	41.736	42.308	42.883	43.460	44.039	44.620	45.203	45.788
Rio Claro	12.914	12.972	13.027	13.078	13.125	13.168	13.207	13.242	13.273	13.300	13.323
Rio das Flores	6.866	6.896	6.925	6.953	6.979	7.004	7.027	7.049	7.070	7.089	7.107
Rio de Janeiro	5.090.700	5.155.025	5.220.012	5.285.664	5.351.983	5.418.971	5.486.629	5.554.959	5.623.962	5.693.640	5.763.994
Santa Maria Madalena	11.079	11.096	11.111	11.123	11.132	11.138	11.141	11.141	11.138	11.132	11.123
Santo Antonio de Pádua	33.513	33.837	34.159	34.480	34.799	35.116	35.431	35.743	36.053	36.360	36.664
São Fidélis	34.976	35.170	35.359	35.544	35.724	35.899	36.068	36.232	36.391	36.544	36.691
São Gonçalo	615.352	629.525	644.029	658.870	674.056	689.595	705.495	721.764	738.411	755.443	772.870
São João da Barra	54.597	55.012	55.417	55.811	56.194	56.565	56.924	57.271	57.605	57.926	58.234
São João de Meriti	398.826	407.351	416.019	424.830	433.830	433.786	442.887	452.134	461.528	471.069	490.596
São Pedro D'Aldeia	37.502	38.299	39.111	39.938	40.781	41.640	42.515	43.406	44.313	45.237	46.178
São Sebastião do Alto	8.949	8.969	8.987	9.002	9.015	9.025	9.033	9.038	9.041	9.041	9.038
Sapucaia	14.946	15.022	15.095	15.164	15.229	15.290	15.347	15.400	15.449	15.494	15.534
Saquarema	28.194	28.582	28.972	29.364	29.757	30.152	30.548	30.945	31.343	31.742	32.142
Silva Jardim	16.832	16.973	17.111	17.245	17.375	17.501	17.623	17.741	17.855	17.965	18.070
Sumidouro	11.395	11.515	11.634	11.751	11.867	11.981	12.093	12.203	12.311	12.417	12.521
Teresópolis	98.705	100.738	102.809	104.919	107.069	109.259	111.490	113.763	116.078	118.436	120.837
Trajano de Morais	10.630	10.615	10.597	10.576	10.552	10.525	10.495	10.462	10.426	10.387	10.345
Três Rios	71.172	72.490	73.827	75.183	76.557	77.950	79.362	80.792	82.241	83.709	85.196
Valença	53.577	54.046	54.516	54.987	55.459	55.931	56.404	56.877	57.351	57.825	58.299
Vassouras	44.322	44.683	45.042	45.400	45.757	46.112	46.465	46.816	47.165	47.512	47.857
Volta Redonda	183.641	188.057	192.583	197.222	201.977	206.852	211.849	216.971	222.221	227.603	233.119
Estado do Rio de Janeiro	11.291.520	11.478.228	11.668.023	11.860.956	12.057.080	12.256.446	12.459.109	12.665.123	12.874.544	13.087.427	13.303.830

* Projeções feitas a partir da aplicação do Modelo 2.
Taxa de crescimento utilizada para a população total: $r = 0{,}0164$
Fator de correção para o número de nascidos vivos: 1,17.
Fator de correção para os óbitos: 1,053.
Fonte para o número de nascidos vivos segundo município: Fundação IBGE[5]
Fonte para os óbitos segundo município: Fonte IBGE[5].

lações dos municípios do Estado do Rio de Janeiro no período de 1981 a 1990.

Foi confeccionado um aplicativo em linguagem BASIC que encontra-se à disposição no Centro de Informações para a Saúde/ Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ).

Supôs-se para a população total um modelo geométrico de crescimento, com uma taxa de crescimento de 1,64% ao ano, na década de 1980-90. Esta estimativa é a projeção das taxas de crescimento encontradas para o Estado nas décadas de 1950-60, 1960-70 e 1970-80.

Para estimativas dos parâmetros α_i, as taxas de natalidade municipais foram obtidas pelo censo de 1980[4] enquanto os dados de óbitos municipais, para o ano de 1980, o foram pelas Estatísticas de Registro Civil[5]. Tanto o número de óbitos como o de nascidos vivos foram corrigidos segundo método proposto em trabalho anterior*.

As estimativas das populações dos municípios do Estado do Rio de Janeiro, no período de 1981 a 1990, resultantes da aplicação do segundo caso do modelo proposto, encontram-se dispostas na Tabela 3. As subpopulações totalizam a cada ano a população projetada para o Estado.

AGRADECIMENTOS

Aos redatores da Revista de Saúde Pública pelas valiosas sugestões.

SZWARCWALD, C.L. & CASTILHO, E.A. [Proposal for a model for the desaggregation of demographic projections relating to large areas into their geographical components]. **Rev. Saúde públ.**, S. Paulo, 23:269-76, 1989.

ABSTRACT: The problem of the preparation of estimates of the total population of geographic subdivisions after the 1980 census is studied with a view to the tabulation on mortality data of Rio de Janeiro State (Brazil) by municipal districts and the estimation of regional mortality rates. In Brazil, the calculation of the official population estimates is undertaken by the Brazilian Institute of Geography and Statistics. The method employed to estimate the population of geographic subdivisions is known as the "A_iB_i method". This procedure is analysed and an alternative mathematical model is proposed that also satisfies the closure condition, that is, the projected values for the sum of the segments up to the total population projection. As an application of the proposed model, estimates of the population of the municipal districts of Rio de Janeiro State were prepared covering the period from 1981 to 1990.

KEYWORDS: Population estimates, methods. Populations projection, methods.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 1981. (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), Rio de Janeiro, 1981.
2. BRASS, W. et al. *The demography of tropical Africa.* Princeton, N.J., Princeton University Press, 1968.
3. FUNDAÇÃO IBGE. *Censo demográfico: Rio de Janeiro.* Rio de Janeiro, 1973. v.1, t.1. (VIII Recenseamento Geral do Brasil — 1970).
4. FUNDAÇÃO IBGE. *Censo demográfico: Rio de Janeiro.* Rio de Janeiro, 1983, v.1, t.4, n.18. (IX Recenseamento Geral do Brasil — 1980).
5. FUNDAÇÃO IBGE. *Estatísticas do registro civil: 1980.* Rio de Janeiro, 1981. v.7.
6. FUNDAÇÃO INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (FIDERJ/DIGEST/ SIPE). *Estado do Rio de Janeiro: estatísticas do sistema de saúde.* Rio de Janeiro, 1977.
7. MADEIRA, J.L. & SIMÕES, C.C.S. Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as Unidades da Federação de 1960/1980 por uma nova metodologia. *Rev. bras. Estat.*, Rio de Janeiro, 33(129):3-11, 1972.
8. PIELOU, E.C. *An introduction to mathematical ecology.* New York, John Wiley & Sons, 1969.
9. SHRYOCK, H.S. et al. Population estimates. In: U.S. Bureau of the Census. *The methods and materials of demography.* 3rd ed., Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1975. p.725-70.
10. SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. *Statistical methods.* 6th ed. Iowa, The Iowa State University Press, 1967.
11. ZITTER, M. & SHRYOCK, H.S. Accuracy of methods of preparing postcensal estimates for states and local areas. *Demography*, 1(1):227-41, 1964.

Recebido para publicação em 30/6/1988.
Reapresentado em 7/6/1989.
Aprovado para publicação em 8/6/1989.

* Szwarcwald, C.L. — A mortalidade infantil no Brasil de 1977 a 1985: uma proposta de método de cálculo a partir das estatísticas vitais. [Dados inéditos]