

SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO
FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA
Siegfried Emanuel Heuser

ISSN 1676-1375
ISBN 85-7173-022-9

**METODOLOGIA DE ESTIMATIVAS E PROJEÇÕES
POPULACIONAIS PARA O RIO GRANDE DO SUL
E SEUS MUNICÍPIOS**

Maria de Lourdes Teixeira Jardim

Documentos FEE n. 56

Porto Alegre, outubro de 2003



FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA Siegfried Emanuel Heuser

CONSELHO DE PLANEJAMENTO: **Presidente:** Aod Cunha de Moraes Júnior. **Membros:** André Meyer da Silva, Ernesto Dornelles Saraiva, Ery Bernardes, Eudes Antidis Missio, Nelson Machado Fagundes e Ricardo Dathein.

CONSELHO CURADOR: Fernando Luiz M. dos Santos, Maria Lúcia Leitão de Carvalho e Suzana de Medeiros Albano.

DIRETORIA:

PRESIDENTE: AOD CUNHA DE MORAES JÚNIOR

DIRETOR TÉCNICO: ÁLVARO ANTÔNIO LOUZADA GARCIA

DIRETOR ADMINISTRATIVO: ANTONIO CESAR GARGIONI NERY

CENTROS:

ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS: Maria Isabel H. da Jornada

PESQUISA DE EMPREGO E DESEMPREGO: Roberto da Silva Wiltgen

INFORMAÇÕES ESTATÍSTICAS: Jorge da Silva Accurso

INFORMÁTICA: Antônio Ricardo Belo

EDITORIAÇÃO: Valesca Casa Nova Nonnig

RECURSOS: Alfredo Crestani

Jardim, Maria de Lourdes Teixeira, 1949-

Metodologias de estimativas e projeções populacionais para o Rio Grande do Sul e seus municípios / Maria de Lourdes Teixeira Jardim. - Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento: Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser, 2003.

68 p. (Documentos FEE; n. 56)

ISBN 85-7173-022-9

ISSN 1676-1375

1. População - Estatística - Metodologia - Rio Grande do Sul. - 2. Demografia - Estatística - Metodologia — Rio Grande do Sul. I. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. II. Título. - III. Série.

CDU 314.02/.04 (816.5)

CIP Yara Maria Centeno Teixeira

CRB10/617

Tiragem: 100 exemplares.

Toda correspondência para esta publicação deverá ser endereçada à:
FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA Siegfried Emanuel Heuser (FEE)

Rua Duque de Caxias, 1691 — Porto Alegre, RS — CEP 90010-283

Fone: (51) 3216-9049 — Fax: (51) 3225-0006

E-mail: diretoria@fee.tche.br

www.fee.tche.br

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	07
2 - A EXPERIÊNCIA DA FEE EM PREVISÕES POPULACIONAIS	09
3 - AS NOVAS PROJEÇÕES POPULACIONAIS DO RIO GRANDE DO SUL	11
3.1 - Método dos componentes para projetar a população total do Rio Grande do Sul	12
3.1.1 - Descrição metodológica do método dos componentes	13
3.1.2 - Projeção da fecundidade.....	14
3.1.2.1 - Projeção dos níveis de fecundidade	14
3.1.2.2 - Projeção da estrutura de fecundidade	15
3.1.3 - Projeção da mortalidade	16
3.1.3.1 - Projeção dos níveis de mortalidade	16
3.1.3.2 - Projeção da estrutura etária de mortalidade	16
3.1.4 - Cálculo dos saldos migratórios intercensitários	16
4 - OS MODELOS DE ESTIMATIVAS POPULACIONAIS MUNICIPAIS	19
4.1 - Modelo de correlação de razões	20
4.1.1 - Descrição do método de correlação de razões	22
4.1.1.1 - Variáveis sintomáticas e fontes de informações	23
4.1.1.2 - Modelo de regressão	23
4.1.1.3 - Estimativa da população por municípios ...	25
4.2 - Descrição do método de relação de coortes	25
4.2.1 - Cálculo da população dos grupos etários de cinco a 10 anos até 70 a 75 anos	26
4.2.1.1 - Cálculo das razões por coorte $({}_5R_{Tjx}^{(0,t)})$	26

4.2.1.2 - Cálculo do índice de crescimento diferencial (${}_5 K_{h_j x}^{(0, t)}$)	27
4.2.2 - Cálculo da população menor de cinco anos	27
4.2.2.1 - Cálculo do total de nascimentos ($B_h^{(t, t+5)}$)...	28
4.2.2.2 - Cálculo das taxas específicas de fecundidade (${}_5 TEF_{hx}^{(t, t+5)}$)	28
4.2.2.3 - Cálculo das taxas de fecundidade total dos municípios	28
4.2.3 - Cálculo da população de 75 anos ou mais	29
5 - AVALIAÇÃO DAS PROJEÇÕES POPULACIONAIS PARA O TOTAL DO RIO GRANDE DO SUL	35
6 - AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS POPULACIONAIS MUNICIPAIS DO RIO GRANDE DO SUL PARA 2000	39
7 - CONCLUSÕES	45
ANEXOS	47
Anexo 1 - O método $a_i b_i$	47
Anexo 2 - O ajuste da curva logística a dados populacionais	48
Anexo 3 - Metodologias de estimativas populacionais avaliadas com os resultados do Censo de 1991.....	50
Anexo 4 - Avaliação dos resultados das estimativas para 1991.....	55
Anexo 5 - Método de correlação de razões com base nos resultados da contagem populacional de 1996	58
Anexo 6 - O método de relação de coortes para projetar a população dos municípios por faixa etária e sexo para os anos posteriores a 1996	60
REFERÊNCIAS	65

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 - Taxa anual líquida de migração no Rio Grande do Sul — 1970-00	11
Tabela 2 - Taxas específicas de fecundidade, por faixa etária da mãe, taxa de fecundidade total (TFT) e limite no Rio Grande do Sul — 2000-20	12
Tabela 3 - Probabilidades de sobrevivência ${}_x+nS_x$ no Rio Grande do Sul — 2000-20	13
Tabela 4 - Parâmetros dos modelos das regressões de correlação de razões da população dos municípios do Rio Grande do Sul — 1991-00 e 1996-00	22
Tabela 5 - Comparativo entre as populações projetada e observada, por grandes grupos etários e sexo, no Rio Grande do Sul — 2000	36
Tabela 6 - Estatísticas das diferenças relativas entre a população estimada pelo método de correlação de razões e pelo de Duchesne e a observada no censo, segundo áreas mínimas de comparação, no Rio Grande do Sul — 2000	42
Tabela A4.1 - Resumo das estatísticas referentes aos erros relativos das estimativas populacionais dos municípios do Rio	56
Gráfico 1 - Erro das estimativas populacionais para os municípios com menos de 10.000 habitantes, sem variável <i>dummy</i> , no Rio Grande do Sul — 2000	31
Gráfico 2 - Erro das estimativas populacionais para os municípios com menos de 10.000 habitantes, com variável <i>dummy</i> , no Rio Grande do Sul — 2000	31
Gráfico 3 - Erro das estimativas populacionais para os municípios com população entre 10.000 e 100.000 habitantes, sem variável <i>dummy</i> , no Rio Grande do Sul — 2000	32
Gráfico 4 - Erro das estimativas populacionais para os municípios com população entre 10.000 e 100.000 habitantes, com variável <i>dummy</i> , no Rio Grande do Sul — 2000	32

Gráfico 5 - Erro das estimativas populacionais para os municípios com mais de 100.000 habitantes, sem variável <i>dummy</i> , no Rio Grande do Sul — 2000	33
Gráfico 6 - Erro das estimativas populacionais para os municípios com mais de 100.000 habitantes, com variável <i>dummy</i> , no Rio Grande do Sul — 2000	33
Gráfico 7 - População e projeções da população, segundo os dados observados até 1991 e diferentes métodos, no Rio Grande do Sul — 1940-00	37
Gráfico 8 - População e projeções da população, segundo os dados observados até 1980 e diferentes métodos, no Rio Grande do Sul — 1940-00	38
Gráfico 9 - População e projeções da população, segundo os dados observados até 1970 e diferentes métodos, no Rio Grande do Sul — 1940-00	39

1 - INTRODUÇÃO

As projeções e as estimativas populacionais estão entre as informações mais demandadas tanto por planejadores como por pesquisadores e estudantes que procuram a Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser (FEE) em busca de dados. Apesar de a instituição divulgar em suas publicações esses dados, desde a sua criação, sistematicamente, recebe demanda de informações populacionais, seja através do serviço público da biblioteca, seja institucionalmente. Embora algumas solicitações necessitem tabulações especiais, a maioria desses pedidos diz respeito a informações já tabuladas e divulgadas. Mais recentemente, com a divulgação desses dados através da *internet* e de publicações eletrônicas, como **Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul e Um Século de População no Rio Grande do Sul**, as demandas têm se concentrado em tabulações especiais e em projeções e estimativas para desagregações específicas — tais como faixas etárias em idade escolar para a SEC; municípios selecionados —, como as elaboradas para os projetos Mar de Dentro e Pró-Guaíba.

O objetivo deste texto é relatar a metodologia utilizada pela FEE para projetar a população do Rio Grande do Sul, por faixa etária e sexo, e o modelo aplicado para o cálculo das estimativas populacionais municipais anuais. Embora a metodologia utilizada para estimar a população dos municípios do Rio Grande do Sul tenha sido objeto de minha Dissertação de Mestrado (Jardim, 1995), já tenha sido apresentada em encontros da Associação Brasileira de Estudos Populacionais (ABEP) (Jardim, 1992, 1994, 2000, 2002) e publicada na revista da CEPAL/CELADE (Jardim, 2000), somente a partir do último encontro da ABEP houve uma preocupação maior em descrever, além da metodologia das estimativas municipais, a forma como são feitas as projeções para a população total do Estado por faixa etária e sexo. O interesse em enfatizar a metodologia de estimativa populacional municipal é justificado pelo fato de a técnica utilizada pela FEE — métodos cujos modelos consideram variáveis sintomáticas — ser ainda pouco difundida.

A utilização de variáveis sintomáticas para estimar a população de áreas menores surgiu nos Estados Unidos, em 1950 (Bogue, 1950). Embora, desde a metade do século passado, essa técnica venha sendo discutida, aperfeiçoada e aplicada nos Estados Unidos e no Canadá, ainda é pouco utilizada na América Latina. Segundo Bay (2001), na América Latina, além do Rio Grande do Sul, somente Chile (Bay, 1998) e Costa Rica (Chaves, 2001) possuem trabalhos que utilizam variáveis sintomáticas para estimar a população de áreas menores. Em

contrapartida, o método que vem sendo aplicado para projetar a população total do Rio Grande do Sul por faixa etária e sexo é o tradicionalmente utilizado para projetar a população para áreas maiores: método dos componentes (Arretx, 1984; Neupert, 1987; PROJEÇÃO..., 1999; PARANÁ..., 1999).

2 - A EXPERIÊNCIA DA FEE EM PREVISÕES POPULACIONAIS

A FEE desenvolve metodologias de previsões populacionais, por município, desagregadas em urbano e rural desde a década de 70 (ESTIMATIVAS..., 1977). A metodologia das estimativas populacionais municipais para os anos 70 consistia em, a partir da estimativa da população total do Rio Grande do Sul calculada pelo IBGE, aplicar o método $a_i b_i$ (**Anexo 1**) para calcular especificamente as estimativas municipais anuais dessa década. Nessa década, o IBGE só divulgou as estimativas populacionais municipais para o ano de 1975. Com o objetivo de obtermos estimativas populacionais anuais compatíveis com as preparadas para o IBGE para 1975, este forneceu os valores $a_i b_i$ de cada município. Na década de 80, utilizamos um ajuste logístico (Madeira, 1956; Carneiro, 1981) para projetar a população total do Rio Grande do Sul (**Anexo 2**). Já a metodologia utilizada para estimar as populações municipais da década de 80 foi a mesma da de 70, ou seja, o método $a_i b_i$. Cabe salientar que esse método ainda é utilizado por nós para interpolar as populações intercensitárias para os anos anteriores ao da realização dos censos, ou seja, quando o IBGE divulga os resultados censitários, as projeções dos anos anteriores são recalculadas por esse método. Uma das vantagens do método $a_i b_i$, também chamado de **método de distribuição constante do crescimento** (Heider, 1981), é o fato de este pertencer à categoria de **distribuição consistente**, ou seja, produz estimativas para os municípios cuja soma é igual à população total do Estado.

Com a não-realização do censo demográfico em 1990, houve necessidade de fazermos estimativas para esse ano. Embora a mudança na data do censo (de 1990 para 1991) tenha sido negativa no sentido do conhecimento, da sistematização e da divulgação de dados populacionais, isso possibilitou o aperfeiçoamento metodológico tanto das estimativas populacionais municipais como das projeções da população do Estado. Isto porque as estimativas para o ano de 1990, que consideravam a tendência de crescimento entre 1970 e 1980, necessitavam de ajustes, haja vista que, além do longo período de projeção (o que possibilita grandes mudanças na dinâmica demográfica dos municípios), havia sido criado, na década de 80, um grande número de municípios novos (o que não ocorreu na década anterior). Assim, foi no final da década de 80 que iniciamos a utilização do método dos componentes para projetar a população total do Estado e a inclusão de variáveis sintomáticas para estimar a população dos municípios. Nesse exercício, foram projetadas as populações do Rio Grande do Sul, por faixa etária e sexo, para o período de 1990 a 2015. O diferencial

desse método em relação aos modelos matemáticos utilizados anteriormente é que, além de obter as populações desagregadas por faixa etária e sexo, está baseado em supostos demográficos, ou seja, são consideradas as tendências futuras dos componentes – fecundidade, mortalidade e migração.

Embora o método utilizado para estimar a população dos municípios em 1990 fosse muito simples (método *pro-rata*, descrito no **Anexo 3**) e só incluísse uma variável sintomática (o número de eleitores), os resultados do censo de 1991 mostraram que as estimativas eram bastante eficazes, já que a estimativa para 1991 forneceu, para a maioria dos municípios, valores próximos dos resultados do censo. Contribuiu, também, para a eficácia das estimativas populacionais municipais o fato de a projeção feita pelo método dos componentes para o total do RS fornecer valor muito próximo do resultado do censo. Além dos avanços metodológicos com a utilização do método dos componentes, foi importante, também, para a eficácia desta projeção populacional, o fato de esta ter sido realizada no final da década de 80, quando já se tinha conhecimento, através dos dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio (PNAD), das mudanças na dinâmica demográfica recente ocorridas no País, naquela década, principalmente no que diz respeito à acentuada queda de fecundidade.

Com a divulgação dos primeiros resultados no **Censo Demográfico de 1991** e a compatibilização das áreas geográficas de 1980 e 1991, fornecida pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),¹ foi possível avaliarmos diferentes métodos de estimativas populacionais que utilizam variáveis sintomáticas (**Anexo 3**), e, já em 1992, foram estimadas as populações municipais pelo método de correlação de razões. A escolha desse método deve-se a sua melhor eficácia quando comparada com outros métodos (**Anexo 4**). Os parâmetros estimados pelo modelo de regressão do método de correlação de razões descritos no **Anexo 4** foram utilizados para estimar as populações municipais dos anos de 1992 a 1995. Com a divulgação da contagem populacional de 1996, foi elaborada uma nova projeção populacional, criado um novo modelo de regressão para as estimativas populacionais municipais (**Anexo 5**) e incorporado o modelo de Duchesne de projeção de população, por faixa etária e sexo, para os municípios (**Anexo 6**).

¹ Desde o censo de 1970, o IBGE divulga a população do censo anterior para as áreas municipais comparáveis com o censo objeto de divulgação.

3 - AS NOVAS PROJEÇÕES POPULACIONAIS DO RIO GRANDE DO SUL

A metodologia utilizada para projetar a população total do Rio Grande do Sul, por faixa etária e sexo, de 2001 a 2020 foi a mesma das projeções realizadas nas décadas de 80 e 90, ou seja, o método dos componentes por coortes. As variações dessa projeção, em relação às anteriores, foram no sentido de, além de atualizar a população inicial (a do ano 2000), determinar novos pressupostos sobre o comportamento futuro da fecundidade e da mortalidade. Quanto à migração, dado que a avaliação indicou que, no período de 1991 a 2000, a estimativa do saldo migratório foi insignificante (Tabela 1), optamos por considerá-la nula. A metodologia de cálculo das taxas líquidas de migração está descrita na seção 3.1.4.

Tabela 1

Taxa anual líquida de migração no Rio Grande do Sul — 1970-00

PERÍODOS	MIGRANTES ANUAIS	POPULAÇÃO DO MEIO DO PERÍODO	TAXA ANUAL (%)
1970-80	-21 716	7 260 197	-0,30
1980-90	-10 344	8 379 713	-0,12
1990-00	-2 884	9 646 436	-0,03

FONTE: FEE/NIS.

Outra inovação metodológica utilizada nessa projeção foi nos pressupostos sobre os limites que os componentes populacionais teriam. Nesse sentido, consideramos que a fecundidade-limite das mulheres gaúchas seria a experimentada pelas mulheres dos países mais desenvolvidos no período entre 1995 e 2000 (RELATÓRIO..., 2002), que é de 1,71 filho por mulher (Tabela 2). A projeção da mortalidade foi calculada interpolando a tábua estimada para o período 1995-00 com a tábua-limite proposta por Arriaga (1987), que é de 79,10 anos para os homens e de 85,91 anos para as mulheres.

Tabela 2

Taxas específicas de fecundidade, por faixa etária da mãe, taxa de fecundidade total (TFT) e limite no Rio Grande do Sul — 2000-20

FAIXAS ETÁRIAS	2000-05	2005-10	2010-15	2015-20	LIMITE (1)
De 15 a 19 anos	0,0505	0,0455	0,0419	0,0393	0,0320
De 20 a 24 anos	0,1051	0,1036	0,1021	0,1008	0,0960
De 25 a 29 anos	0,1230	0,1209	0,1189	0,1172	0,1110
De 30 a 35 anos	0,0925	0,0875	0,0835	0,0804	0,0710
De 35 a 39 anos	0,0434	0,0387	0,0352	0,0328	0,0260
De 40 a 45 anos	0,0120	0,0098	0,0083	0,0073	0,0050
De 45 a 49 anos	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
TFT	2,1300	2,0300	1,9500	1,8900	1,7100

FONTE: FEE/NIS.

(1) Limite é igual à fecundidade nas regiões mais desenvolvidas em 1995-00, segundo a divisão de população da ONU.

3.1 - Método dos componentes para projetar a população total do Rio Grande do Sul

O método dos componentes consiste em levantar hipóteses sobre o comportamento futuro dos componentes demográficos — nascimentos, óbitos e migração, por faixa etária e sexo — e, a partir das projeções desses componentes, contabilizar a população específica por faixa etária e sexo. Nesse sentido, são levantadas hipóteses sobre as taxas específicas de fecundidade por faixa etária das mães, as razões de sobrevivência por faixa etária e sexo e a migração líquida por faixa etária e sexo, para o período considerado. As projeções dos componentes são obtidas avaliando-se a tendência passada destas e confrontando-as com alguns modelos esperados de comportamento. Esse método, além da vantagem de produzir previsões populacionais por faixa etária e sexo, está fundamentado em pressupostos demográficos estabelecidos. A metodologia que apresentamos aqui é amplamente usada para projetar a população nacional (Arretx, 1984; Neupert, 1987; Chakiel, 1984) e para alguns estados (PARANÁ..., 1999; PROJEÇÃO..., 1999).

3.1.1 - Descrição metodológica do método dos componentes

Partindo-se da projeção dos componentes (seções 3.1.2 e 3.1.3), as projeções populacionais são calculadas conforme segue.

Projeção da população de cinco anos e mais

Sendo ${}_5L_{x+5} / {}_5L_x$ a razão de sobrevivência (Tabela 3), a população com idade entre $x + 5$ anos e $x + 10$ anos para o ano $t + 5$ será igual à população sobrevivente que tinha idade entre x e $x + 5$ no ano t . Assim,

$${}_5P_{x+5}(t+5) = {}_5P_x(t) * ({}_5L_{x+5} / {}_5L_x)$$

e, para o último grupo etário,

$$P_{80+}(t+5) = P_{75+} * (T_{75} / T_{70})$$

Tabela 3

Probabilidades de sobrevivência ${}_x+nS_x$ no Rio Grande do Sul — 2000-20

DISCRIMI- NAÇÃO	2000-05		2005-10		2010-15		2015-20	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
$e_{x0}(1)$	67,48000	75,89000	68,60000	77,30000	69,59000	78,54000	70,57000	79,73000
$pb(2)$	0,95647	0,97969	0,96034	0,98212	0,96374	0,98413	0,96702	0,98599
0 ano	0,99456	0,99798	0,99503	0,99816	0,99543	0,99831	0,99582	0,99844
5 anos	0,99711	0,99909	0,99733	0,99913	0,99752	0,99916	0,99770	0,99919
10 anos ...	0,99587	0,99886	0,99613	0,99893	0,99636	0,99900	0,99658	0,99905
15 anos ...	0,99335	0,99826	0,99377	0,99842	0,99413	0,99854	0,99448	0,99866
20 anos ...	0,99208	0,99774	0,99264	0,99795	0,99312	0,99812	0,99359	0,99828
25 anos ...	0,99159	0,99714	0,99224	0,99739	0,99280	0,99759	0,99333	0,99778
30 anos ...	0,99005	0,99604	0,99077	0,99632	0,99140	0,99655	0,99200	0,99676
35 anos ...	0,98639	0,99406	0,98729	0,99442	0,98808	0,99471	0,98883	0,99499
40 anos ...	0,97884	0,99039	0,98014	0,99098	0,98125	0,99146	0,98232	0,99190
45 anos ...	0,96478	0,98443	0,96689	0,98541	0,96870	0,98621	0,97043	0,98695
50 anos ...	0,94268	0,97567	0,94626	0,97722	0,94932	0,97848	0,95223	0,97965
55 anos ...	0,91146	0,96027	0,91704	0,96295	0,92180	0,96515	0,92627	0,96715
60 anos ...	0,86619	0,93044	0,87448	0,93565	0,88147	0,93989	0,88798	0,94376
65 anos ...	0,79602	0,87377	0,80856	0,88434	0,81894	0,89284	0,82846	0,90052
70 anos ...	0,69317	0,77908	0,71167	0,79863	0,72656	0,81403	0,73989	0,82770
75 anos ...	0,48734	0,54684	0,50864	0,58904	0,52583	0,61901	0,54128	0,64346

FONTE: FEE/NIS.

(1) Expectativa de vida ao nascer. (2) Razão de sobrevivência ao nascimento.

Projeção dos nascidos vivos

Considerando o número de mulheres em idade fértil, por faixa etária, e as respectivas taxas específicas de fecundidade (Tabela 2), temos:

$$N(t, t + 5) = 5 * \sum ({}_5^f P_x(t + 5) * f(x))$$

onde x varia de 15 a 45, e $f(x)$ são as taxas específicas de fecundidade das mulheres com idade entre x e $x + 5$.

Assim, a população de zero a cinco anos de idade na data $t + 5$ será:

$${}^5P_0(t + 5) = N(t, t + 5) * p_b$$

onde p_b é a razão de sobrevivência ao nascimento.

Aplicando esse procedimento e considerando a população de 2000 como inicial (ano t), projetamos, primeiro, a população de 2005 (ano $t + 5$). Numa segunda etapa, projetamos a população para 2010, repetindo o procedimento, tendo como inicial a população projetada no processo anterior, a de 2005 (ano t). Aplicando esses passos, projetamos as populações de 2015 e 2020.

Para obtermos as projeções para anos-calendário, aplicamos os multiplicadores de Sprague (Shyrock et al, 1973) para desagregar a população em idade simples e interpolada, por coortes, às populações de cada idade, ou seja, considerando a tendência da população de x anos no ano t em relação à de $x + 5$ anos no ano $t + 5$. Com isso, é possível projetar, por interpolação, a população de $x + 1$ em $t + 1$, $x + 2$ em $t + 2$, etc. As populações de zero a quatro anos são calculadas considerando os nascidos vivos do ano t e interpolando com a população correspondente à idade que estes teriam no ano $t + 5$.

3.1.2 - Projeção da fecundidade

3.1.2.1 - Projeção dos níveis de fecundidade

A projeção da taxa de fecundidade total foi feita através da fórmula

$$\text{onde TFT}(t) = K_1 + (K_2 / (1 + e^{(a + b * t)}))$$

TFT(t) é a taxa de fecundidade total no tempo t ;

$K_1 + K_2$ é a TFT limite superior;

K_1 é a TFT limite inferior.

Consideramos como limite superior sete filhos por mulher, que era a fecundidade média das mulheres gaúchas no início do século passado, e, como limite inferior, 1,71 filho por mulher, que é a fecundidade média das mulheres dos países mais desenvolvidos no período entre 1995 e 2000 (segundo a divisão de população da ONU).

Os parâmetros **a** e **b** são calculados por

$$a = \ln ((K_1 + K_2 - TFT(0)) / (TFT(0) - K_1))$$

$$b = (\ln ((K_1 + K_2 - TFT(T)) / (TFT(T) - K_1)) - a) / T$$

onde

$$TFT (T) = 1,9;$$

T = 2020 (o horizonte de projeção).

3.1.2.2 - Projeção da estrutura de fecundidade

A projeção da estrutura da fecundidade foi calculada considerando-se a distribuição acumulada das taxas específicas de fecundidade por idade das mulheres, através do ajuste à curva de Gompertz, cuja equação é dada por

$$F(x) = TFT * A^{B^x}$$

onde

F(x) é a fecundidade acumulada até a idade x;

TFT é a taxa de fecundidade total;

A e B são parâmetros;

linearizando a função através da fórmula

$$V(x) = \alpha_o + \beta_o * x$$

onde

$$V(x) = \ln (- \ln (F(x) / TFT))$$

$$\alpha_o = \ln (-\ln (A))$$

$$\beta_o = \ln (B)$$

e considerando uma distribuição-padrão

$$V^s(x) = \alpha_s + \beta_s * x$$

Satisfeito o pressuposto de que V(x) e V^s(x) são lineares em relação à idade, a relação entre V(x) e V^s(x) é dada por

$$V(x) = \alpha + \beta * V^s(x)$$

onde

$$\alpha = \alpha_o - \alpha_s * (\beta_o / \beta_s)$$

$$\beta = (\beta_o / \beta_s)$$

Os valores dos parâmetros **α** e **β** variam conforme a diferença entre a estrutura etária observada e a padrão. O valor de **α** está associado à diferença entre a idade média das duas estruturas, e o valor de **β** está associado à dispersão das taxas específicas de fecundidade por idade. Quando se mantém o valor de **β** constante e se varia **α**, quanto menor for esse valor, menor será a idade média das mulheres na ocasião do parto. Por outro lado, quando se mantém **α** cons-

tante e se varia β , quanto maior for o valor de β , maior será a concentração da fecundidade em relação à idade da mãe.

3.1.3 - Projeção da mortalidade

Essa interpolação foi feita em duas etapas; na primeira, usamos o ajuste logístico para interpolar a expectativa de vida e, na segunda, interpolamos os valores de l_x como uma função da expectativa de vida obtida anteriormente.

3.1.3.1 - Projeção dos níveis de mortalidade

A projeção dos níveis de mortalidade foi obtida através do ajuste a uma curva logística por três pontos (as expectativas de vida de 1980, 1991 e 2000, por sexo), considerando-se como limite de saturação 100 anos, ou seja, a equação logística, para cada sexo, foi estimada através da linearização da curva, fazendo:

$$(e_o / 100 - 1) = y$$

onde e_o é a expectativa de vida.

Maiores detalhes do ajuste logístico podem ser vistos no **Anexo 2**.

3.1.3.2 - Projeção da estrutura etária da mortalidade

A projeção da estrutura etária da mortalidade foi estimada através da interpolação das probabilidades de sobrevivência (l_x) da tábua de vida de 2000 e da tábua-limite proposta por Arriaga (1987), considerando-se como parâmetro de interpolação as expectativas de vida obtidas com o ajuste logístico.

3.1.4 - Cálculo dos saldos migratórios intercensitários

Tendo-se (a) a população por idade e sexo de dois censos consecutivos e (b) razões de sobrevivência para o início e o fim do período censitário, a estimativa do saldo migratório para o meio do período pode ser calculada pela metade da diferença entre duas projeções da população calculadas para esse ano, como segue.

Primeira projeção

Utilizando os dados referentes ao primeiro censo e as razões de sobrevivência do início do período, temos:

$${}_5P_x^1(t+5) = {}_5P_{x-5}(t) * ({}_5L_x^i / {}_5L_{x-5}^i)$$

Segunda projeção

Utilizando os dados referentes ao segundo censo e as razões de sobrevivência do final do período, temos:

$${}_5P_x^2(t+5) = {}_5P_{x+5}(t) / ({}_5L_{x+5}^f / {}_5L_x^f)$$

O saldo migratório será dado por:

$${}_5SM_x = ({}_5P_x^2(t+5) - {}_5P_x^1(t+5)) / 2$$

Quando o saldo migratório é significativo, introduz-se esse componente, na maioria das vezes, de forma exógena, ou seja, acrescenta-se ou retira-se da população projetada, por faixa etária e sexo, o volume de migrantes projetado. Embora, para as atuais projeções, não consideremos esse componente, nas projeções realizadas com dados até 1991 projetamos o mesmo considerando que os saldos seriam nulos em 2015. O cálculo do volume de migrantes (negativo nesse caso) foi projetado por interpolação linear entre os valores de 1991 e 2015.

4 - OS MODELOS DE ESTIMATIVAS POPULACIONAIS MUNICIPAIS

Embora a dinâmica demográfica de áreas maiores seja mais previsível, já que não sofre mudanças muito acentuadas ao longo do tempo, quando se trata de áreas menores, como o município, a dinâmica destas, ao longo do tempo, sofre mudanças significativas, principalmente no que diz respeito ao componente migratório. Considerando-se, por um lado, essa dinâmica e, por outro, a necessidade de dados populacionais municipais desagregados por faixa etária e sexo, a metodologia adotada para estimar a população dos municípios do Rio Grande do Sul nos anos posteriores a 2000 é feita através do método de correlação de razões (Goldberg; Rao; Namboodiri, 1964; Jardim, 1995; Bay, 1998; Jardim, 2000) e do de relação de coortes (Duchesne, 1987). Assim, as estimativas populacionais, para cada município, são obtidas através da média aritmética dos dois métodos. O método de relação de coortes, proposto por Duchesne para projetar a população por sexo e idade para áreas menores, além de participar na média da estimativa populacional, é utilizado para distribuir a população dos municípios por faixa etária e sexo. A escolha da combinação dos dois métodos levou em consideração também a adoção de um critério único para todo o período de previsão, dado que as estimativas costumam ser mais eficazes para os anos mais longe do censo, e, ao contrário, as projeções tendem a ser mais eficazes para o início do período de projeção.

Nesse sentido, a metodologia que está sendo utilizada para estimar a população dos municípios para os anos posteriores a 2000 é a média ponderada dos métodos de correlação de razões e de relação de coortes.

Os pesos utilizados são:

- para 2001, 1 para o método de correlação de razões e 4 para o de relação de coortes;
- para 2002, 2 para o método de correlação de razões e 3 para o de relação de coortes;
- para 2003, 3 para o método de correlação de razões e 2 para o de relação de coortes;
- para 2004, 4 para o método de correlação de razões e 1 para o de relação de coortes.

Em 2005, independentemente de o IBGE realizar ou não uma contagem rápida, como foi feito em 1996, deveremos fazer uma avaliação e definir novos parâmetros para as estimativas populacionais.

Além da vantagem do método de relação de coortes em relação à elaboração de projeção da população de áreas menores por sexo e grupos etários, outro ponto favorável a esse método, quando comparado com o de estimativas, é o menor tempo exigido para a elaboração das informações, dado que, apesar da maior quantidade de informações produzidas, em um mesmo processo são realizadas projeções para diversos anos, enquanto as estimativas por variáveis sintomáticas são apuradas anualmente e, como consequência, demandam uma maior quantidade de tempo na sua elaboração. Apesar dessas considerações a favor do método de Duchesne, devemos considerar, a favor das estimativas, também o fato de estas serem baseadas em informações ocorridas em anos recentes, enquanto as projeções levam em consideração a tendência passada. Por outro lado, em favor do método de projeções por coorte, pesa o levantamento das informações censitárias realizadas de cinco em cinco anos, como ocorreu em 1996, o que possibilita que as projeções, mesmo realizadas para áreas menores, o sejam para, no máximo, quatro anos antes da realização de outra pesquisa censitária.

4.1 - Modelo de correlação de razões

Para a escolha do modelo de correlação de razões, foram avaliadas as estimativas obtidas por oito modelos.

Modelo 1 - considerando as **variáveis sintomáticas** nascidos vivos, óbitos, matrícula escolar do ensino fundamental, eleitores e as **razões** entre 1991 e 2000.

Modelo 2 - considerando as **variáveis sintomáticas** nascidos vivos, óbitos, matrícula escolar do ensino fundamental e eleitores, as **variáveis dummy** tamanho e densidade demográfica e as **razões** entre 1991 e 2000.

Modelo 3 - considerando as **variáveis sintomáticas** nascidos vivos, óbitos, matrícula escolar do ensino fundamental e eleitores, a **variável dummy** tamanho e as **razões** entre 1991 e 2000.

Modelo 4 - considerando as **variáveis sintomáticas** nascidos vivos, óbitos, matrícula escolar do ensino fundamental e eleitores, a **variável dummy** densidade demográfica e as **razões** entre 1991 e 2000.

Modelo 5 - considerando as **variáveis sintomáticas** nascidos vivos, óbitos, matrícula escolar do ensino fundamental, eleitores e as **razões** entre 1996 e 2000.

Modelo 6 - considerando as **variáveis sintomáticas** nascidos vivos, óbitos, matrícula escolar do ensino fundamental e eleitores, as **variáveis dummy** tamanho e densidade demográfica e as **razões** entre 1996 e 2000.

Modelo 7 - considerando as **variáveis sintomáticas** nascidos vivos, óbitos, matrícula escolar do ensino fundamental e eleitores, a **variável dummy** tamanho e as **razões** entre 1996 e 2000.

Modelo 8 - considerando as **variáveis sintomáticas** nascidos vivos, óbitos, matrícula escolar do ensino fundamental e eleitores, a **variável dummy** densidade demográfica e as **razões** entre 1996 e 2000.

Na Tabela 4, estão listados os parâmetros dos modelos e as correlações desses oito modelos. Analisando essa tabela, verificamos que os modelos que consideram a população de 1991 apresentam maiores correlações do que os que são elaborados com a população de 1996. A maior correlação entre as razões das populações dos municípios e as variáveis dependentes foi a do Modelo 2, que considera as variáveis sintomáticas e as duas variáveis *dummy* (tamanho e densidade demográfica dos municípios) e as razões entre 1991 e 2000. Apesar de a inclusão das variáveis *dummy* aumentar a correlação com as estimativas, quando se compara a eficácia do método para os municípios pequenos, verifica-se que há um percentual elevado de subestimativas. Dado que as estimativas populacionais são utilizadas para a distribuição de recursos para os municípios (e é nos municípios pequenos que esses recursos são mais importantes), optamos por utilizar o modelo de estimativa sem a inclusão das variáveis *dummy*, apesar de o método que considera as variáveis *dummy* ser eficaz, mesmo para os municípios pequenos como mostram os Gráficos 1 a 6.

Tabela 4

Parâmetros dos modelos das regressões de correlação de razões
da população dos municípios do Rio Grande
do Sul 1991-00 e 1996-00

RAZÕES E MODELO	INTER- SEÇÃO	NASCIDOS VIVOS	ÓBITOS	MATRÍCULAS
Razões entre 1991 e 2000				
1	-0,050	0,019	-0,034	0,494
2	0,012	0,007	0,009	0,399
3	-0,053	0,010	0,003	0,442
4	0,036	0,012	-0,012	0,418
Razões entre 1996 e 2000				
5	-0,189	0,122	0,017	0,213
6	-0,065	0,102	0,017	0,219
7	-0,113	0,104	0,019	0,223
8	-0,096	0,114	0,014	0,209

RAZÕES E MODELO	ELEITORES	<i>DUMMY</i>		COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
		Tamanho	Densidade	
Razões entre 1991 e 2000				
1	0,518	-	-	0,85
2	0,474	0,054	0,073	0,91
3	0,504	0,074	-	0,89
4	0,472	-	0,098	0,89
Razões entre 1996 e 2000				
5	0,825	-	-	0,79
6	0,701	0,018	0,012	0,81
7	0,743	0,021	-	0,81
8	0,741	-	0,019	0,80

FONTE: FEE/NIS.

4.1.1 - Descrição do método de correlação de razões

O método de correlações de razões consiste em supor que a população cresce na mesma proporção do crescimento das variáveis sintomáticas

selecionadas como representativas da população. Partindo desse pressuposto, formula-se um modelo de regressão em que a estimativa dos parâmetros é obtida usando-se a fórmula de regressão múltipla, relacionando as razões intercensitárias entre a proporção da população dos municípios e a do Estado (a variável dependente) com as razões entre as proporções das variáveis sintomáticas dos municípios e as das variáveis sintomáticas do Estado (as variáveis independentes).

4.1.1.1 - Variáveis sintomáticas e fontes de informações

Embora seja comum a utilização, em modelos de regressão, de uma gama muito grande de variáveis, optou-se por selecionar apenas as que representassem uma parcela da população, ou seja, a unidade de medida de todas as variáveis sintomáticas é o número de habitantes. Duas restrições na seleção das variáveis foram a disponibilidade das informações com periodicidade anual e a existência de registros para todos os municípios. Dentro dessas limitações, foram escolhidas as apresentadas a seguir.

Nascidos vivos, por lugar de residência da mãe

Informação anual.

Fonte: Estatísticas do Registro Civil do IBGE; e Sistema de Informação de Nascimento (Sinasc) da SES, do Ministério da Saúde.

Óbitos ocorridos, por lugar de residência do falecido

Informação anual.

Fonte: Estatísticas do Registro Civil do IBGE; e Sistema de Informação de Mortalidade (SIM) da SES, do Ministério da Saúde.

Matrícula inicial do ensino fundamental

Informação anual.

Fonte: Secretaria Estadual de Educação.

Número de eleitores

Informação de ano eleitoral.

Fonte: Tribunal Regional Eleitoral.

4.1.1.2 - Modelo de regressão

Para o desenvolvimento do modelo do método de correlação de razões, foram utilizados os crescimentos das variáveis entre o censo de 1991 e o de 2000.

O modelo estimado é do tipo

$$Y = a_0 + a_1 * X_1 + a_2 * X_2 + a_3 * X_3 + a_4 * X_4$$

onde as coordenadas são

$$Y_h = (P_{h,t} / P_{T,t}) / (P_{h,0} / P_{T,0})$$

$$X_h = (S_{h,t} / S_{T,t}) / (S_{h,0} / S_{T,0})$$

Na estimação do modelo, utilizaram-se as seguintes informações:

$P_{h,t}$ é a população do município **h** no ano 2000;

$P_{T,t}$ é a população total no Rio Grande do Sul, no ano 2000;

$P_{h,0}$ é a população do município **h** no ano censitário de 1991;

$P_{T,0}$ é a população total do Rio Grande do Sul no ano censitário de 1991;

$S_{1h,t}$ é o número médio de nascidos vivos do município **h** dos anos de 1997, 1998 e 1999;

$S_{1T,t}$ é o número médio de nascidos vivos do Rio Grande do Sul nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{1T,0}$ é o número médio de nascidos vivos do Rio Grande do Sul nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{2h,t}$ é o número médio de óbitos do município **h** nos anos de 1997, 1998 e 1999;

$S_{2T,t}$ é o número médio de óbitos do Rio Grande do Sul nos anos de 1997, 1998 e 1999;

$S_{2h,0}$ é o número de óbitos do município **h** nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{2T,0}$ é o número médio de óbitos do Rio Grande do Sul nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{3h,t}$ é o número médio de matrícula no ensino fundamental do município **h**, nos anos de 1997, 1998 e 1999;

$S_{3T,t}$ é o número médio de matrícula no ensino fundamental do Rio Grande do Sul, nos anos de 1997, 1998 e 1999;

$S_{3\ h,0}$ é o número de matrícula no ensino fundamental do município h nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{3\ T,0}$ é o número médio de matrícula no ensino fundamental do Rio Grande do Sul, nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{4\ h,t}$ é o número médio de eleitores no município h , nos anos de 1997, 1998 e 1999;

$S_{4\ T,t}$ é o número médio de eleitores do Rio Grande do Sul nos anos de 1997, 1998 e 1999;

$S_{4\ h,0}$ é o número de eleitores no município h , nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{4\ T,0}$ é o número médio de eleitores do Rio Grande do Sul nos anos de 1989, 1990 e 1991.

Os parâmetros estimados foram:

$$a_0 = -0,050;$$

$$a_1 = 0,019;$$

$$a_2 = -0,034;$$

$$a_3 = 0,494;$$

$$a_4 = 0,518.$$

4.1.1.3 - Estimativa da população por municípios

Uma outra vantagem do método de correlações de razões é o fato de que, para se obter a estimativa de uma determinada subárea, não é necessário que as informações referentes a ela tenham servido de base para a definição dos parâmetros do modelo. Nesse sentido, apesar de, na construção do modelo, terem sido considerados os municípios que perderam área geográfica no período 1991-00, agrupados com os respectivos municípios criados com parte destes no período, as estimativas para os anos posteriores podem ser obtidas para todos os municípios existentes no Estado, inclusive para os criados após 2000, desde que as variáveis sintomáticas utilizadas nesse modelo sejam referentes a essa divisão territorial.

As estimativas populacionais municipais são calculadas supondo que a relação estimada entre as razões das proporções da população e as das variáveis sintomáticas continue válida para os anos posteriores ao último censo.

$$Y_h = (P_{h,t+n} / P_{T,t+n}) / (P_{h,t} / P_{T,t})$$

$$X_h = (S_{h,t+n} / S_{T,t+n}) / (S_{h,t} / S_{T,t})$$

onde

- $P_{h,t+n}$ é a população estimada do município h n anos após 2000;
 $P_{T,t+n}$ é a população projetada, pelo método dos componentes, do total do Rio Grande do Sul n anos após 2000;
 $P_{h,t}$ é a população do município h em 2000;
 $P_{T,t}$ é a população total do Rio Grande do Sul em 2000.

4.2 - Descrição do método de relação de coortes

O método de relação de coortes, por ser uma análise de coortes, caracteriza-se por seguir a lógica demográfica. Basicamente, os dados utilizados para a projeção das áreas menores, para o quinquênio posterior à data inicial, são: a população dos municípios, por sexo e grupos etários, para os dois últimos censos; e a projeção da população e dos componentes demográficos para a área maior (estado ou nação). Os passos seguidos para o cálculo das projeções dos municípios são os mesmos do método dos componentes utilizados para o Estado, descrito na seção 3.1.1. As peculiaridades da proposta de Duchesne estão na forma de projetar os componentes, haja vista que, por se tratar de áreas menores, exigem um tratamento diferenciado.

Na aplicação desse método, projetamos a população para os municípios do Rio Grande do Sul para o ano 2005, como descreveremos a seguir. As projeções para anos-calendário foram feitas desagregando-se os grupos quinquenais em idade simples dos anos 2000 e 2005, através dos multiplicadores de Sprague (Shryock et al., p. 688-702, 1973), e interpolando, por coorte, essas populações.

4.2.1 - Cálculo da população dos grupos etários de cinco a 10 anos até 70 a 75 anos

$${}_5 N_{hj(x+5)}^{t+5} = {}_5 N_{hjx}^t * {}_5 R_{Tjx}^{(t,t+5)} * {}_5 K_{hjx}^{(0,t)} \text{ para } x = 0, 5, \dots, 65,$$

onde

${}_5 N_{hj(x+5)}^{t+5}$ é a população do sexo j , com idade entre $x + 5$ e $x + 10$ anos, do município h em 2005;

${}_5 N_{hjx}^t$ é a população do sexo j , com idade entre x e $x + 5$ anos, do município h em 2000;

- ${}_5R_{Tj\ x}^{(t, t+5)}$ é a razão entre a população do sexo **j**, com idade entre $x + 5$ e $x + 10$ anos, em 2005 e a população com idade entre x e $x + 5$ em 2000 do Estado;
- ${}_5K_{hj\ x}^{(0, t)}$ é o índice de crescimento diferencial entre o município **h** e o Estado, da população do sexo **j**, com idade entre x e $x + 5$, entre 1995 e 2000.

4.2.1.1 - Cálculo das razões por coorte (${}_5R_{Tj\ x}^{(0, t)}$)

onde

- ${}_5N_{Tj\ (x+5)}^5$ é a população do sexo **j**, com idade entre $x + 5$ e $x + 10$ anos, do Estado em 2005;
- ${}_5N_{Tj\ x}^0$ é a população do sexo **j**, com idade entre x e $x + 5$ anos, do Estado em 2000.

4.2.1.2 - Cálculo do índice de crescimento diferencial (${}_5K_{hj\ x}^{(0, t)}$)

$${}_5K_{hj\ x}^{(0, t)} = ({}_5N_{hj\ (x+5)}^t / {}_5N_{hj\ x}^0) / ({}_5N_{Tj\ (x+5)}^t / {}_5N_{Tj\ x}^0)$$

onde

- ${}_5N_{hj\ (x+5)}^t$ é a população do sexo **j**, com idade entre $x + 5$ e $x + 10$ anos, do município **h** em 2000;
- ${}_5N_{hj\ x}^0$ é a população do sexo **j**, com idade entre x e $x + 5$ anos, do município **h** em 1995;
- ${}_5N_{Tj\ (x+5)}^t$ é a população do sexo **j**, com idade entre $x + 5$ e $x + 10$ anos, do Estado em 2000;
- ${}_5N_{Tj\ x}^0$ é a população do sexo **j**, com idade entre x e $x + 5$ anos, do Estado em 1995.

O índice de crescimento diferencial mede o crescimento da população dos municípios por coorte, devido à diferença da tendência dos componentes mortalidade e migração do município em relação ao comportamento desses componentes para o Estado.

4.2.2 - Cálculo da população menor de cinco anos

$${}_5 N_{0hj}^{t+5} = B_{hj}^{(t,t+5)} * P_{Tj b}^{(t,t+5)} * K_{bj}^{0,t}$$

onde

${}_5 N_{0hj}^{t+5}$ é a projeção da população do sexo **j**, menor de cinco anos, do município **h** no ano 2005;

$B_{hj}^{t,t+5}$ é a projeção do total de nascimentos do sexo **j**, do município **h**, ocorridos entre 2000 e 2005, que é obtida aplicando-se o índice de masculinidade ao total de nascimentos ($B_h^{(t,t+5)}$);

é a relação de sobrevivência do sexo **j** ao nascimento, no Estado, entre 2000 e 2005;

$K_{bj}^{0,t}$ é o índice de crescimento diferencial do sexo **j** ao nascimento, no município **h**, em relação ao Estado, entre 1995 e 2000 e é calculado como

$$K_{bj}^{0,t} = ({}_5 K_{0h,j}^{(0,t)})^{(1/2)} P_{Tj b}^{t,t+5}$$

4.2.2.1 - Cálculo do total de nascimentos ($B_h^{(t,t+5)}$)

$B_h^{(t,t+5)} = 5 * \sum ({}_5 TEF_{hx}^{(t,t+5)} * (0,5 * ({}_5 N_{hfx}^t + {}_5 NF_{hfx}^{t+5})))$ para $x = 15, 20, \dots, 45$,

onde

${}_5 TEF_{hx}^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade específica das mulheres com idade entre **x** e **x + 5** anos, do município **h**, entre 2000 e 2005;

${}_5 N_{hfx}^t$ é o número de mulheres com idade entre **x** e **x + 5** anos, do município **h**, em 2000;

${}_5 N_{hfx}^5$ é a projeção do número de mulheres com idade entre **x** e **x + 5** anos, do município **h**, em 2005, projetado em 4.2.1.

4.2.2.2 - Cálculo das taxas específicas de fecundidade (${}^5\text{TEF}_{hx}^{(t,t+5)}$)

$${}^5\text{TEF}_{hx}^{(t,t+5)} = ({}^5\text{TEF}_{Tx}^{(t,t+5)} / \text{TFT}_T^{(t,t+5)}) * \text{TFT}_h^{(t,t+5)}$$

${}^5\text{TEF}_{Tx}^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade específica das mulheres com idade entre x e $x + 5$ anos, do Estado, entre 2000 e 2005;

$\text{TFT}_T^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade total do Estado para o período de 2000 a 2005;

$\text{TFT}_h^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade total do município h para o período de 2000 a 2005.

4.2.2.3 - Cálculo das taxas de fecundidade total dos municípios

$$\text{TFT}_h^{(t,t+5)} = \text{IDF}_h^t * \text{TFT}_T^{(t,t+5)}$$

Sendo

$$\text{IDF}_h^t = ({}^5N_{h0}^t / {}^{25}NF_{h15}^t) / ({}^5N_{T0}^t / {}^{25}NF_{T15}^t)$$

onde

$\text{TFT}_h^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade total do município h entre 2000 e 2005;

IDF_h^t é o índice diferencial de fecundidade do município h em 2000;

$\text{TFT}_T^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade do total do Estado entre 2000 e 2005;

${}^5N_{h0}^t$ é a população de zero a quatro anos do município h em 2000;

${}^{25}NF_{h15}^t$ é a população feminina, de 15 a 39 anos, do município h em 2000;

${}^5N_{T0}^t$ é a população de zero a quatro anos do Estado em 2000;

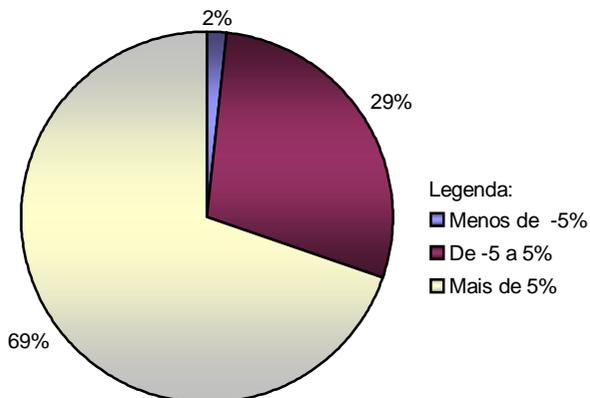
${}^{25}NF_{T15}^t$ é a população feminina, de 15 a 39 anos, do Estado em 2000.

4.2.3 - Cálculo da população de 75 anos ou mais

$$N_{(75e+)}^{t+5} = N_{(70e+)}^t + R_{Th(70e+)}^{(t,t+5)} * {}^5K_{hj(70e+)}^{(0,t)}$$

Gráfico 1

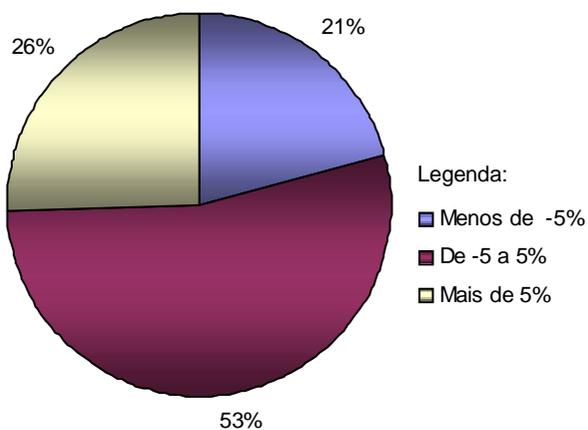
Erro das estimativas populacionais para os municípios com menos de 10.000 habitantes, sem variável *dummy*, no Rio Grande do Sul — 2000



FONTE: FEE/NIS.

Gráfico 2

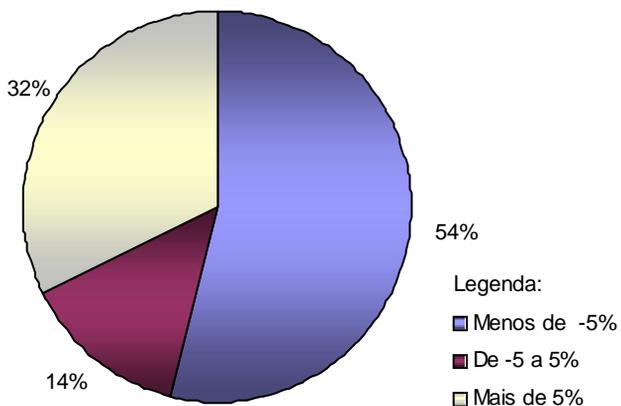
Erro das estimativas populacionais para os municípios com menos de 10.000 habitantes, com variável *dummy*, no Rio Grande do Sul — 2000



FONTE: FEE/NIS.

Gráfico 3

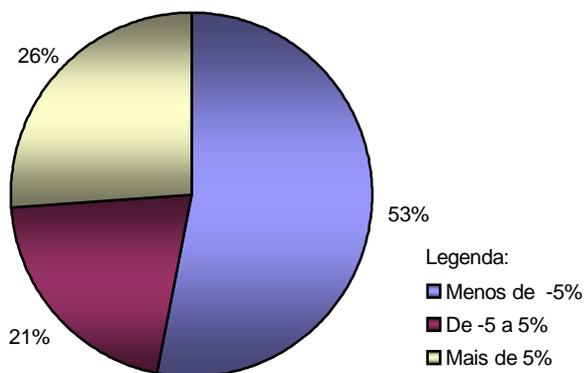
Erro das estimativas populacionais para os municípios com população entre 10.000 e 100.000 habitantes, sem variável *dummy*, no Rio Grande do Sul — 2000



FONTE: FEE/NIS.

Gráfico 4

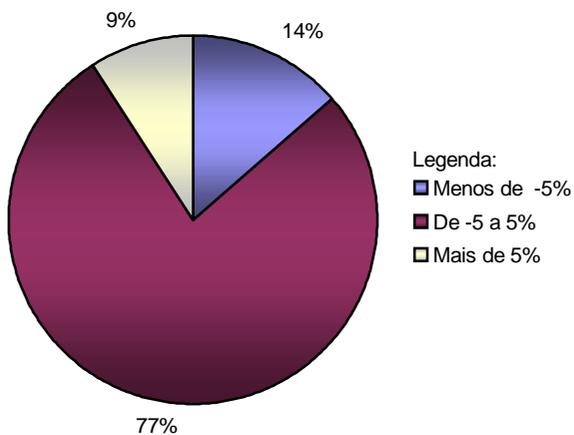
Erro das estimativas populacionais para os municípios com população entre 10.000 e 100.000 habitantes, com variável *dummy*, no Rio Grande do Sul — 2000



FONTE: FEE/NIS.

Gráfico 5

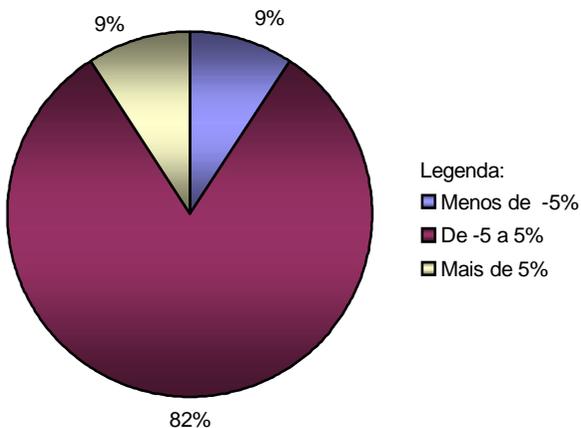
Erro das estimativas populacionais para os municípios com mais de 100.000 habitantes, sem variável *dummy*, no Rio Grande do Sul — 2000



FONTE: FEE/NIS.

Gráfico 6

Erro das estimativas populacionais para os municípios com mais de 100.000 habitantes, com variável *dummy*, no Rio Grande do Sul — 2000



FONTE: FEE/NIS.

5 - AVALIAÇÃO DAS PROJEÇÕES POPULACIONAIS PARA O TOTAL DO RIO GRANDE DO SUL

Embora a última projeção contasse com informações mais atualizadas da dinâmica demográfica do Rio Grande do Sul, as diferenças entre essa projeção e os resultados censitários foram maiores do que a obtida com a projeção anterior (Tabela 5). Isso se deve, provavelmente, à subestimativa da contagem populacional de 1996. Outro fator que influenciou no menor volume populacional projetado foi o comportamento do componente migratório, haja vista que, apesar de, nas duas projeções, considerarmos que haveria uma redução das perdas populacionais por migração, as reduções foram muito acentuadas, passando de uma taxa líquida de migração anual de -0,30% no período de 1970 a 1980 para -0,03% entre 1990 a 2000 (Tabela 1).

A avaliação dos dados por grandes grupos etários (Tabela 5) mostra que a projeção da fecundidade associada à projeção da mortalidade infantil, implícita na tábua de vida utilizada, conduziu a valores ligeiramente maiores da população infantil, já que o número projetado de mulheres em idade fértil é maior na última projeção. O elevado percentual de diferença, para menos, da projeção da população de 60 anos e mais sugere que é provável que a tábua de vida dessa projeção seja menos adequada, para esse grupo etário, do que a anterior.

Com o objetivo de comparar a eficácia do método dos componentes, avaliamos, além das projeções dos componentes, o desempenho de alguns métodos matemáticos na previsão da população total do Rio Grande do Sul em 2000. Constata-se que a projeção aritmética com dados até 1991 (Gráfico 7) apresenta menor diferença entre o valor projetado para 2000 e o resultado do censo do que a projeção dos componentes. Apesar disso, quando se compara a eficácia do método dos componentes com os modelos matemáticos (Gráficos 7 e 8), verifica-se o melhor desempenho desse método, haja vista a instabilidade dos métodos matemáticos, já que, quando se analisam as projeções para 2000 realizadas com dados até 1970 (Gráfico 9), o ajuste logístico é mais eficaz do que o linear. Em contrapartida, os modelos estimados considerando o ajuste logístico, quando utilizados os dados até 1980 e até 1991, são os que apresentam os resultados mais discrepantes.

Tabela 5

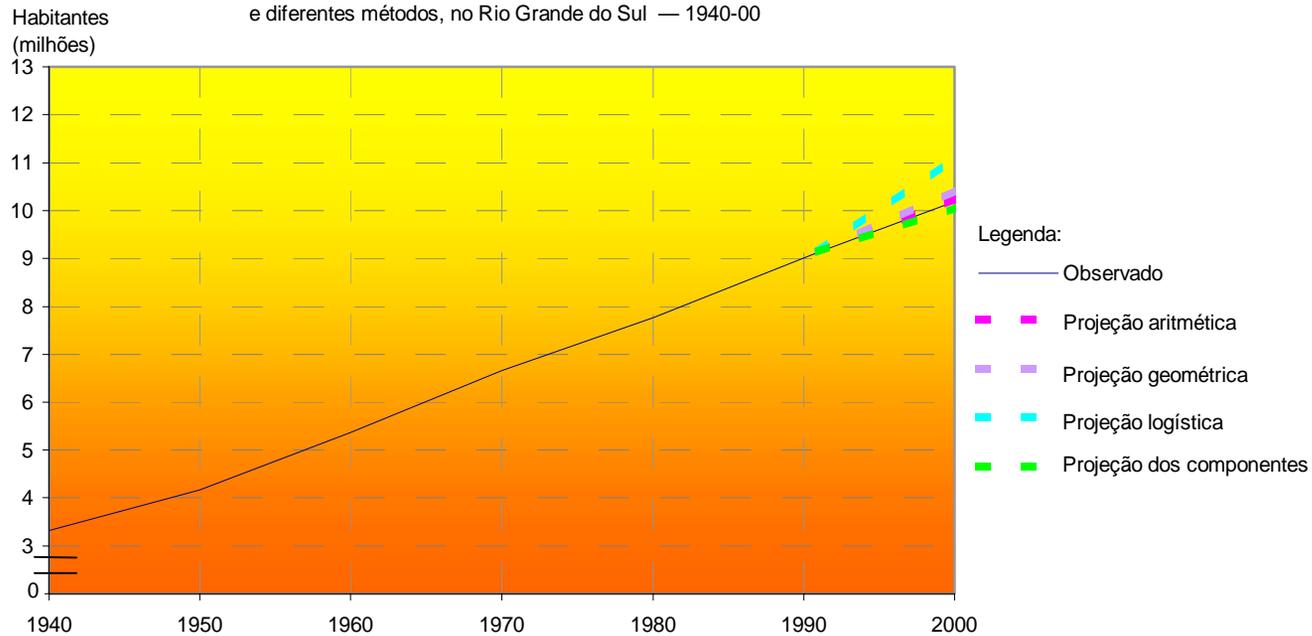
Comparativo entre as populações projetada e observada, por grandes grupos etários e sexo, no Rio Grande do Sul — 2000

DISCRIMINAÇÃO	FAIXAS ETÁRIAS			
	Total	0 a 14 Anos	15 a 59 Anos	60 Anos e Mais
A - RESULTADOS DO CENSO DE 2000				
Total	10 187 798	2 654 727	6 467 587	1 065 484
Homens	4 994 719	1 351 741	3 188 917	454 061
Mulheres	5 193 079	1 302 986	3 278 670	611 423
B - ÚLTIMA PROJEÇÃO				
Total	10 008 487	2 655 366	6 418 311	934 810
Homens	4 927 822	1 352 236	3 171 260	404 326
Mulheres	5 080 665	1 303 130	3 247 051	530 484
C - PENÚLTIMA PROJEÇÃO				
Total	10 064 046	2 673 730	6 325 926	1 064 390
Homens	4 958 138	1 363 520	3 131 231	463 387
Mulheres	5 105 908	1 310 210	3 194 695	601 003
D - DIFERENÇA RELATIVA À ÚLTIMA PROJEÇÃO (B/A - A)*100				
Total	-1,76	0,02	-0,76	-12,26
Homens	-1,34	0,04	-0,55	-10,95
Mulheres	-2,16	0,01	-0,96	-13,24
E - DIFERENÇA RELATIVA À PENÚLTIMA PROJEÇÃO (C/A - A)*100				
Total	-1,21	0,72	-2,19	-0,10
Homens	-0,73	0,87	-1,81	2,05
Mulheres	-1,68	0,55	-2,56	-1,70

FONTE: FEE/NIS.

Gráfico 7

População e projeções da população, segundo os dados observados até 1991 e diferentes métodos, no Rio Grande do Sul — 1940-00



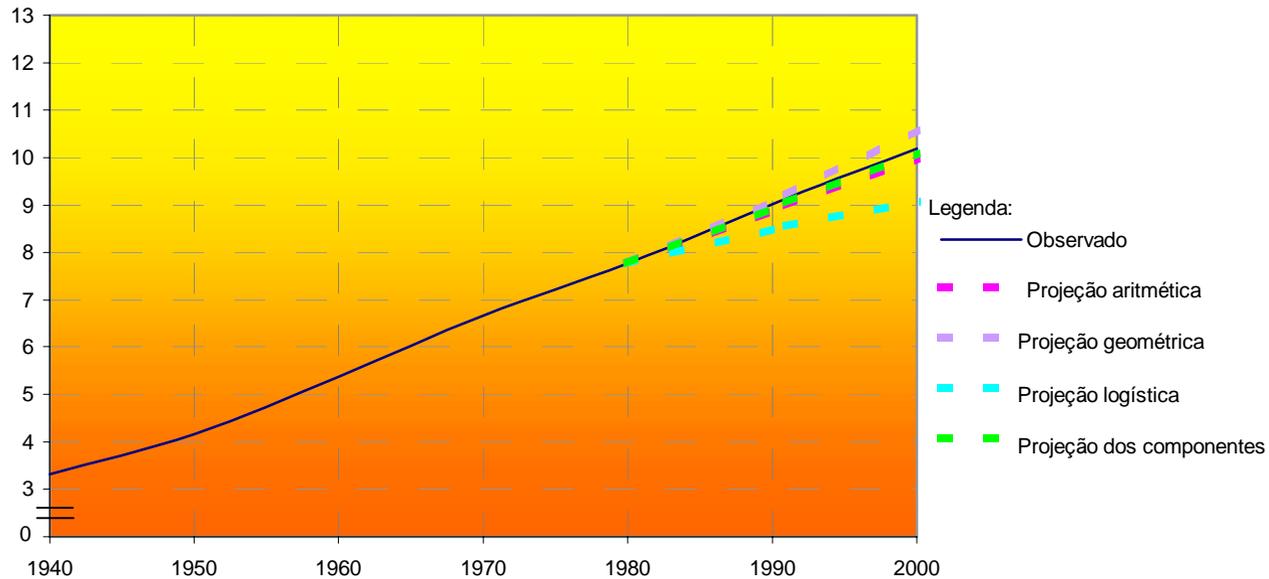
FONTE: FEE/NIS.

NOTA: 1. Projeção para 2000.
2. População de 1940-00.

Gráfico 8

População e projeções da população, segundo os dados observados até 1980 e diferentes métodos, no Rio Grande do Sul — 1940-00

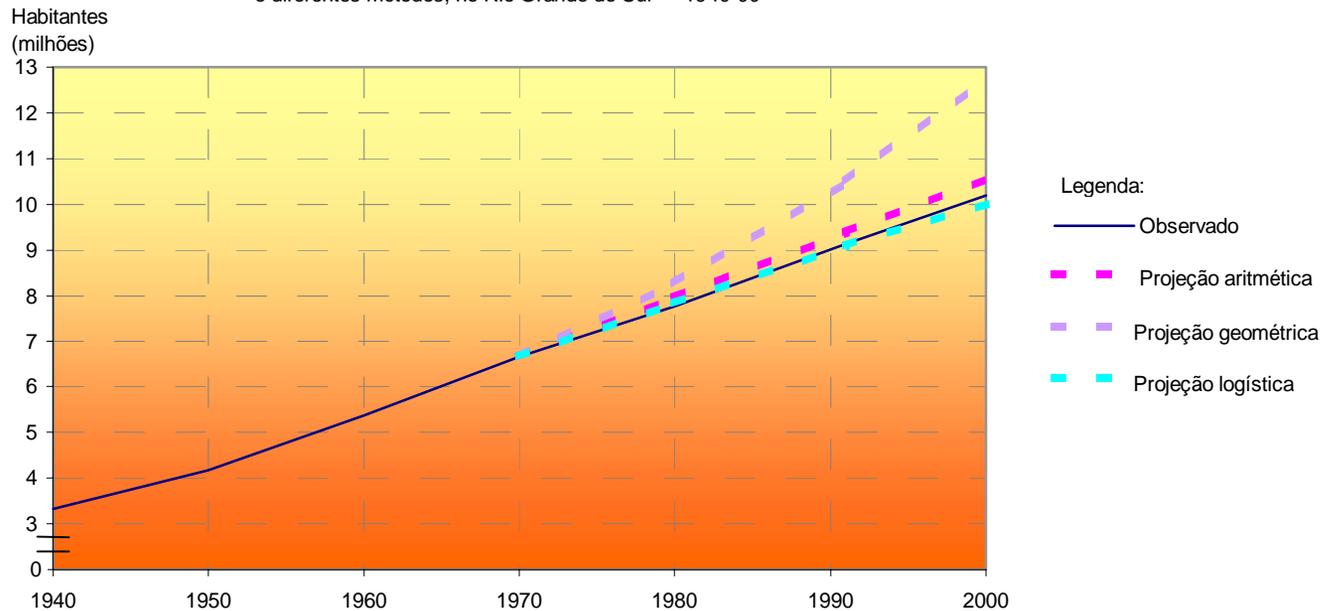
Habitantes
(milhões)



FONTE: FEE/NIS.

NOTA: 1. Projeção para 2000.
2. População de 1940-00.

População e projeções da população, segundo os dados observados até 1970 e diferentes métodos, no Rio Grande do Sul — 1940-00



FONTE: FEE/NIS.

NOTA: 1. Projeção para 1980, 1991 e 2000.

2. População de 1940-00.

6 - AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS POPULACIONAIS MUNICIPAIS DO RIO GRANDE DO SUL PARA 2000

As diferenças entre as previsões da população dos municípios do Rio Grande do Sul para o ano 2000 e os resultados do censo demográfico do mesmo ano (Tabela 6) mostram que a proporção de diferenças inferiores a 5% e 10% (em módulo) diminui quando se considera a média dos métodos de correlação de razão e o de Duchesne. O método de correlação de razões, quando se considera o ajuste ao total da população do Estado, produz um viés na média das diferenças. Haja vista que a média das diferenças entre a estimativa e a população dos municípios observada no censo, que é de 2,44%, é muito superior aos 0,40% do método de correlação de razões sem ajuste. Além disso, em 72% dos municípios, os valores estimados são maiores do que os observados.

Tabela 6

Estadísticas das diferenças relativas entre a população estimada pelo método de correlação de razões e pelo de Duchesne e a observada no censo, segundo áreas mínimas de comparação, no Rio Grande do Sul — 2000

ESTATÍSTICAS	RAZÃO		DUCHESNE	MÉDIA	
	Sem Ajuste	Ajustada		Sem Ajuste	Ajustada
Média das diferenças	0,40	2,44	-0,78	-0,19	0,83
Diferença máxima	22,37	24,86	18,98	14,72	15,84
Diferença mínima	-15,27	-13,54	-19,43	-17,28	-16,41
Amplitude	37,63	38,40	38,41	32,00	32,26
Número de municípios, por classe de diferença					
Menos de -10%	5	4	9	5	4
De -10% a -5%	21	7	26	20	11
De -5% a 0%	99	61	124	113	92
De 0% a 5%	94	111	74	91	111
De 5% a 10%	31	61	19	26	36
Mais de 10% ..	6	12	4	1	2
Subtotal	256	256	256	256	256
Percentual de municípios com diferença entre					
-10% e 10%	95,70	93,75	94,92	97,66	97,66
-5% e 5%	75,39	67,19	77,34	79,69	79,30

FONTE: FEE/NIS.

NOTA: As áreas mínimas de comparação correspondem aos municípios que não perderam área para a criação de novos municípios no período entre 1996 e 2000 e ao agrupamento das áreas dos novos municípios com a respectiva área dos municípios de origem.

7 - CONCLUSÕES

Embora preliminares, as projeções e as estimativas populacionais para o Rio Grande do Sul avaliadas neste texto estão sendo utilizadas em diversos estudos e projetos. As informações obtidas com essa metodologia já vêm sendo divulgadas no *site* da FEE (<http://www.fee.tche.br>) e estão entre as informações mais consultadas. Atualmente, estão disponíveis a população total do Rio Grande do Sul, por faixa etária e sexo, para os anos 2001 a 2020 e a estimativa da população dos municípios, por situação de domicílio e por faixa etária e sexo, para os anos 2001 e 2002.

Apesar do viés nas estimativas e nas projeções populacionais que consideram a contagem de 1996, gostaríamos de enfatizar a importância da contagem populacional realizada no meio da década, principalmente para estados, como é o caso do Rio Grande do Sul, onde houve a criação de uma grande quantidade de novos municípios, já que as leis de criação dos municípios não informam corretamente os dados populacionais dos novos municípios, com a discriminação da cota retirada dos antigos. Quanto ao viés, este poderia ser corrigido caso os diferenciais de sub-registro fossem mensurados.

ANEXOS

Anexo 1- O método $a_i b_i$

O método $a_i b_i$, desenvolvido por Madeira e Simões (1972), consiste em supor que a população do município é uma função linear da população total do Estado. Assim:

$$P_i(t) = a_i * P_T(t) + b_i$$

onde

$P_i(t)$ é a população do município i no ano t ;

$P_T(t)$ é a população total do Estado no ano t obtida de forma independente;

a_i é o coeficiente de proporcionalidade do incremento da população do município i em relação ao incremento da população do Estado;

b_i é o coeficiente linear de correção.

Os parâmetros a_i e b_i são estimados como:

$$a_i = [P_i(t_1) - P_i(t_0)] / [P_T(t_1) - P_T(t_0)]$$

$$b_i = [P_i(t_1) + P_i(t_0)] - a_i * [P_T(t_0) + P_T(t_1)]$$

Os parâmetros $a_i b_i$, calculados dessa forma, conduzem a:

$$\sum P_i = P_T$$

$$\sum a_i = 1$$

$$\sum b_i = 0$$

Anexo 2 - O ajuste da curva logística a dados populacionais

A curva logística faz parte das chamadas curvas de saturação. Ela é aplicada a fenômenos em que a taxa de crescimento de suas observações acumulada cresce até um determinado valor e, a partir desse ponto, começa a cair com a mesma intensidade do crescimento, tendendo para um valor estacionário no longo prazo. Assim, no ajuste logístico, está implícito que o ritmo de aumento das taxas de crescimento é igual ao do decréscimo, o que, no longo prazo, dificilmente acontece com a tendência de projeções humanas.

Os pioneiros na utilização desse modelo foram Pearl e Reed, em 1920, que utilizaram o ajuste logístico para projetar a população dos Estados Unidos. Os próprios autores, nessa época, já apontavam as desvantagens desse ajuste:

“(...) há várias características desta curva que são demasiado rígidas e inelásticas para satisfazer às exigências de uma lei de crescimento de uma população. O ponto de inflexão tem que estar exatamente no meio, entre as duas assíntotas. Além disso, a metade da curva à direita deste ponto é uma exata cópia invertida da metade que se situa à sua esquerda. Isto implica que as forças, que durante a última parte da história da população de uma certa região agem no sentido de inibir a taxa de crescimento da população, são iguais em intensidade e distribuídas no tempo de maneira exatamente semelhante àquelas que na primeira parte da história agiam para acelerar o crescimento. Não acreditamos que postulados tão rígidos e inelásticos como estes sejam, de fato, constatados em crescimento populacional” (Pearl; Reed, 1920, apud Carneiro, 1981).

A equação do modelo é dada por:

$$P_i = (L / (1 + e^{-r(t_i - t_0)}))$$

onde

P_i é a população do ano i ;

L é o limite de saturação da população;

r é a intensidade de crescimento;

t_0 é o ponto no tempo onde ocorre a inflexão da curva; é quando a população atinge a metade do valor do limite de saturação.

Assim, os parâmetros da curva são L , r e t_0 , fazendo:

$$Q_i = (1/P_i)$$

Os parâmetros são ajustados a três pontos através das seguintes fórmulas:

$$r = (1/h) * \ln ((Q_1 - Q_2) / (Q_2 - Q_3)), \text{ sendo } h = t_3 - t_2 = t_2 - t_1$$

$$t_0 = t_1 + (1 / r) * \ln((Q_1 - Q_2)^2 / ((Q_1 * Q_3) - (Q_2)^2))$$

$$L = (Q_1 + Q_3 - 2*Q_2) / (Q_1*Q_3 - (Q_2)^2)$$

Para a aplicação do modelo logístico dado acima, é necessário que as seguintes condições sejam satisfeitas:

$$P_i > 0$$

$$(P_3 - P_2) / (P_2 - P_1) > 0$$

$$(P_2)^{13-11} > P_1^{13-12} * P_3^{12-11} \text{ ou}$$

$$(P_2)^2 > P_1 * P_3,$$

para dados igualmente espaçados no tempo.

Considerando-se o valor de **L** estimado por três pontos, o ajuste logístico pode ser aplicado a uma série mais longa de dados através da linearização da função, ou seja, fazendo:

$$y = \log (L/P_i - 1)$$

O modelo pode ser estimado através da seguinte função:

$$y = -rt + rt_0$$

A vantagem do modelo logístico em relação ao geométrico¹ é o pressuposto, no crescimento logístico, de que, a partir de um certo ponto, há um freio no crescimento da população, enquanto, no crescimento geométrico, a população cresce rapidamente, tendendo para o infinito. Apesar de o pressuposto de freio no crescimento demográfico ser favorável ao ajuste logístico quando comparado com o crescimento infinito do ajuste geométrico, na prática nem sempre o primeiro é mais eficiente do que o segundo. Haja vista a experiência da aplicação a várias séries de dados da França, da Suíça, dos EUA, da Inglaterra e do País de Gales, efetuado por Keyfitz em 1979 (apud Carneiro, 1981), onde o ajuste logístico não alcança melhor desempenho do que o geométrico.

¹ Que é o ajuste matemático mais conhecido.

Anexo 3 - Metodologias de estimativas populacionais avaliadas com os resultados do Censo de 1991²

Distribuição *pro rata*

Na distribuição *pro rata*, supõe-se que a razão entre a população de cada município e a do Estado seja igual à razão idêntica da variável sintomática. Nesse caso, distribui-se a população do Estado entre os municípios na mesma proporção da participação da variável sintomática.

$$P_{h,t} = \frac{S_{h,t}}{S_{T,t}} * P_{T,t} \quad (1)$$

sendo

$P_{h,t}$ a estimativa da população do município **h** no ano **t**;

$S_{h,t}$ o valor da variável sintomática **S** para o município **h** no ano **t**;

$S_{T,t}$ o valor da variável sintomática **S** para o total do Estado no ano **t**;

$P_{T,t}$ a população total do Estado no ano **t**.

Na aplicação, $P_{T,t}$ corresponde à população do censo de 1991; $S_{h,t}$ e $S_{T,t}$ correspondem à média das informações das variáveis sintomáticas (nascidos vivos, óbitos, eleitores e matrícula do ensino fundamental) dos anos de 1988, 1989 e 1990.

Distribuição proporcional

Na distribuição proporcional, supõe-se que a população cresce na mesma proporção do crescimento da variável sintomática.

$$P_{h,t} = \frac{P_{h,0} * \frac{S_{h,t}}{S_{h,0}}}{\text{Soma} (P_{h,0} * \frac{S_{h,t}}{S_{h,0}})} * P_{T,t} \quad (2)$$

² Esses métodos foram apresentados em Jardim (1995).

O fator $P_{T,t} / \text{soma} \{P_{h,0} * (S_{h,t} / S_{h,0})\}$ ajusta a fórmula para torná-la consistente com a população total do Estado no tempo t e, adicionalmente, produz estimativas não influenciadas por mudanças de cobertura das variáveis sintomáticas, desde que estas tenham a mesma tendência em todos os municípios.

As informações referentes ao ano t são as definidas em (1), e as do ano 0 são a população do censo de 1980 e a média das variáveis sintomáticas centradas em 1980.³

Uma vez que, para a aplicação desse método, se utilizam dois pontos no tempo, houve necessidade de compatibilização das abrangências geográficas de 1980 e 1991. As observações consideradas aqui dizem respeito às áreas mínimas de comparação — 223 observações — correspondentes a municípios ou agrupamento destes.

Método das taxas vitais

O método das taxas vitais, proposto por Bogue (1950), consiste em produzir estimativas populacionais municipais utilizando somente informações sobre as estatísticas vitais. As informações necessárias são os nascimentos e os óbitos ocorridos no ano-base e no ano de estimação, para cada município, e informações, para a área maior, da população total e das taxas brutas de natalidade e de mortalidade.

Bogue (1950), partindo do pressuposto de que existe uma relação inversa entre as variações anuais das taxas de natalidade e de mortalidade dos municípios e de que o desvio proporcional dessas taxas em relação às taxas correspondentes ao Estado permanece constante ao longo do tempo, concluiu que se pode obter uma estimativa fidedigna da população de pequenas áreas pela combinação de estimativas obtidas através da razão entre as taxas municipais e a da área maior.

O modelo matemático do método pode ser descrito como

$$P_{h,t} = a * (B_{h,t} / b_{h,t}) + (a - 1) * (D_{h,t} / d_{h,t}) \quad (3)$$

sendo

$$b_{h,t} = [(B_{h,0} / P_{h,0}) / (B_{T,0} / P_{T,0})] * (B_{T,t} / P_{T,t})$$

$$d_{h,t} = [(D_{h,0} / P_{h,0}) / (D_{T,0} / P_{T,0})] * (D_{T,t} / P_{T,t})$$

onde

³ As informações de nascimentos, óbitos e matrícula são as dos anos de 1979, 1980 e 1981. Para eleitores, foi considerada a média de 1979 e 1981 (anos eleitorais).

a é o coeficiente de ponderação entre as duas estimativas (usaremos neste teste $a = 0,50$ e $a = 0,54$);

$B_{h,t}$ e $B_{h,0}$ correspondem aos nascidos vivos do município h nos anos t e 0 respectivamente;

$B_{T,t}$ e $B_{T,0}$ correspondem ao total de nascidos vivos do Estado nos anos t e 0 respectivamente;

$D_{h,t}$ e $D_{h,0}$ correspondem aos óbitos do município h ocorridos nos anos t e 0 respectivamente;

$D_{T,t}$ e $D_{T,0}$ correspondem ao total de óbitos do Estado nos anos t e 0 respectivamente;

$b_{T,t}$ é a taxa de natalidade total do Estado;

$d_{T,t}$ é a taxa de mortalidade total do Estado.

Nessa aplicação, calculamos duas estimativas por esse método. Na primeira, o coeficiente de ponderação foi considerado igual para as estimativas com nascimentos e com óbitos (ou seja, $a = 0,5$), e, na segunda, ponderaram-se as estimativas com nascimentos e óbitos, como proposto por Bogue (1950), pelo inverso do coeficiente de variação das respectivas variáveis sintomáticas ($1/CV_b = 0,4292$ para nascimentos e $1/CV_d = 0,3837$ para óbitos).

Método de correlação de razões

O método de correlação de razões consiste em supor que a população cresce na mesma proporção do crescimento das variáveis sintomáticas selecionadas como representativas da população, como já citado anteriormente. Neste estudo, utilizou-se o modelo estimado com o crescimento intercensitário de 1980 a 1991.

Os modelos estimados são do tipo

$$Y = a_0 + a_1 * X_1 + a_2 * X_2 + a_3 * X_3 + a_4 * X_4$$

onde as coordenadas são

$$Y_h = (P_{h,t} / P_{T,t}) / (P_{h,0} / P_{T,0})$$

$$X_{jh} = (S_{jh,t} / S_{jT,t}) / (S_{jh,0} / S_{jT,0})$$

Na estimação do modelo, utilizaram-se as seguintes informações:

$P_{h,t}$ é a população do município h no ano censitário de 1991;

$P_{T,t}$ é a população total do Rio Grande do Sul no ano censitário de 1991;

$P_{h,0}$ é a população do município h no ano censitário de 1980;

$P_{T,0}$ é a população total do Rio Grande do Sul no ano censitário de 1980;

- $S_{1h,t}$ é o número médio de eleitores do município **h** nos anos de 1988, 1989 e 1990;
- $S_{1T,t}$ é o número médio de eleitores do Rio Grande do Sul nos anos de 1988, 1989 e 1990;
- $S_{1h,0}$ é o número médio de eleitores do município **h** nos anos de 1979 e 1981;
- $S_{1T,0}$ é o número médio de eleitores do município **h** nos anos de 1979 e 1981;
- $S_{2h,t}$ é o número médio de matrículas do ensino fundamental do município **h** nos anos de 1988, 1989 e 1990;
- $S_{2T,t}$ é o número médio de matrículas do ensino fundamental do Rio Grande do Sul nos anos de 1988, 1989 e 1990;
- $S_{2h,0}$ é o número de matrículas do ensino fundamental do município **h** nos anos de 1979, 1980 e 1981;
- $S_{2T,0}$ é o número médio de matrículas do ensino fundamental do município **h** nos anos de 1979, 1980 e 1981;
- $S_{3h,t}$ é o número médio de nascidos vivos do município **h** nos anos de 1988, 1989 e 1990;
- $S_{3T,t}$ é o número médio de nascidos vivos do Rio Grande do Sul nos anos de 1988, 1989 e 1990;
- $S_{3h,0}$ é o número de nascidos vivos do município **h** nos anos de 1979, 1980 e 1981;
- $S_{3T,0}$ é o número médio de nascidos vivos do município **h** nos anos de 1979, 1980 e 1981;
- $S_{4h,t}$ é o número médio de óbitos no município **h**, nos anos de 1988, 1989 e 1990;
- $S_{4T,t}$ é o número médio de óbitos ocorridos no Rio Grande do Sul, nos anos de 1988, 1989 e 1990;
- $S_{4h,0}$ é o número de óbitos ocorridos no município **h**, nos anos de 1979, 1980 e 1981;
- $S_{4T,0}$ é o número médio de óbitos ocorridos no município **h**, nos anos de 1979, 1980 e 1981.

Em relação à divisão territorial utilizada na obtenção da equação de estimação, cabe salientarmos que, uma vez que, na estimação do modelo, se utili-

zam dois pontos censitários (1980 e 1991), houve necessidade de compatibilização das abrangências geográficas de 1980 e 1991. Do mesmo modo que na aplicação do método da distribuição proporcional, as observações consideradas correspondem às áreas mínimas de comparação.

Os parâmetros estimados foram:

$$a_0 = 0,1062$$

$$a_1 = 0,2312$$

$$a_2 = 0,0256$$

$$a_3 = 0,0968$$

$$a_4 = 0,5289$$

Estimativa da população por município

Pressupondo que a relação estimada entre as razões das proporções da população e as das variáveis sintomáticas continuam válidas para os anos posteriores ao último censo, são estimadas as populações municipais desagregadas por grandes faixas etárias, utilizando-se, no modelo, as seguintes observações:

$$Y_h = (P_{h,t+n} / P_{T,t+n}) / (P_{h,t} / P_{T,t})$$

$$X_{jh} = (S_{jh,t+n} / S_{jT,t+n}) / (S_{jh,t} / S_{jT,t})$$

onde

$P_{h,t+n}$ é a população estimada do município h n anos após a data do último censo;

$P_{T,t+n}$ é a população projetada do total do Rio Grande do Sul n anos após a data do último censo;

$P_{h,t}$ é a população do município h no ano censitário de 1991;

$P_{T,t}$ é a população total do Rio Grande do Sul no ano censitário de 1991.

Anexo 4 - Avaliação dos resultados das estimativas para 1991⁴

A análise dos resultados foi feita comparando-se as estimativas para o ano de 1991 com os respectivos resultados do censo demográfico. A medida que usamos para analisar as estimativas são as referentes ao erro relativo, que pode ser descrito como

$$e_h = [(P_{c_h} - P_{e_h}) / P_{c_h}] * 100$$

onde

e_h é o erro relativo da estimativa populacional do município h ;

P_{c_h} é a população censitária do município h ;

P_{e_h} é a população estimada do município h .

Nos critérios de avaliação das estimativas que faremos a seguir, consideramos as seguintes estatísticas referentes aos erros relativos: média, desvio padrão e percentual entre -10 e 10%. As duas últimas medidas referem-se à eficácia do método (quanto menor a variabilidade dos erros mais eficaz é a metodologia); e a primeira, ao viés das estimativas (as estimativas que apresentam erros médios próximos de zero são as menos viesadas). Na Tabela A4.1, apresentamos um resumo dessas estatísticas para as estimativas da população total.

No método *pro rata*, a variável que apresentou as estimativas menos viesadas foi a matrícula escolar do ensino fundamental, com erro médio de -1,57%. A variável que produziu estimativas mais viesadas foi óbitos (erro médio de -12,38). Embora a matrícula escolar apresente estimativas menos viesadas, o número de eleitores apresenta estimativas mais eficazes (desvio padrão de 9,94 e quase 70% dos municípios com erro relativo entre -10% e 10%).

As estimativas pelo método das taxas vitais, independentemente da ponderação utilizada, apresentam erros médios menores do que quando se considera a distribuição *pro rata* das variáveis das estatísticas vitais. A combinação dessas variáveis fornece ganhos significativos de precisão e eficácia, se comparadas com o relacionamento univariado dessas informações. Além disso, a eficácia desse método está em níveis próximos dos obtidos com a estimativa *pro rata* utilizando a informação de eleitores (a estimativa *pro rata* mais eficaz).

Nas estimativas pelo método proporcional, as variáveis sintomáticas referentes ao registro civil foram as que apresentaram os menores erros médios relativos, 0,16% para nascidos vivos e 4,49% para óbitos. Em contrapartida, as

⁴ Essa avaliação foi apresentada em Jardim (1995).

variáveis sintomáticas eleitores e matrícula escolar apresentam vieses mais elevados, quando tratadas pelo método proporcional, do que os apresentados pelo método *pro rata*. Em relação à eficácia das estimativas, cabe salientar que, com exceção de eleitores, todas as outras variáveis apresentam estimativas mais eficazes pelo método proporcional do que pelo método *pro rata*. Quando comparado com o método das estatísticas vitais, a precisão do método proporcional só é superior para as estimativas utilizando a matrícula escolar.

Tabela A4.1

Resumo das estatísticas referentes aos erros relativos das estimativas populacionais dos municípios do Rio Grande do Sul — 1991

MÉTODOS	ERRO MÉDIO (%)	DESVIO PADRÃO (%)	ERRO MÁXIMO (%)	ERRO MÍNIMO (%)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	ERROS ENTRE -10% E 10% (%)
Correlação de razões	-0,31	5,5	22,44	-13,67	0,06	91,93
Estimativa proporcional						
Nascimentos	0,16	15,85	48,84	-47,03	0,01	53,36
Óbitos	4,49	18,8	75,86	-38,35	0,24	49,78
Eleitores	5,47	13,43	52,06	-28,69	0,41	59,64
Matrícula escolar	-5,52	9,01	17,97	-31,88	0,61	68,16
Estatísticas vitais						
Pesos iguais	2,31	12,28	53,82	-28,2	0,19	68,16
Pesos 1/CV (1)	2,19	12,18	52,59	-28,52	0,18	68,16
Estimativa <i>pro rata</i>						
Nascimentos	-4,41	23,37	92,96	-92,38	0,19	46,85
Óbitos	-12,38	24,27	59,3	-94,33	0,51	33,03
Eleitores	4,25	9,94	54,82	-23,63	0,43	69,67
Matrícula escolar	-1,57	14,66	41,09	-39,89	0,11	47,15

FONTES: FEE/NIS.

(1) Coeficiente de variação.

O método de correlação de razões foi o que produziu os melhores resultados, com menos de 10% dos municípios apresentando erros superiores a 10%

ou inferiores a -10%. Adicionalmente, quanto ao viés das estimativas, este apresentou o erro médio relativo muito próximo de zero (-0,28%). Somente as estimativas pelo método proporcional utilizando a variável sintomática nascidos vivos produziu erro médio inferior ao do método de correlação de razões. Em contrapartida, a proporção de estimativas com erros menores que 10% é muito mais significativa no modelo de regressão do que no método proporcional com nascidos vivos.

Analisando, por tamanho de municípios, o comportamento dos erros das estimativas populacionais, verifica-se que, de uma maneira geral, os erros são menores para os municípios maiores. Os maiores ganhos são com o método *pro rata* aplicado a nascimentos (com 87,50% dos municípios maiores com erros entre -10% e 10% contra 33,13% e 57,14% dos municípios menores e intermediários respectivamente) e com o método das estatísticas vitais (90% dos municípios maiores com erros médios entre -10% e 10% contra, aproximadamente, 60% e 70% para os municípios menores e intermediários).

Anexo 5 - Método de correlação de razões com base nos resultados da contagem populacional de 1996⁵

Para o desenvolvimento do modelo do método de correlação de razões, foram utilizados o crescimento das informações entre o **Censo de 1991** e a contagem de 1996.

O modelo estimado é do tipo

$$Y = a_0 + a_1 * X_1 + a_2 * X_2 + a_3 * X_3 + a_4 * X_4$$

onde as coordenadas são

$$Y_h = (P_{h,t} / P_{T,t}) / (P_{h,0} / P_{T,0})$$

$$X_h = (S_{h,t} / S_{T,t}) / (S_{h,0} / S_{T,0})$$

Na estimação do modelo, utilizaram-se as seguintes informações:

$P_{h,t}$ é a população do município **h** no ano de 1996;

$P_{T,t}$ é a população total no Rio Grande do Sul no ano de 1996;

$P_{h,0}$ é a população do município **h** no ano censitário de 1991;

$P_{T,0}$ é a população total do Rio Grande do Sul no ano censitário de 1991;

$S_{1h,t}$ é o número médio de eleitores do município **h** nos anos de 1994, 1995 e 1996;

$S_{1T,t}$ é o número médio de eleitores do Rio Grande do Sul nos anos de 1994, 1995 e 1996;

$S_{1h,0}$ é o número médio de eleitores do município **h** nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{1T,0}$ é o número médio de eleitores do Rio Grande do Sul nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{2h,t}$ é o número médio de matrículas de ensino fundamental do município **h** nos anos de 1994, 1995 e 1996;

$S_{2T,t}$ é o número médio de matrículas do ensino fundamental do Rio Grande do Sul nos anos de 1994, 1995 e 1996;

$S_{2h,0}$ é o número de matrículas do ensino fundamental do município **h** nos anos de 1989, 1990 e 1991;

⁵ Apresentado em Jardim (2000).

$S_{2T,0}$ é o número médio de matrículas do ensino fundamental do Rio Grande do Sul nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{3h,t}$ é o número médio de nascidos vivos do município **h** nos anos de 1994, 1995 e 1996;

$S_{3T,t}$ é o número médio de nascidos vivos do Rio Grande do Sul nos anos de 1994, 1995 e 1996;

$S_{3h,0}$ é o número de nascidos vivos do município **h** nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{3T,0}$ é o número médio de nascidos vivos do Rio Grande do Sul nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{4h,t}$ é o número médio de óbitos no município **h**, nos anos de 1994, 1995 e 1996;

$S_{4T,t}$ é o número médio de óbitos ocorridos no Rio Grande do Sul, nos anos de 1994, 1995 e 1996;

$S_{4h,0}$ é o número de óbitos ocorridos no município **h**, nos anos de 1989, 1990 e 1991;

$S_{4T,0}$ é o número médio de óbitos ocorridos no Rio Grande do Sul, nos anos de 1989, 1990 e 1991.

Os parâmetros estimados foram:

$$a_0 = 0,146$$

$$a_1 = 0,331$$

$$a_2 = 0,520$$

$$a_3 = 0,006$$

$$a_4 = -0,031$$

Anexo 6 - O método de relação de coortes para projetar a população dos municípios por faixa etária e sexo para os anos posteriores a 1996⁶

Na aplicação desse método, projetamos a população para os municípios do Rio Grande do Sul para o ano 2001, como descreveremos a seguir. As projeções para anos-calendário foram feitas desagregando os grupos quinquenais em idade simples dos anos de 1996 e 2001 através dos multiplicadores de Sprague (Shryock et al., p. 688-702, 1973) e interpolando, por coorte, essas populações.

Cálculo da população dos grupos etários de cinco a 10 anos até 70 a 75 anos

onde ${}_5 N_{hj(x+5)}^{t+5} = {}_5 N_{hjx}^t * {}_5 R_{Tjx}^{(t,t+5)} * {}_5 K_{hjx}^{(0,t)}$ para $x = 0, 5, \dots, 65$,

${}_5 N_{hj(x+5)}^{t+5}$ é a população do sexo **j**, com idade entre $x + 5$ e $x + 10$ anos, do município **h** em 2001;

${}_5 N_{hjx}^t$ é a população do sexo **j**, com idade entre x e $x + 5$ anos, do município **h** em 1996;

${}_5 R_{Tjx}^{(t,t+5)}$ é a razão entre a população do sexo **j**, com idade entre $x + 5$ e $x + 10$ anos, em 2001 e a população com idade entre x e $x + 5$ anos, em 1996, do Estado;

${}_5 K_{hjx}^{(0,t)}$ é o índice de crescimento diferencial, entre o município **h** e o Estado, da população do sexo **j**, com idade entre x e $x + 5$ anos, entre 1991 e 1996.

Cálculo das razões por coorte ${}_5 R_{Tjx}^{(0,t)}$

onde ${}_5 R_{Tjx}^{(t,t+5)} = {}_5 N_{Tj(x+5)}^{t+5} / {}_5 N_{Tjx}^t$

⁶ Apresentado em Jardim (2000).

${}_5 N_{Tj(x+5)}^5$ é a população do sexo **j**, com idade entre $x + 5$ e $x + 10$ anos, do Estado em 2001;

${}_5 N_{Tj x}^0$ é a população do sexo **j**, com idade entre x e $x + 5$ anos, do Estado em 1996.

Cálculo do índice de crescimento diferencial (${}_5 K_{hj x}^{(0,t)}$)

$${}_5 K_{h x}^{(0,t)} = ({}_5 N_{hj(x+5)}^t / {}_5 N_{hj x}^0) / ({}_5 N_{Tj(x+5)}^t / {}_5 N_{Tj x}^0)$$

onde

${}_5 N_{hj(x+5)}^t$ é a população do sexo **j**, com idade entre $x + 5$ e $x + 10$ anos, do município **h** em 1996;

${}_5 N_{hj x}^0$ é a população do sexo **j**, com idade entre x e $x + 5$ anos, do município **h** em 1991;

${}_5 N_{Tj(x+5)}^t$ é a população do sexo **j**, com idade entre $x + 5$ e $x + 10$ anos, do Estado em 1996;

${}_5 N_{Tj x}^0$ é a população do sexo **j**, com idade entre x e $x + 5$ anos, do Estado em 1991.

Cálculo da população menor de cinco anos

$${}_5 N_{0hj}^{t+5} = B_{hj}^{(t,t+5)} * P_{Tj b}^{(t,t+5)} * K_{bj}^{0,t}$$

onde

${}_5 N_{0h}^{t+5}$ é a projeção da população do sexo **j** menor de cinco anos do município **h** no ano 2001;

$B_{hj}^{t,t+5}$ é a projeção do total de nascimentos do sexo **j** do município **h** ocorridos entre 1996 e 2001, que é obtida aplicando índice de masculinidade ao total de nascimentos ($B_h^{(t,t+5)}$);

$P_{Tj b}^{t,t+5}$ é a relação de sobrevivência do sexo **j** ao nascimento do Estado entre 1996 e 2001;

$K_{bj}^{0,t}$ é o índice de crescimento diferencial do sexo **j** ao nascimento do município **h** em relação ao Estado, entre 1991 e 1996, e é calculado como

$$K_{bj}^{0,t} = ({}_5 K_{0hj}^{(0,t)})^{(1/2)}$$

Cálculo do total de nascimentos ($B_h^{(t,t+5)}$)

$$B_h^{(t,t+5)} = 5 * \sum ({}_5TEF_{hx}^{(t,t+5)} * (0,5 * ({}_5N_{hfx}^t + {}_5NF_{hfx}^{t+5})))$$

para $x = 15, 20, \dots, 45$,

onde

${}_5TEF_{hx}^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade específica das mulheres com idade entre x e $x + 5$ anos do município h entre 1996 e 2001;

${}_5N_{hfx}^t$ é o número de mulheres com idade entre x e $x + 5$ anos do município h em 1996;

${}_5N_{hfx}^5$ é a projeção do número de mulheres com idade entre x e $x + 5$ anos do município h em 2001.

Cálculo das taxas específicas de fecundidade (${}_5TEF_{hx}^{(t,t+5)}$)

$${}_5TEF_{hx}^{(t,t+5)} = ({}_5TEF_{Tx}^{(t,t+5)} / TFT_T^{(t,t+5)}) * TFT_h^{(t,t+5)}$$

onde

${}_5TEF_{Tx}^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade específica das mulheres com idade entre x e $x + 5$ anos do Estado entre 1996 e 2001;

$TFT_T^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade total do Estado para o período de 1996 a 2001;

$TFT_h^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade total do município h para o período de 1996 a 2001.

Cálculo das taxas de fecundidade total dos municípios

$$TFT_h^{(t,t+5)} = IDF_h^t * TFT_T^{(t,t+5)}$$

Sendo

$$IDF_h^t = ({}_5N_{h0}^t / {}_{25}NF_{h15}^t) / ({}_5N_{T0}^t / {}_{25}NF_{T15}^t)$$

onde

$TFT_h^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade total do município h entre 1996 e 2001;

IDF_h^t é o índice diferencial de fecundidade do município h em 1996;

$TFT_T^{(t,t+5)}$ é a taxa de fecundidade do total do Estado entre 1996 e 2001;

${}_5N_{h0}^t$ é a população de zero a quatro anos do município h em 1996;

${}_{25}NF_{h15}^t$ é a população feminina de 15 a 40 anos do município **h** em 1996;

${}_{5}N_{T0}^t$ é a população de zero a quatro anos do Estado em 1996;

${}_{25}NF_{T15}^t$ é a população feminina de 15 a 40 anos do Estado em 1996.

Cálculo da população de 75 anos ou mais

$$N_{(75 e +)}^{t+5} = N_{(70 e +)}^t + R_{Th (70 e +)}^{(t, t+5)} * {}_5K_{hj (70 e +)}^{(0, t)}$$

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Porto Alegre: FEE, 1976.

ARRETX, Carmen. Proyección de la población de Brasil, por sexo y grupos de edad, 1950-2150. In: MÉTODOS para proyecciones demográficas. São Jose, Costa Rica: CELADE, LC/DEM/CR/G.5, 1984.

ARRIAGA, Eduardo. Algumas considerações sobre a previsão da mortalidade. In: FUTURO da população brasileira: projeções, previsões e técnicas. São Paulo: ABEP, 1987.

BAY, Guiomar. Estimaciones indirectas de indicadores demográficos para áreas menores. Situación en América Latina. **Notas de Población**, n. 71. Santiago do Chile: Comissão Econômica para América Latina e Caribe, Centro Latino-americano e Caribenho de demografia, Divisão de População (CEPAL/CELADE), n. 71, 2001.

BAY, Guiomar. El uso de variables sintomáticas en la estimación de la población de áreas menores. **Notas de Población**, Santiago do Chile: Comissão Econômica para América Latina e Caribe, Centro Latino-Americano e Caribenho de Demografia, Divisão de População (CEPAL/CELADE), n. 67-68, 1998.

BOGUE, Donald. A technique for making extensive population estimates. **Journal of the American Statistical Association**, v. 45, n. 250, 1950.

CARNEIRO, José Paulo Q. O uso da curva logística para projeção de populações. **Revista Brasileira de Estatística**, Rio de Janeiro: IBGE, v. 42, n. 165, p. 38-53, jan./mar., 1981.

CHACKIEL, J. Proyección de la fecundidad: criterios y procedimientos utilizados en CELADE. In: MÉTODOS para proyecciones demográficas. São José, Costa Rica: CELADE, LC/DEM/CR/G.5, 1984.

CHAVES, Edwin A. Variables sintomáticas en las estimaciones de población a nivel cantonal en Costa Rica. **Notas de Población**, n. 71. Santiago do Chile: Comissão Econômica para América Latina e Caribe, Centro Latino-Americano e Caribenho de Demografia, Divisão de População (CEPAL/CELADE), n. 71, 2001.

ESTIMATIVAS da população do Rio Grande do Sul segundo os municípios, microrregiões e o quadro rural e urbano. In: ASPECTOS demográficos e suas

relações com o desenvolvimento econômico do Estado. Porto Alegre: FEE, 1977. v. 2, cap. 8. (25 Anos de Economia Gaúcha).

GOLDBERG, David; RAO, V. R.; NAMBOODIRI, N. K. A test of the accuracy of ratio correlation population estimates. **Land Economics**, v. 40, n. 1, p. 100-102, 1964.

HEIDER, Hendrik ter. **Demographic distribution: formulas**. [S. l.: s. n.], 1981. (Trabalho apresentado na 19ª Conferência Geral da IUSSP, Manilha).

JARDIM, Maria de Lourdes T. Atualização das projeções e estimativas populacionais para o Rio Grande do Sul e seus municípios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13., Caxambu. **Anais...** Caxambu: ABEP, 2002. 1CD.

JARDIM, Maria de Lourdes T. El uso de variables sintomáticas para estimar la distribución espacial de población: aplicación a los municipios de Río Grande del Sur, Brasil. **Notas de Población**, Santiago do Chile: Comissão Econômica para América Latina e Caribe, Centro Latino-americano e Caribenho de Demografia, Divisão de População (CEPAL/CELADE), n. 71, 2001.

JARDIM, Maria de Lourdes T. Estimativas populacionais desagregadas por grupos etários: aplicação para o Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 9., Caxambu. **Anais...** Caxambu: ABEP, 1994.

JARDIM, Maria de Lourdes T. Metodologias de estimativas e projeções populacionais para áreas menores: a experiência do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 12., Caxambu. **Anais...** Caxambu: ABEP, 2000. 1CD.

JARDIM, Maria de Lourdes T. **Previsões populacionais para o Rio Grande do Sul: aplicação de um modelo matemático**. Porto Alegre: FEE, 1986. (Série Áries, 025).

JARDIM, Maria de Lourdes T. Utilização de variáveis sintomáticas para estimar a distribuição espacial de populações: aplicação aos municípios do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 8., Brasília. **Anais...** Brasília: ABEP, 1992.

JARDIM, Maria de Lourdes T. **Utilização de variáveis sintomáticas para estimar a distribuição espacial de populações: aplicação aos municípios do Rio Grande do Sul**. [S. l.: s. n.], 1995. (Dissertação de Mestrado apresentada ao CEDEPLAR).

JARDIM, Maria de Lourdes T.; BANDEIRA, Marilene Dias. **Um século de população do Rio Grande do Sul 1900-2000**. Porto Alegre: FEE, 2001. 1 CD.

MADEIRA, João Lira. Sobre algumas curvas de saturação empregadas em ajustamentos de dados observados. **Revista Brasileira de Estatística**, Rio de Janeiro: IBGE, v. 17, n. 68, p. 269-86, out./dez., 1956.

MADEIRA, João Lira; SIMÕES, Celso Cardoso da Silva. Estimativas preliminares da população urbana e rural segundo as unidades da federação, de 1960/1980 por uma nova metodologia. **Revista Brasileira de Estatística**, Rio de Janeiro: IBGE, v. 33, n. 129, p. 3-11, jan./mar., 1972.

NEUPERT, Ricardo F. (1987). Nova projeção da população brasileira; hipóteses baseadas em informações recentes. In: FUTURO da população brasileira: projeções, previsões e técnicas. [S. l.]: ABEP, 1987.

PARANÁ: projeções de população por sexo e idade 1991-2020. Curitiba: IPARDES; Rio de Janeiro: IBGE, 1999. 40p.

PROJEÇÃO da população da Região Centro-Oeste e Tocantins 1997-2020. Brasília: CODEPLAN: IBGE, 1999. 208p. (Cadernos de demografia, 12).

RELATÓRIO DO DESENVOLVIMENTO HUMANO 2002. Lisboa: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2002. (Edição em português).

SHYROCK, Henry S. et al. **The methods and materials of demography**. 2. ed. Washington, D. C.: U. S. Department of Commerce, 1973. 2v.

EDITORAÇÃO

Supervisão: Valesca Casa Nova Nonnig. Secretária: Luz Da Alva Moura da Silveira.

Revisão

Coordenação: Roselane Vial.

Revisores: Breno Camargo Serafini, Rosa Maria Gomes da Fonseca, Sidonia Therezinha Hahn Calvete e Susana Kerschner.

Editoria

Coordenação: Ezequiel Dias de Oliveira.

Composição, diagramação e arte final: Cirei Pereira da Silveira, Denize Maria Maciel, Ieda Koch Leal e Rejane Maria Lopes dos Santos.

Conferência: Elisabeth Alende Lopes, Lenoir Buss e Rejane Schmitt Hübner.

Impressão: Cassiano Osvaldo Machado Vargas e Luiz Carlos da Silva.

Capa: Paulo Sérgio Sampaio Ribeiro.