

TEXTO PARA DISCUSSÃO N° 248

**UM SISTEMA DE DINÂMICA DEMOGRÁFICA
PARA OS MUNICÍPIOS AMAZÔNICOS**

**Ricardo Alexandrino Garcia
Britaldo Silveira Soares Filho**

Fevereiro de 2005

Ficha catalográfica

314(811)

G216u

2005

Garcia, Ricardo Alexandrino.

Um sistema de dinâmica demográfica para os municípios amazônicos / por Ricardo Alexandrino Garcia; Britaldo Silveira Soares Filho - Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2005.

25p. (Texto para discussão ; 248)

1. Amazônia Legal - População. 2. Amazônia Legal - Previsão demográfica. 3. Amazônia Legal - Desenvolvimento econômico e população. 4. Amazônia Legal - Condições econômicas. I. Soares Filho, Britaldo Silveira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. III. Título. IV. Série.

CDU

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL**

UM SISTEMA DE DINÂMICA DEMOGRÁFICA PARA OS MUNICÍPIOS AMAZÔNICOS

Ricardo Alexandrino Garcia

Doutor em Demografia e Pesquisador do
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) da
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).
rica@cedeplar.ufmg.br

Britaldo Silveira Soares Filho

Professor do Departamento de Geografia e Pesquisador do
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) e
do Centro de Sensoriamento Remoto da
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).
britaldo@csr.ufmg.br

**CEDEPLAR/FACE/UFMG
BELO HORIZONTE
2005**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. Objetivos	7
1.2. Objetivos Específicos.....	7
2. COMPATIBILIZAÇÃO DOS SETORES CENSITÁRIOS BRASILEIROS: 1991/2000.....	8
3. A DESAGREGAÇÃO E A RE-AGREGAÇÃO DOS DADOS CENSITÁRIOS	8
4. A POPULAÇÃO RESIDENTE, EM 1990 E EM 1995, A PARTIR DAS INFORMAÇÕES COMPATIBILIZADAS DE POPULAÇÃO DE 1991 E 2000 DAS 795 MUNICÍPIOS AMAZÔNICOS	9
4.1. Estimativas das Taxas Brutas de Mortalidade.....	10
4.2. Estimativas das Taxas Brutas de Natalidade.....	10
4.3. Estimativas das Taxas Anuais de Urbanização	11
4.4. Estimativas das Taxas Anuais de Emigração	11
4.5. A Matriz de Origem-Destino dos Movimentos Migratórios Recentes.....	12
5. VALIDAÇÃO DO SISTEMA DINÂMICO DE CRESCIMENTO POPULACIONAL	13
6. PROJEÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE MORTALIDADE E FECUNDIDADE ATRAVÉS DO AJUSTE LOGÍSTICO	16
7. SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO POPULACIONAL ANUAL DOS MUNICÍPIOS AMAZÔNICOS: EVOLUÇÃO DAS TAXAS BRUTAS DE MORTALIDADE E FECUNDIDADE E DO GRAU DE URBANIZAÇÃO	16
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
9. BIBLIOGRAFIA	24

ABSTRACT

Population growth and migration represent an important underlying cause of deforestation in the Brazilian Amazon. Models designed to simulate deforestation should therefore incorporate a demographic dynamics system to help project the influence of these variables on the location and rates of deforestation across the basin. We present a demographic model that projects population at municipality level by computing migration fluxes among the Amazonian municipalities and in and outward the region, as well as their crude birth and death rates. The annual projections from 1995 to 2035 are based mainly on mortality, fertility and migration data from 1991's and 2000's IBGE census. The model assumes a logistic curve to project the municipalities' crude birth and death rates, which are derived using specific functions of fertility and mortality by age. The migratory fluxes were determined by establishing a origin-destiny matrix for all the Amazonian municipalities and Brazilian states for the 1995-2000 time period. VESIM, a system-thinking software which allows the solution of simultaneous equation for the 810 defined spatial units by employing integration techniques - such as the Runge-Kutta method, is used to implement the simulation model. Validation was performed comparing 2000's IBGE municipality data. The model is designed to handle various scenarios of regional migration in face of the current projects to expand infrastructure across the Amazon region.

Keywords: demographic model; regional migration; Brazilian Amazon.

JEL: R19

RESUMO

A dinâmica sócio-econômica brasileira vem causando profundas mudanças ambientais na Amazônia através do rápido desflorestamento deste vasto bioma, com a conseqüente perda de seus serviços ecológicos. Estudos de planejamento de uso e conservação dos recursos naturais devem analisar a dinâmica socioeconômica regional para fins de avaliação do seu potencial de impacto ambiental. Este trabalho tem por objetivo a simulação do crescimento anual da população rural e urbana dos municípios amazônicos, através da projeção de suas componentes demográficas (mortalidade, fecundidade, migração e urbanização), em termos de taxas brutas de natalidade, mortalidade, taxas de emigração e taxas de urbanização. Para tanto, foram geradas hipóteses da evolução desses componentes entre 1995 e 2035, tomando como base funções específicas de mortalidade, fecundidade e de taxas de emigração, provenientes dos dados dos Censos Demográficos de 1991 e 2000, entre outras fontes. Por fim, essas projeções alimentaram um sistema dinâmico de simulação (VENSIN), para a estimação do crescimento populacional dessas áreas e quantificação do impacto desse crescimento em futuros cenários sócio-econômicos e no desflorestamento da Amazônia brasileira.

Palavras-chave: modelagem demográfica; migração interna; Amazônia Brasileira.

JEL: R19

1. INTRODUÇÃO

A população brasileira vem apresentando, ao longo das últimas décadas, alterações, até pouco tempo, inimagináveis no que tange ao seu padrão demográfico. O rápido declínio da fecundidade, de um lado, e o aumento da longevidade e da mortalidade por causas violentas, de outro, e mais as décadas de estagnação econômica são alguns dos fatores que estão associados às significativas mudanças observadas na fecundidade, na mortalidade e no padrão migratório do povo brasileiro.

A dinâmica sócio-econômica brasileira vem causando, por outro lado, profundas mudanças ambientais na Amazônia, através do rápido desflorestamento deste vasto bioma, com a conseqüente perda de seus serviços ecológicos. Logo, estudos de planejamento de uso e conservação dos recursos naturais devem analisar a dinâmica socioeconômica regional para fins de avaliação do seu potencial de impacto ambiental. Dentre as várias dimensões da dinâmica sócio-econômica, a dimensão demográfica é a que se revela mais determinante do processo de uso e ocupação do solo da região amazônica. Qualquer estudo que se proponha avaliar o impacto do desenvolvimento sócio-econômico, dessa região, na conservação de seus recursos naturais, deve ter, portanto, como pano de fundo, hipóteses sobre a evolução demográfica em suas sub-áreas, ou seja, deve-se inferir sobre o comportamento das variáveis da dinâmica demográfica e, conseqüentemente, sobre seus impactos no crescimento populacional, no curto e no médio prazo, nas pequenas áreas que compõem a Região Amazônica.

Os métodos de projeção populacional de pequenas áreas baseiam-se, geralmente, em projeções populacionais para áreas maiores e, através de algum algoritmo matemático, estimam a população das áreas que as compõem. Trabalhos que empreguem e comparem quati e qualitativamente esses métodos são, entretanto, escassos na literatura. Os mais difundidos no Brasil são *o método dos coeficientes* e o método de *relação de coortes*.

Proposto em 1959, por Pickard, o denominado “Apportionment Method”, ou projeção da participação no crescimento, consiste em projetar a população baseando-se na contribuição de uma área pequena no crescimento absoluto da população esperada na área maior (WALDVOGEL, 1998). No Brasil este método é conhecido como “método dos coeficientes” ou simplesmente $A_i B_i$. Este método foi utilizado de forma pioneira por MADEIRA & SIMÕES, em 1972, para estimar as populações urbana e rural das Unidades Federativas no período de 1960/1980.

O outro método – conhecido como método de relação de coortes - foi proposto por DUCHESNE (1989) e requer como dados básicos a composição da população, por sexo e grupos de idade, para as áreas menores e projeções de população referentes a uma divisão maior que compreenda todas as áreas menores consideradas. O método tem a vantagem de levar em conta a estrutura etária da população e algumas mudanças nas variáveis demográficas e de assegurar a coerência entre a soma das projeções das áreas menores e as projeções conhecidas de sua área maior.

Projetar populações de pequenas áreas envolve, no entanto, problemas de natureza variada, como dificuldade no uso de metodologias tradicionais, nível de qualidade da informação básica, força e impacto de movimentos migratórios, dificuldade de detalhamento. Há, porém, alguns estudos que procuram aprimorar estas projeções. Entre esses, destacam-se os de WALDWOGEL (1998), de FREIRE & ASSUNÇÃO (2000), de ASSUNÇÃO (2000) e de JANNUZZI (2000). Dentro desse contexto, pesquisadores do CEDEPLAR/UFMG vêm desenvolvendo um conjunto de projeções municipais através da avaliação e ajuste de métodos conhecidos (GARCIA, 2000).

1.1. Objetivos

Este trabalho tem por objetivo a projeção das componentes demográficas (mortalidade, fecundidade e migração) dos municípios amazônicos, em termos de taxas brutas de natalidade, mortalidade, e taxas de emigração. Para tanto, foram geradas hipóteses da evolução desses componentes entre 1995 e 2035, tomando como base funções específicas de mortalidade, fecundidade e de taxas líquidas de migração, provenientes dos dados dos Censos Demográficos de 1991 e 2000, entre outras fontes.

Uma vez derivadas as taxas brutas de natalidade e fecundidade desses municípios em dois momentos distintos, 1990 e 2000, ajustou-se uma curva logística para a projeção anual dessas componentes; já as taxas de emigração foram mantidas constantes e iguais às observadas entre 1995 e 2000. Feito isso, foram elaboradas hipóteses sobre a evolução das taxas de urbanização dessas áreas, de modo a fornecerem estimativas anuais de população rural e urbana para cada um de seus municípios.

Por fim, as projeções dessas taxas serviram de ponto de partida para a simulação, através de sistemas dinâmicos (Vensin), de cenários sócio-econômicos e seus impactos no desflorestamento da Amazônia brasileira.

Em suma, o objetivo deste trabalho é a elaboração de um sistema que permita a estimar a evolução da população rural e urbana dos municípios amazônicos através das três componentes fundamentais da dinâmica demográfica: mortalidade, fecundidade e migração.

1.2. Objetivos específicos

- Elaboração de estimativas compatibilizadas da população residente por sexo e idade, para os anos de 1990, de 1995 e de 2000, segundo a malha dos municípios brasileiros de 2000.
- Elaboração de estimativas recentes de taxas brutas de mortalidade (TBM), de natalidade (TBN), de emigração (TE) e de urbanização (TU) para os municípios amazônicos e demais Unidades da Federação.
- Elaboração da matriz de origem-destino dos movimentos migratórios recente entre essas localidades.
- Validação do sistema dinâmico de crescimento populacional
- Projeção dessas estimativas de mortalidade, fecundidade e urbanização através do ajuste logístico.
- Implementação dos vetores de Mortalidade (TBM), Fecundidade (TBN), Emigração (TE) e Urbanização (TU) no sistema VENSIM.

2. COMPATIBILIZAÇÃO DOS SETORES CENSITÁRIOS BRASILEIROS: 1991/2000

Feitas as considerações iniciais a respeito dos objetivos geral e específicos almejados nesse trabalho, faz-se necessário comentar, primeiramente, sobre a evolução do número de municípios brasileiros entre 1970 e 2000. Segundo a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil era composto por um total de 3.950 municípios, mais o Distrito Federal, em 1970. Esse número permaneceu praticamente constante durante toda a década de 70, uma vez que, até 1980, apenas 40 municípios foram emancipados. Entre 1980 e 1991, houve uma verdadeira proliferação de municípios sendo emancipados, em comparação com a década de 70, pois o número de municípios novos subiu de 40 para 500, ou seja, um aumento superior a 12 vezes ao do número observado na década anterior. Como se não bastasse, entre 1991 e 2000, o número de municípios emancipados foi duas vezes maior que o da década de 80, num total de 1016 municípios, e em 2001 foram criados mais 54 municípios. No final de 2001, portanto, o Brasil possuía um total de 5.560 municípios mais o Distrito Federal, ou seja, um total de 5.561 áreas administrativas diferentes. Isso representa uma variação de 140,7%, em, praticamente, três décadas.

Os métodos de projeção populacional, geralmente, baseiam-se em informações a respeito da evolução passada dos contingentes populacionais para estimar seu comportamento futuro. O desmembramento de uma área maior em duas ou mais áreas menores, coloca grandes obstáculos à aplicação direta dessas técnicas, pois, muitas vezes, não é possível a obtenção de informações provenientes de uma dada composição geográfica no passado a luz de uma composição geográfica mais atual. Assim, para aplicação adequada dos modelos de projeção populacional que serão discutidos mais a diante, ou se agrega as informações recentes (tal como a população recenseada no último Censo), de modo a recompor as mesmas unidades territoriais do passado, ou se desagrega as informações do passado, de modo a compor as mesmas unidades territoriais recentes.

3. A DESAGREGAÇÃO E A RE-AGREGAÇÃO DOS DADOS CENSITÁRIOS

Para que se possa ter uma estimativa das informações de uma localidade que ainda não havia se emancipado, na ocasião da execução de uma dada pesquisa, mas que estava contida em uma outra localidade maior, é necessário que essas informações sejam desagregadas em um nível menor unidade geográfica de interesse e re-agregadas segundo uma nova configuração desejada.

A menor unidade geográfica de divulgação dos dados censitários é o chamado setor censitário. Cada município, portanto, é constituído pelo conjunto de setores censitários que o conforma. Bastaria, então, ter acesso aos dados censitários em nível de setor e conhecer a relação de setores censitários envolvidos nos desmembramentos municipais em dois Censos Demográficos consecutivos, para estimar a população, no primeiro Censo, de um município que só aparece no segundo, pois foi emancipado no período intercensitário. Isso só seria totalmente verdadeiro, contudo, se os setores censitários não sofressem desmembramentos, análogos aos dos municipais, de censo para outro.

A definição de setores censitários obedece a critérios específicos tais como, número médio de domicílios, população residente, estabelecimentos rurais, etc... É natural, portanto, que essas áreas não

se mantenham constantes ao longo do tempo. No caso dos desmembramentos municipais, felizmente, apenas os desmembramentos de setores fronteiriços acarretam algum transtorno às estimativas populacionais de municípios não-emancipados, mas eles constituem, geralmente, em uma pequena minoria.

Uma vez compatibilizados os setores censitários brasileiros dos Censos Demográficos de 2000 e 1991¹, boas estimativas de população residente para as 795 localidades que integravam a malha municipal amazônica brasileira em 2000 puderam ser obtidas, com base no dados do Censo Demográfico de 1991.

4. A POPULAÇÃO RESIDENTE, EM 1990 E EM 1995, A PARTIR DAS INFORMAÇÕES COMPATIBILIZADAS DE POPULAÇÃO DE 1991 E 2000 DAS 795 MUNICÍPIOS AMAZÔNICOS

Para se estimar a provável população residente das 795 localidades amazônicas, em 1990, extrapolou-se, retroativamente, a população estimada total por sexo dessas localidades, segundo as taxas de crescimento observadas no período 1991/2000, conservando a estrutura observada em 1991. Ou seja, de posse das estimativas compatibilizadas de população residente, para os anos de 1991 e 2000, a população desses municípios foi estimada, para o ano de 1990, a partir da extrapolação da taxa de crescimento exponencial anual observada para a população total, por sexo, entre o período 1991 e 2000. Obtidos os dados sobre o total das populações masculinas e femininas para essas localidades, as estimativas segundo a estrutura etária foram calculadas através da distribuição dos valores encontrados para a população total pela estrutura proporcional conhecida para o ano de 1991.

Uma vez que a maioria dos Censos Demográficos obedece a um intervalo de dez anos para sua consecução, DUCHESNE (1989) propõe um algoritmo de estimação da população residente no final do primeiro quinquênio, a partir dos dados de população de dois Censos Demográficos decenais consecutivos. Esse procedimento foi adaptado por CARVALHO E GARCIA (2002), que efetuaram ligeiras modificações ao original, tal como o emprego da razão criança mulher, proposta por LEE (1957), na estimação da população de entre zero e quatro anos de idade.

Por fim, a população residente municipal, por sexo e idade, para o meio da década de 90 foi calculada segundo as populações estimadas para os anos de 1990 e 2000, através dos procedimentos sugeridos por CARVALHO E GARCIA (2002), a respeito do algoritmo proposto por DUCHESNE (1989).

Com isso, obteve-se boas estimativas populacionais, por sexo e idade, para os anos de 1991 e 1995 (ano base), para todos os municípios amazônicos existentes em 2000, mais as 18 Unidades da Federação (UF) restantes. O que permitiu que se calculassem taxas brutas de natalidade e mortalidade, a com base nas taxas específicas de fecundidade e mortalidade, tal como se era a seguir.

¹ Para a compatibilização dos setores censitários dos microdados do Censo Demográfico de 1991 (Universo) com os do Censo Demográfico de 2000, foram empregadas, como ponto de partida, duas relações tipo origem-destino dos setores censitários: 1991/1996 e 1996/2000; fornecidas gentilmente pelo IBGE.

4.1. Estimativas das taxas brutas de Mortalidade

As taxas brutas de mortalidade foram obtidas por meio de estimativas das probabilidades específicas de mortalidade, calculadas através de um ajuste logit de dois parâmetros, entre as probabilidades de morte de uma curva padrão e as divulgadas no Atlas de Desenvolvimento Humano da Fundação João Pinheiro para os anos de 1991 e 2000 (FJP, 2003). O ajuste logit foi dado por:

$$Y_x = a + bY_x^s$$

onde

$$Y_x = 0,5 \ln \left[\frac{1-q_x}{q_x} \right] \text{ e } Y_x^s = 0,5 \ln \left[\frac{1-q_x^s}{q_x^s} \right]$$

em que q_x e q_x^s são, respectivamente, as probabilidades de mortalidade q , na idade x , publicadas e padrão.

Uma vez obtidas as funções das taxas específicas de mortalidade a TBM foi calculada segundo:

$$TBM_J^A = \frac{\sum_J TEM_{xJ}^A P_x^A}{\sum_J P_x^A}$$

em que TEM_x^A é a taxa específica de mortalidade na idade x , no ano A , da localidade J e P_x^A é a população de idade x , no mesmo ano e localidade.

4.2. Estimativas das taxas brutas de Natalidade

As taxas brutas de natalidade foram obtidas por meio de estimativas das taxas específicas de fecundidade, calculadas através do diferencial de nível entre as taxas de fecundidade total (TFT) observadas a partir dos dados dos censos demográficos e as divulgadas no Atlas de Desenvolvimento Humano da Fundação João Pinheiro (FJP, 2003) para os anos de 1991 e 2000, para os municípios brasileiros. O esse ajuste foi dado por:

$$TBN_J^A = \frac{\sum_J f_x^A \frac{J T F T_c^A}{J T F T_s^A}}{\sum_J P_x^A}$$

em que a TBN_J^A é a taxa bruta de natalidade no ano A , da localidade J ; P_x^A é a população de idade x , no ano A , da localidade J ; f_x^A é a população feminina de idade x , no ano A , da localidade J

que declarou ter tido um filho nascido vivo nos doze meses que antecederam a pesquisa; ${}_jTFT_c^A$ e ${}_jTFT_s^A$ correspondem as taxas de fecundidade total, no ano A , da localidade J , provenientes, respectivamente, do censos demográficos (c) e da publicada pela FJP (s).

4.3. Estimativas das taxas anuais de urbanização

As taxas anuais de urbanização foram calculadas com base na variação do grau de urbanização, durante o período de 1991 e 2000. O grau de urbanização corresponde ao percentual da população urbana sobre a população total:

$$TU_J^a = \left(\frac{{}^u P_J^A / {}^t P_J^A}{{}^u P_J^{A-x} / {}^t P_J^{A-x}} \right)^{1/x} - 1$$

em que ${}^u P_J^A$ é a população urbana no ano A e ${}^t P_J^A$, a população total no ano A .

4.4. Estimativas das taxas anuais de emigração

Uma vez obtidas as médias das taxas brutas de natalidade e mortalidade, foi possível calcular o crescimento vegetativo (TCV) dos 795 municípios que compõem a Amazônia brasileira e das 18 UF restantes, durante a década de 90, segundo a equação:

$$TCV_J^m = TBN_J^m - TBM_J^m$$

Com isso, uma proxy da taxa líquida de migração (TM) pôde ser calculada pela subtração entre a taxa de crescimento total (TCT) e a Taxa de Crescimento Vegetativa:

$$TM_J^m = TCT_J^m - TCV_J^m$$

Por fim, a taxa de emigração foi obtida através do ajuste entre as taxas líquidas de migração provenientes diretamente dos dados Censo Demográfico de 2000 e TM's calculadas pelo procedimento citado, com base nas populações esperadas, fechada à migração, no final do período de referência, de modo que:

$$\bar{P}_J^A = P_J^{A-X} (1 + TCV_J^m)^X$$

para $X = 0, 1, 2, 3$ e 4 .

$$\bar{P}_J^A = P_J^A + E_J^{d.f.} - I_J^{d.f.}$$

em que \bar{P}_J^A é a população, no ano A ($A = 2000$), esperada fechada à migração, da localidade J ; $E_J^{d.f.}$ e $I_J^{d.f.}$ são, respectivamente, os emigrantes e imigrantes de data-fixa do Censo Demográfico de 2000, somados seus efeitos indiretos.

Uma vez corrigido o número total de emigrantes, do período 1995/2000, dos municípios e UF deste estudo, bastou calcular a taxa anual de emigração, de acordo com a equação:

$$TE_J^a = \left(\frac{\bar{P}_J^A - E_J^a}{P_J^{A-5}} \right)^{1/5} - 1$$

em que TE_J^a é a taxa anual de emigração, do período 1995-2000, das localidades J .

4.5. A Matriz de origem-destino dos movimentos migratórios recentes

Estimados as taxas anuais de emigração, o próximo passo foi o de se identificar os percentuais de absorção desses emigrantes por cada localidade. Felizmente, os Censos Demográficos de 1991 e 2000, trazem, em seus microdados, a informação do município de moradia a exatos cinco anos antes de realização da pesquisa. Isso permitiu que se identificasse a distribuição percentual dos emigrantes de cada localidade por todas as outras 812, nos períodos 1986/1991 e 1995/2000. Como não houve bruscas alterações desses dados entre um censo e outro, optou-se por adotar os valores mais recentes. Os emigrantes originários da localidade I com destino a uma localidade J - ou seja, os imigrantes na localidade J provenientes da localidade I - foram calculados, para o ano A , da seguinte forma:

$$E_{IJ}^A = P_I^{A-1} (1 + (TBN_I^m - TBM_I^m)(TE_I^a)) Q_{IJ}$$

A FIG. 1 ilustra parte da matriz 810X810 de migração obtida através da manipulação da variável de data-fixa dos microdados do Censo Demográfico de 2000, que informa o local de residência da população brasileira em 01 de agosto de 1995.

FIGURA 1

Matriz de migração (Q)

Residência em 2000 emigrante →

Município de Residência em 1995	Código do município	Nome do município	Município de Residência em 2000																
			1100015	1100023	1100031	1100049	1100055	1100064	1100072	1100080	1100098	1100105	1100114	1100122	1100130	1100148	1100155	1100163	
			Alta Floresta	Aniquenes	Cabixi	Cacaul	Cerejeiras	Colorado	Corumbá	Costa Mar	Espigão D'Oeste	Guajará	M. Jari	Al. Paraná	Machadinho	Novo Brasil	Osório	Prati	Pimenta
1100015	0	0	183	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0
1100023	49	0	12	150	20	0	0	19	24	59	253	0	0	436	714	239	120	2	0
1100031	0	0	0	0	183	76	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100049	144	210	0	0	0	19	7	144	279	0	0	0	0	490	204	210	121	39	0
1100055	0	29	100	117	0	0	0	56	554	20	0	0	0	43	47	7	39	0	0
1100064	21	97	279	126	243	0	0	272	39	10	0	0	0	28	56	14	0	0	0
1100072	0	0	0	0	434	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100080	0	0	0	0	0	72	0	0	0	0	0	0	0	286	0	151	0	0	0
1100098	105	44	0	366	33	0	0	19	0	0	0	0	0	11	26	0	0	0	0
1100105	47	97	0	152	27	0	0	147	0	0	0	0	0	12	63	69	11	60	0
1100114	64	831	0	149	0	0	0	0	7	7	75	0	0	337	503	54	281	35	0
1100122	22	963	4	460	34	12	0	158	67	78	340	0	0	709	186	488	37	0	0
1100130	0	384	30	0	0	31	0	0	0	0	0	0	0	20	125	105	0	0	0
1100148	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100155	7	286	2	71	0	0	0	29	0	0	70	741	443	393	0	0	0	0	0
1100163	179	150	19	576	14	43	0	62	597	0	11	237	0	0	0	0	0	0	0
1100171	64	1063	4	476	55	111	0	85	31	591	180	1179	95	34	207	120	0	0	0
1100179	52	83	4	172	8	0	0	83	46	0	0	335	153	121	61	4	0	0	0
1100187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	49	0	0	0	0
1100195	317	185	0	486	35	0	0	77	89	13	51	410	73	487	15	23	0	0	0
1100203	303	0	0	69	0	0	0	23	27	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100211	0	184	86	203	276	123	64	6	87	39	110	368	88	0	0	0	0	0	0
1100219	0	43	0	161	10	0	0	2	7	39	0	0	0	184	0	113	57	40	0
1100227	0	60	0	29	0	0	0	0	0	0	133	21	0	0	0	0	0	0	0
1100235	25	11	0	155	0	0	0	0	63	56	0	22	449	37	197	136	1	0	0
1100243	121	68	0	77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0
1100251	0	183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	49	0	0	0	0
1100259	0	32	0	45	23	0	0	0	0	0	0	0	0	45	0	157	205	0	0
1100267	38	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100275	0	183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	0	20	0	0	0
1100283	0	97	0	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	28	0	0	0	0
1100291	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	52	0	0	0	0
1100299	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100307	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100323	0	159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100331	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	0	0	0	0	0
1100339	0	183	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	50	38	13	0	0	0
1100347	0	0	0	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100355	0	140	12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118	135	28	0	0	0
1100363	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100371	0	12	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100379	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100395	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100411	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100419	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100435	0	0	0	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100443	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100451	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100459	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100467	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100475	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100483	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100491	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1100499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Residência em 1995 imigrante ↓

5. VALIDAÇÃO DO SISTEMA DINÂMICO DE CRESCIMENTO POPULACIONAL

Os procedimentos expostos até aqui permitiram que se estimassem os parâmetros das equações de crescimento populacional para todas as 813 localidades consideradas, tal que suas populações, durante os anos do segundo quinquênio da década de 90, puderam ser calculada de acordo com as seguintes expressões:

$$\begin{aligned}
 P_J^{1996} &= P_J^{1995} (1 + (TBN_J^m - TBM_J^m - TE_J^a)) + \sum P_I^{1995} (1 + (TBN_I^m - TBM_I^m)(TE_I^a)Q_{IJ}) \\
 P_J^{1997} &= P_J^{1996} (1 + (TBN_J^m - TBM_J^m - TE_J^a)) + \sum P_I^{1996} (1 + (TBN_I^m - TBM_I^m)(TE_I^a)Q_{IJ}) \\
 P_J^{1998} &= P_J^{1997} (1 + (TBN_J^m - TBM_J^m - TE_J^a)) + \sum P_I^{1997} (1 + (TBN_I^m - TBM_I^m)(TE_I^a)Q_{IJ}) \\
 P_J^{1999} &= P_J^{1998} (1 + (TBN_J^m - TBM_J^m - TE_J^a)) + \sum P_I^{1998} (1 + (TBN_I^m - TBM_I^m)(TE_I^a)Q_{IJ}) \\
 P_J^{2000} &= P_J^{1999} (1 + (TBN_J^m - TBM_J^m - TE_J^a)) + \sum P_I^{1999} (1 + (TBN_I^m - TBM_I^m)(TE_I^a)Q_{IJ})
 \end{aligned}$$

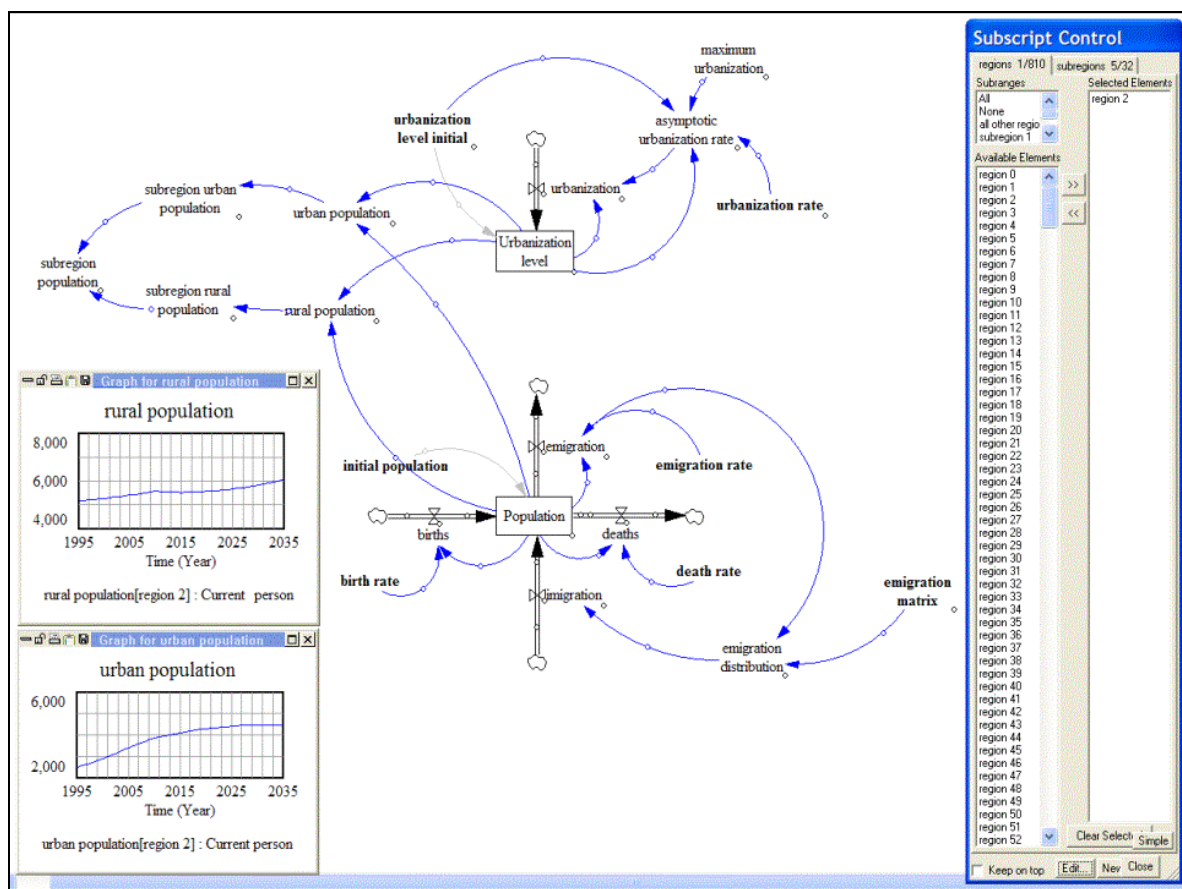
em que P_J^{1995} é a população no ano de 1995 e Q_{IJ} é o percentual da emigração da localidade I para a localidade J , do período 1995-2000.

Essas equações são, na verdade, a versão discreta da equação de crescimento populacional que preconiza que o volume populacional de uma localidade, no final de um período, será igual ao seu volume inicial, menos óbitos, menos emigrantes, mais nascimentos, mais imigrantes - todos, relativos a esse mesmo período. Como todas as estimativas se referem a um período de um ano, optou-se por

representar as equações de crescimento populacional em sua forma discreta (PRESTON, HEUVELINE & GUILLOT, 2001, p. 03-20).

A Figura 2, a seguir, ilustra a estrutura do sistema de simulação do crescimento populacional que foi elaborado com base no Vensim, indicando as relações entre as diversas componentes da dinâmica demográfica que alimentam o sistema. Dessa forma, pode-se acessar, rapidamente, informações desde o contingente populacional, rural, urbano ou total, até o número de óbitos de um determinado município, em cada ano do período da simulação.

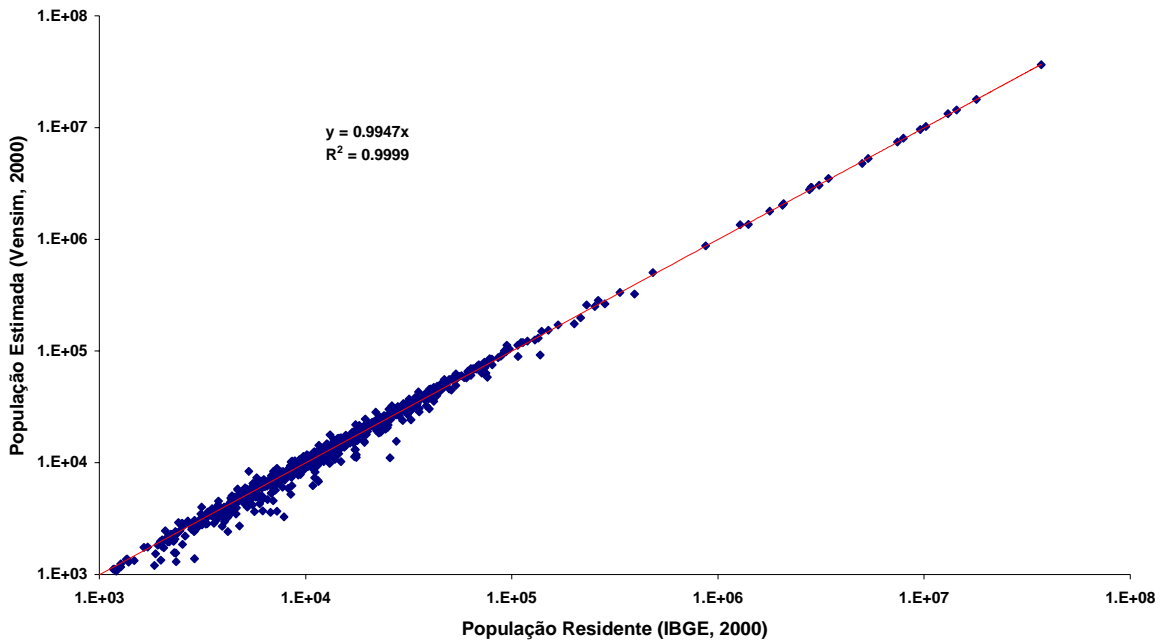
FIGURA 2
Fluxograma do sistema dinâmico de crescimento populacional dos municípios amazônicos, segundo o Vensim



A comparação entre os dados estimados pelo sistema de equações e os observados diretamente nos dados do Censo Demográfico de 2000, está ilustrado no gráfico a seguir.

FIGURA 3

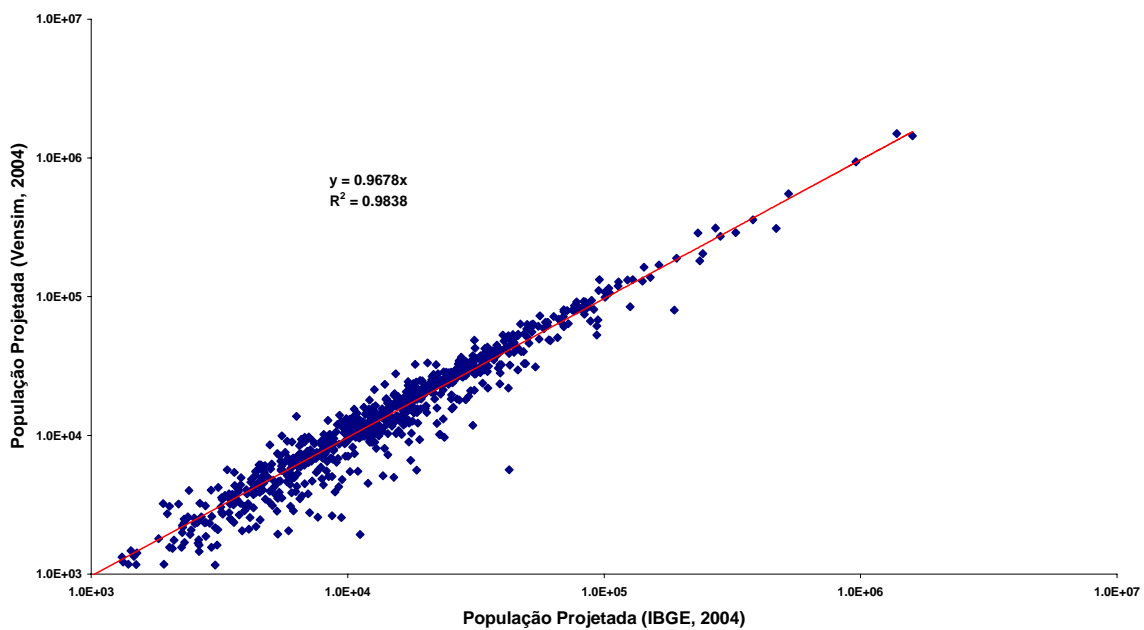
Validação do Sistema de Dinâmica Demográfica dos municípios amazônicos. População total residente em 2000 (IBGE) versus população estimada



Fonte: IBGE. Censo Demográfico de 2000 e estimativas próprias.

FIGURA 4

Validação do Sistema de Dinâmica Demográfica dos municípios amazônicos. População total projetada em 2004 (IBGE) versus população estimada (Vensim).



Fonte: IBGE. Estimativas de população – Revisão 2004 - e estimativas próprias.

6. PROJEÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE MORTALIDADE E FECUNDIDADE ATRAVÉS DO AJUSTE LOGÍSTICO

Uma vez validado os parâmetros do sistema de equações populacionais, o próximo passo foi a elaboração das projeções das taxas de mortalidade, fecundidade e urbanização. Nesse estágio do projeto, as taxas de emigração e a matriz de origem-destino foram mantidas inalteradas.

Para as estimativas futuras dessas taxas, foi empregada uma função logística, cujas assíntota superior e inferior, bem como a velocidade do incremento, foram calculadas, iterativamente, de modo a reproduzirem, o mais próximo possível, os valores referentes aos anos de 1991, 1995 e 2000. A equação, a seguir, representa a curva logística adotada.

$$Y_t = Y_i + \left(\frac{Y_s - Y_i}{1 + e^{-w(t-k)}} \right)$$

onde: Y_s representa a assíntota superior; Y_i , a assíntota inferior; w a velocidade do incremento e K o ponto de inflexão.

7. SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO POPULACIONAL ANUAL DOS MUNICÍPIOS AMAZÔNICOS: EVOLUÇÃO DAS TAXAS BRUTAS DE MORTALIDADE E FECUNDIDADE E DO GRAU DE URBANIZAÇÃO

Como já salientado, o crescimento populacional de uma localidade é dependente do comportamento de suas taxas de natalidade, de mortalidade e de migração. No caso dos municípios amazônicos, aqui tratados, seu crescimento dependerá das hipóteses a respeito da evolução de suas taxas brutas de natalidade, de mortalidade e de emigração, bem como da evolução de suas taxas de urbanização, entre 1995 e 2035. Como as taxas de emigração, de todas as localidades imputadas no Vensim, permaneceram constantes e iguais as calculadas para o período 1995 e 2000, elaboraram-se estimativas, entre 1995 e 2035, sobre a evolução anual das taxas brutas de mortalidade e natalidade de todas as localidades pertinentes – ou seja, 792 municípios e 18 UF's - e das taxas de urbanização, somente para os municípios amazônicos.

Segundo essas estimativas, o percentual de municípios altamente urbanizados, ou seja, com grau de urbanização superior a 80%, passará de 11,6%, em 2000, para 32,1%, em 2035, e o dos que apresentam grau de urbanização inferior a 20%, cairá de 5,3% para 3,7%, entre esses mesmos anos, tal como pode ser observado na Tabela 1.

TABELA 1

Amazônia: 2000. Numero de municípios amazônicos, segundo grau de urbanização, taxas brutas de natalidade e mortalidade em 2000 e em 2035

Grau de Urbanização (%)	Municípios			
	Ano			
	2000		2035	
	n	%	n	%
80 ou mais	92	11.6	278	35.1
de 60 a 80	186	23.5	157	19.8
de 40 a 60	257	32.4	209	26.4
de 20 a 40	215	27.1	119	15.0
até 20	42	5.3	29	3.7
Total	792	100	792	100

Taxas Brutas de Natalidade (‰)	Municípios			
	Ano			
	2000		2030	
	n	%	n	%
80 a 100	0	0.0	1	0.1
de 60 a 80	1	0.1	1	0.1
de 40 a 60	31	3.9	23	2.9
de 20 a 40	746	94.2	573	72.3
até 20	0	0.0	194	24.5
Total	778	100	792	100

Taxas Brutas de Mortalidade (‰)	Municípios			
	Ano			
	2000		2030	
	n	%	n	%
de 40 a 70	1	0.1	9	1.1
de 30 a 40	195	24.6	55	6.9
de 20 a 30	345	43.6	238	30.1
de 10 a 20	251	31.7	395	49.9
até 10	0	0.0	95	12.0
Total	792	100	792	100

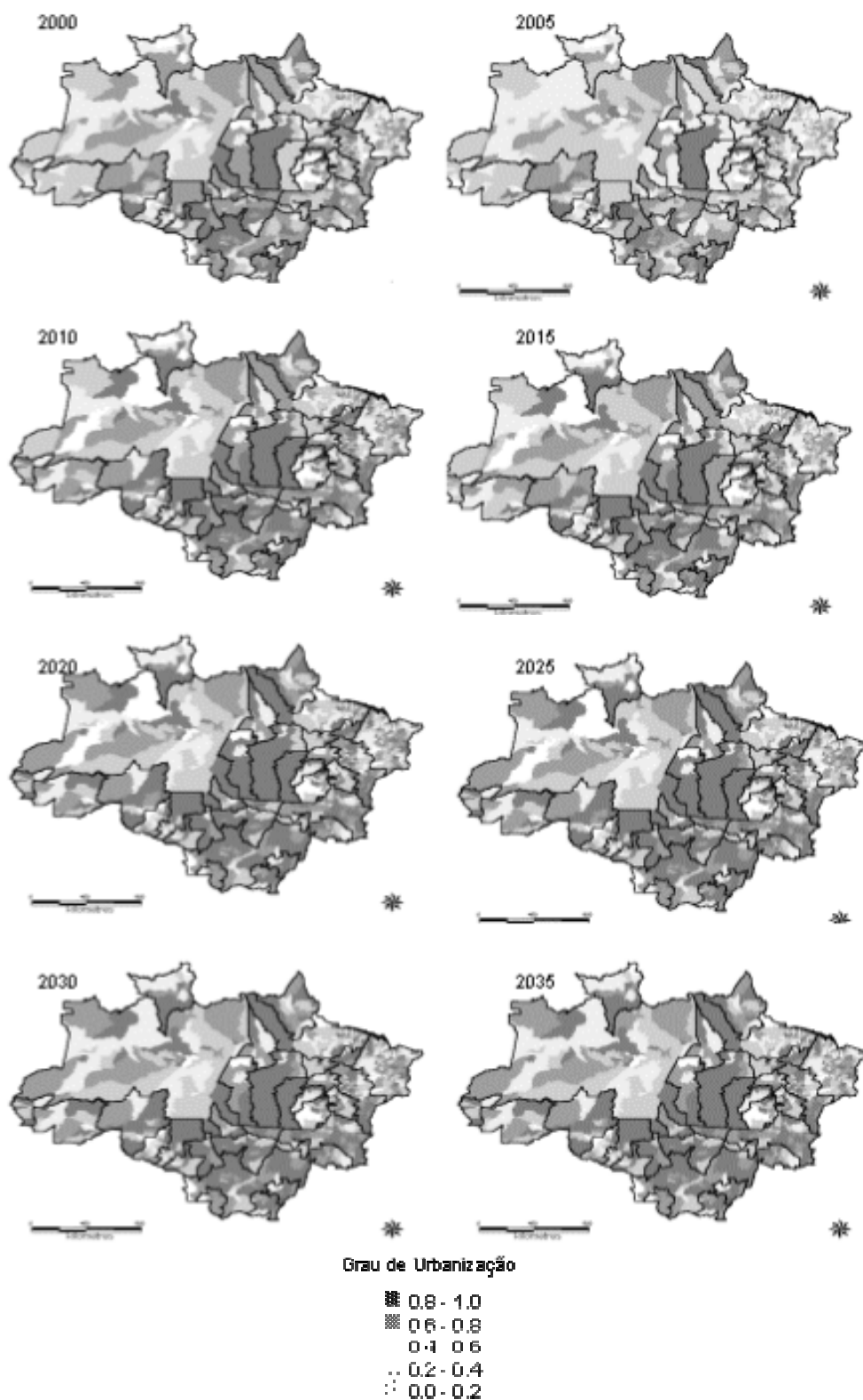
Fonte: IBGE. Censo Demográfico de 2000; FJP, 2003 e estimativas próprias.

A grande maioria dos municípios amazônicos (94,2%) apresenta taxas brutas de natalidade inferiores a 40 nascimentos por mil habitantes, em 2000, porém nenhum município apresenta taxas inferiores a 20 nascimentos por mil habitantes; a partir de 2030, percentual dos municípios amazônicos com taxas inferiores a 40 por mil será de 97%, aproximadamente, enquanto que o percentual dos de taxas inferiores a 20 por mil será de 24,5% (TAB. 1).

Algo semelhante acontece com as taxas brutas de mortalidade, ou seja, a maioria desses municípios (75,3%) apresenta taxas brutas de mortalidade inferiores a 30 óbitos por mil habitantes, em 2000, porém nenhum município apresenta taxas inferiores a 10 óbitos por mil habitantes; a partir de 2030, percentual dos municípios amazônicos com taxas inferiores a 30 por mil será de 98%, aproximadamente, enquanto que o percentual dos de taxas inferiores a 10 por mil será de 12,0% (TAB. 1). As Figuras 5, 6 e 7 trazem a evolução espacial dessa estimativas, entre 2000 e 2035. Para tanto, os municípios amazônicos foram mapeados, segundo essas suas respectivas taxas, em anos selecionados.

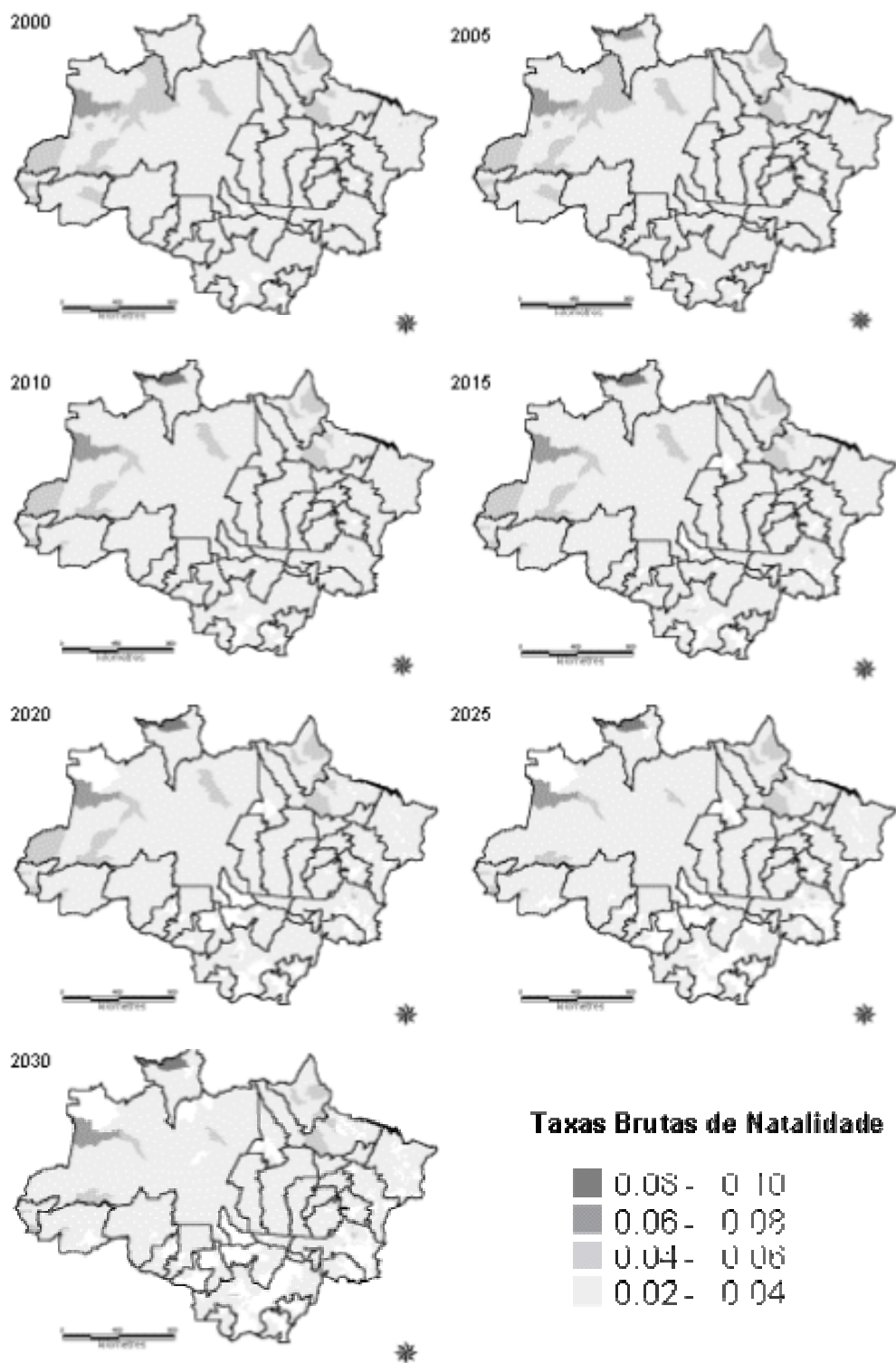
FIGURA 5

Evolução do Grau de Urbanização dos municípios amazônicos brasileiros (anos selecionados)



Fonte: IBGE, Censo Demográfico de 2000 e estimativas próprias.

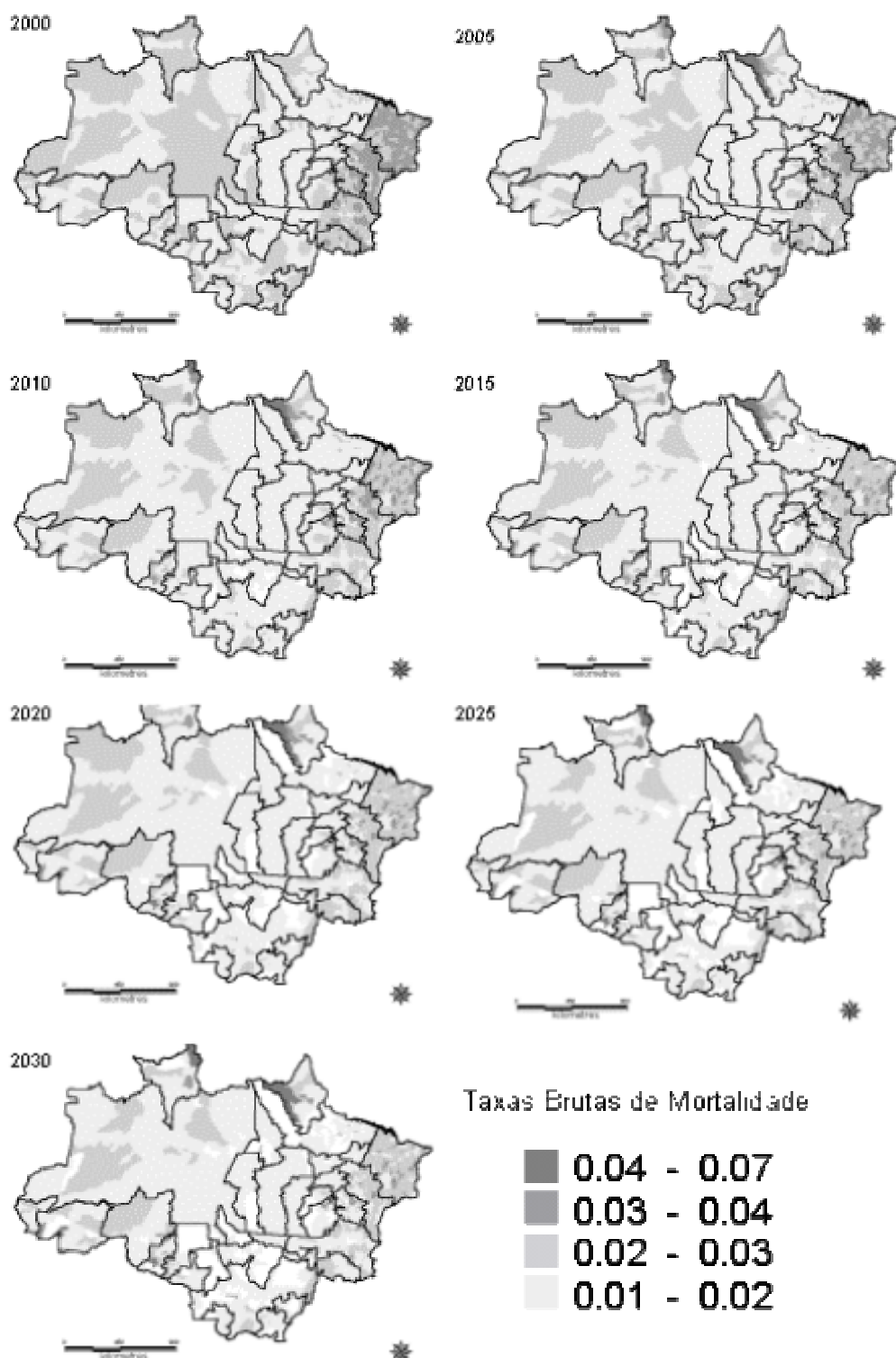
FIGURA 6
Evolução anual da população residente nos municípios amazônicos, segundo situação do domicílio, entre 1995 e 2035. Resultados agregados em sub regiões



Fonte: IBGE. Censo Demográfico de 2000 e estimativas próprias.

FIGURA 7

Evolução anual da população residente nos municípios amazônicos, segundo situação do domicílio, entre 1995 e 2035. Resultados agregados em sub regiões



Fonte: IBGE. Censo Demográfico de 2000 e estimativas próprias.

De acordo com as hipóteses adotadas sobre a evolução das componentes da dinâmica demográfica dos municípios amazônicos, os resultados da simulação do crescimento populacional dessas áreas indicam que, em 2000, do total de 792 municípios, 19, 3% possuíam um volume populacional inferior a 5 mil pessoas e 31,6%, possuíam um volume populacional superior a 20 mil pessoas; em 2035, esses valores passaram, respectivamente para 18,3% e 42,4%; o percentual de municípios com população rural superior a 20 mil pessoas passará de 14,8% para 27,1%, entre 2000 e 2035, e os dos municípios com população urbana superior a 20 mil pessoas, 8,1% para 13,6%, entre esses mesmos anos, tal como podem ser observados na Tabela 2.

TABELA 2

Amazônia: 2000. Numero de municípios amazônicos, segundo tamanho populacional e situação do domicílio, em 2000 e em 2035

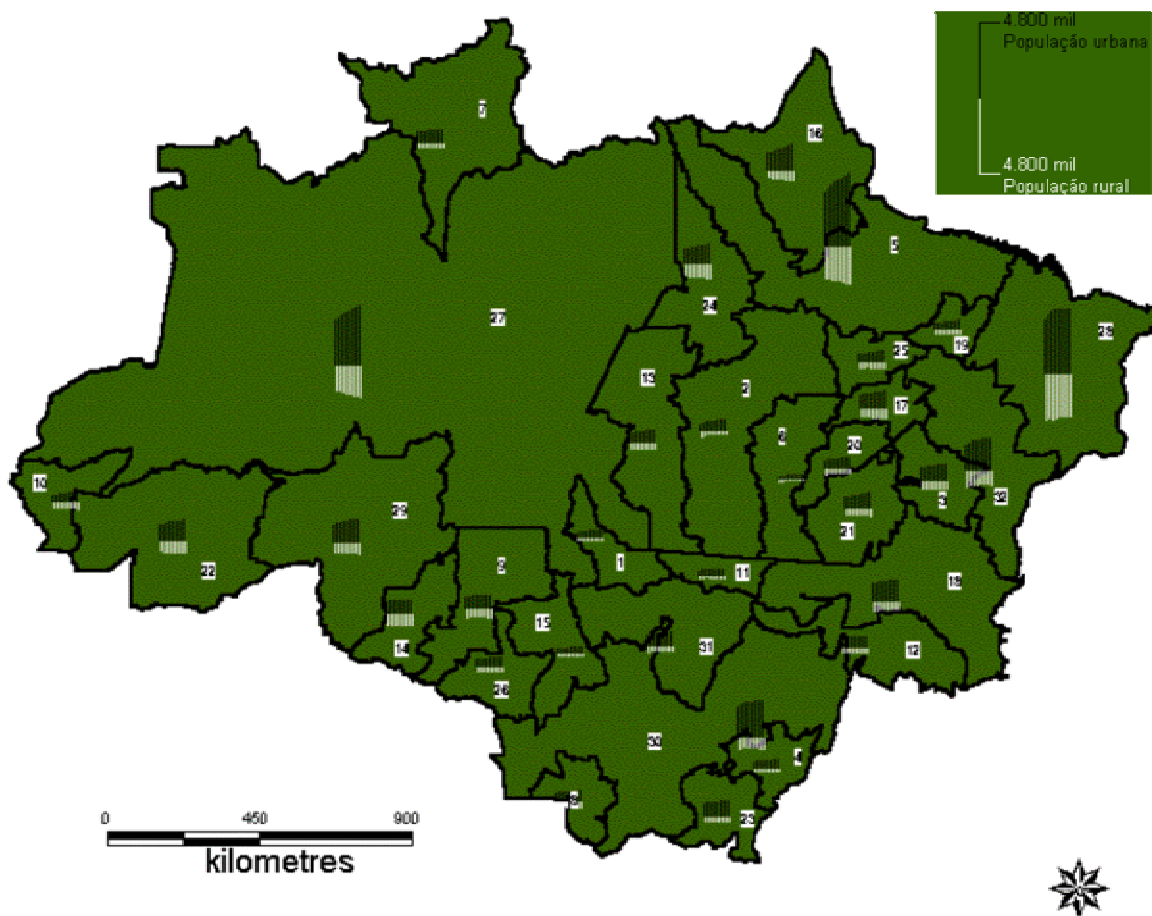
População Residente	Municípios											
	Total				Rural				Urbana			
	2000		2035		2000		2035		2000		2035	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
20 000 ou mais	250	31.6	336	42.4	117	14.8	215	27.1	64	8.1	108	13.6
de 15 000 a 20 000	81	10.2	72	9.1	40	5.1	64	8.1	67	8.5	47	5.9
de 10 000 a 15 000	142	17.9	112	14.1	83	10.5	95	12.0	96	12.1	78	9.8
de 5 000 a 10 000	166	21.0	127	16.0	175	22.1	159	20.1	214	27.0	141	17.8
até 5 000	153	19.3	145	18.3	377	47.6	259	32.7	351	44.3	418	52.8
Total	792	100	792	100	792	100	792	100	792	100	792	100

Fonte: IBGE. Censo Demográfico de 2000 e estimativas próprias.

A Figura 8 traz a o crescimento da população, rural e urbana, da região amazônica, entre os anos de 2000 e 2035. Para facilitar a visualização desses resultados, optou-se por agregá-los segundo as regiões de influência socioeconômicas dos pólos econômicos da Amazônia brasileiras, propostas por Garcia, Soares & Sawyer (2004).

FIGURA 8

Evolução anual da população residente nos municípios amazônicos, segundo situação do domicílio, entre 1995 e 2035. Resultados agregados em sub regiões



Fonte: IBGE. Censo Demográfico de 2000 e estimativas próprias.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que se buscou, neste trabalho, foi investigar a capacidade de simulação do crescimento populacional dos municípios da região amazônica, através de um modelo que permitisse levar em consideração a evolução das componentes de sua dinâmica demográfica, sintetizada em taxas brutas de mortalidade, de fecundidade e de taxas de emigração. Foi implementado, assim, um sistema de capaz de simular o crescimento populacional de pequenas áreas de forma integrada e analítica, uma vez que permite que hipóteses sejam efetuadas para cada uma de suas variáveis. Tal modelo assemelha-se, portanto, aos clássicos métodos de projeção multirregional, uma vez que também permite que se controle os movimentos populacionais entre todas áreas consideradas.

Neste sentido, embora muito mais trabalhoso, o sistema proposto traz vantagem em relação aos dois métodos de projeção de pequenas áreas anteriormente descritos, uma vez que permite o controle das variáveis imputadas, bem como que se implemente outras, ainda não consideradas no modelo.

Os resultados provenientes do modelo, quando comparados com os dados oficiais do IBGE, sugerem que o sistema é capaz de fornecer estimativas confiáveis de todas os seus componentes. Isso sugere que há consistência entre a matriz municipal de migração obtida pelos dados dos Censos Demográficos e os fluxos migratórios intermunicipais. O que propicia um campo de análise interessante para a investigação das inter-relações entre o desenvolvimento econômico e os movimentos populacionais em pequenas áreas, e seus impactos no meio-ambiente. Esse estudo, foi um pequeno movimento em direção a isso.

9. BIBLIOGRAFIA

- ASSUNÇÃO, R. M. Método Bayesiano de Relação de Coortes para Projeções de Pequenas Áreas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13, 2002, Ouro Preto, MG. *Violência, estado e qualidade de vida da população Brasileira*. Belo Horizonte: ABEP, 2002. (Disponível em CD-ROM)
- CEDEPLAR. Projeção populacional das Unidades da Federação, Brasil, por sexo e grupos quinquenais de idades, 1990-2020. Belo Horizonte: CEDEPLAR/PRONEX, 1999. (Relatório de Pesquisa)
- CEDEPLAR. *Projeção populacional dos municípios Brasileiros, por sexo e idade simples, 2000-2010*. Belo Horizonte: CEDEPLAR/INEP, 2003. (Relatório de Pesquisa)
- Demography: U.S. *Bureau of the Census*. Washington, D.C., 1973.
- DUCHESNE, L. Proyecciones de población por sexo e edad para áreas intermedias e menores: metodo 'relation de cohortes'. In: Gramados, M. P. (com). *Metodos para proyecciones subnacionales de población*. Bogotá: CELADE, 1989, p. 71-126.
- FIGOLI et al. Projeção multirregional da população brasileira por Unidades da Federação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 12, 2000, Caxambu, MG. *Brasil 500 anos: mudanças e continuidades*. Belo Horizonte: ABEP, 2000. (Disponível em CD-ROM)
- FJP, *Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil*. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 2003. (Disponível em CD-ROM)
- FREIRE, F. H. M. A; ASSUNÇÃO, R. M. Projeção Populacional com Estimadores Bayesianos Espaciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13, 2002, Ouro Preto, MG. *Violência, estado e qualidade de vida da população Brasileira*. Belo Horizonte: ABEP, 2002. (Disponível em CD-ROM)
- GARCIA, R. A; SOARES-FILHO, B; SAWYER, D. O. Dimensões sócio-econômicas e movimentos populacionais: uma regionalização da Amazônia brasileira In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 14, 2002, Caxambú, MG. *Pobreza, desigualdade e exclusão social*. Belo Horizonte: ABEP, 2004. (Disponível em CD-ROM)
- IBGE, *Censo Demográfico de 1970, 1980, 1991 e 2000*. Rio de Janeiro: IBGE, sd. (Disponível em CD-ROM)

- IBGE, *Estimativas de População*. Rio de Janeiro: IBGE, sd. (Disponível em http://172.25.14.55/teste_Estimativas_2004/UF_Municipio.zip)
- JANNUZZI, P. M. Projeções Populacionais para Pequeníssimas Áreas: método e resultados para os distritos da cidade de São Paulo em 2010. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13, 2002, Ouro Preto, MG. *Violência, estado e qualidade de vida da população Brasileira*. Belo Horizonte: ABEP, 2002. (Disponível em CD-ROM)
- LEE, E. S, et al. Population redistribution and economic growth. United State, 1870-1950. Philadelphia: The American Philosophical Society, 1957.
- MADEIRA , J. L. & SIMÕES , C. C.. S. Estimativas preliminares da população urbana e rural, segundo as unidades da Federação, 1960/1980: por uma nova metodologia. *Revista Brasileira de Estatística*. Rio de Janeiro, v.33, n.129, p.3-11, 1972.
- PRESTON, S. H. HEUVELINE, P. GUILLOT, M. *Demography. Measuring and Modeling Population processes*. Massachusetts: Blackwell Publishers, 2000, p. 03-20.
- SHYOCK, H. S. e SIEGEL, J. S. *The Methods and Materials of Demography* – Bureau of the Census – Washington DC. Vol. 2, 1973